

p-ISSN 1411-6243

e-ISSN 2685-4104

Volume 23 No. 2

November 2019; 98 - 207

JURNAL PENELITIAN **ENJINIRING** **FAKULTAS TEKNIK UNHAS**

*Analisa Hazard Navigation Map Terhadap Resiko Tubrukan Kapal
(Studi Kasus Alur Pelabuhan Makassar)*

Arahan Pengembangan Kawasan Industri Kota Sorong Berbasis Green Industry

Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV

Sistem Deteksi Lubang pada Pedestrian dengan Teknik Pengolahan Citra

*Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Pemantau Tamu pada Pintu Rumah Pintar
Berbasis Raspberry Pi dan Chat Bot Telegram*

Prediksi Laju Pembentukan Air Asam Tambang dengan Metode Column Leaching Test

*Sistem Respon Satu Derajat Kebebasan terhadap Beban Harmonik
pada Struktur Portal 2D*

Penentuan Faktor Daya Saing Industri Seafood Menggunakan Five Forces Analysis

*Analisa Kapasitas Pelayanan Kegiatan Bongkar Muat Kapal Barang
di Pelabuhan Maccini Baji*

Pemanfaatan Ruang Kios dan Los Pasar Studi Kasus Pasar Wamunggu Merauke

*Perencanaan Disposal Semi Induced Flow dan Finger Flow di PT Vale Indonesia Tbk,
Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan*

*Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku
serta Komponen Mbox di PT. X*

Analisis Profil Bawah Permukaan Pantai Lumpue Kota Parepare

*Pola Jaringan Angkutan Laut Gugusan Pulau dalam Wilayah
Kabupaten Pangkajene Kepulauan*



Hak cipta© 2019, Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT)
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

p-ISSN 1411-6243

e-ISSN 2685-4104

Penggandaan atau Penerjemahan Sebagian/Seluruh Bagian
Dari Jurnal Ilmiah ini harus seijin Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT)
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Alamat Sekretariat:

Redaksi Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)
Lantai 1, Gedung Center of Technology (CoT)
Kampus Fakultas Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin (UNHAS)
Jl. Poros Malino, Km. 6, Bontomarannu
Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia
E-mail : jpe@unhas.ac.id
Website : www.cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe
Telp/Fax : (0411) 586015



Staf Redaksi

- Penanggungjawab : **Dekan Fakultas Teknik, UNHAS**
Dr. Ir. Arsyad Thaha, MT
- Pengarah : **Wakil Dekan Bidang Perencanaan, Keuangan, dan Sumber Daya**
Dr.Eng. Muhammad Rusman, ST., MT
- Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni**
Dr.Eng. Mukti Ali, ST., MT
- Pemimpin Umum : **Wakil Dekan Bidang Akademik dan Pengembangan**
Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch
- Pemimpin Redaksi : Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng
- Dewan Redaksi : Prof. Dr.rer.nat. Ir. Imran Umar
Prof. Dr. Ir. M. Ramli Rahim, M.Eng
Prof. Dr.-Ing. Ir. Herman Parung
Dr.-Ing.Ir. Wahyu Haryadi Piarah, MSME
Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MS.EE
Dr. Ir. Dipl.-Ing. Ganding Sitepu
- Redaktur Pelaksana : Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
Ir. Zaenab Muslimin, MT
Dr.Ir. Rosmalina Hanafi, M.Eng
Wahyuddin, ST., MT
Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D
Dr.Ir. Muhammad Ramli, MT
Abdul Mufti Radja, ST., MT., Ph.D
- Staf Kesekretariatan : Jumadil, ST., MM.
Susanti, S.Sos
Herawati, S.Sos
Dirham Abdillah, S.Pd
Nur Fitriani Seilah, ST.



Dewan Penilai Karya Ilmiah

Prof. David Victor Thiel	CWMA, Griffith University, Australia
Prof. Dr. Eko Tj. Rahardjo	UI, Indonesia
Prof. Dr. Adit Kurniawan	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Januarsyah Haroen	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Moch. Ashari	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Mauridhi H Purnomo	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Muhammad Asvial	UI, Indonesia
Dr. Amin Abbosh, M.Sc	University of Queensland, Australia
Dr. Fitri Yuli Zulkifli, M.Sc	UI, Indonesia
Dr. Ir. Purwanto, M.Eng	UI, Indonesia
Dr. Ir. Edi Lukito, M.Sc	UGM, Indonesia
Prof. Mazlina Esa	UTM, Malaysia
Ass. Prof. Anton S Prabuwono	UKM, Malaysia
Prof. Josaphat T. S. Sumantyo	Chiba University, Japan
Prof. Dr. Deo Prasad	UNSW, Australia
Prof. Stephen SY Lau	Univ. of Hong Kong, Hong Kong
Ass. Prof. Stephen K Wittkopf	NUS, Singapore
Ass. Prof. Dr-Ing. Eka Sediadi	UTM, Malaysia
Dr. Feng Yang	Tongji University, PR China
Dr. Agung Murti Nugroho	University of Brawidjaya, Indonesia
Dr. Rahmi Andarini	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Abraham L. Kitaro	UPN, Indonesia
Dr. Arifudin Idrus	UGM, Indonesia
Prof. Akirai Imai, Ph.D	Akita University, Japan
Dr. Bambang Priadi	ITB, Indonesia
Prof. Prio Suprobo	ITS, Indonesia
Ir. Ekaputra, M.Eng., Ph.D	UGM, Indonesia
Prof. Gunawan Tjahyono, Ph.D	UI, Indonesia
Dr. Jumain Appe, M.Sc	BPPT, Indonesia
Prof. Sofia W. Alisyahbana	Universitas Bakrie, Indonesia
Prof. Dr. Daniel M. Rosyid	ITS, Indonesia
Prof. Dr. I Ketut B. Aryana	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Adi Maimun	UTM, Malaysia
Prof. Dr. Soenaryo	UI, Indonesia
Prof. Dr.-Ing. Nandy S.J. Putra	UI, Indonesia
Prof. Dr. Imam Reksowardoyo	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Keigo Watanabe	Okayama University, Japan
Prof. Dr. Okamura Mitsu	Ehime University, Japan
Prof. Satrio S. Brodjonegoro	ITB, Indonesia



Kata Pengantar Redaksi

Assalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh
Salam Hormat,

Tim redaksi kembali mengungkapkan kesyukurannya atas terbitnya Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE) Volume 23 Nomor 2 ini. Edisi ini merupakan edisi spesial karena merupakan edisi pertama dimana elektronik ISSN (*e-ISSN*) dari JPE dapat digunakan. Dengan demikian, jurnal JPE selain mempunyai ISSN versi cetak (*print*), juga mempunyai ISSN versi elektronik sehingga jurnal ini dapat digunakan dalam kasus tertentu untuk pengurusan dokumen yang dibutuhkan tanpa harus mendapatkan versi cetak dari penerbit.

Edisi akhir tahun 2019 ini berisi 14 (empat belas) makalah yang menampilkan dan membahas berbagai macam hasil-hasil penelitian yang menarik dan mutakhir dalam bidang ilmu rekayasa. Dari semua makalah yang terbit kali ini, sebanyak 3 (tiga) makalah berhubungan dengan bidang ilmu teknik informatika dan sistem kontrol antara lain tentang klasifikasi kematangan stroberi dengan metode HSV, sistem deteksi lubang pedestrian dengan teknik pengolahan citra, dan rancang bangun sistem keamanan dan pemantau tamu. Selanjutnya, terdapat masing-masing 2 (dua) makalah yang membahas tentang teknik transportasi, teknik pertambangan, teknik industri, dan teknik arsitektur. Makalah dari teknik transportasi yang dimaksud membahas tentang kapasitas pelayanan kegiatan bongkar muat kapal dan pola jaringan angkutan laut pulau-pulau di kabupaten Pangkajene Kepulauan.

Sedangkan 2 (dua) makalah dari teknik pertambangan membahas tentang laju pembentukan air asam tambang dan perencanaan disposal semi induced flow dan finger flow di PT. Vale Indonesia. Makalah lainnya yang dimaksud dari teknik industri membahas tentang penentuan faktor daya saing industri seafood menggunakan five forces analysis dan perencanaan dan pengendalian persediaan bahan baku serta komponen Mbox. Sedangkan makalah-makalah dari teknik arsitektur membahas tentang pengembangan kawasan industri kota Sorong dan pemanfaatan ruang kios dan los pasar di pasar Wamanggu, Merauke.

Sisa makalah lainnya adalah masing-masing 1 (satu) makalah yang berhubungan dengan teknik perkapalan, teknik kelautan, dan teknik geologi. Makalah-makalah tersebut antara lain membahas tentang analisa hazard navigation map terhadap tubrukan kapal, sistem respon satu derajat pada struktur portal 2D dan profil bawah permukaan pantai Lumpue, Parepare.

Tim redaksi berharap agar hasil-hasil penelitian inovatif yang terbit di edisi kali ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kami ucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah berkontribusi dan juga semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan jurnal edisi kali ini.

Salam Hangat

TIM REDAKSI



DAFTAR ISI

Analisa Hazard Navigation Map Terhadap Resiko Tubrukan Kapal (Studi Kasus Alur Pelabuhan Makassar)	98-103
<i>Andi Saiyid Farapahlefi, Haryanti Rivai, Baharuddin, Zulkifli, Rahimuddin</i>	
Arahan Pengembangan Kawasan Industri Kota Sorong Berbasis <i>Green Industry</i>	104-112
<i>David Hehanussa, Arifuddin Akil, Yashinta Kumala</i>	
Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV	113-116
<i>Indrabayu, Nurhikma Arifin, Intan Sari Areni</i>	
Sistem Deteksi Lubang pada Pedestrian dengan Teknik Pengolahan Citra	117-120
<i>Indrabayu, Ahmad Rifaldi, Intan Sari Areni, Ingrid Nurtanio, Anugrayani Bustamin</i>	
Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Pemantau Tamu pada Pintu Rumah Pintar Berbasis Raspberry Pi dan Chat Bot Telegram	121-128
<i>Zaenab Muslimin, Muhammad Arief Wicaksono, Muhammad Fandly Fadlurachman, Ilham Ramli</i>	
Prediksi Laju Pembentukan Air Asam Tambang dengan Metode <i>Column Leaching Test</i>	129-135
<i>Nur Ilham Situru, Muhammad Ramli, Muhammad Thamrin</i>	
Sistem Respon Satu Derajat Kebebasan terhadap Beban Harmonik pada Struktur Portal 2D	136-140
<i>Indah Melati Suci, Astika Rajmi, Andi Muhammad Alfian Arafat, Muhammad Zubair Muis Alie</i>	
Penentuan Faktor Daya Saing Industri Seafood Menggunakan <i>Five Forces Analysis</i>	141-147
<i>Musmiana Mendong, Rosmalina Hanafi, Syarifuddin Parenreng</i>	
Analisa Kapasitas Pelayanan Kegiatan Bongkar Muat Kapal Barang di Pelabuhan Maccini Baji	148-156
<i>Rahmat Firmansyah, Misliah Idrus, Andi Sitti Chaerunnisa</i>	
Pemanfaatan Ruang Kios dan Los Pasar Studi Kasus Pasar Wamanggu Merauke	157-169
<i>Saliki, Triyatni Martosenjoyo, Afifah Harisah</i>	
Perencanaan <i>Disposal Semi Induced Flow</i> dan <i>Finger Flow</i> di PT Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan	170-176
<i>Dzul Fajrin, Aryanti Virtanti Anas, Rizki Amalia, Hasliana Alimuddin</i>	
Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku serta Komponen Mbox di PT. X	177-185
<i>Alif Nurul Hidayah</i>	



Analisis Profil Bawah Permukaan Pantai Lumpue Kota Parepare <i>Haerany Sirajuddin, Sri Maulidani</i>	186-194
Pola Jaringan Angkutan Laut Gugusan Pulau dalam Wilayah Kabupaten Pangkajene Kepulauan <i>Petrus Filippus Latumahina, Syamsul Asri, Andi Sitti Chaerunnisa</i>	195-207



Analisa Hazard Navigation Map Terhadap Resiko Tubrukan Kapal (Studi Kasus Alur Pelabuhan Makassar)

Andi Saiyid Farapahlefi^{1*}, Haryanti Rivai¹, Baharuddin¹, Zulkifli¹, Rahimuddin¹
¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
*Email: saiyidfarapahlefi@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.01

Abstrak

Tingginya kasus kecelakaan transportasi laut di Indonesia yang terjadi selama ini harus menjadi perhatian semua pihak, berdasarkan data laporan investigasi kecelakaan kapal KNKT kasus tubrukan termasuk yang tertinggi dalam beberapa tahun terakhir dan kebanyakan kasus tubrukan terjadi di wilayah alur pelabuhan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisa dan menyusun kriteria-kriteria *danger score* yang mempengaruhi resiko tubrukan kapal dari beberapa faktor yang terdiri faktor kondisi kapal, faktor manusia, faktor lingkungan, faktor permesinan, dan faktor manajemen. Penelitian ini dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP digunakan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, ditetapkan untuk masalah yang terukur (kuantitatif), masalah yang memerlukan pendapat maupun pada situasi kompleks atau tidak terkerangka. Tahapan AHP yaitu dekomposisi masalah, penilaian perbandingan elemen-elemen, dan sintesis dari prioritas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan prioritas tertinggi yang mempengaruhi nilai *danger score* dalam hal resiko tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar dengan nilai 0,395 atau 39 % dan faktor manajemen merupakan prioritas terendah dengan nilai 0,073 atau 7,3 %. Sedangkan nilai total *danger score* resiko tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar dengan metode AHP adalah 196,95 yang berarti berada di level cukup aman.

Abstract

Hazard Navigation Map Analysis on Risk of Ship Collision (Case Study: Water way of Port of Makassar). Accidents in Indonesian Marine Transportation should be a concern of all parties that effect accumulation of dangers score from some factors, based on data from the KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) ship accident investigation report. The collision cases were among the highest in recent years and most collisions occurred in the harbor area. The purpose of this study was to analyze and compile the danger score criteria that affect ship collision risk from several factors consisting of ship condition factors, human factors, environmental factors, machinery factors, and management factors. The research was conducted with the AHP (Analytical Hierarchy Process) method. AHP method is used to create a model of the problem that has no structure, applying to problems measurable (quantitative), as well as problems that need an opinion from expert or a complex situation or do not have a frame work. AHP stages are decomposition problem, assessment and comparison of the elements of the synthesis in priorities. The result showed that human factor is the highest priority that affects the value of danger score in Makassar Port to the value of 0.395 or 39% and management factors with the lowest priority value of 0.073 or 7.3%. While the total value of danger score in Makassar Port with AHP method is 196.95 which means at the level of a fairly safe.

Kata Kunci: *Analytical hierarchy process, danger score, human factors, Makassar port*

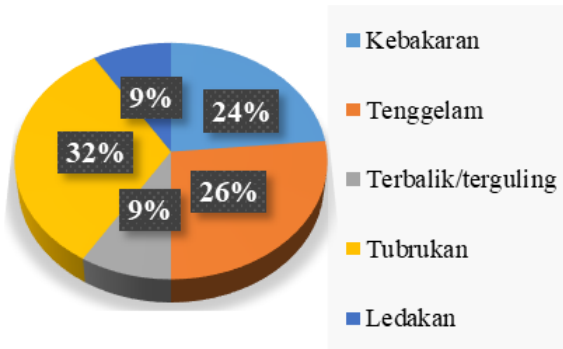
1. Pendahuluan

Data yang tercatat dari Departemen Perhubungan Laut, Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), menunjukkan kecelakaan laut di Indonesia selama kurun waktu dari tahun 2008-2014 terdapat 35 kasus kecelakaan kapal. Berdasarkan analisis data kecelakaan dan investigasi transportasi laut tahun 2008-2014. Jenis kecelakaan dilihat dari jenis kasusnya yaitu 31% kapal tubrukan, 26% kapal

tenggelam, 23% kapal terbakar, 9% kapal terguling/terbalik, 9% kapal meledak [1].

Melihat data tersebut, kasus tubrukan merupakan kasus yang paling sering terjadi dalam kurun waktu 2008-2014. Menurut laporan akhir investigasi kecelakaan kapal yang diinvestigasi oleh KNKT. Dari hasil investigasi kasus tubrukan kapal KNKT, hampir sebagian besar kasus tubrukan kapal di Indonesia terjadi di sekitaran Alur Pelabuhan.





Gambar 1. Persentase kecelakaan kapal berdasarkan kasusnya pada tahun 2008-2014 [1]

Salah satu pelabuhan yang menjadi pelabuhan utama di Indonesia adalah di Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar. Alur Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar merupakan salah satu alur pelabuhan di Indonesia yang dilewati oleh berbagai macam jenis kapal baik kapal domestik maupun kapal internasional. Posisi Makassar sangat strategis untuk transportasi, karena berada di tengah-tengah, sehingga menjadi jembatan yang menghubungkan Pulau Jawa, khususnya Jawa bagian Barat dan daerah - daerah di Wilayah Timur Indonesia seperti Jakarta dan Surabaya.

Realisasi arus barang dan kunjungan kapal di Pelabuhan Makassar yang ada (khususnya peti kemas) saat ini ternyata sudah cukup jauh melampaui prediksi menurut Rencana Induk Pelabuhan yang ada (2004). Realisasi arus barang petikemas sudah mencapai 529 ribu TEU's pada tahun 2012, sedangkan menurut prediksi rencana induk pelabuhan 2004 jumlah petikemas baru mencapai 383.373 TEU's pada tahun 2012 [2].

Pelabuhan Makassar menjadi pusat distribusi penumpang maupun angkutan barang. Oleh sebab itu, Alur Pelabuhan Makassar menjadi alur pelabuhan yang penting dan sangat dibutuhkan bagi kapal-kapal yang melakukan aktivitas pelayaran di daerah Pelabuhan Makassar, walaupun tingkat kasus tubrukan kapal di wilayah alur pelabuhan Makassar masih tergolong jarang terjadi, akan tetapi seiring berkembangnya pelabuhan Makassar dan semakin meningkatnya jumlah kapal yang memasuki Alur Pelabuhan Makassar daerah ini memiliki resiko yang besar terjadinya tubrukan kapal.

Adapun tujuan penelitian ini menganalisa *hazard navigation map* berdasarkan *danger score* dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process).

2. Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian tepatnya distribusi kuesioner dan pengambilan data AIS untuk pengamatan *traffic* kapal di Selat Makassar dilakukan di beberapa tempat di antaranya:

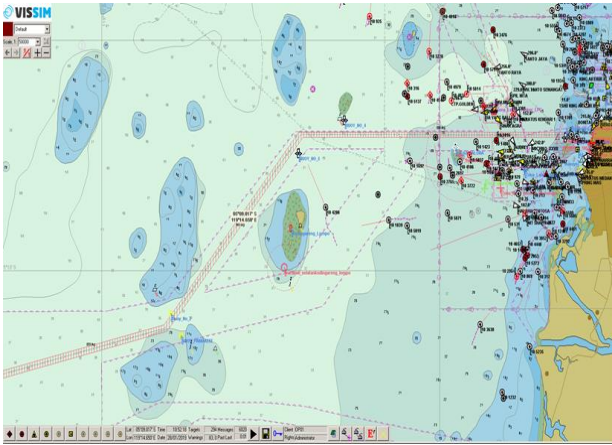
- Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
- Kantor VTS Makassar
- Pelindo IV Makassar
- Distrik Navigasi Klas I Makassar

2.1. Tahap Penelitian

- a. Studi Literatur. Studi literature ini dilakukan untuk mempelajari dan membandingkan dan membaca referensi, buku-buku, jurnal ilmiah yang bersangkutan dengan penelitian.
- b. Pengambilan Data. Pengambilan data dilakukan sesuai dengan jenis pengambilan data primer yang berasal dari lapangan melalui observasi/survei atau pengamatan pada objek penelitian dan wawancara dalam bentuk kuesioner dengan pihak-pihak yang berkompeten di bidang yang berhubungan erat dengan objek penelitian dari penulis dan hasil pemantauan/pengamatan dari data AIS.
- c. Analisa dan Pembahasan. Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan berdasarkan data-data yang didapatkan sebelumnya, dimana dalam penelitian ini analisa dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).
- d. Penentuan *Danger Score*. Pada tahap ini akan keluar hasil perhitungan *danger score* untuk alur pelabuhan Makassar

2.2. Objek penelitian

Posisi titik koordinat Pelabuhan Makassar berada di tengah bentangan Nusantara pada posisi 05° 08' 08" BT dan 119° 24' 02" LS. Kondisi pantai di sekitar pelabuhan pada umumnya landai, dasar laut terdiri dari lumpur dan pasir. Alur pelayaran sepanjang 25 mil (*Bouy* terluar) dengan lebar ± 1 mil, kedalaman rata-rata -16 m. Pintu masuk (*access channel*) lebar ± 200 m dengan panjang 2 mil, kedalaman rata-rata -10 s/d -14 m [3].



Gambar 2. Peta alur pelabuhan Makassar [3]

3. Pembahasan

3.1. Kriteria AHP

Kriteria yang digunakan dalam skripsi ini yaitu kriteria yang berhubungan dengan resiko tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar, dan kriteria tersebut diturunkan menjadi subkriteria. Ada beberapa kriteria yang dapat menyebabkan kapal dalam keadaan bahaya, antara lain [4, 5]:

1. Kondisi Kapal

Kondisi kapal ini merupakan keadaan kapal itu sendiri. Dari kondisi kapal tersebut akan dibagi menjadi beberapa subkriteria diantaranya tipe kapal, panjang kapal, kecepatan kapal.

2. Faktor Manusia

Faktor manusia dapat diartikan bahwa kegagalan rencana dari kinerja manusia yang dapat menyebabkan tubrukan pada suatu kapal. Kegagalan kinerja tersebut berasal dari kesalahan komunikasi, kurangnya pengetahuan dan skill, kurangnya pengalaman, kelebihan pekerjaan, kelelahan, maupun pelanggaran aturan.

3. Faktor Lingkungan

Lingkungan kerja ini merupakan pengaruh dari beberapa faktor yang dapat mengganggu aktifitas ABK dalam menjalankan tugasnya. Faktor-faktor tersebut antara lain efek angin, pengaruh arus laut, perbedaan kecepatan terhadap kapal lain, panjang kapal lain, kepadatan alur pelabuhan, jarak antar kapal, arah kapal pribadi dan arah kapal lain.

4. Faktor Manajemen

Merupakan proses perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian upaya dari anggota kapal maupun otoritas pelabuhan. Sehingga

penyebab kegagalan pada faktor manajemen adalah kurangnya ketersediaan kapal pandu, kurang efektifnya peran VTS, kurang lengkapnya peralatan navigasi.

5. Faktor Permesinan

Merupakan kegagalan dari beberapa sistem permesinan yang ada di kapal yang dapat menyebabkan kecelakaan pada kapal tersebut. Kegagalan permesinan tersebut diantaranya yaitu kerusakan mesin induk dan kelistrikan, kerusakan pada kemudi, kerusakan pada sistem propulsi, kerusakan pada peralatan navigasi.

3.2. Pengolahan Data *Danger Score*

Seperti yang telah dijelaskan, bahwa kriteria yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kriteria yang berhubungan dengan resiko tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar, dimana kriteria tersebut akan diturunkan menjadi subkriteria. Ada beberapa kriteria yang dapat menyebabkan kapal dalam kondisi rawan tubrukan, seperti dijelaskan pada Gambar 3.

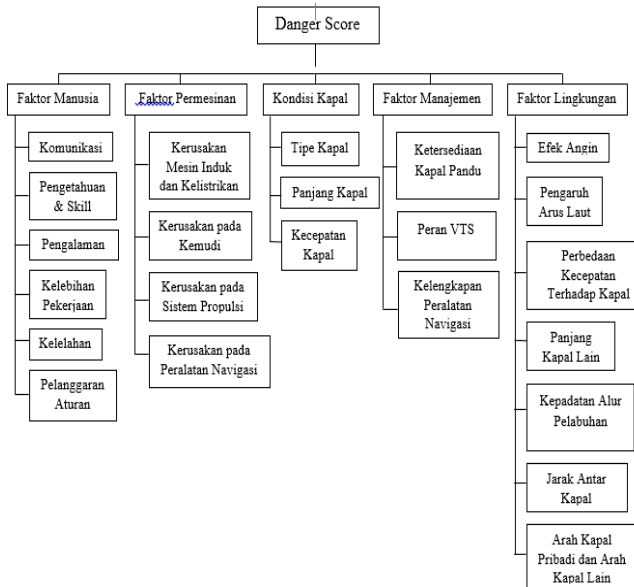
Langkah selanjutnya merupakan langkah perhitungan nilai danger score dari kondisi Alur Pelabuhan Makassar terhadap bobot kriteria yang telah didapat dari kuesioner dan data-data dari AIS, maka langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya nilai fungsi tiap-tiap kriteria dan sub kriteria yang ada. Berikut ini adalah nilai dari fungsi-fungsi dari tiap-tiap kriteria dan subkriteria [5].

Tabel 1. Nilai fungsi dari kriteria dan subkriteria faktor kondisi kapal

Kriteria	Bobot	Nilai Fungsi	Danger Score
Kondisi Kapal	0,234	100	23,4
Subkriteria:			
1. Tipe kapal	0,558	23,4	13,0572
2. Panjang kapal	0,158	23,4	3,6972
3. Kecepatan kapal	0,282	23,4	6,5988
Jumlah			46,7532

Tabel 1 menyajikan untuk subkriteria faktor kondisi kapal. Tipe kapal memiliki nilai bobot tertinggi yaitu 0,558 dan terendah yaitu bobot panjang kapal sebesar 0,158. Tabel tersebut juga memberikan nilai fungsi dari subkriteria tersebut yaitu 23,4.





Gambar 3. Hierarki kriteria *danger score*

Tabel 2. Nilai fungsi dari kriteria dan subkriteria faktor manusia

Kriteria	Bobot	Nilai Fungsi	Danger Score
Faktor Manusia	0,395	100	39,5
Subkriteria:			
1. Komunikasi	0,071	39,5	2,8045
2. Pengetahuan dan skill	0,243	39,5	3,6972
3. Pengalaman	0,312	39,5	12,324
4. Kelebihan pekerjaan	0,139	39,5	5,4905
5. Kelelahan	0,136	39,5	5,372
6. Pelanggaran aturan	0,096	39,5	3,792
Jumlah			78,8815

Tabel 3. Nilai fungsi dari kriteria dan subkriteria faktor lingkungan

Kriteria	Bobot	Nilai Fungsi	Danger Score
Faktor Lingkungan	0,164	100	16,4
Subkriteria:			
1. Efek angin	0,091	16,4	1,4924
2. Pengaruh arus laut	0,316	16,4	5,1824
3. Perbedaan kecepatan terhadap kapal lain	0,153	16,4	2,5092
4. Panjang kapal lain	0,204	16,4	3,3456
5. Kepadatan alur pelabuhan	0,119	16,4	1,9516
6. Jarak antar kapal	0,062	16,4	1,0168
7. Arah kapal pribadi dan arah kapal lain	0,052	16,4	0,8528
Jumlah			32,7508

Tabel 2 menyajikan untuk subkriteria faktor manusia. Pengalaman memiliki nilai bobot tertinggi yaitu 0,312 dan terendah yaitu bobot komunikasi sebesar 0,071. Tabel tersebut juga memberikan nilai fungsi dari subkriteria tersebut yaitu 39,5.

Tabel 3 menyajikan untuk subkriteria faktor lingkungan. Pengaruh arus laut memiliki nilai bobot tertinggi yaitu 0,316 dan terendah yaitu bobot arah kapal pribadi dan arah kapal lain sebesar 0,052. Tabel tersebut juga memberikan nilai fungsi dari subkriteria tersebut yaitu 16,4.

Tabel 4. Nilai fungsi dari kriteria dan subkriteria faktor permesinan

Kriteria	Bobot	Nilai Fungsi	Danger Score
Faktor Permesinan	0,131	100	13,1
Subkriteria:			
1. Kerusakan mesin induk & kelistrikan	0,208	13,1	2,7248
2. Kerusakan pada kemudi	0,256	13,1	3,3536
3. Kerusakan pada system propulsi	0,127	13,1	1,6637
4. Kerusakan pada peralatan navigasi	0,407	16,4	5,3317
Jumlah			26,1738

Tabel 4 menyajikan untuk subkriteria faktor permesinan. Kerusakan pada peralatan navigasi memiliki nilai bobot tertinggi yaitu 0,407 dan terendah yaitu bobot kerusakan pada sistem propulsi sebesar 0,127. Tabel tersebut juga memberikan nilai fungsi dari subkriteria tersebut yaitu 13,1.

Tabel 5. Nilai fungsi dari kriteria dan subkriteria faktor manajemen

Kriteria	Bobot	Nilai Fungsi	Danger Score
Faktor Manajemen	0,073	100	7,3
Subkriteria:			
1. Ketersediaan kapal pandu	0,339	7,3	0,2847
2. Peran VTS	0,517	7,3	3,7741
3. Kelengkapan peralatan navigasi	0,142	7,3	1,0366
Jumlah			12,3954

Tabel 5 menyajikan untuk subkriteria faktor manajemen. Peran VTS memiliki nilai bobot tertinggi yaitu 0,517 dan terendah yaitu bobot kelengkapan peralatan navigasi sebesar 0,142.



Tabel tersebut juga memberikan nilai fungsi dari subkriteria tersebut yaitu 7,3.

Setelah mengetahui nilai fungsi dari tiap kriteria dan subkriteria, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan *danger score* dengan rumus:

$$Danger\ Score = \sum_{i=1}^n Wi \cdot fi$$

dimana:

- W_i = bobot dari masing-masing kriteria
- f_i = fungsi dari masing-masing kriteria

$$\begin{aligned} Danger\ Score &= \sum_{i=1}^n Wi \cdot fi \\ &= 46,75 + 78,88 + 32,75 + 26,17 + 12,39 \\ &= 196,54 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *danger score* kapal yang keluar masuk Alur Pelabuhan Makassar, dapat disimpulkan mengenai kondisi perairan berdasarkan kapal yang keluar masuk dan pengaruh lingkungannya. Penentuan level didapatkan dari penilaian *danger score* pada tiap posisi kapal yang bergerak. Range dalam penentuan level bahaya diasumsikan sebagai berikut [6]:

1	0 – 100	<i>Extremely Safe</i>	
2	101 – 200	<i>Fairly Safe</i>	
3	201 – 400	<i>Somewhat Safe</i>	
4	401 – 500	<i>Neither Safe or Dangerous</i>	
5	501 – 750	<i>Somewhat Dangerous</i>	
6	751 – 900	<i>Fairly Dangerous</i>	
7	901 – 1000	<i>Extremely Dangerous</i>	

Jadi, nilai *danger score* khusus tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar berdasarkan metode AHP dan hasil pengamatan AIS masih di level cukup aman (*Fairly Safe*).

Pada dasarnya Alur Pelabuhan Makassar pada saat ini masih bisa dikategorikan cukup aman berdasarkan hasil perhitungan *danger score*. Namun, seiring berkembangnya pelabuhan Makassar maka semakin meningkatnya pula jumlah kapal-kapal yang keluar masuk di Alur Pelabuhan Makassar. Oleh karena itu diharapkan para pelaut tetap mengedepankan keselamatan dengan cara

senantiasa menaati peraturan yang telah ditetapkan dan kiranya Hazard Navigation Map tersebut dapat menjadi acuan bagi pelaut yang ingin melalui alur Pelabuhan Makassar terutama memperhatikan 5 zona rawan tersebut.



Gambar 4. Hazard map alur pelabuhan makassar

4. Kesimpulan

Setelah melaksanakan seluruh proses penelitian ini, dan dari hasil pengolahan data, maka disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Kriteria yang tertinggi dan terendah berdasarkan hasil pembobotan yang mempengaruhi *danger score* terkhusus resiko tubrukan kapal saat keluar masuk atau sedang berada di sekitar Alur Pelabuhan Makassar adalah :
 - Faktor Manusia dengan subkriteria tertinggi adalah pengalaman dengan bobot 0,312 dan subkriteria terendah adalah komunikasi dengan bobot 0,071.
 - Faktor Manajemen dengan subkriteria tertinggi adalah peran VTS dengan bobot 0,517 dan subkriteria terendah adalah kelengkapan peralatan navigasi dengan bobot 0,142.
- 2) Nilai *danger score* tubrukan kapal di Alur Pelabuhan Makassar adalah 196,9547 yang berarti di level cukup aman.
- 3) Berdasarkan perhitungan *danger score* dengan menggunakan metode AHP diperoleh kriteria yang paling mempengaruhi terjadinya kecelakaan adalah faktor manusia, sehingga upaya yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya tubrukan kapal terkhusus di Alur Pelabuhan Makassar :
 - Regulasi/peraturan selalu dikomunikasikan atau disosialisasikan secara kontinyu



kepada pihak-pihak yang terkait dunia pelayaran.

- Selalu melakukan sharing atau diskusi-diskusi terhadap isu-isu yang berhubungan dengan resiko kecelakaan.
- Memperbanyak pelatihan-pelatihan untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman awak kapal.

Referensi

- [1] Data KNKT 2008-2018, Laporan Hasil Investigasi Tubrukan Kapal tahun 2008-2018).
- [2] Jeff Bost, 2013, *Indonesia Infrastructure Initiative*.
- [3] VTS Makassar, Data Survei, 2019.
- [4] Furusho. M, 2013. Disaster of Italian Passenger Ship Costa Concordia – A nightmare 100 Years After the Titanic, *The Mariners' Digest*, Vol. 28, pp. 31-35.
- [5] Haryanti Rivai, (2013). Strategic Identification of Unsafe Actions that Characterize Accidents on Ships, *Journal of Navigation on Port Research* 37 (5) pp. 499-509.
- [6] Pirsada, H. (2011). *Studi Penerapan Hazard Navigation Map Melalui Implementasi Danger Score dengan Memanfaatkan Data Automatic Identification System (AIS)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



Arahan Pengembangan Kawasan Industri Kota Sorong Berbasis *Green Industry*

David Hehanussa^{1*}, Arifuddin Akil¹, Yashinta Kumala¹

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: david.hehanussa.dh@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.02

Abstrak

Sorong merupakan kota yang telah direncanakan sebagai pusat perekonomian yang akan melayani Kawasan Timur Indonesia. Hal ini membuat Kota Sorong direncanakan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN). Pada rencana tata ruang Kota Sorong telah direncanakan kawasan industri terpadu yang akan meningkatkan aktivitas perekonomian Kawasan Timur Indonesia. Pembangunan yang terjadi di Indonesia lebih bergantung pada aspek ekonomi tanpa melihat aspek lainnya sehingga perlunya perencanaan kawasan industri yang bukan hanya melibatkan aspek ekonomi, tetapi melibatkan aspek sosial dan aspek lingkungan. Tujuan Perencanaan ini ialah: 1) mengetahui peletakan kawasan industri saat ini ditinjau dari prinsip *green industry*; 2) melakukan evaluasi prinsip *green industry* khususnya dalam penentuan lokasi; 3) menyusun arahan pengembangan Kawasan Industri Sorong berdasarkan prinsip *green industry*. Penelitian ini menggunakan metode skoring, analisis spasial, dan analisis konseptual. Penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan prinsip *location*, penerapan prinsip memiliki total penerapan 75,6% dan pada prinsip *sustainable site*, wilayah lahan masuk klasifikasi "sangat sesuai".

Abstract

Direction for Development of Sorong City Industrial Estate Based on Green Industry. Sorong is a city that has been planned as an economic center that will serve Eastern Indonesia. This makes Sorong City planned as a Special Economic Zone (SEZ) based on the national spatial plan. The development that occurred in Indonesia is more dependent on economic aspects without looking at other aspects so that the need for industrial estate planning that not only involves economic aspects, but involves social aspects and environmental aspects. The purpose of this plan are: 1) know the current location of industrial estate in terms of the principles of green industry; 2) evaluate the principles of green industry, especially in determining the location; 3) draw up direction for the development of the industrial area of shoves based on the principles of green industry. This research uses scoring method, spatial analysis, and conceptual analysis. this study found that based on the principle of green industrial location, the application of these principles had a total application of 75.6% and on the principle of sustainable site, the area of land was classified as "very appropriate".

Kata Kunci: Industri hijau, kawasan pengembangan, kota Sorong

1. Pendahuluan

Sorong merupakan kota yang telah direncanakan sebagai pusat perekonomian yang akan melayani kawasan timur Indonesia. Hal ini membuat Sorong direncanakan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN). Pada rencana tata ruang Kota Sorong, telah direncanakan sebagai kawasan industri terpadu yang akan meningkatkan aktivitas perekonomian kawasan timur Indonesia.

Aktivitas industri memiliki peran dalam pertumbuhan ekonomi, tetapi di sisi lain juga mendorong terjadinya kerusakan lingkungan. Hal ini diperlukan suatu konsep yang

menyelaraskan antara pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan, yang dikenal dengan industri hijau (*green industry*). Penerapan industri hijau secara bertahap akan dapat membantu meningkatkan efisiensi, keuntungan, serta daya saing di pasar global. Pendekatan yang menerapkan prinsip-prinsip efisiensi dan pencegahan pencemaran, di satu sisi akan mampu mengurangi biaya produksi, sementara pada sisi lain kepentingan lingkungan juga terpenuhi. Realitas menunjukkan bahwa dukungan terhadap pelaksanaan industri hijau dari beberapa perusahaan yang beroperasi di Indonesia belum cukup kuat.

Green industry merupakan kumpulan dari pabrik/industri yang mengaplikasikan teknologi

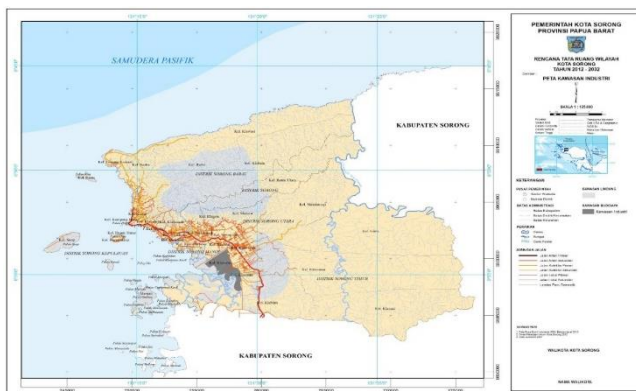


produksi bersih, melakukan pemrosesan terhadap limbah industrinya dan/atau mengurangi emisi gas rumah kaca pada area dimana industri tersebut beroperasi [1]. Selain itu, terdapat pula konsep yang dikembangkan untuk mencapai manfaat lingkungan, ekonomi, dan sosial sebanyak mungkin. Terdapat berbagai macam kriteria yang salah satunya adalah produksi bersih [2]. Produksi bersih merupakan model pengelolaan lingkungan yang mengedepankan bagaimana agar setiap kegiatan industri yang dilakukan mempunyai efisiensi yang tinggi sehingga timbulannya dapat dicegah dan dikurangi [3]. Diterapkan produksi bersih maka industri akan diuntungkan, karena dapat menekan biaya produksi dan kinerja lingkungan menjadi lebih baik.

2. Tinjauan Pustaka

Kawasan industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri pengolahan yang dilengkapi dengan prasarana, sarana dan fasilitas penunjang [4]. Industri hijau yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberi manfaat bagi masyarakat [5].

Adapun beberapa prinsip *green industri* yang digunakan yaitu: *location, sustainable site, water efficiency, energy atmosphere, material resources*, dan *cleaner production* [6]. Dari 6 prinsip yang ada, peneliti hanya menggunakan prinsip 1 dan prinsip 2 dikarenakan belum adanya pembangunan kawasan industri yang terjadi pada kawasan penelitian.



Gambar 1. Peta kota Sorong sebagai lokasi penelitian

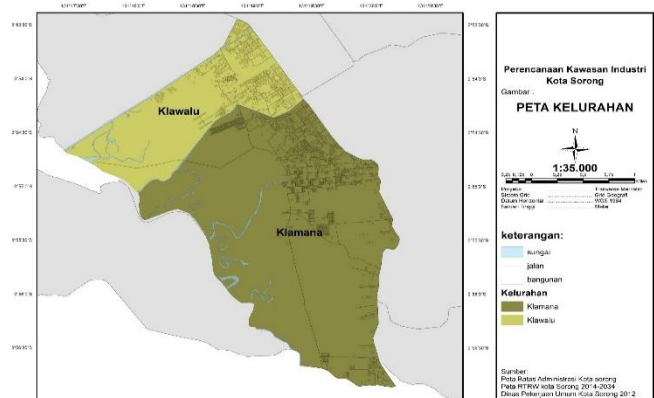
3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif komparatif dengan analisis skoring, spasial, dan konseptual. Lokasi penelitian dilakukan di Kota Sorong, lebih tepatnya pada Kawasan Industri Kota Sorong sesuai yang terdapat di lokasi RTRW. Lebih jelasnya lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

4. Hasil dan Pembahasan

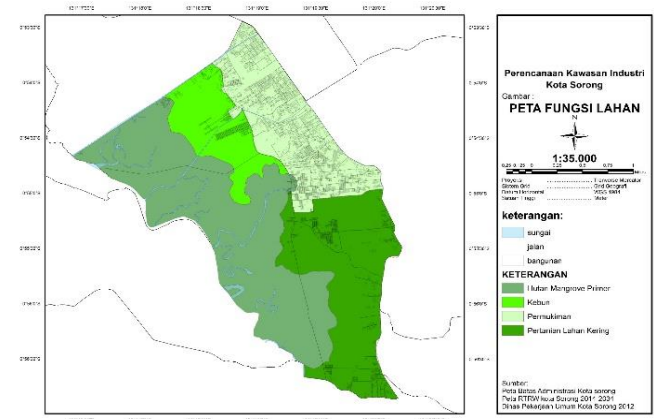
4.1. Identifikasi Kawasan Industri Kota Sorong

Ditinjau dari rencana tata ruang wilayah Kota Sorong, Kawasan Industri Kota Sorong terletak pada Kelurahan Klawalu dan Klamana, dimana luas kawasan kelurahan tersebut dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kelurahan Klawalu dan Klamana sebagai lokasi penelitian

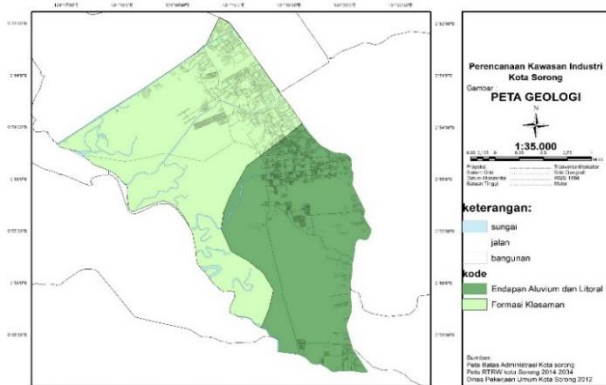
Penggunaan lahan pada Kelurahan Klawalu dan Klamana meliputi kawasan permukiman, mangrove, perkebunan, dan pertanian. Sebagian besar lahan lebih dioptimalkan untuk mangrove dan pertanian. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta fungsi lahan

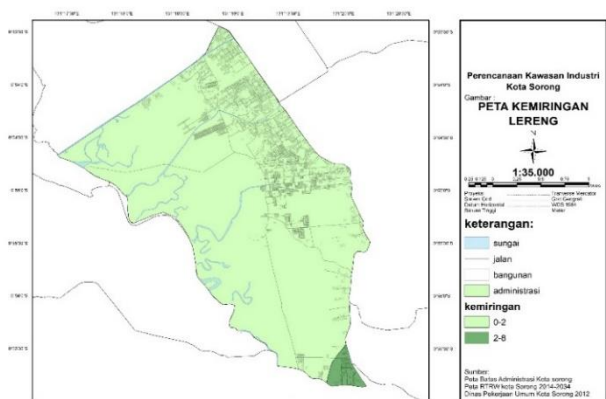


Kondisi geologi pada Kelurahan Klawalu dan Klamana ialah terdapat 2 jenis batuan geologi yang tersebar di kawasan tersebut. 2 jenis batuan geologi tersebut yaitu endapan aluvium, litoral dan formasi klasaman. Endapan aluvium litoral terdiri dari beberapa batuan seperti batu lumpur, serpih, batu pasir, konglomerat, jarang batu gamping, koral ganggang, dan kasar di bagian utara. Selain itu jenis formasi klasaman terdiri dari pasir, kerikil, lumpur, sisa tumbuhan, gambut. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta kondisi geologi

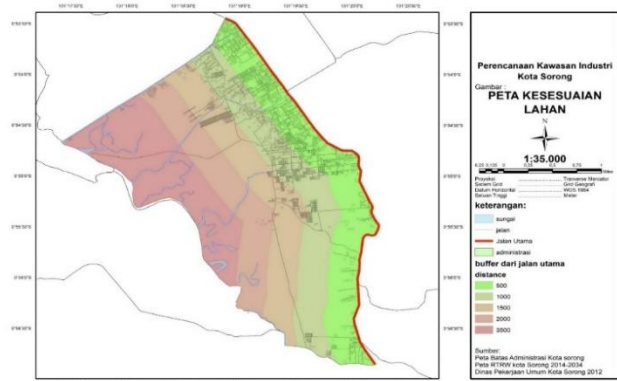
Kondisi topografi yang berada pada wilayah perencanaan memiliki kondisi rata-rata datar bila digambarkan dari keseluruhan wilayah. Hanya terdapat 2 angka kemiringan pada kawasan industri, dimana angka kemiringan 0-2% dan 2-8% pada kawasan tersebut. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta kemiringan lereng

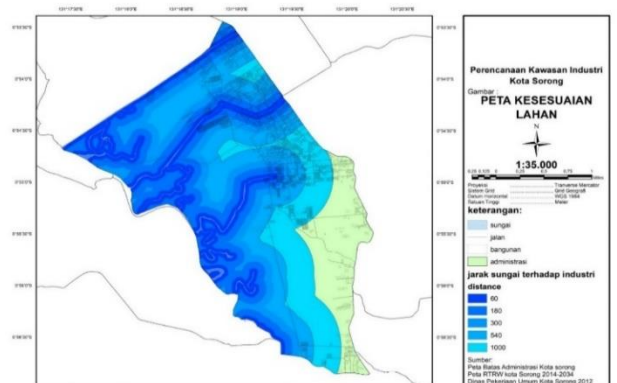
Klasifikasi jalan terhadap jalan utama sangat menentukan kesesuaian lahan dalam penelitian kawasan industri, dikarenakan jalan sangat berpengaruh terhadap aksesibilitas dalam pelayanan kawasan industri, sehingga dari jalan

yang ada pada eksisting melalui analisis *buffer* dan analisis skoring, maka dapat ditentukan pelayanan jalan utama terhadap lokasi industri. Klasifikasi jalan yang digunakan oleh peneliti yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta klasifikasi jarak terhadap jalan utama

Klasifikasi jarak terhadap sungai merupakan komponen penting dalam penentuan kesesuaian lahan pada kawasan industri. Hal ini dikarenakan pentingnya kebutuhan sumber air dalam hal pelayanan kawasan industri dalam memudahkan aktivitas industri, sehingga terdapat klasifikasi jarak terhadap sungai pada kesesuaian lahan untuk menentukan lokasi. Dengan menggunakan analisis *buffer* dan analisis skoring, dapat dilihat penentuan klasifikasi kawasan industri dari daerah yang “sangat sesuai” hingga daerah yang “kurang sesuai”. Adapun klasifikasi jarak sungai yang digunakan peneliti dalam menentukan skor dan identifikasi kesesuaian lahan yang dapat dilihat pada Gambar 7.

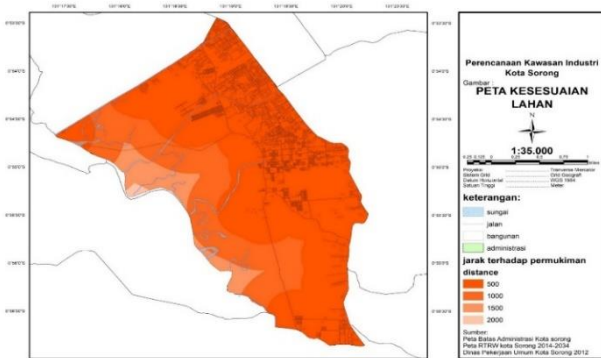


Gambar 7. Peta jarak terhadap sungai

Klasifikasi jarak permukiman dalam menentukan lokasi kawasan industri merupakan poin utama dalam hal kesesuaian lahan,

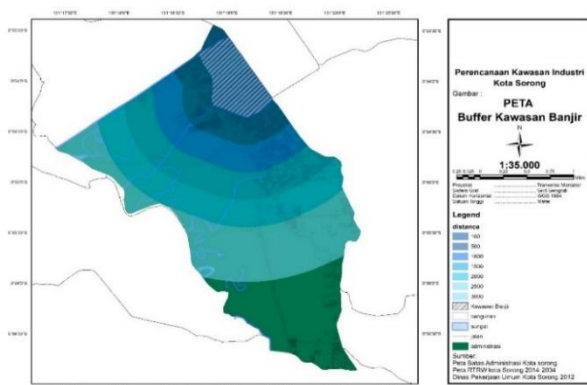


dikarenakan dampak kawasan industri terhadap permukiman sangat rentan dalam masalah polusi, pencemaran, dan kebisingan. Jarak permukiman merupakan poin penting dalam penentuan kawasan industri, dengan menggunakan analisis buffer dan analisis skoring, dapat ditentukan penentuan kelas kawasan dan klasifikasi lahan terhadap permukiman di kawasan penelitian industri. Klasifikasi kawasan jarak permukiman yang digunakan peneliti yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Jarak terhadap permukiman

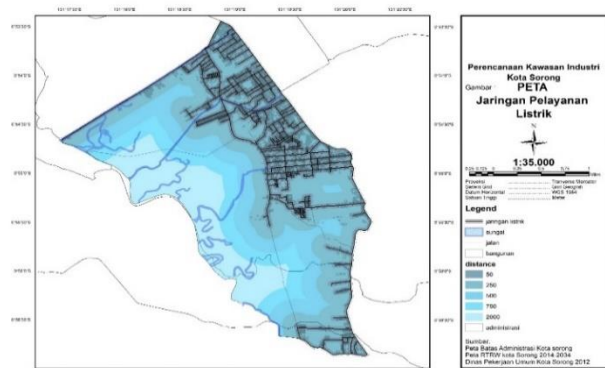
Dapat dilihat bahwa kondisi eksisting daerah rawan banjir berada dekat dengan kawasan industri. Dapat diidentifikasi daerah banjir terhadap kesesuaian lahan kawasan industri, dengan menggunakan analisis *buffer* terhadap masing-masing kelas jarak terhadap banjir, maka dapat diketahui luasan dan skor yang didapatkan pada masing-masing kawasan. Hasil analisis *buffer* lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Analisis jarak terhadap banjir

Ketidakpastian mengenai pelayanan energi listrik pada wilayah kawasan industri akan membuat pemerintah setempat dan pihak yang berwenang mengalami kesulitan. Dalam

melakukan pelayanan terhadap energi listrik, perlunya klasifikasi dalam jarak pelayanan listrik terhadap kawasan industri, sehingga merupakan suatu acuan dalam kesesuaian lahan kawasan industri. Adapun standar klasifikasi pelayanan jaringan listrik yang digunakan peneliti sebagai acuan dalam mengidentifikasi kesesuaian lahan lokasi kawasan industri. Berikut merupakan peta analisis jaringan listrik pada Gambar 10.



Gambar 10. Analisis jarak terhadap listrik

4.2. Evaluasi Penerapan *Green Industry* pada Lokasi Penelitian

Analisis pada prinsip *location* dilakukan untuk mengolah data hasil studi pustaka. Metode analisis yang digunakan adalah analisis gap secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik dan kriteria pencapaian. Dalam penelitian ini, analisis gap digunakan untuk membandingkan kondisi ideal dari suatu lokasi industri berdasarkan literatur dan studi pustaka dengan kondisi aktual dari kawasan penelitian, sehingga dapat diketahui implementasi konsep industri yang ingin dicapai.

Penilaian dilakukan dengan asumsi bahwa seluruh variabel mempunyai bobot yang sama. Setiap kategori diasumsikan memiliki bobot 100%, maka 100% tersebut dibagi rata sesuai banyaknya indikator yang diperoleh. Metode pembobotan ini juga digunakan dalam penilaian dengan metode *Asian Green City Index* [7]. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 tentang bobot penilaian prinsip *Location*.

Adapun beberapa kriteria yang akan diukur dalam hal kesesuaian lokasi kawasan industri, kriteria-kriteria tersebut ialah kebijakan, fisik lingkungan, konektivitas ekonomi, infrastruktur, bahan mentah, tenaga kerja, dan pasar/pemasaran. Dari hasil skoring terhadap kriteria kebijakan maka dimasukkan hasil skoring

terhadap evaluasi kebijakan yang ada sehingga didapatkan analisis skoring pada Tabel 2.

Tabel 1. Bobot penilaian prinsip location

Aspek Penilaian	Kriteria Penilaian	Presentase Penerapan	Total Penerapan
Lokasi Strategis	Kebijakan	14,2%	100%
	Fisik lingkungan	14,2%	
	Konektivitas ekonomi	14,2%	
	Infrastruktur	14,2%	
	Bahan mentah	14,2%	
	Tenaga kerja	14,2%	
	Pasar/pemasaran	14,2%	

Tabel 2. Bobot penilaian kebijakan

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
Kebijakan	Kawasan Industri Kota Sorong telah tercantum pada RTRWN				✓
Nilai penerapan total			3		
Nilai maksimal			3		
Presentase penerapan			14,2 %		

Kriteria berdasarkan fisik lingkungan lokasi strategis digunakan untuk dapat melihat kesiapan wilayah lokasi strategis dari aspek spasial yaitu kejelasan wilayah administrasi, lokasi, dan kondisi lingkungan yang mendukung. Lokasi strategis juga perlu didukung dengan kesiapan menghadapi bencana yang mungkin dapat terjadi. Peneliti mengambil 4 Skor dan memiliki keterangan dari masing-masing skor, sehingga dapat di nilai terhadap penelitian Kawasan Industri Kota Sorong pada penerapan kajian dampak lingkungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Bobot penilaian fisik lingkungan

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
Fisik lingkungan	Tidak terdapat kajian lingkungan	✓			
Nilai penerapan total			0		
Nilai maksimal			3		
Presentase penerapan			0 %		

Kriteria konektivitas ekonomi merupakan keterkaitan secara ekonomi antara suatu pusat pertumbuhan dengan pertumbuhan lainnya. Penekanan pada kriteria mengenai perekonomian menunjukkan kepentingan di dalam lokasi strategis maupun kontribusi lokasi strategis terhadap nasional. Kriteria-kriteria

berikut ini didapatkan dari tinjauan literatur terkait pengembangan wilayah, studi yang dilakukan oleh *European Spatial Development Perspective/ ESDP* (1993) [8] dan kondisi perekonomian wilayah. Dapat dinilai aspek-aspek penelitian Kawasan Industri Kota Sorong terhadap konektivitas perekonomian pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penilaian ekonomi

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
Konektivitas ekonomi	Memiliki kontribusi pada ekonomi lokal dan regional				✓
Nilai penerapan total				2	
Nilai maksimal				3	
Presentase penerapan				9,4 %	

Kriteria infrastruktur berdasarkan aksesibilitas terhadap lokasi strategis dan ketersediaan infrastruktur yang mendukung kegiatan di dalamnya, penekanan pada kriteria ini mengenai aksesibilitas dan infrastruktur pendukung. Kriteria-kriteria berikut ini didapatkan dari tinjauan literatur terkait infrastruktur, transportasi dan kebijakan. Peneliti mengambil 4 skor dan memiliki keterangan dari masing-masing skor, sehingga dapat di nilai aspek-aspek terhadap penelitian Kawasan Industri Kota Sorong pada penilaian infrastruktur pada Table 5.

Tabel 5. Hasil penilaian infrastruktur

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
Aksesibilitas dan infrasturktur	Didukung dengan pelabuhan, bandar udara, jaringan jalan utama, listrik dan telekomunikasi				✓
Nilai penerapan total				3	
Nilai maksimal				3	
Presentase penerapan				14,2 %	

Bahan mentah menjadi faktor penentu lokasi industri yang penting karena bahan mentah adalah bahan dasar dalam menghasilkan suatu barang atau produk. Suatu industri jelas tidak bisa menjalankan proses produksinya ketika tidak terdapat bahan mentah. Adapun kriteria yang dicapai dalam penentuan bahan mentah lokasi industri yang dapat dilihat pada Tabel 6.



Tabel 6. Hasil penilaian bahan mentah

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor	Skor	Skor	Skor
		0	1	2	3
Bahan mentah	Memiliki ketersediaan bahan mentah yang cukup besar dan berada dekat dengan lokasi kawasan industri.				✓
Nilai penerapan total			3		
Nilai maksimal			3		
Presentase penerapan			14,2 %		

Perlunya lokasi yang dekat terhadap lokasi industri dan pasar bertujuan untuk menemukan pola lokasi industri yang strategis. Pasar sebagai komponen yang sangat penting dalam mempertimbangkan lokasi industri, sebab pasar sebagai sarana untuk memasarkan atau menjual produk yang dihasilkan. Lokasi pasar ada kaitannya dengan lokasi pemukiman atau pusat penduduk, karena pada hakekatnya pasar adalah tempat untuk memenuhi semua kebutuhan hidup penduduk melalui transaksi jual beli. Lokasi pasar biasanya terletak di lokasi yang strategis dan mudah dijangkau oleh masyarakat. Adapun skor yang digunakan dalam jarak pelayanan pasar pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil penilaian pemasaran

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor	Skor	Skor	Skor
		0	1	2	3
Pasar	Jarak pelayanan pasar yang ada mencakup kawasan industri lebih dari 500 meter				✓
Nilai penerapan total			3		
Nilai maksimal			3		
Presentase penerapan			14,2 %		

Industri yang akan dibangun pada Kawasan Industri Kota Sorong ialah 2 jenis industri besar. Klasifikasi industri berdasarkan tenaga kerja, industri besar yaitu industri dengan jumlah tenaga kerja lebih dari 100 orang. Tenaga kerja dilihat dari tingkat pengangguran yang berada pada kawasan tersebut, khususnya pada pengangguran terbuka, sehingga didapatkan penilaian pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil penilaian tenaga kerja

Aspek penilaian	Evaluasi	Skor	Skor	Skor	Skor
		0	1	2	3
Tenaga kerja	Tingkat pengangguran 200 - 300 orang khususnya yang memiliki pendidikan tertinggi skala Universitas				✓
Nilai penerapan total			2		
Nilai maksimal			3		
Presentase penerapan			9,4 %		

Kriteria penilaian memiliki bobot yang sama. Seluruh kriteria penilaian diasumsikan memiliki total bobot 100%, maka total penerapan tersebut dibagi rata sesuai banyaknya kriteria penilaian sehingga masing-masing kriteria penilaian memiliki kriteria penilaian sebesar 14,2%. Dari hasil analisis pada pembahasan, didapatkan presentase penerapan dari masing-masing kriteria. Seluruh presentase penerapan akan di jumlahkan dan akan diketahui hasil dari total penerapan prinsip *location*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Presentase penerapan lokasi strategis

Aspek penilaian	Kriteria Penilaian	Presentase Penerapan	Total Penerapan
Lokasi strategis	Kebijakan	14,2%	75,6%
	Fisik lingkungan	0%	
	Konektivitas ekonomi	9,4%	
	Infrastruktur	14,2%	
	Bahan mentah	14,2%	
	Tenaga kerja	9,4%	
	Pasar/pemasaran	14,2%	

Dari hasil presentase penerapan lokasi strategis, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh total penerapan lokasi strategis memiliki total penerapan keseluruhan sebesar 75,6%. Hal ini dikarenakan masih terdapat beberapa aspek yang kurang dalam suatu kriteria penilaian yang telah diatur.

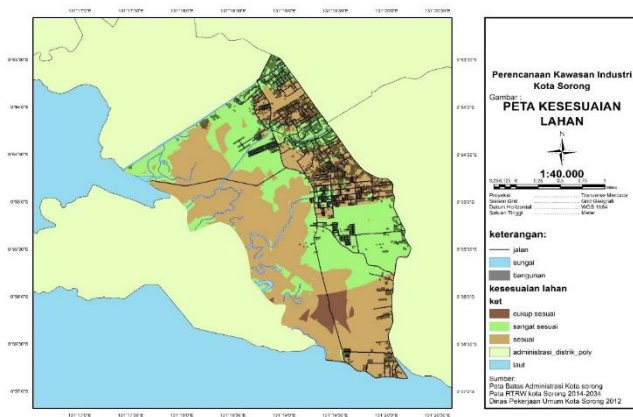
Tabel 10. Klasifikasi kesesuaian lahan

Klasifikasi	Skor
Sangat sesuai	5
Sesuai	4
Cukup sesuai	3
Kurang sesuai	2
Tidak sesuai	1



Pada evaluasi prinsip *sustainable site*, analisis yang digunakan ialah analisis kesesuaian lahan dengan menggunakan proses *overlay*. Proses *overlay* melalui Sistem Informasi Geograis (SIG) terhadap peta kesesuaian lahan Industri berfungsi untuk menentukan kesesuaian lahan lokasi industri. berdasarkan parameter kriteria pemilihan lahan, kawasan Industri terdiri 5 parameter, dimana parameter tersebut adalah “sangat sesuai”, “sesuai”, “cukup sesuai”, “kurang sesuai” dan “tidak sesuai”. Parameter kesesuaian lahan dapat dilihat pada Tabel 10.

Dari hasil analisis *overlay*, diperoleh bahwa wilayah Kawasan Industri lebih dominan masuk kedalam daftar klasifikasi “sangat sesuai” dikarenakan pada peta analisis kesesuaian lahan, Kawasan dengan klasifikasi “sangat sesuai” lebih dominan pada Kawasan penelitian. klasifikasi “sesuai” dan “cukup sesuai” masuk kedalam kawasan yang cukup dominan. Berdasarkan analisis *overlay* dapat disimpulkan bahwa, sebagian besar kesesuaian lahan pada Kawasan Industri Kota Sorong tergolong masuk ke dalam klasifikasi “sangat sesuai” dan memiliki skor 4. Untuk lebih jelasnya, peta hasil analisis *overlay* kesesuaian lahan kawasan industri dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Peta analisis kesesuaian lahan

4.3. Arahan Pengembangan Kawasan menurut Prinsip *Green Industry*

Dalam menentukan aspek arahan pengembangan kawasan, setiap aspek ditinjau dari hasil analisis yang ada. Berdasarkan karakteristik lahan kawasan industri dan evaluasi komponen *Green industry*. Setiap aspek ditinjau dari skala prioritas sehingga adanya prioritas utama dalam menentukan prioritas masing-masing kriteria. Adapun pembagian prinsip, yaitu prinsip *sustainable site* dan prinsip *location*.

Pada prinsip *sustainable site* ditentukan berdasarkan presentase performa, dimana presentase performa lahan kawasan industri ialah “sangat sesuai”, “sesuai”, “cukup sesuai”, “kurang sesuai”, dan “tidak sesuai”. Berdasarkan performa lahan maka dibagi menjadi 5 indikator skala prioritas sesuai dengan jumlah presentase performa pada Tabel 11.

Tabel 11. Skala prioritas kawasan

Skala prioritas	Presentase performa
Prioritas 1	Sangat sesuai
Prioritas 2	Sesuai
Prioritas 3	Cukup sesuai
Prioritas 4	Kurang sesuai
Tidak prioritas	Tidak sesuai

Arahan pengembangan prinsip lokasi berdasarkan pada analisis lokasi yang telah dibahas didapatkan hasil evaluasi aspek penilaian lokasi dari masing-masing kriteria. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Berdasarkan hasil dari *overlay* pada analisis kesesuaian lahan, maka didapat beberapa indikator presentase performa dilihat dari kawasan lahan itu sendiri. Adanya presentase performa membuat skala prioritas dapat ditentukan dari tiap presentase performa. Presentase performa dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Skala prioritas kawasan

Skala prioritas	Kriteria penilaian	Analisis	Arahan
1	Fisik lingkungan	Didapatkan hasil penilaian fisik lingkungan dalam skor 0. Hal ini dikarenakan tidak terdapat kajian analisis dampak lingkungan ataupun mitigasi bencana pada daerah kawasan industry, sehingga presentase penerapan industri ialah 0%.	1. Perlunya penyusunan AMDAL dalam lokasi industri. AMDAL ini dibuat saat perencanaan suatu proyek yang diperkirakan akan memberikan pengaruh terhadap lingkungan hidup di sekitarnya. Lingkungan hidup di sini adalah aspek abiotik, biotik dan kultural. Dasar hukum AMDAL di Indonesia adalah <u>Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun</u>



			2012 tentang “Izin Lingkungan Hidup” yang merupakan pengganti PP 27 Tahun 1999 tentang Amdal. 2. Perlunya kajian mitigasi bencana dalam perencanaan kawasan industri untuk meminimalisir kerusakan yang ada.
3	Konektivitas ekonomi	Kawasan industri yang direncanakan hanya melayani Kawasan Timur Indonesia, dikarenakan tidak adanya daerah industri khususnya pada kawasan Timur Indonesia.	1. Pembangunan sektor industri diharapkan mampu memberikan kontribusi yang besar terhadap pembangunan nasional baik dari aspek ekonomi, sosial, budaya maupun politik. Di lain pihak pembangunan ekonomi, sosial, budaya dan politik berpengaruh pada pembangunan industri. 2. UNIDO (2012) yang menyatakan bahwa kawasan industri bertujuan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan lapangan kerja baik di tingkat nasional, regional, maupun tingkat lokal, menarik investasi asing, dan memacu perkembangan sektor industri.
3	Tenaga kerja	Dari hasil analisis skoring, maka dapat dilihat bahwa penilaian tenaga kerja masuk ke dalam skor 2, dikarenakan tingkat pengangguran di Kota Sorong hanya 200-300 orang pada skala Universitas.	Perlunya tenaga kerja yang memiliki jenjang pendidikan akhir universitas dikarenakan industri besar merupakan industri yang memiliki tenaga kerja minimal 100 orang

Tabel 13. Presentase performa lahan

Skala prioritas	Presentase performa
Prioritas 1	Sangat sesuai
Prioritas 2	Sesuai
Prioritas 3	Cukup sesuai
Prioritas 4	Kurang sesuai
Tidak prioritas	Tidak sesuai

Dari skala prioritas tersebut jika disesuaikan dengan hasil analisis maka didapatkan hasil presentase performa sebagai berikut.

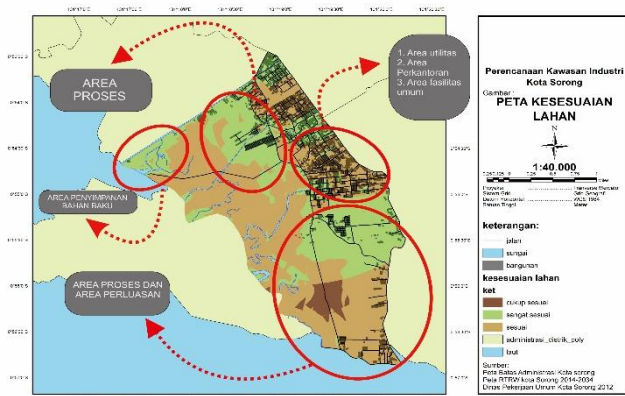
Tabel 14. Skala prioritas kawasan eksisting

Skala Prioritas	Presentase Performa	Luas	Presentase
Prioritas 1	Sangat sesuai	817,83 Ha	54,19%
Prioritas 2	Sesuai	369,77 Ha	24,48%
Prioritas 3	Cukup sesuai	320,24 Ha	21,20%
Prioritas 4	Kurang sesuai	0,97 Ha	0,06%
Tidak prioritas	Tidak sesuai	1,14 Ha	0,07%
Total keseluruhan		1.509,95 Ha	100 %

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa prioritas pertama terdapat pada presentase performa “sangat sesuai”, dimana pada lahan prioritas lahan “sangat sesuai” seluas 362,94 Ha. Lahan tersebut merupakan 24,03% dari luas lahan Penelitian Kawasan Industri. Setelah itu pada skala prioritas 2 ada pada presentase performa “sesuai”, skala prioritas 2 merupakan skala prioritas lahan terluas diantara lahan presentase performa lainnya. Pada skala prioritas 2 memiliki luas lahan 834,07 Ha. Luasan lahan tersebut melebihi setengah dari luas kawasan industri seluruhnya dikarenakan jika dilihat pada presentase luas kawasan prioritas 2, luas lahan prioritas 2 sebesar 55,23%.

Setelah itu pada luas lahan prioritas 3, dimana presentase performa cukup sesuai pada lahan Kawasan Industri memiliki luas sebesar 321,83 Ha. Luas kawasan tersebut merupakan luas paling besar 3 dari antara skala prioritas lainnya dikarenakan presentase luas kawasan jika dibandingkan dengan kawasan seluruhnya sebesar 21,24%. Skala prioritas lainnya dimana terdapat prioritas 4 dan lahan yang tidak diprioritaskan sebagai lahan Kawasan Industri merupakan susunan lahan yang memiliki luas terkecil jika dilihat pada tabel diatas.





Gambar 12. Arahan Sustainable Site

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dalam penutup penulis akan memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kawasan Industri Kota Sorong berdasarkan karakteristik kondisi fisik lahan yang telah ditentukan oleh RTRW, adanya 3 karakteristik lahan yang dapat digunakan sebagai kawasan industri, 3 karakteristik lahan tersebut ialah “sangat sesuai”, “sesuai”, dan “cukup sesuai”.
2. Berdasarkan prinsip *green industry*, pada prinsip *location*, penerapan prinsip tersebut memiliki total penerapan 75,6%. Selain itu untuk penerapan prinsip *sustainable site*, dari hasil analisis *overlay* bahwa wilayah kawasan industri lebih dominan masuk kedalam daftar klasifikasi “sangat sesuai” dikarenakan pada peta analisis kesesuaian lahan, kawasan dengan klasifikasi “sangat sesuai” lebih dominan pada kawasan tersebut.
3. Pada prinsip *location*, penerapan prinsip tersebut memiliki total penerapan 75,6%.

Selain itu untuk penerapan prinsip *sustainable site*, dari hasil analisis *overlay* bahwa wilayah kawasan industri lebih dominan masuk kedalam daftar klasifikasi Sesuai dikarenakan pada peta analisis kesesuaian lahan, Kawasan dengan klasifikasi “sesuai” lebih dominan pada kawasan tersebut. setelah itu klasifikasi “sangat sesuai” dan “cukup sesuai” masuk kedalam kawasan yang dominan.

Referensi

- [1] Fleig, Anja-Katrin. 2000. *Eco-Industrial Parks, A Strategy towards Industrial Ecology in Developing and Newly Industrialised Country*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn.
- [2] Lowe, Ernest A. 2001. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. www.indigodev.com diakses terakhir pada tanggal 26 Januari 2015.
- [3] Purwanto. Andie T. Manajemen Lingkungan: Dulu, Sekarang, dan Masa Depan. andietri.tripod.com/jurnal/Manajemen_Lingkungan_x.pdf (diakses 13 Desember 2016).
- [4] Keputusan Presiden Republik Indonesia, 1989, Kawasan Industri, Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 53 Tahun 1989.
- [5] Keputusan Presiden Republik Indonesia, 1996, Kawasan Industri, Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1996.
- [6] [UNIDO] United Nations of Industrial Development Organization. 2012. *Chrome Balance in Leather Processing*, Hal. 3.
- [7] Denig S. 2011. *Asian Green City Index: Assessing the Enviromental Performance of Asia’s Major Cities*. Munich: Siemens AG.
- [8] [ESDP] European Spatial Development Perspective. 1993. *Towards balanced and sustainable development of the territory of the European Union*.



Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV

Indrabayu^{1*}, Nurhikma Arifin¹, Intan Sari Areni²

¹Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: indrabayu@unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112019.03

Abstrak

Klasifikasi kematangan buah secara manual memiliki banyak keterbatasan karena dipengaruhi faktor subjektivitas manusia sehingga pengaplikasian pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan menjadi lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem klasifikasi kematangan buah stroberi secara otomatis yang dibagi menjadi tiga kategori, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang. Proses identifikasi tingkat kematangan buah pada penelitian ini didasarkan pada ciri warna yaitu mengambil nilai Red, Green, Blue (RGB) dari citra. Adapun metode yang digunakan untuk segmentasi warna adalah Hue, Saturation, Value (HSV) dan untuk klasifikasi kematangan stroberi menggunakan algoritma Multi-Class Support Vector Machine (SVM) dengan kernel Radial Basic Function (RBF). Pengambilan data stroberi menggunakan kamera Logitech C920. Dataset yang digunakan terdiri dari 158 gambar stroberi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi kematangan stroberi menggunakan algoritma multi-class SVM dengan parameter kernel RBF cost (C) = 10 dan gamma (γ) = 10^{-3} menghasilkan akurasi tertinggi yaitu 97%.

Abstract

Classification of Strawberry Maturity Based on Color Segmentation using HSV Method. Manual fruit maturity classification has many limitations because it is influenced by human subjectivity. Hence, the application of digital image processing and artificial intelligence becomes more effective and efficient. This study aims to create a classification system that automatically divides strawberry maturity into three categories, namely not ripe, half-ripe, and ripe. The process of identifying the level of fruit maturity is based on the color characteristics Red, Green, Blue (RGB) value of the image. The method used for color segmentation is Hue, Saturation, Value (HSV) and for the classification of strawberry maturity using the Multi-Class Support Vector Machine (SVM) algorithm with a Radial Basic Function (RBF) kernel. Strawberry image data was retrieved using the Logitech C920 camera. The dataset consisted of 158 images of strawberries. The results showed that the classification of strawberry maturity using the multi-class SVM algorithm with kernel parameters RBF cost (C) = 10 and gamma (γ) = 10^{-3} produced the highest accuracy of 97%.

Kata Kunci: Pengolahan citra, HSV, stroberi, SVM

1. Latar Belakang

Stroberi merupakan buah yang disukai oleh konsumen dan bernilai jual tinggi. Buah stroberi dapat dikonsumsi segar atau dalam bentuk olahan seperti sirup, selai, dodol, manisan dan bahan tambahan pada kue atau es. Kondisi buah stroberi ditentukan oleh beberapa parameter. Salah satunya adalah parameter tingkat kematangan buah yang bisa dilihat dari perubahan warna buah stroberi [1].

Namun, pada proses klasifikasi kematangan stroberi yang dilakukan secara manual memiliki banyak keterbatasan karena dipengaruhi subjektivitas manusia seperti cepat lelah dan pengaruh fisik lainnya, sehingga pada kondisi tertentu proses pengklasifikasian tidak

konsisten. Klasifikasi yang tidak konsisten akan berpengaruh terhadap kualitas buah yang akan dipasarkan baik secara langsung maupun yang akan diolah menjadi produk. Oleh karena itu solusi dari masalah tersebut adalah sistem yang mampu melakukan klasifikasi kematangan stroberi secara konsisten dan akurat, sehingga dapat meminimalisir kesalahan yang dilakukan oleh manusia.

Teknologi pertanian yang semakin canggih mampu menggantikan peran manusia, seperti pemanfaatan pengolahan citra digital yang merupakan bagian dari perkembangan teknologi sehingga mesin komputer dapat mengenali citra seperti layaknya manusia, khususnya dalam mengenali tingkat kematangan buah. Terdapat



banyak penelitian yang dilakukan dalam melakukan penilaian kualitas dan kematangan buah tersebut secara otomatis. Ananto dkk. [2] pada tahun 2015 membuat aplikasi pengolahan citra untuk mendeteksi kualitas cabai berdasarkan tingkat kematangan menggunakan tranformasi warna YcbCr. Berdasarkan input pelatihan deteksi jenis warna kulit cabai diperoleh dari pengolahan citra dengan metode transformasi warna YCbCr. Dari hasil penelitian 30 sampel buah dari 10 buah pada masing-masing kondisi cabai yaitu, mentah, setengah matang, dan matang dengan dihitung nilai rata-rata maksimal dan minimal cb dan cr diperoleh akurasi 96%.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Indarto dkk. [3] pada tahun 2017 mendeteksi kematangan buah pisang berdasarkan fitur warna citra kulit pisang. Data yang digunakan berupa citra pisang dengan mengambil fitur warna yaitu nilai RGB yang kemudian diubah ke *Hue*, *Saturation*, dan *Intensitas* (HSI) dengan akurasi 85%.

Selain itu Li dkk. [4] juga melakukan penelitian untuk mengenali stroberi yang matang langsung pada pohonnya dengan metode *deep learning*. Sistem ini untuk membantu mesin dalam memisahkan buah stroberi dari daun dan stroberi yang saling tumpang tindih. Penelitian ini menggunakan dua metode pada tahap pengenalan buah stroberi yang matang untuk dibandingkan yaitu Caffe-Net dan SVM. Hasil menunjukkan bahwa pengenalan stroberi matang menggunakan metode Caffe-Net memiliki akurasi lebih baik 11% dari SVM yaitu akurasi masing-masing 95% dan 84%.

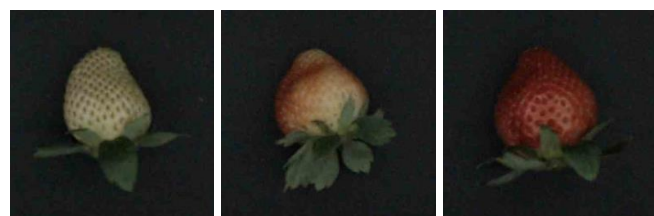
Berdasarkan studi literatur sebelumnya, pengolahan citra mampu mengatasi masalah dalam menangani klasifikasi kematangan buah. Sehingga pada penelitian ini akan menerapkan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah dengan memanfaatkan pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan dengan menggunakan standar yang sama, sehingga sistem ini melakukan klasifikasi kematangan stroberi secara konsisten dan akurat. sistem ini mengklasifikasikan kematangan stroberi menjadi 3 kategori kelas yaitu stroberi belum matang, setengah matang, dan matang. Namun pada sistem ini diimplementasikan pengolahan citra digital dengan metode *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV) pada proses segmentasi

sehingga memudahkan dalam pemisahan *background* dan objek stroberi dari berbagai ukuran dan bentuk. Proses segmentasi HSV didasarkan pada ciri warna stroberi dengan mengambil nilai *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) pada citra. Sedangkan untuk klasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Salah satu penelitian yang telah menggunakan metode SVM ini dilakukan oleh Ismail dkk. [5] untuk mendeteksi pelat nomor kendaraan.

2. Sumber Data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari stroberi belum matang, setengah matang dan matang dengan total data 158 gambar stroberi. Dataset ini dibagi kedalam dua jenis data yaitu data latih dan data uji.

Data latih yang akan digunakan sebanyak 80% dari total data. Data ini berupa data stroberi yang terlebih dahulu diproses untuk membentuk pola atau fitur yang akan digunakan dalam proses data uji. Sedangkan data uji yang digunakan sebanyak 20% dari total data. Data ini yang akan diproses dan dicocokkan dengan pola atau fitur hasil proses *training* dari data latih. Adapun pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kamera *Logitech C920* dengan resolusi 1920 x 1080 piksel, 15 megapixel snapshot dan bitrate 30 Fps. Kamera dipasang di dalam box ukuran 25 x 15 cm dengan kondisi pencahayaan yang telah ditentukan, yaitu menggunakan LED strip dan jarak antara kamera dengan objek stroberi adalah 25 cm. Data stroberi kemudian diolah menggunakan bahasa pemrograman python. Contoh data latih yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



a. Belum matang b. Setengah matang c. Matang

Gambar 1. Contoh data latih

3. Segmentasi Warna Menggunakan HSV

Segmentasi warna merupakan proses segmentasi dengan pendekatan daerah yang bekerja dengan menganalisis nilai warna dari tiap piksel pada citra dan membagi citra tersebut

sesuai dengan fitur yang diinginkan. Salah satu metode segmentasi warna adalah HSV. Segmentasi dengan deteksi HSV dilakukan dengan menganalisis nilai warna tiap piksel citra sesuai fitur yang diinginkan dengan nilai toleransi pada setiap dimensi warna HSV. Ruang warna HSV terdiri dari 3 komponen, yaitu: H menunjukkan jenis warna (seperti merah, biru atau kuning) atau corak warna, yaitu tempat warna tersebut ditemukan dalam spektrum warna. S mewakili tingkat dominasi warna yaitu ukuran seberapa besar kemurnian dari warna tersebut. V mewakili tingkat kecerahan yaitu ukuran seberapa besar kecerahan suatu warna atau seberapa besar cahaya datang dari suatu warna [6].

Pada penelitian ini data citra yang tertangkap oleh kamera memiliki warna R, G, dan B. Untuk mengurangi efek iluminasi pada sebuah citra, warna citra tersebut dapat dikonversikan ke *colour space* yang lain, salah satunya adalah ruang warna HSV. Untuk mentransformasi dari RGB ke HSV, perlu diketahui terlebih dahulu nilai *max* dan *min* tiap warna, dimana *max* adalah nilai maksimum dari nilai RGB dan *min* adalah nilai minimum dari nilai RGB [7]. Nilai-nilai ini dapat diperoleh menggunakan rumus seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 C_{\max} &= \max(R, G, B) \\
 C_{\min} &= \min(R, G, B) \\
 C &= C_{\max} - C_{\min}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

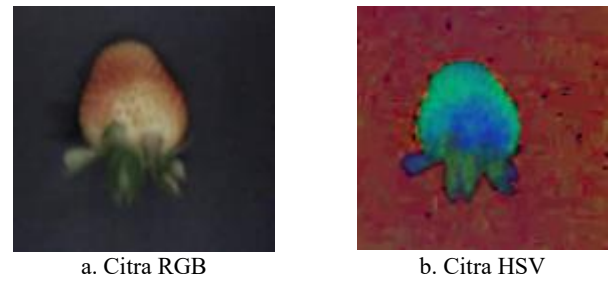
Setelah memperoleh nilai *min* dan *max* untuk tiap warna, maka nilai H, S, dan V dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$H = \begin{cases} 60 \left(\frac{G - B}{C} \right), & \text{if } C_{\max} = R \\ 120 + 60 \left(\frac{B - R}{C} \right), & \text{if } C_{\max} = G \\ 240 + 60 \left(\frac{R - G}{C} \right), & \text{if } C_{\max} = B \end{cases}
 \tag{2}$$

$$S = \begin{cases} 0, & C_{\max} = 0 \\ \frac{C}{C_{\max}}, & C_{\max} \neq 0 \end{cases}
 \tag{3}$$

$$V = C_{\max}
 \tag{4}$$

Contoh hasil konversi RGB ke HSV ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



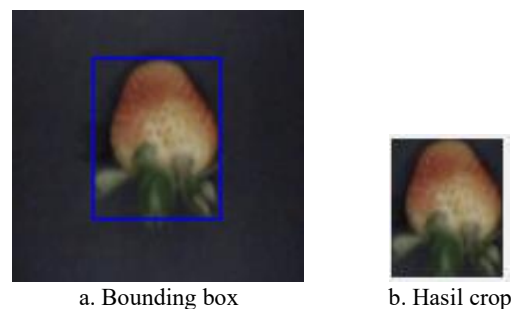
Gambar 2. Hasil konversi RGB ke HSV

Setelah citra HSV diperoleh, maka proses selanjutnya adalah mengubah citra HSV ke citra hitam putih melalui proses *masking*. *Masking* adalah proses mengubah suatu citra menjadi citra hitam putih. Proses *masking* bertujuan untuk memisahkan antara *foreground* dan *background* citra dengan memanfaatkan proses *thresholding*. Proses *thresholding* menggunakan nilai batas tertentu (*threshold*) untuk mengubah nilai piksel pada gambar asli menjadi gambar biner, dimana nilai piksel *foreground* akan bernilai 1 dan nilai piksel *background* bernilai 0. Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan pada kondisi stroberi belum matang, setengah matang, dan matang maka nilai *lower* dan *upper* yang optimal dari HSV ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Range nilai HSV optimal

Value	H	S	V
Minimal	0	48	33
Maksimal	77	255	212

Setelah proses *masking* selanjutnya menganalisis luas area objek pada citra untuk dilakukan *bounding box*. *Blob detection* akan menganalisis luas area dan bentuk objek *blob* dari suatu citra yang menjadi fokus deteksi. Hasil find contour ditunjukkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. *bounding box* dan hasil crop

Selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur dengan mengambil nilai rata-rata dari R, G, dan B pada citra sebagai pembeda antar objek.

4. Klasifikasi Menggunakan Algoritma SVM

SVM adalah algoritma penyelesaian masalah pengklasifikasian dengan mencari pemisah *hyperplane* yang optimal antar kelas. *Hyperplane* bergantung dari kasus pelatihan yang meletakkannya pada tepi dari deskriptor kelas yang disebut *support vector*. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada masalah *non-linear*, dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Algoritma SVM memiliki 4 kernel *function* yaitu kernel *linear*, *Radial Basic Function* (RBF), *sigmoid* dan *polynomial*. Metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kernel RBF. Proses *training* dilakukan dengan mencari nilai optimal dari parameter RBF yaitu *C* dan *Gamma*. Nilai optimal dari *C*=10 dan *Gamma*= 10^{-3} . Output dari proses *training* adalah *alpha* (α) dan nilai *bias* yang akan digunakan untuk proses uji.

5. Kesimpulan

Klasifikasi kematangan stroberi menghasilkan akurasi sebesar 97% dengan kernel RBF. Kematangan stroberi dapat diimplementasikan menggunakan *Image processing*. Pada tahap segmentasi *prototype* sistem klasifikasi kematangan buah stroberi

menggunakan metode HSV. Proses ini menghasilkan nilai optimal *lower HSV* = (0,48,33) dan *upper HSV* = (77,255,212). Nilai tersebut dapat memisahkan objek stroberi dengan *background* secara tepat meskipun warna pada setiap kategori kelas berbeda.

Referensi

- [1] Indrianto, O.H., Supriyanto, C., n.d. Klasifikasi Kematangan Buah Strawberry menggunakan Algoritma K-MEANS 12.
- [2] D Ananto, I.D., 2015. Aplikasi Pengolahan Citra Mendeteksi Kualitas Cabai berdasarkan Tingkat Kematangan menggunakan Transformasi Warna YCbCr 3, 11.
- [3] Indarto, Murinto, 2017. Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HIS (Banana Fruit Detection Based on Banana Skin Image Features Using HSI Color Space Transformation Method) V.
- [4] Li, X., Li, J., Tang, J., 2018. A deep learning method for recognizing elevated mature strawberries, in: 2018 33rd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC). Presented at the 2018 33rd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), pp. 1072–1077.
- [5] Ismail, M., Indrabayu, I., & Areni, I. S. 2018. Support Vector Machine Method to Reduce the Execution Time of Vehicle Plate Recognition System. *EPI International Journal of Engineering*, 1(1), pp. 69-75.
- [6] Ericks Rachmat Swedia, Margi Cahyanti. 2010. "Algoritma Transformasi Ruang Warna".
- [7] R. D. Kusumanto, Alan Novi Tompunu, Wahyu Setyo Pambudi. 2011. "Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV". *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, Vol. 2, No. 2.



Sistem Deteksi Lubang pada Pedestrian dengan Teknik Pengolahan Citra

Indrabayu^{1*}, Ahmad Rifaldi¹, Intan Sari Areni², Ingrid Nurtanio¹, Anugrayani Bustamin¹

¹Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: indrabayu@unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112019.04

Abstrak

Kawasan pedestrian di Indonesia masih tergolong belum optimal dalam memfasilitasi penggunaannya, dalam hal ini para pejalan kaki. Tidak sedikit dari kawasan tersebut masih ditemui jalanan pedestrian yang berlubang, hal ini bisa saja mencelakai pejalan kaki terutama pada penyandang tunanetra. Untuk itu dilakukan penelitian untuk membuat sistem yang dapat mendeteksi dan mengestimasi jarak lubang dengan pengolahan citra menggunakan mono kamera yang dapat membantu penyandang tunanetra. Metode yang digunakan untuk mendeteksi lubang adalah metode Threshold + Blob Analysis dan metode HSV. Hasil yang diperoleh menunjukkan tingkat akurasi pendeteksian lubang dengan menggunakan metode Threshold+Blob Analysis lebih baik dari metode HSV. Tingkat akurasi rata-rata Threshold+Blob Analysis sebesar 88,91%, sedangkan untuk metode HSV sebesar 86,82%.

Abstract

Pothole Detection System on Pedestrian using Image Processing Techniques. The pedestrian areas in Indonesia are still far from optimal in facilitating the users or the pedestrians. Potholed pedestrian areas are found in many parts of the street. This issue can harm pedestrians, especially blind people. For this reason, research has been carried out to create a system that can detect and estimate hole distances by processing images using mono cameras that can help blind people. The methods used to detect holes are the Threshold + Blob Analysis method and the HSV method. The obtained results indicate the level of accuracy of hole detection using the Threshold + Blob Analysis method is better than the HSV method. The average accuracy level of Threshold + Blob Analysis is 88.91%, while for the HSV method is 86.82%.

Kata Kunci: Blob analysis, deteksi lubang, HSV, tuna netra

1. Pendahuluan

Lubang di jalan merupakan suatu hal yang dihindari, bukan hanya bagi pengendara motor atau mobil, lubang juga dapat mencelakakan pejalan kaki, khususnya pejalan kaki yang memiliki keterbatasan fisik dalam hal ini penyandang tunanetra. Lubang dapat terbentuk karena berbagai hal, salah satu penyebabnya ialah air yang menggenang [1].

Alat bantu tradisional yang biasa digunakan oleh penyandang tuna netra ialah tongkat pemandu dan anjing penuntun, kelemahannya ialah keterampilan dalam penggunaan alat dan diperlukan waktu untuk melatih anjing penuntun tersebut [2].

Berbagai penelitian sebelumnya memberikan solusi dengan membuat sebuah tongkat pintar yang dapat membantu kebutuhan tunanetra dalam mobilitasnya, penelitian yang dilakukan oleh Rao pada tahun 2016

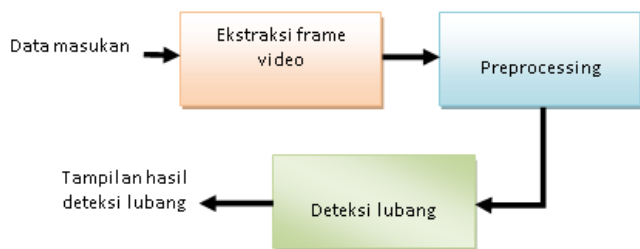
menggunakan laser dan mono kamera dalam membuat sistem yang dapat mendeteksi dan mengenali lubang ataupun retakan pada jalan [3]. Penelitian oleh Shurti Dambhare dan Prof. A. Sakhare menggunakan kamera stereo, proximity sensor, ultrasonic sensor dan modul GPS, dalam menghasilkan sebuah tongkat pintar untuk penyandang tunanetra [2].

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya masih fokus pada pendeteksian lubang dan estimasi jarak lubang menggunakan lebih dari satu sensor atau tambahan perangkat lain. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat sebuah sistem yang hanya menggunakan mono kamera untuk mendeteksi sekaligus menghitung estimasi jarak lubang berdasarkan teknik pengolahan citra. Metode yang digunakan yaitu Thresholding + Blob Analysis yang akan dibandingkan dengan metode HSV.



2. Metodologi Penelitian

Alur penelitian diperlihatkan pada Gambar 1. Data masukan pada penelitian ini adalah data video dengan resolusi 1920 x 1080 dengan format file mp4. Jumlah data masukan sebanyak 12 data video. Data masukan selanjutnya di ekstrak menjadi *frame-frame* lalu dilakukan *pre-processing* pada hasil ekstraksi. Untuk mendeteksi lubang digunakan dua metode pengolahan citra, yaitu *Thresholding* + *Blob Analysis* dan *HSV*. Unjuk kerja dari kedua metode akan dibandingkan dengan menggunakan software Matlab.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Ekstraksi Frame

Pada tahap ini, video di ekstrak menjadi beberapa frame yang akan diolah satu persatu sampai frame terakhir dalam video. Tahapan algoritma untuk ekstraksi frame diawali dengan melakukan inisialisasi terhadap jumlah frame video masukan.

2.2. Preprocessing

Pada bagian ini akan dilakukan beberapa tahapan, yaitu:

- *Cropping*
Video yang telah di ekstrak menjadi frame-frame akan di-*crop* agar citra yang tidak perlu untuk di proses akan dibuang. Hal yang dibutuhkan dalam melakukan *cropping* adalah adanya koordinat awal, panjang dan lebar area *crop*.
- *Resize*
Pada tahap ini citra di *resize* ke ukuran 640 x 480 piksel agar proses komputasi bisa lebih cepat.

2.3. Metode Thresholding

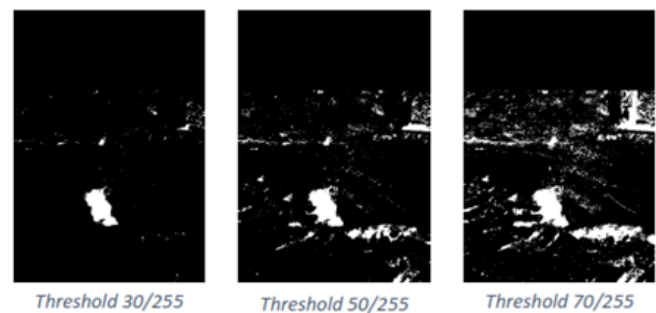
Metode *Thresholding* merupakan metode pengolahan citra untuk memetakan piksel yang memenuhi syarat ambang batas dan dipetakan

ke nilai piksel yang dikehendaki. Pada penelitian ini digunakan metode *thresholding* tunggal seperti diperlihatkan pada persamaan (1). Piksel – piksel yang nilai intensitasnya dibawah 30 diubah menjadi hitam (nilai intensitas 0), sedangkan piksel-piksel yang nilai intensitasnya di atas 30 diubah menjadi warna putih (nilai intensitas = 255) [4].

$$f_0(x, y) = \begin{cases} 0, & f_1(x, y) < 30 \\ 255, & f_1(x, y) \geq 30 \end{cases} \quad (1)$$

dimana $f_0(x, y)$ adalah citra hasil *threshold*.

Perbandingan hasil dari beberapa *threshold* diperlihatkan pada Gambar 2. Hasil *threshold* dengan nilai 30/255 lebih bersih dari *noise* dibandingkan dengan nilai *threshold* lainnya.



Gambar 2. Hasil perbandingan nilai *threshold*

2.4. Blob Analysis

Pada pengolahan citra yang menggunakan segmentasi *foreground*, analisis *blob* merupakan teknik yang digunakan untuk menyatakan luas area piksel dari suatu image yang menjadi fokus deteksi [5]. Berdasarkan fungsi tersebut, pada penelitian ini digunakan metode *blob* yang nantinya digunakan sebagai filter berdasarkan luas area untuk mengeleminasi objek-objek yang bukan lubang namun terdeteksi sebagai lubang pada sistem. Untuk menentukan nilai *blob*, ada beberapa hal yang harus diketahui untuk menghasilkan sebuah *blob* yang optimal. Penentuan luas *blob* pada setiap objek pada proses segmentasi *foreground* perlu dianalisis karena nilai *blob* pada tiap objek akan berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh fitur objek seperti ukuran, jenis, dan teknik pengambilan data video [6].

Nilai *blob* minimal yang digunakan pada penelitian ini sebesar 2000 dan nilai *blob* maksimalnya sebesar 25000 jadi sebuah objek

akan dikategorikan sebagai lubang jika luas areanya diantara 2000 dan 25000.

2.5. Segmentasi Warna dengan HSV

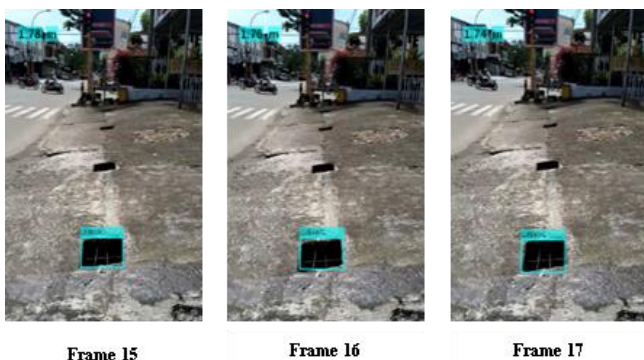
Segmentasi warna merupakan proses segmentasi dengan pendekatan daerah yang bekerja dengan menganalisis nilai warna dari tiap piksel pada citra dan membagi citra tersebut sesuai fitur yang diinginkan. Segmentasi citra dengan deteksi warna HSV menggunakan dasar seleksi warna pada model warna HSV dengan nilai toleransi tertentu [7].

Pada metode segmentasi dengan deteksi warna HSV dilakukan pemilihan sampel piksel sebagai acuan warna untuk membentuk segmen yang diinginkan [8]. Citra digital menggunakan model warna RGB sebagai acuan warna, oleh karena itu proses awal pada metode ini memerlukan konversi model warna RGB ke HSV. Untuk membentuk segmen sesuai dengan warna yang diinginkan maka ditentukan nilai toleransi pada setiap dimensi warna HSV, kemudian nilai toleransi tersebut digunakan dalam perhitungan proses *adaptive threshold*. Hasil dari proses *threshold* tersebut akan membentuk segmen area dengan warna sesuai toleransi yang diinginkan.

Penelitian ini menggunakan nilai HSV terendah dengan kode HSV(0,0,0) dan nilai HSV tertinggi dengan kode HSV(180,255,30), jadi objek yang masuk dalam warna HSV tersebut yang akan dikategorikan sebagai lubang.

3. Hasil

Hasil deteksi lubang pada *frame* 15 hingga *frame* 17 untuk "Data 01" diperlihatkan pada Gambar 3. Lubang mulai terdeteksi ketika memasuki area ROI.



Gambar 3. Hasil deteksi lubang pada "Data 01"

Perbandingan *confusion matrix* hasil deteksi lubang dengan Thresholding + Blob Analysis dan HSV diperlihatkan pada Tabel 1. Untuk nilai akurasi menentukan Hasil perhitungan akurasi dari kedua metode dengan menggunakan *confusion matrix* berdasarkan Persamaan (2).

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

dimana:

1. TP (True Positive), merupakan *bounding box* pada objek lubang atau dengan kata lain objek tersebut terklasifikasi benar sebagai lubang;
2. FP (False Positive), merupakan *bounding box* pada objek selain lubang atau dengan kata lain objek tersebut terklasifikasi dengan salah sebagai lubang.
3. FN (False Negative), merupakan objek lubang yang tidak di *bounding box* atau dengan kata lain objek tersebut terklasifikasi dengan benar sebagai bukan lubang.
4. TN (True Negative), merupakan objek selain lubang yang tidak di *bounding box* atau dengan kata lain objek tersebut terklasifikasi dengan benar sebagai bukan lubang.

Tabel 1. Perbandingan hasil deteksi lubang dengan metode Thresholding + Blob Analysis dan HSV

Data	Jumlah frame	Thresholding + Blob Analysis				HSV			
		TP	FP	TN	FN	TP	FP	TN	FN
Data 01	40	40	0	0	0	40	4	0	0
Data 02	40	40	0	0	8	37	22	0	3
Data 03	40	2	38	0	0	47	0	0	19
Data 04	40	36	4	0	6	43	0	0	6
Data 05	40	19	11	0	0	40	0	0	0
Data 06	40	38	2	0	0	40	0	0	0
Data 07	40	0	0	40	0	38	0	0	1
Data 08	40	0	0	40	0	0	0	40	0
Data 09	40	0	0	40	0	0	0	40	0
Data 10	40	0	0	40	0	0	5	35	0
Data 11	40	0	0	40	0	0	0	40	0
Data 12	40	0	0	40	0	0	0	40	0
Total	480	175	55	240	8	285	31	195	29

Setelah melakukan perhitungan terhadap 12 video dengan total *frame* sebanyak 480, diperoleh nilai akurasi untuk metode Thresholding + Blob Analysis sebesar 88,91%. Sedangkan untuk metode HSV diperoleh hasil akurasi sebesar 86,82%. Kesalahan deteksi terjadi akibat adanya objek lain yang berwarna gelap masuk ke dalam area deteksi seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh kesalahan deteksi lubang

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pendeteksian lubang menggunakan metode pengolahan citra telah berhasil dilakukan. Tingkat akurasi dengan metode *Threshold + Blob analysis* diperoleh sebesar 88,91% sedangkan tingkat akurasi HSV sebesar 86,82%. Hasil deteksi memperlihatkan bahwa metode *Threshold + Blob Analysis* lebih baik dari metode HSV. Penelitian ini akan dikembangkan dengan menghitung estimasi jarak lubang dan pengembangan penggunaan *platform* Android.

Referensi

- [1] Detik.com. (2016). *Detik News*. Retrieved 12 12, 2016, from <http://news.detik.com/berita-jawa-timur/3139479/banyak-lubang-jalan-terbentuk-akibat-genangan-air-hujan>.
- [2] Shurti Dambhare, P. (2011). Smart Stick for Blind : Obstacle Detection, Artificial vision and Real-time assistance via GPS. *II*, 3.
- [3] Aravinda S. Rao, J. G. (2016). A Vision-Based System to Detect Pothole and Uneven Surfaces for Assisting Blind People. *IEEE ICC 2016*, 6.
- [4] Rahman, S. (2013, Desember). *Lecturers Blog STT-Harapan Medan*. Retrieved Juni 22, 2017, from <http://sayutirahman.sth-medan.ac.id/2013/12/thresholding.html>.
- [5] Zakiyabarsi, F., Niswar, M., & Zainuddin, Z. (2019). Crab Larvae Counter Using Image Processing. *EPI International Journal of Engineering*, 2(2), 127-131.
- [6] Basri (2015). *Metode Gaussian Mixture Models Untuk Optimalisasi Perhitungan Kendaraan Dalam Sistem Transportasi Cerdas*. Makassar.
- [7] Gunanto, S. (2009). Segmentasi warna bagian tubuh manusia pada citra 2D. *Proceeding SENTIA*.
- [8] Giannakopoulos, T. (2008). *Matlab color detection software, Department of Informatics and Telecommunications, University of Athens, Greece*. Retrieved from <http://www.di.uoa.gr/~tyiannak>.

Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Pemantau Tamu pada Pintu Rumah Pintar Berbasis Raspberry Pi dan Chat Bot Telegram

Zaenab Muslimin^{1*}, Muhammad Arief Wicaksono², Muhammad Fandly Fadlurachman², Ilham Ramli¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: zaenabandy@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.05

Abstrak

Teknologi saat ini perkembangannya sangat pesat sehingga dapat dipergunakan untuk membantu manusia dalam menjalankan tugas sehari-hari di rumah dengan merancang suatu alat yang dapat dikendalikan dari jarak jauh (remote control) sehingga tercipta rumah idaman dengan peningkatan kenyamanan serta keamanan penghuni rumah. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah alat untuk memantau tamu yang dilengkapi dengan sistem keamanan dengan menggunakan microprocessor Raspberry Pi untuk memproses data yang akan dikirim ke Chat Bot Telegram. Data yang dikirimkan ke Chat Bot Telegram nantinya akan diakses oleh smartphone berupa gambar tamu yang di ambil oleh kamera raspberry pi. Alat ini memiliki dua mode yaitu mode smart yang digunakan untuk mengambil gambar tamu saat tamu menekan tombol bell dan mode secure yang digunakan untuk mengambil gambar orang yang berada di depan pintu secara otomatis dengan menggunakan sensor PIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sensor PIR dengan sensitifitas maksimum dapat mendeteksi objek dengan baik dalam jangkauan jarak maksimum 5 m, Kamera Raspberry Pi dapat mengambil gambar dengan kualitas baik hingga jarak 11m dan pengujian pada Chat Bot berjalan dengan baik, seluruh perintah telah di ujicoba dan memberikan informasi dalam bentuk chatting yang timbal balik. Prototipe ini memungkinkan pemilik rumah dapat melihat tamu atau orang yang berada di depan pintu melalui smartphone secara real-time.

Abstract

Security Systems and Guest Monitoring Prototypes on Smart Doors Based on Raspberry Pi and Telegram Chat Bot.

Current technology is developing so rapidly that it can be used to help people carry out daily tasks at home by designing devices that can be controlled remotely (remote control) so as to create a dream home with increased comfort and safety of residents. This study aims to design a tool for monitoring guests equipped with a security system using the Raspberry Pi microprocessor to process data to be sent to Telegram Chat Bot. Data sent to the Chat Bot Telegram will later be accessed by a smartphone in the form of a guest image taken by a raspberry pi camera. This tool has two modes namely the smart mode that is used to take pictures of guests when a guest presses the bell button and the safe mode is used to take pictures of people who are at the door automatically using a PIR sensor. The results showed that the PIR sensor with maximum sensitivity can detect objects well within a maximum distance of 5 m, the Raspberry Pi camera can take pictures with good quality up to 11m distance and testing on the Chat Bot runs well, all commands have been tested and provide information in the form reciprocal chatter. This prototype allows homeowners to see guests or people at the door through a smartphone in real time.

Kata Kunci: Chat Bot telegram, Raspberry Pi, sensor PIR, telegram Mesengger

1. Pendahuluan

Kriminalitas mengalami peningkatan dari tahun ke tahun khususnya menimpa rumah tangga, misalnya pencurian masih sering terjadi meskipun berfluktuatif. Pencurian terjadi ketika pemilik rumah sedang bepergian dan rumah ditinggal dalam waktu yang cukup lama seperti mudik lebaran ataupun ditinggal ketika penghuni rumah sedang bekerja. Meskipun di

beberapa lingkungan perumahan sudah memiliki petugas keamanan, namun keterbatasan manusia dapat menjadi celah bagi pelaku pencurian [1].

Teknologi saat ini berkembang pesat membuat semua alat dapat diciptakan untuk membantu manusia dalam pekerjaannya. Pekerjaan manusia yang dilakukan secara manual seperti penjaga rumah, pada saat sekarang pekerjaan tersebut dapat dilakukan



dengan hanya melakukan sistem kendali jarak jauh. Penggunaan jaringan internet sebagai media penyaluran sinyal kontrol dan pengendali telah berkembang pesat, salah satu contoh adalah pengendali peralatan dirumah tangga seperti pintu rumah, kontrol peralatan elektronik, dan mesin produksi di industri [2].

Perkembangan teknologi bidang elektronik saat ini sudah sampai pada generasi *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan kumpulan benda-benda (*things*), berupa perangkat fisik (*hardware /embedded system*) yang mampu bertukar informasi antar sumber informasi, operator layanan ataupun perangkat lainnya yang terhubung kedalam sistem sehingga dapat memberikan pemanfaatan yang lebih besar. Perangkat fisik (*hardware/embedded system*) dalam infrastruktur IoT merupakan hardware yang tertanam (*embedded*) dengan elektronik, perangkat lunak, sensor dan juga konektivitas. Perangkat *embedded system* melakukan komputasi untuk pengolahan data dari input sensor dan beroperasi dalam infrastruktur internet. Menurut hasil penelitian dari Juniper Research terdapat pertumbuhan perangkat IoT tiga kali lipat antara tahun 2016 s/d 2021. Menurut hasil penelitian ini perkiraan jumlah peralatan IoT yang terhubung ke internet baik itu device, sensor maupun aktuator mencapai lebih dari 46 billion sampai dengan tahun 2021 [3].

Penelitian ini memanfaatkan teknologi IoT, yaitu bagaimana *Internet of Things* mampu melakukan monitoring rumah dari jarak jauh dengan memanfaatkan aplikasi telegram messenger. Penggunaan telegram messenger pada penelitian ini adalah karena sifatnya yang open source. Kelebihan tersebut membuat pengguna dapat melihat *source code*, protocol dan *Application Program Interface* (API) yang ada di dalamnya. Hal ini memudahkan pengguna ketika ingin membuat aplikasi tambahan seperti pada penelitian ini. Telegram Messenger merupakan *Instant Messenger platform* yang mendukung *operating system* (OS) berbasis Linux sehingga kompatibel dengan Raspberry Pi yang juga menggunakan OS yang sama [1]. Fitur *Chat Bot* yang tidak ada pada instant messenger menjadi kelebihan lainnya. *Chat Bot* adalah akun penjawab otomatis yang dapat merespon teks tertentu sesuai dengan perintah yang kita berikan. Sistem keamanan ini memanfaatkan sensor PIR

yang dapat mendeteksi adanya gerakan manusia. Jika sensor aktif, maka akan memicu kamera yang terhubung pada Raspberry Pi untuk mengambil foto dan mengirimkan gambar tersebut kepada pemilik rumah melalui aplikasi Telegram Messenger.

2. Tinjauan Pustaka

Penggunaan komputer dimasa mendatang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet, IoT memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet [4]. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun penggunaannya seperti berbagi data, kontrol jarak jauh, dan sebagainya, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif.

2.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah modul mikro komputer yg juga mempunyai input output digital port seperti pada board microcontroller. Diantara kelebihan Rasberry Pi dibanding board microcontroller yaitu mempunyai port/koneksi untuk display berupa TV atau Monitor PC serta koneksi USB untuk keyboard serta mouse.



Gambar 1. Microprocessor Raspberry pi 3B+

Raspberry Pi board dibuat dengan type yang berbeda yaitu Raspberry Pi type A, A+ Raspberry Pi type B, B+ Raspberry pi 2,

Raspberry pi 3 Raspberry Pi zero. Perbedaannya antara lain pada Ram dan Port LAN. Type A RAM = 256 MB dan tanpa port LAN(ethernet), type B = 512 MB dan terpasang port untuk LAN. Raspberry Pi yang digunakan pada penelitian ini merupakan Raspberry Pi versi 3 B+ yang dapat dilihat pada Gambar 1 [5, 6].

2.2. Modul Kamera Raspberry Pi 5MP

Modul kamera yang didesain khusus untuk Raspberry Pi ini mampu memberikan gambar jernih berukuran 5MP atau merekam video 1080 pHD dengan kecepatan 30fps. Modul ini melekat pada Raspberry Pi dengan menggunakan kabel pita 15 Pin ke 15 pin MIPI *Camera Serial Interface* (CSI) yang dirancang khusus untuk antarmuka modul kamera. CSI Bus mampu mengirim data dengan kecepatan yang sangat tinggi dan secara eksklusif membawa data piksel ke prosesor BCM2835 [7].

2.3. Sensor *Passive Infra Red* (PIR)

Sensor Passive Infra Red (PIR) biasanya digunakan dalam perancangan detektor gerakan berbasis PIR. Karena semua benda memancarkan energi radiasi, sebuah gerakan akan terdeteksi ketika sumber infra merah dengan suhu tertentu (misal: manusia) melewati sumber infra merah yang lain dengan suhu yang berbeda (misal: dinding), maka sensor akan membandingkan pancaran infra merah yang diterima setiap satuan waktu, sehingga jika ada pergerakan maka akan terjadi perubahan pembacaan pada sensor [8].

Cara kerjanya adalah pancaran infra merah masuk melalui lensa fresnel dan mengenai sensor pyroelektrik, karena sinar infra merah mengandung energi panas maka sensor pyroelektrik akan menghasilkan arus listrik. Arus listrik inilah yang akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Kemudian sinyal ini akan dikuatkan oleh penguat dan dibandingkan oleh komparator dengan tegangan referensi tertentu (keluaran berupa sinyal 1-bit). Jadi sensor PIR hanya akan mengeluarkan logika 0 dan 1, 0 saat sensor tidak mendeteksi adanya perubahan pancaran infra merah dan 1 saat sensor mendeteksi infra merah. Sensor PIR didesain dan dirancang hanya mendeteksi pancaran infra merah dengan

panjang gelombang 8-14 mikrometer. Diluar panjang gelombang tersebut sensor tidak akan mendeteksinya. Untuk manusia sendiri memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra merah dengan panjang gelombang antara 9-10 mikrometer (nilai standar 9,4 mikrometer), panjang gelombang tersebut dapat terdeteksi oleh sensor PIR. (Secara umum sensor PIR dirancang untuk mendeteksi infra merah tubuh manusia) [9].

2.4. *Solenoid Door Lock*

Solenoid Door Lock adalah salah satu solenoid pengunci otomatis yang difungsikan khusus sebagai solenoid untuk pengunci pintu. *Solenoid Door Lock* ini membutuhkan tegangan supply 12v, sistem kerja solenoid pengunci pintu ini adalah NC (*Normally Close*). Katup solenoid akan tertarik jika ada tegangan dan sebaliknya katup solenoid akan memanjang jika tidak ada tegangan [10].

2.5. Telegram

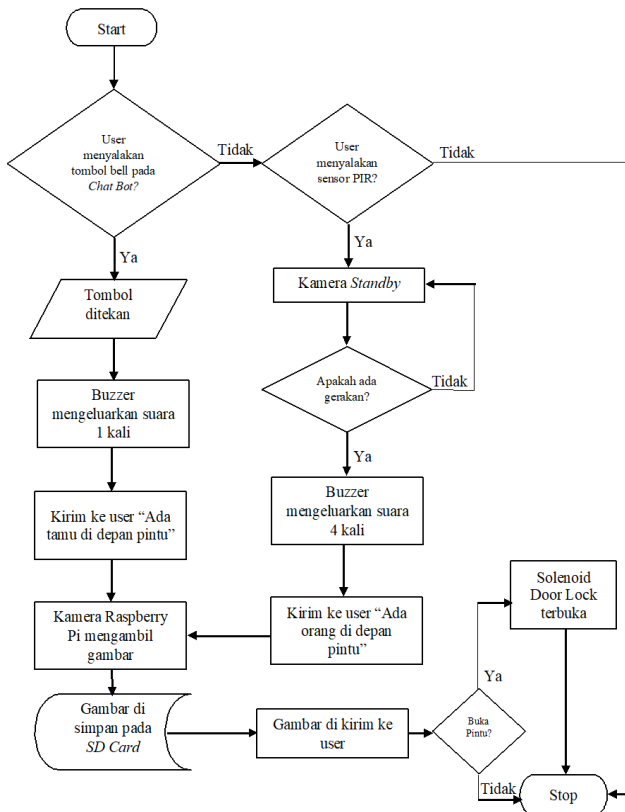
Telegram adalah sebuah aplikasi layanan pengirim pesan instan multiplatform berbasis awan yang bersifat gratis dan nirlaba. Klien Telegram tersedia untuk perangkat telepon seluler (Android, iOS, Windows Phone, Ubuntu Touch) dan sistem perangkat komputer (Windows, OS X, Linux). Para pengguna dapat mengirim pesan dan bertukar foto, video, stiker, audio, dan tipe berkas lainnya. Telegram juga menyediakan pengiriman pesan ujung ke ujung terenkripsi opsional. Kode pihak kliennya berupa perangkat lunak sistem terbuka namun mengandung blob binari, dan kode sumber untuk versi terbaru tidak selalu segera dipublikasikan, sedangkan kode sisi servernya bersumber tertutup dan berpaten. Layanan ini juga menyediakan API kepada pengembang independen [11].

3. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Perancangan dan pembuatan sistem dibedakan atas dua perancangan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Gambar 2 menunjukkan *flowchart* atau diagram alir perancangan sistem tersebut. Alur kerja dari sistem tersebut dimulai dari pengecekan apakah user mengirimkan perintah untuk menerima input dari tombol atau tidak. Ketika tamu atau

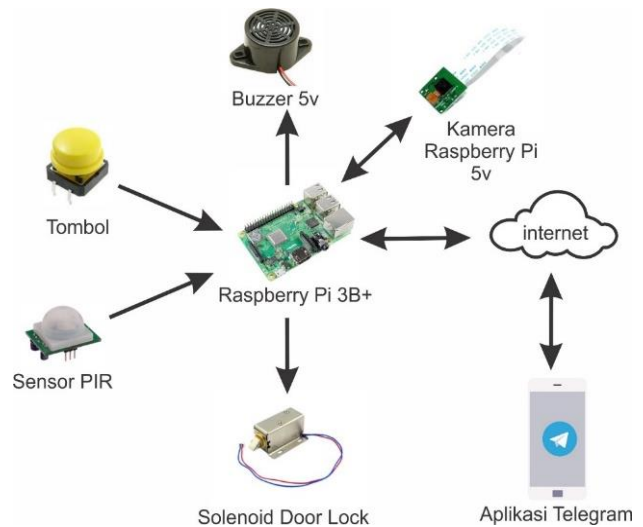


seseorang datang dan menekan tombol, buzzer akan berbunyi satu kali dan secara bersamaan program akan mengambil gambar kemudian menyimpan di *SD Card* dan secara otomatis mengirimkan pemberitahuan ke user melalui *Chat Bot Telegram* beserta gambar dari tamu atau seseorang tersebut. Sedangkan jika user mengirimkan perintah untuk mengaktifkan sensor PIR, maka kamera akan standby untuk mengambil gambar jika gerakan terdeteksi, dan secara bersamaan mengirimkan pemberitahuan serta gambar ke user melalui *Chat Bot*.



Gambar 2. Diagram alir perancangan sistem secara umum

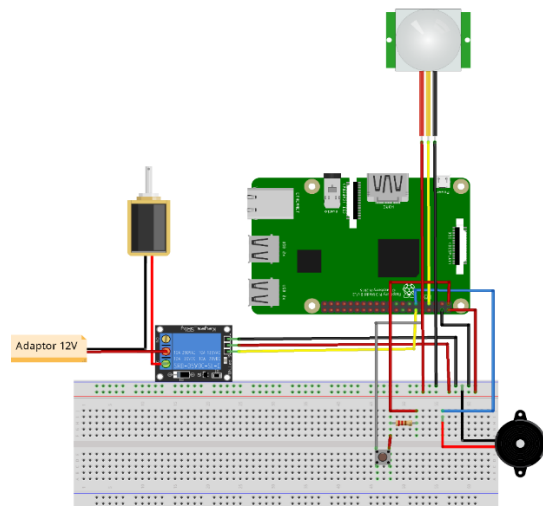
Pada prinsipnya alat ini menggunakan sensor PIR yang digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan, kamera raspberry pi yang berfungsi mengambil gambar ketika seseorang atau tamu berada didepan pintu rumah dan *solenoid door lock* sebagai pengunci pintu yang dapat dikendalikan. Komponen-komponen tersebut kemudian dihubungkan dengan raspberry pi. Gambar dan informasi kemudian akan dikirim ke *smartphone* dalam bentuk chat melalui aplikasi telegram, blok diagram sistem seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi perancangan prototipe pintu dan perancangan rangkaian sistem. Pada Gambar 4 tampak rangkaian sistem yang dibuat dengan perangkat lunak *Fritzing*, perangkat lunak ini berfungsi untuk membuat simulasi rangkaian sebelum direalisasikan. *Fritzing* juga memungkinkan untuk melihat *schematic* dari rangkaian yang dibuat jika ingin di terapkan pada papan PCB.



Gambar 4. Skema sistem deteksi tamu

Gambar 5 adalah pemasangan rangkaian pada prototipe *pintu*.



Gambar 5. Skema sistem deteksi tamu

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dimulai dengan membuat program dalam bahasa Python. Program Bahasa Python yang dijalankan akan mengakses server telegram dan mencocokkan API (*Application Programming Interface*) pada program dengan API pada *Chat Bot* yang telah dibuat API (*Application Programming Interface*) yang di hasilkan oleh BotFather untuk mengakses *Chat Bot*. Jika program berjalan dengan sempurna maka bot akan mengeksekusi kode program tanpa ada masalah seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Chat Bot mengirim gambar ke user

4. Hasil Pengujian dan Pembahasan

4.1. Pengujian Sensor PIR

Untuk mendeteksi adanya gerakan di depan pintu digunakan sensor PIR dengan sensitifitas maksimum. Prototipe di letakkan pada pintu menghadap ke arah luar. Objek yang akan di

deteksi oleh sensor PIR adalah gerakannya manusia. Pengujian dilakukan terhadap objek dari prototipe dimulai pada jarak 1m, adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

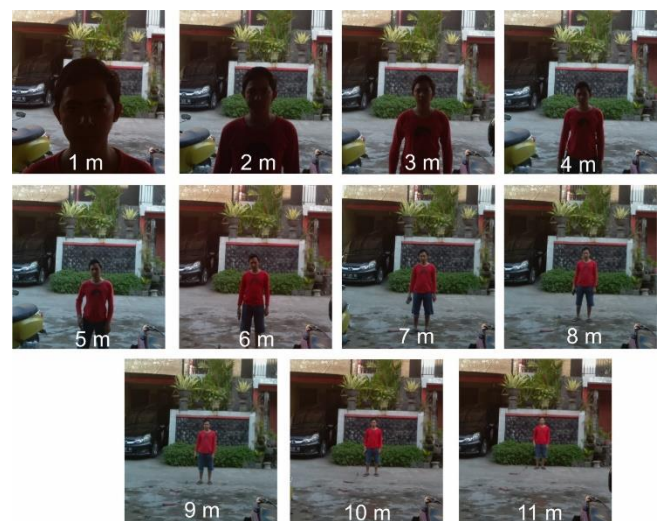
Tabel 1. Hasil pengujian sensor PIR terhadap objek

Objek	Jarak (m)	Respon
Manusia	1	Aktif
	2	Aktif
	3	Aktif
	4	Aktif
	5	Aktif
	6	Tidak Aktif

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa sensor PIR yang digunakan pada penelitian ini dapat mendeteksi keberadaan objek (manusia) maksimum 5m jika ditarik lurus ke depan sensor. Namun saat objek berada pada jarak 6 m, sensor PIR sudah tidak dapat mendeteksi keberadaan objek.

4.2. Pengujian Kamera Raspberry Pi

Kamera yang digunakan pada penelitian ini merupakan kamera Raspberry Pi dengan resolusi sebesar 5MP. Prototipe diletakkan pada ketinggian 160 cm dengan asumsi rata-rata tinggi orang Indonesia. Pengujian dilakukan pada objek dengan mengambil jarak objek dari prototipe mulai 1m pada pagi hari yang cerah, adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 2.



Gambar 7. Pengujian pengambilan gambar

Berdasarkan Gambar 7 dan Tabel 2, terlihat bahwa kamera Raspberry Pi dapat mengambil

gambar dengan kualitas baik dan wajah objek masih dapat dikenali hingga pada jarak 11 m.

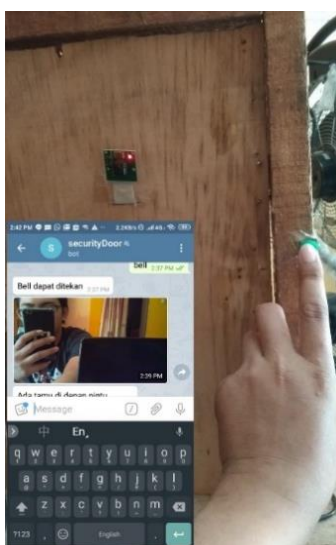
Tabel 2. Hasil pengujian kamera Raspberry Pi

Jarak (m)	Terlihat kamera
1	Ya
2	Ya
3	Ya
4	Ya
5	Ya
6	Ya
7	Ya
8	Ya
9	Ya
10	Ya
11	Ya

4.3. Pengujian Perintah Chat Bot Telegram

- Perintah “bell”

Perintah ini digunakan untuk mengaktifkan mode “smart” dan memberi akses kepada tombol untuk membunyikan buzzer dan mengambil gambar. Perintah ini diuji coba dengan mengirim perintah “bell” ke Chat Bot dan menerima pemberitahuan bahwa “bell dapat ditekan” lalu tombol bell pada prototipe pintu ditekan seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hasil yang diperoleh bahwa program berjalan dengan baik dan gambar yang dihasilkan berukuran sekitar 477kb dengan resolusi 1280 x 720 pixel. Namun terdapat delay sekitar kurang lebih 20 detik, lama delay ini bergantung dari kecepatan internet yang digunakan pada Raspberry Pi serta smartphone.



Gambar 8. Pengujian tombol bell

- Perintah “pirnyala” & “pirmati”

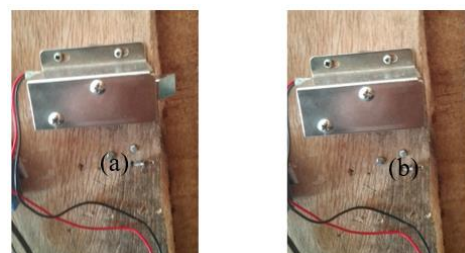
Perintah ini digunakan untuk mengaktifkan mode “secure” dan menyalakan sensor PIR serta mengakses kamera dalam mode *standby*. Sensor PIR akan mendeteksi keberadaan seseorang didepan pintu melalui suhu tubuh seseorang, maka sensor PIR akan membunyikan buzzer dan mengambil gambar serta mengirimkan pemberitahuan “ada orang di depan pintu”. Gambar yang diperoleh akan dikirim ke Chat Bot Telegram seperti pada Gambar 9, dan pengguna dapat mengirimkan perintah “pirmati” untuk mematikan mode “secure” agar sensor tidak mendeteksi pergerakan secara terus menerus.



Gambar 9. Pengujian perintah “pirnyala”, “pirmati”, dan “buka” pada Chat Bot

- Perintah “buka”

Perintah “buka” digunakan untuk membuka pintu dengan mengirimkan perintah kepada Raspberry Pi untuk mengontrol *Solenoid Door Lock*. Ketika pengguna mengirimkan perintah “buka” ke Chat Bot, maka sesaat kemudian pengguna akan menerima pemberitahuan “Pintu Terbuka” dari Chat Bot dan secara otomatis *Solenoid Door Lock* akan terbuka seperti terlihat pada Gambar 10.

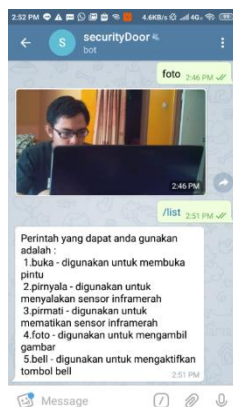


Gambar 10. Solenoid door lock (a) tertutup (b) terbuka

Setelah 5 detik maka Solenoid Door Lock akan tertutup secara otomatis dan memberikan pemberitahuan kepada pengguna “Pintu Tertutup”.

- Perintah “foto” dan “/list”

Perintah “foto” fungsinya untuk mengambil gambar menggunakan kamera Raspberry Pi dan mengirimkannya ke *Chat Bot* Telegram, fungsi dari perintah ini agar pengguna dapat melihat keadaan di depan pintu sedangkan perintah “/list” berfungsi untuk menampilkan perintah apa saja yang dapat digunakan pada *Chat Bot* seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian perintah “foto” dan “/list” pada *Chat Bot*

Jika pengguna mengirim perintah yang tidak terdapat pada list perintah yang tersedia, maka program akan mengirimkan pemberitahuan kepada pengguna “Maaf, Perintah yang anda masukkan salah” seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengujian perintah random

5. Kesimpulan

Sensor PIR dengan sensitifitas maksimum dapat mendeteksi objek dengan baik dalam jangkauan jarak maksimum 5m dan kamera Raspberry Pi dapat mengambil gambar dengan kualitas baik dengan wajah objek masih dapat dikenali hingga jarak 11 m. Perintah *Chat Bot* berjalan dengan baik, berdasarkan hasil pengujian seluruh perintah memberikan informasi dalam bentuk chatting yang timbal balik dan perintah yang dikirimkan oleh pengguna melalau *chat bot* dapat diterima oleh raspberry pi dalam waktu <1 detik sehingga sistem ini dapat digunakan untuk memonitoring tamu secara real time.

Referensi

- [1] Muhamad Irfan Kurniawan, Unang Sunarya, Rohmat Tulloh; *Internet of Things: Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger*; TELKOMIKA, Vol. 6, No. 1, Hal. 1 – 15; 1 Januari 2018.
- [2] Marlina Sari, *Protype Pengamanan Pintu Dengan Menggunakan Android Dan Embedded Sistem Nirkabel*, Jurnal Ilmiah FIFO; Volume VII, No. 1 Mei 2015.
- [3] Muhammad Izzuddin Mahali, *Smart Door Locks Based On Internet of Things Concept with Mobile Backend as a Service*; Jurnal Electronics, Informatics, and Vocational Education (ELINVO), Volume 1, Nomor 3, November 2016.
- [4] Apri Junaidi, *Internet of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya: Review*; Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan (JITTER), Volume I, No 3, 10 Agustus 2015.
- [5] Andi Dinata 2017: *Physical Computing dengan Raspberry Pi*, Kompas Gramedia, Penerbit PT. Elex Media Komputindo.
- [6] Mardhan Ramli, Dringhuizen J. Mamahit, Janny O. Wuwung; *Rancang Bangun Sistem Pemantau Tamu Pada Smart Home Berbasis Raspberry PI 3*; E-journal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 7 no. 1 2018.
- [7] Nareshkumar R. M., Apoorva Kamat, Dnyaneshvari Shinde; *Smart Door Security Control System Using Raspberry Pi*; International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science (IJACS), Volume 6, Issue 11 November 2017.
- [8] Jacqueline Waworundeng, Lazarus D. Irawan, Calvin Alan P; *Implementasi Sensor PIR sebagai Pendeteksi Gerakan untuk Sistem Keamanan Rumah menggunakan Platform IoT*; Cogito Smart Journal, Vol.3, No.2, Des 2018.
- [9] Edi Putra Dewa, Rikie Kartadie; *Integrasi Sensor Gerak Dan Ponsel Pada Arduino Sebagai Sistem Kontrol Keamanan Rumah*; JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika) Volume 01, Nomor 02, Desember: 30 – 37.



- [10] Atikah Hazarah; *Rancang Bangun Smart Door Lock Menggunakan Qr Code Dan Solenoid*; Jurnal Teknologi Informatika dan Terapan Vol. 04, No 01, Januari – Juni 2017.
- [11] Gde Sastrawangsa; *Pemanfaatan Telegram Bot Untuk Automatisasi Layanan Dan Informasi Mahasiswa Dalam Konsep Smart*; Konferensi Nasional Sistem & Informatika 2017; STMIK STIKOM Bali, 10 Agustus 2017.



Prediksi Laju Pembentukan Air Asam Tambang dengan Metode *Column Leaching Test*

Nur Ilham Situru^{1*}, Muhammad Ramli¹, Muhammad Thamrin¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: nurilhamsituru7@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.06

Abstrak

Salah satu permasalahan lingkungan pada kegiatan pertambangan batubara adalah pembentukan air asam tambang. Dalam rangka pengendalian dampak lingkungan yang terkait, maka perlu dilakukan prediksi pembentukan air asam tambang. Air asam tambang terjadi dengan adanya interaksi antara material yang berpotensi pembentuk air asam tambang dengan oksigen, bakteri, dan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pembentukan air asam tambang berdasarkan karakteristik material. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan uji statik dan uji kinetik. Metode uji statis mengklasifikasikan material sesuai kemampuan untuk menghasilkan asam bersih dengan parameter uji berupa pH pasta, total sulfur, *Acid Neutralizing Capacity (ANC)*, *Net Acid Generation (NAG)*, *Maximum Potential Acid (MPA)*, dan *Net Acid Producing Potential (NAPP)*. Metode uji kinetik memprediksi laju pembentukan asam suatu material. Uji kinetik menggunakan metode *Column Leaching Test* terhadap material yang didesain sedemikian rupa untuk mewakili kondisi lapangan. Parameter metode kinetik yaitu pH, konduktivitas listrik, asiditas, alkalinitas, kandungan sulfat, dan kandungan logam terlarut (Fe, Mn, dan Cd). Hasil uji statik mengklasifikasikan material ke dalam kategori material NAF *Non-Acid Forming (NAF)*, *Potential Acid Forming (PAF)* dan *Uncertain (UC)*. Hasil Metode *Column Leaching* membagi material dalam kategori kolom yang berpotensi dan tidak berpotensi membentuk air asam tambang. Kolom yang berpotensi membentuk air asam tambang terjadi pada kolom dengan jumlah tonase material PAF yang banyak atau yang berada pada lapisan atas sehingga bereaksi dengan oksigen. Kolom yang tidak berpotensi menghasilkan air asam tambang pada kolom dengan material PAF berada di lapisan tengah atau dicampur dengan material NAF.

Abstract

Prediction of Acid Mine Drainage Forming using Method of Column Leaching Test. One of the environmental problems in coal mining activities is the formation of acid mine drainage. Prediction of the formation of acid mine drainage is important as an effort to control environmental impacts. Acid mine water occurs with interactions between potentially acid-forming material with oxygen, bacteria and water. Objective of study is to analyze the potential for acid mine drainage forming based on material characteristics. The research method was carried out using static and kinetic tests. The static test method classifies materials according to the ability to produce clean acids with observed parameters such as paste pH, total sulfur, *Acid Neutralizing Capacity (ANC)*, *Net Acid Generation (NAG)*, *Maximum Potential Acid (MPA)*, and *Net Acid Producing Potential (NAPP)*. The Kinetic test method predicts the rate of acid-forming of a material. The kinetic test uses the *Column Leaching Test Method* by using material with composition designed to represent field condition. The kinetic method parameters are pH, electrical conductivity, acidity, alkalinity, sulfate content, and dissolved metal content (Fe, Mn, and Cd). Results of the static test classified the material into NAF *Non-Acid Forming (NAF)*, *Potential Acid Forming (PAF)* and *Uncertain (UC)* material categories. The results of the *Column Leaching Method* classified the material into categories of potential and no potential to form acid mine water. The columns that have the potential to form acid mine drainage occur in columns with large amounts of tonnage of PAF material or those in the upper layer so that it reacts with oxygen. The columns that have no potential to produce acid mine drainage in columns with PAF material are in the middle layer or mixed with NAF material.

Kata Kunci: Air asam tambang, uji statik, uji kinetik, uji kolom pelindian

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan merupakan kegiatan dengan daya ubah lingkungan yang sangat besar. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil batubara di dunia yang terus berupaya meningkatkan hasil produksinya akan memiliki

potensi timbulnya dampak lingkungan yang semakin besar pula. Permasalahan lingkungan utama yang terjadi pada penambangan batubara adalah air asam tambang. Air asam tambang terbentuk dari air hujan atau air tanah yang bercampur dengan mineral sulfida yang



terkandung dalam batubara yang menyebabkan air tersebut bersifat sangat asam dan mengandung logam dengan konsentrasi tinggi [1].

Langkah awal yang dapat dilakukan untuk mencegah air asam tambang yaitu mengetahui potensi pembentukannya terhadap suatu material yang dapat dilakukan melalui uji statik. Pengujian statik dilakukan dengan menentukan kandungan sulfur dan jumlah asam yang dapat dinetralkan oleh material. Uji statik digunakan untuk mengelompokkan material kedalam karakteristik batuan sebagai PAF (*Potentially Acid Forming*) atau NAF (*Non-Acid Forming*). Penerapan metode pengujian statik ini masih memiliki keterbatasan sehingga untuk kasus tertentu dapat diperoleh kondisi batuan yang tidak jelas antara PAF atau NAF yang kemudian dinyatakan sebagai UC (*Uncertain*). Hasil uji statik akan dilengkapi dan dikonfirmasi dengan uji kinetik [2].

Pengujian kinetik digunakan untuk menentukan laju relatif pelapukan mineral sulfida dari reaksi oksidasi dan analisis penetralan oleh mineral alkali serta uji keterlarutan logam pada air asam tambang. Perkembangan uji kinetik pada skala laboratorium yang sudah lazim dilakukan adalah Metode *Column Leaching Test* (Uji kolom pelindian). Hasil pengujian kinetik memberikan informasi laju reaksi terhadap waktu dan periode waktu berlangsungnya reaksi [3].

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan kedua metode uji statik dan uji kinetik untuk memprediksi laju pembentukan air asam tambang. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan dengan menggunakan fasilitas pengujian yang tersedia pada *Coal Laboratory Service Department* di KM. 67 *Hauling Road*. Keterbatasan referensi dan informasi tentang karakteristik material pembentuk air asam tambang menjadi kendala dalam mengidentifikasi kondisi timbunan material buangan tambang (*disposal*). Oleh karena itu, proses pengujian dilakukan dengan sampel yang diambil dari lokasi penambangan PT. Adaro Indonesia. Sampel-sampel tersebut kemudian dicampur atau disusun dengan perbandingan dan urutan tertentu sebagai pendekatan kondisi lapangan yang mungkin terjadi. Dengan demikian, material hasil rekayasa lapangan ini diharapkan sebagai representasi dari

kondisi lapangan yang dapat berpengaruh terhadap pembentukan air asam tambang.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel tanah dan air dari lokasi penambangan. Sampel tanah yang diambil berupa sampel *mud* pada lokasi *Settling Pond – 3 (SP-3)* Wara, dan sampel PAF, NAF, serta *Fly Ash Bottom Ash (FABA)* pada lokasi gudang sampel perusahaan. Sampel air diperoleh dari hasil penyiraman sampel tanah.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan peralatan *crusher, mixer, grinding, pH meter, alat Sulfur Determinator Behr CS50 HT-1550, alat titrator otomatis, botol polietilen, alat penyiram, alat pengukur EUTECH PC2700 Benchtop Meter, Portabel Datalogging Spectrophotometer, dan Atomic Absorption Spectrophotometry(AAS)*. Bahan yang digunakan antara lain sampel tanah (PAF, NAF, *Mud SP 3* Wara, FABA), air hujan atau air deionisasi larutan HCl larutan NaOH 0,1 N, larutan H₂O₂, aquades, kolom, kertas saring, dan corong.

Sampel yang telah diperoleh dilakukan uji statik untuk mengklasifikasi potensi pembentukan asam bersih. Uji statik yang dilakukan mengacu pada SNI 6597:2011 tentang Uji Statik Pengidentifikasi Sumber Air Asam Tambang. Standar ini digunakan untuk mengetahui potensi pembentukan suatu asam dalam satu waktu dengan melakukan pengukuran terhadap parameter uji statik yaitu pH pasta, total sulfur, ANC (*Acid Neutralizing Capacity*), NAG (*Net Acid Generation*). Selanjutnya berdasarkan data tersebut dihitung nilai MPA (*Maximum Potential Acid*), dan NAPP (*Net Acid Producing Potential*). Nilai MPA diperoleh dari perkalian antara konsentrasi total sulfur (%) dengan asumsi jika batuan yang memiliki berat 1 ton dan memiliki TS sebesar 1% akan menghasilkan asam sulfat sebesar 30,62 Kg. Nilai NAPP didapatkan dari hasil pengurangan antara MPA dengan ANC (*Acid Neutralizing Capacity*).

Setelah pelaksanaan uji statik dilanjutkan dengan uji kinetik. Uji kinetik dilakukan untuk memprediksi laju pembentukan asam suatu material. Uji ini menggunakan metode *Column Leaching Test* yang berisi material-material dengan komposisi dan susunan tertentu yang dapat merepresentasikan kondisi lapangan.



Metode ini menggunakan kolom yang diisi dengan 6 kg sampel material per kolom. Kolom pelindian yang diuji pada penelitian berjumlah 10 kolom dengan komposisi material berbeda. Sampel pada kolom tersebut dilakukan penyiraman menggunakan air hujan atau air deionisasi. Guna mengetahui perubahan sifat material dilakukan penyiraman atau periode pelindian sebanyak 10 kali.

Metode pelindian menggunakan sistem *Free Draining Column Testing* agar hasil yang diinginkan lebih mendekati kondisi lapangan. Pengujian dilakukan secara langsung di area terbuka dan di bawah terik sinar matahari sehingga kolom sesuai dengan kondisi lapangan. Parameter yang diukur dalam metode kinetik ini meliputi pH, konduktivitas (EC), asiditas, alkalinitas, kandungan sulfat, dan kandungan logam terlarut (Fe, Mn, dan Cd). Data yang dianalisis pada uji ini adalah klasifikasi PAF dan NAF. Variabel tersebut dibandingkan dan dicari hubungan antara keduanya untuk mendapatkan desain model kolom dengan mempertimbangkan kriteria material dan volume total yang dimiliki.

3. Prediksi Pembentukan Air Asam Tambang

3.1. Uji Statik

Dalam uraian sebelumnya telah dijelaskan bawah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah mud dari settling pond-3 (SP 3-Wara) dan sampel dari gudang penyimpanan sampel berupa sampel PAF, NAF, dan FABA. Hasil pengukuran parameter uji dari sampel-sampel tersebut diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian statik

Parameter		Mud SP 3	PAF	NAF	FABA
pH Pasta	-	4,97	2,52	7,47	12,35
TS	%	0,25	2,40	0,09	0,04
ANC	kg.H ₂ S O ₄ /ton	23	18	34	>500
MPA	kg.H ₂ S O ₄ /ton	8	74	3	1
NAPP	kg.H ₂ S O ₄ /ton	-15	56	-31	-499
pH NAG	-	4,2	2,1	7,3	11,9
NAG pH- 4.5	kg.H ₂ S O ₄ /ton	<1	43	0	0
NAG pH- 7.0	kg.H ₂ S O ₄ /ton	4	59	0	0

Berdasarkan atas hasil pengukuran nilai pH NAG-nya, sampel *Mud SP 3 Wara* dapat dikategorikan dalam golongan pembentuk air asam tipe 2 yaitu potensi pembentuk asam kapasitas rendah (PAF-LC). Hal tersebut dikarenakan nilai pH uji NAG-nya didapatkan lebih kecil dari 4,5 dan nilai NAG pH-4,5 didapatkan lebih kecil dari 5 kgH₂SO₄/ton. Namun demikian, berdasarkan nilai NPP-nya dapat dikategorikan ke dalam golongan tipe 1 yaitu bukan pembentuk asam (NAF) dikarenakan hasil nilai NAPP yang didapatkan bernilai negatif. Dalam hal ini terjadi konflik pada pengklasifikasian terhadap nilai NAG dan NAPP (NAPP negatif tetapi NAG pH ≤ 4.5). Pada kasus seperti ini, maka sampel ini dikategorikan sebagai sampel tidak pasti (*Uncertain/UC*).

Sampel terduga NAF berdasarkan hasil pengukuran statik dapat dikategorikan dalam golongan pembentuk air asam tipe 1 yaitu bukan pembentuk asam (NAF). Hal tersebut dikarenakan nilai uji pH NAG lebih besar dari 4,5 dan hasil nilai NAPP yang didapatkan bernilai negatif.

Sampel terduga PAF berdasarkan hasil pengukuran statik dapat dikategorikan dalam golongan pembentuk air asam tipe 4 yaitu potensi pembentuk asam kapasitas tinggi (PAF-HC). Hal tersebut dikarenakan nilai pH uji NAGnya didapatkan lebih kecil dari 4,5, nilai NAG pH-4,5 didapatkan lebih besar dari 5 kg.H₂SO₄/ton, nilai NAPP yang didapatkan lebih besar dari 10 kg.H₂SO₄/ton, dan nilai dari uji pH pasta yang diperoleh lebih kecil dari 4,5.

Sampel FABA berdasarkan hasil pengukuran statik dapat dikategorikan dalam golongan pembentuk air asam tipe 1 yaitu bukan pembentuk asam (NAF). Hal tersebut dikarenakan nilai uji pH NAG lebih besar dari 4,5 dan hasil nilai NAPP yang didapatkan bernilai negatif.

3.2. Uji Kinetik

Uji kinetik dengan *column leaching test* menggunakan 10 kolom yang didesain berdasarkan pertimbangan potensi pembentukan asam dari uji statik sebagaimana yang diklasifikasikan sebagai PAF atau NAF. Kolom dibuat menggunakan sampel PAF, sampel NAF, dan sampel FABA. Material tersebut digabung dalam satu kolom dengan variasi posisi lapisan

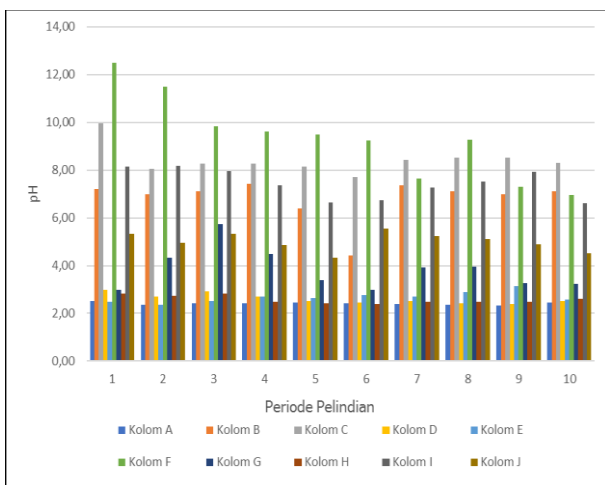


yang dapat ditempatkan pada bagian atas, tengah dan bawah. Satu kolom dibuat dengan mencampur material PAF, NAF, dan FAB. Sampel PAF yang digunakan relatif lebih banyak daripada sampel NAF dikarenakan jumlah tonase PAF di lapangan lebih banyak. Sampel *Mud SP 3 Wara* terpisah tersendiri karena jumlah yang sedikit. Karakteristik dan komposisi desain kolom disajikan pada Tabel 2.

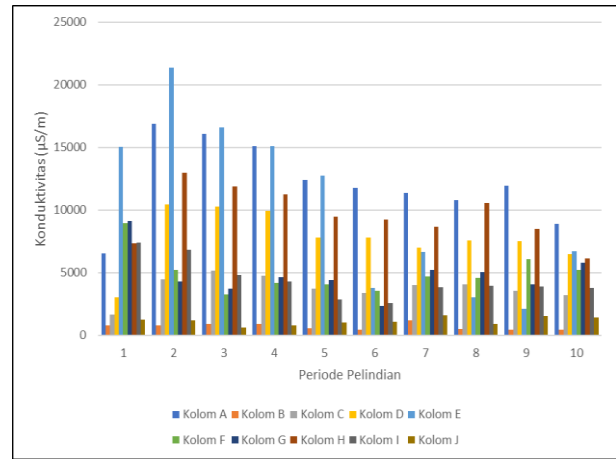
Tabel 2. Rancangan model *Column Leaching Test*

Kode Kolom	Komposisi sampel (Kg)	Urutan Lapisan	Berat Total (Kg)	Litologi
A	6 PAF	PAF	6	Mudstone
B	6 NAF	NAF	6	Mudstone
C	1 FAB + 4 PAF + 1 NAF	PABA PAF NAF	6	Mudstone
	3 PAF + 3 NAF	PAF NAF NAF		
E	2 NAF + 1 PABA + 3 PAF	FABA PAF PAF	6	Mudstone
	4 PAF + 1 FAB + 1 NAF	NAF PAF FABA		
G	4 PAF + 1 FAB + 1 NAF	PAF FABA NAF	6	Mudstone
	1 NAF + 4 PAF + 1 NAF	NAF NAF PAF		
I	4 PAF + 1 NAF + 1 FAB	PAF NAF MIX	6	Mudstone
	6 SP 3 Wara	SP		
J	6 SP 3 Wara	SP	4	Mudstone

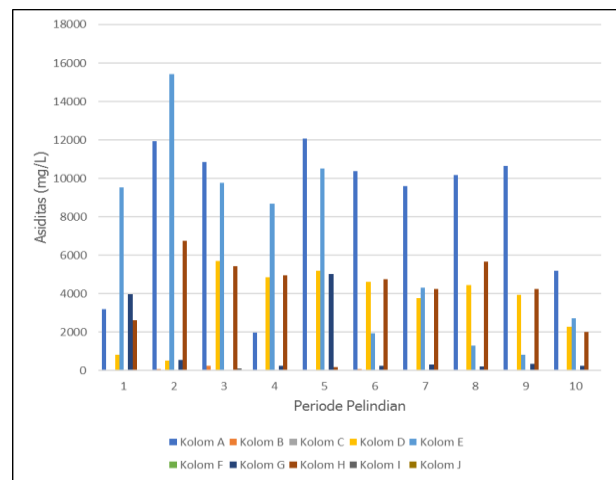
Pada uji kinetik, pengukuran parameter uji dilakukan pada air pelindian dari *column leaching test*. Hasil pengukuran yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 1 – 8 berikut.



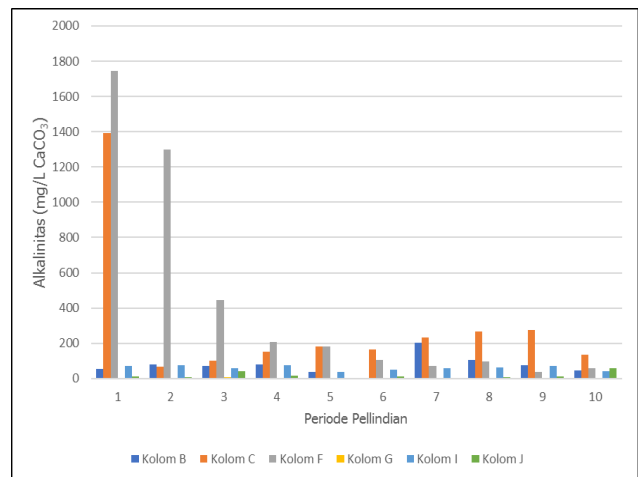
Gambar 1. Perubahan nilai pH



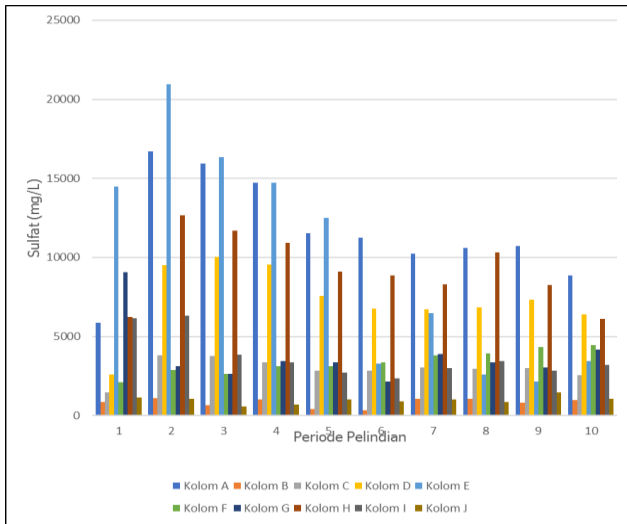
Gambar 2. Perubahan nilai konduktivitas



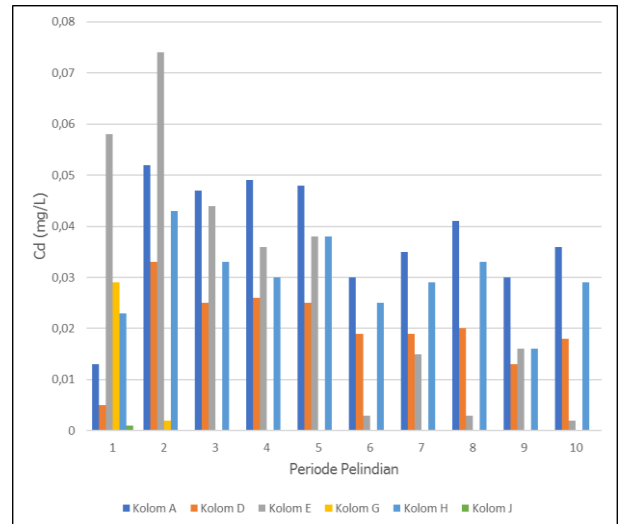
Gambar 3. Perubahan nilai asiditas



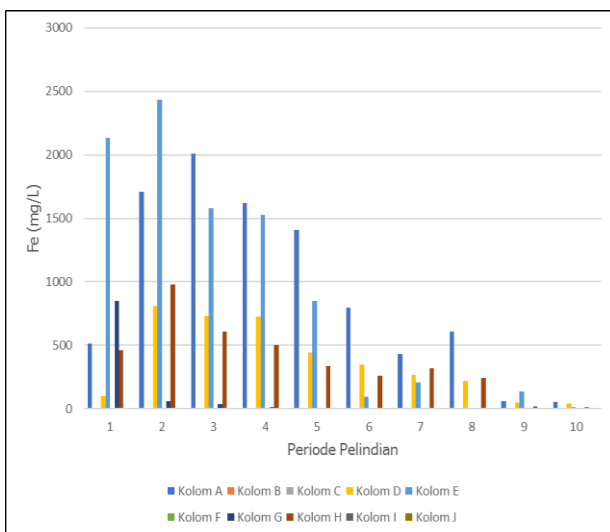
Gambar 4. Perubahan nilai alkalinitas



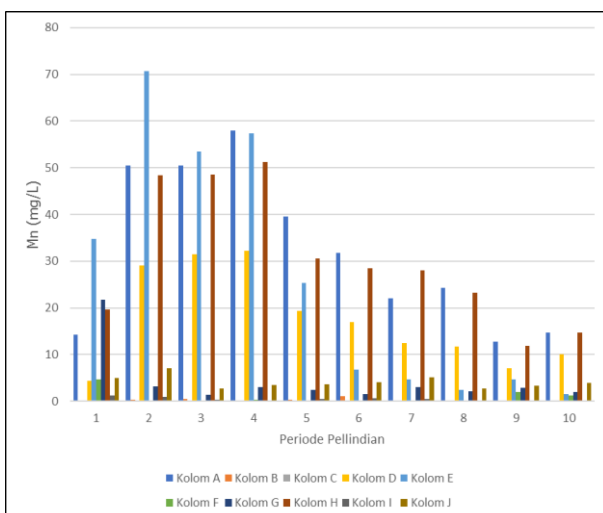
Gambar 5. Perubahan nilai sulfat



Gambar 8. Perubahan nilai Cd terlarut



Gambar 6. Perubahan nilai Fe terlarut column test



Gambar 7. Perubahan nilai Mn terlarut

3.3. Potensi Pembentukan Air Asam Tambang

Analisis potensi pembentukan air asam tambang pada setiap kolom didasarkan pada parameter hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 1 – 8. Kolom yang berpotensi dalam pembentukan air asam tambang meliputi;

1. Kolom A; dicirikan dengan pH yang sangat rendah, dan nilai konduktivitas, asiditas, kandungan sulfat, serta kandungan logam terlarut yang sangat tinggi.
2. Kolom D; dicirikan oleh pH sangat rendah, nilai konduktivitas dan asiditas yang tinggi serta membentuk ion sulfat yang berlebih, dan logam terlarut yang sangat banyak.
3. Kolom E; dicirikan oleh pH yang sangat rendah, dan nilai konduktivitas, asiditas, dan kandungan logam yang tinggi serta membentuk ion sulfat yang berlebih.
4. Kolom G; dicirikan oleh pH yang sangat rendah, nilai konduktivitas, asiditas, dan kandungan logam yang tinggi, serta membentuk ion sulfat yang berlebih.
5. Kolom H; dicirikan oleh pH yang sangat rendah, nilai konduktivitas, asiditas, dan kandungan logam dan sulfat yang berlebih.
6. Kolom J; dicirikan oleh pH yang rendah, nilai konduktivitas, sulfat, dan logam Mn yang relatif tinggi. Nilai asiditas, logam Fe dan Cd yang relatif rendah serta sedikit kandungan alkalinitas.

Interpretasi lainnya adalah sejumlah kolom menunjukkan indikasi potensi pembentukan air asam tambang yang kurang ataupun rendah. Indikasi tersebut ditemukan pada kolom;

1. Kolom B; dicirikan oleh pH, konduktivitas, alkalinitas yang normal serta asiditas, kandungan sulfat, dan kandungan logam terlarut yang relatif rendah.
2. Kolom C; memiliki nilai pH relatif normal, dan nilai asiditas serta kandungan logam yang rendah.
3. Kolom F; memiliki pH yang sangat tinggi, dan nilai asiditas dan kandungan logam yang rendah.
4. Kolom I; memiliki nilai pH normal, nilai asiditas dan kandungan logam yang rendah.
5. Letak lapisan PAF agar tidak membentuk asam diletakkan berada di tengah agar terhindar dari udara bebas. Lapisan tersebut diapit oleh NAF dan FABA karena jika hanya menggunakan material NAF belum mampu menetralkan keasaman yang terbentuk.
6. Pencampuran antara sampel NAF, PAF, dan FABA sangat bagus dalam mencegah pembentukan asam dengan mempertimbangkan volume sampel.

Hasil penelitian ini juga didapatkan sifat fisik dari masing-masing sampel selama dilakukan pelindian. Sampel PAF memiliki sifat meloloskan air dengan baik, sedangkan sampel NAF dan FABA akan mengeras bila terkena udara dan air.

3.4. Pengaruh Model Kolom terhadap Pembentukan Air Asam Tambang

Karakteristik potensi pembentukan air asam tambang pada model kolom uji menunjukkan ada 6 kolom yang berpotensi dan 4 kolom tidak berpotensi untuk pembentukan air asam tambang. Mencermati kedua kondisi tersebut, maka dilakukan pendekatan tentang pengaruh susunan material yang dalam hal ini dinyatakan sebagai model kolom. Perbedaan model kolom menjadi informasi penting dalam perencanaan *disposal* dan penimbunan material perlu mempertimbangkan hal-hal berikut;

1. Sampel PAF yang juga digolongkan dalam PAF-HC sangat berpotensi dalam membentuk asam apalagi dalam jumlah tonase yang besar.
2. Sampel NAF belum cukup mampu untuk menetralkan keasaman yang berlebih yang dihasilkan sampel PAF. Sampel NAF baik digunakan dalam membuat timbunan karena tidak menimbulkan air asam tambang.
3. Sampel FABA sangat baik untuk digunakan dalam mencegah pembentukan keasaman tetapi dengan mempertimbangkan jumlah tonase dikarenakan sifat dari FABA yang sangat basa (alkali).
4. Letak lapisan material PAF tidak boleh berada paling atas karena akan terpapar langsung oleh udara sehingga terjadi pembentukan asam yang optimal. Sampel PAF juga tidak boleh berada paling bawah karena berakibat pada lapisan akhir yang dilewati air pelindian apalagi dalam jumlah tonase yang besar. Hal tersebut akan kembali membentuk asam yang dibantu oleh aktivitas mikroba.

4. Kesimpulan

Uji statik terhadap sampel material yang diperoleh dari lokasi penambang berupa *Mud SP-3 Wara* termasuk dalam kriteria *Uncertain* (UC) karena dapat digolongkan sebagai tipe 2 (PAF-LC) yang diindikasikan oleh NAPP bernilai negatif, dan sebagai tipe 1 (NAF) yang diindikasikan oleh NAG $pH \leq 4.5$. Material tersebut termasuk dalam kriteria yang berpotensi untuk pembentukan air asam tambang.

Rekayasa pembuatan 10 variasi kolom pelindian berdasarkan susunan dan komposisi material dengan menggunakan NAF, PAF, dan FABA menunjukkan potensi pembentukan yang berbeda. Penempatan PAF pada lapisan atas mengindikasikan kolom yang berpotensi untuk pembentukan air asam tambang yang terlihat pada kolom A, D, dan G. Hal serupa terjadi bilamana kolom diisi dengan prosentase PAF $\geq 50\%$ dari volume total kolom yang terlihat pada kolom E dan H. Pencampuran material PAF, NAF dan PABA dengan komposisi PAF $> 50\%$ mengindikasikan material tersebut tidak berpotensi untuk pembentukan air asam tambang.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Wahyu Putra Hartanto sebagai Kepala Laboratorium Geokimia PT. Adaro Indonesia atas dukungannya dalam melaksanakan penelitian ini.



Referensi

- [1] Said N. I., 2014. Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi”. *JAI*. Vol.7 No. 2. Hal. 119 - 138.
- [2] Smart R., Skinner W.M., Levay G., Gerson A.R., Thomas J.E., Sobieraj H., Schumann R., Weisener C.G., Weber P.A., Miller S.D., Stewart W.A., 2002. *ARD Test Handbook: Project P387, A Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage*. AMIRA, International Ltd., Melbourne, Australia, p. 42.
- [3] Environmental Protection Agency (EPA) U.S. 2011. *Method 1627: Kinetic Test Method for the Prediction of Mine Drainage Quality*. Office of Water Office of Science and Technology Engineering and Analysis Division (4303T) 1200 Pennsylvania Avenue, NW. Washington, DC. P. 37.



Sistem Respon Satu Derajat Kebebasan terhadap Beban Harmonik pada Struktur Portal 2D

Indah Melati Suci¹, Astika Rajmi¹, Andi Muhammad Alfian Arafat¹,
Muhammad Zubair Muis Alie^{1*}

¹Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: zubair.m@eng.unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112019.07

Abstrak

System respon satu derajat kebebasan terhadap beban harmonik pada struktur yang diidealkan sebagai sistem kebebasan-tingkat-unggal yang tereksitasi secara harmonis yaitu struktur yang terkena beban atau perpindahan yang besarnya dapat diwakili oleh fungsi sinus atau kosinus waktu. Jenis eksitasi ini menghasilkan salah satu gerakan paling penting dalam studi getaran mekanik serta aplikasi untuk dinamika struktur. Struktur sangat sering mengalami aksi dinamis seperti beban siklus yang bekerja dan menghasilkan respon karena keberadaan eksentrisitas massa yang tak terhindarkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis system respon derajat tunggal terhadap beban harmonik pada struktur portal dua-dimensi (2D). Portal dimodelkan dan dianalisis dengan menggunakan metode elemen hingga. Hasil yang diperoleh adalah perpindahan titik dari struktur.

Abstract

One Degree Freedom Response System to Harmonic Loads in 2D Portal Structure. Response of one degree of freedom system to harmonic loading on the structure idealized as single degree of freedom systems excited harmonically, that is structure subjected to force or displacement where the magnitude may be represented by a sine or cosine function of time. This type of excitation results one of the most important motions in the study of mechanical vibrations as well as in applications to structural dynamics. Structure is very often subjected to the dynamic action such cyclic load acting and resulting response due to the the unavoidable load eccentricity. The objective of the present study is to analyze the response of one-degree of freedom system to the portal 2D. The structure is modelled and analyzed using finite element method. The result obtained by FE method is joint displacement of the structure.

Kata Kunci: Beban harmonik, FEM-SAP, portal 2D, sistem derajat kebebasan

1. Pendahuluan

Portal merupakan salah struktur yang banyak dijumpai. Portal terdiri dari elemen-elemen balok dan kolom. Elemen-elemen balok dan kolom tersebut terhubung secara kaku pada satu titik. Titik ini disebut sambungan kaku (*Rigid Joint*). Umumnya sistem struktur portal digunakan bila beban gravitasi lebih dominan dari pada beban lateral akibat gaya gempa dan angin. Sistem struktur portal identik dengan struktur rangka yang mana juga terdiri dari elemen-elemen balok dan kolom yang saling terhubung pada sambungan yang kaku.

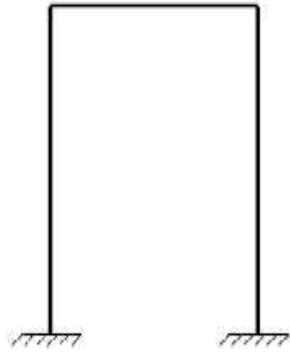
Penelitian yang terkait dengan analisis struktur portal dan rangka diantaranya adalah Muis Alie dkk. [1] menganalisis kekuatan batas struktur jacket platform dengan mempertibangkan konfigurasi elemen brace dan kolom. Analisis tekuk dan umur lelah dari

struktur jacket yang simetris dan tidak simetris dilakukan oleh Muis Alie [2]. Aeran dkk. [3] mengusulkan kerangka kerja untuk keberlangsungan umur dari struktur jacket offshore. Formulasi baru untuk analisis struktur guyed tower dimana tiangnya dimodel sebagai balok-kolom ekuivalen pada tumpuan elastik non-linear oleh Paez dan Sensale [4]. Shi dan Salim [5] menginvestigasi respon nonlinear guyed tower dari beban statik dan dinamik dengan menggunakan metode FEM. Metode optimasi perancangan struktur yang dikembangkan berdasarkan teori optimasi topologi dilakukan oleh Tian dkk. [6]. Vaz dkk. [7] memaparkan percobaan dan model FE untuk memperoleh kekuatan batas struktur tubular dengan lubang kerusakan yang terjadi secara melingkar terhadap beban tekan aksial.



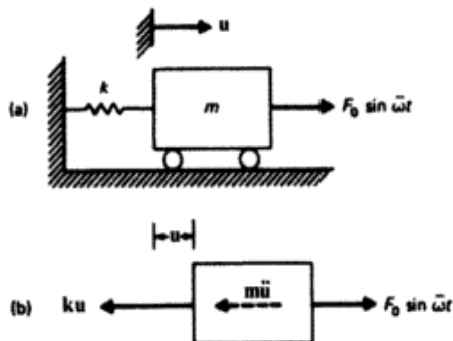
2. Teori Dasar

Sistem derajat kebebasan tunggal (SDOF) hanya mempunyai satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi massa pada saat tertentu yang ditinjau. Bangunan satu tingkat adalah salah satu contoh bangunan derajat kebebasan tunggal. Sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model struktur

Gaya $F(t)$ yang bekerja pada osilator sederhana pada Gambar 2 diasumsikan harmonis dan sama dengan $F_0 \sin \omega t$, dimana F_0 adalah amplitude puncak dan w adalah frekuensi gaya dalam radian perdetik.



Gambar 2. (a) Osilator terbuka yang secara harmonis tereksitasi. (b) diagram benda bebas

Persamaan diferensial diperoleh dengan menjumlahkan semua gaya dalam diagram benda bebas dari Gambar 2 (b) yaitu:

$$m\ddot{u} + ku = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

Solusi Persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai:

$$u(t) = u_c(t) + u_p(t) \quad (2)$$

dimana $u_c(t)$ solusi komplementer memenuhi persamaan homogen yaitu Persamaan (1) dengan mengatur ruas kiri sama dengan nol; dan $u_p(t)$ merupakan solusi khusus yang didasarkan pada solusi yang memenuhi persamaan diferensial non homogen (1). Solusi komplementer $u_c(t)$ diberikan sebagai:

$$u_c(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (3)$$

dimana:

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

Sifat fungsi getaran paksa dalam Persamaan (1) menunjukkan bahwa solusi khusus diambil sebagai:

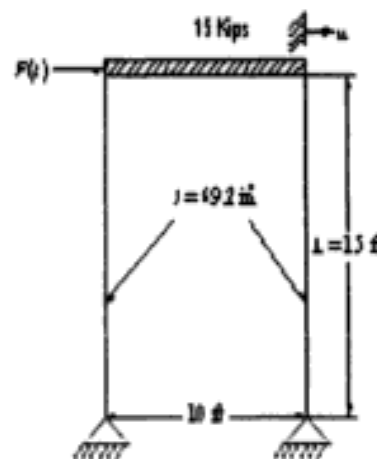
$$u_p(t) = U \sin \omega t \quad (4)$$

dimana U adalah amplitudo dari solusi khusus. Substitusi Persamaan (4) ke Persamaan (1) sehingga diperoleh faktor-faktor umum:

$$-m\omega^2 U + kU = F_0 \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Rangka baja yang ditunjukkan pada Gambar 3 mendukung mesin berputar yang memberikan gaya horizontal pada tingkat gelagar $F(t) = 200 \sin 5.3t$ (lb). Asumsikan 5% redaman kritis dan tentukan: (a) amplitudo kondisi-mapan getaran, dan (b) tekanan dinamis maksimum dalam kolom. Anggap gelagar itu kaku.



Gambar 3. Model analisis

Penyelesaian:

Parameter untuk struktur di atas yaitu:

- Mass : $m = 38.86 \left(lb \cdot \frac{sec^2}{in} \right)$
- Damping : $\xi = 0.05$
- Amplitude Harmonic Force : $F_o = 200(lb)$
- Force Time Function : $F_t = \sin 5.3t$
- Periode : $5.3 t = 2\pi$, $T = 1.1855 sec$
- Time Step: $\Delta t = \frac{T}{20} = 0.059275 sec$

Tabel 1 adalah fungsi harmonik dimana aksi yang dihasilkan merupakan fungsi dari waktu. Tabel 2 dan Tabel 3 menggambarkan perpindahan titik dan gaya elemen-elemen yang terdapat pada struktur.

Table 1. Fungsi harmonik

t (sec)	F(t)= sin 5.3t
0	0
0.0593	0.3090
0.1186	0.5878
0.1778	0.8090
0.2371	0.9511
0.2964	1
0.3557	0.9511
0.4149	0.8090
0.4742	0.5878
0.5335	0.3090
0.5928	0
0.6520	-0.3090
0.7113	-0.5878
0.7706	-0.8090
0.8299	-0.9511
0.8891	-1
0.9484	-0.9511
1.0077	-0.8090
1.0670	-0.5978
1.1262	-0.3090
1.1855	0

Tabel 2. Joint displacements

Joint	OutputCase	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
				in	in	in	Rad	Rad	Rad
1	HIST1	LinModHist	Maks	0.	0.	0.	0.	4.828 x 10 ⁻⁶	0.
1	HIST1	LinModHist	Min	0.	0.	0.	0.	-4.833 x 10 ⁻⁶	0.
2	HIST1	LinModHist	Maks	0,000579	0.	0.	0.	7.424 x 10 ⁻¹¹	0.
2	HIST1	LinModHist	Min	-0.00058	0.	0.	0.	-7.431 x 10 ⁻¹¹	0.
3	HIST1	LinModHist	Maks	0.	0.	0.	0.	4.828 x 10 ⁻⁶	0.
3	HIST1	LinModHist	Min	0.	0.	0.	0.	-4.833 x 10 ⁻⁶	0.
4	HIST1	LinModHist	Maks	0,000579	0.	0.	0.	7.424 x 10 ⁻¹¹	0.
4	HIST1	LinModHist	Min	-0.00058	0.	0.	0.	-7.431 x 10 ⁻¹¹	0.

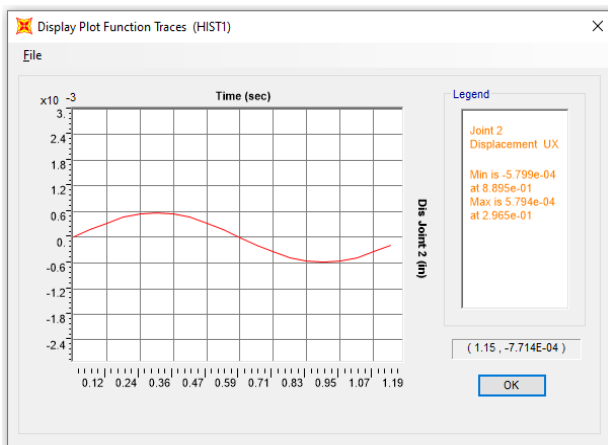
Tabel 3. Frame element forces

Frame	Station in	Output Case	Step Type	P Lb	V2 Lb	V3 Lb	T	M2 Lb-in	M3 Lb-in	Frame Elemen	Elem Station in
1	0.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	6.684 x 10 ⁻¹²	1-1	0.
1	90.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	8800.75	1-1	90.
1	180.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	17601.5	1-1	180.
1	0.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-6.690 x 10 ⁻¹²	1-1	0.
1	90.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-8792.38	1-1	90.
1	180.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-17584.76	1-1	180.
2	0.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	6.690 x 10 ⁻¹²	2-1	0.
2	90.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	8800.75	2-1	90.
2	180.	HIST1	Max	0.	97.69	0.	0.	0.	17601.5	2-1	180.



Frame	Station in	Output Case	Step Type	P Lb	V2 Lb	V3 Lb	T	M2 Lb-in	M3 Lb-in	Frame Elemen	Elem Station in
2	0.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-6.684 x 10 ⁻¹²	2-1	0.
2	90.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-8792.38	2-1	90.
2	180.	HIST1	Min	0.	-97.79	0.	0.	0.	-17584.76	2-1	180.
3	0.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	17584.76	3-1	0.
3	24.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	10550.85	3-1	24.
3	48.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	3516.95	3-1	48.
3	72.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	3520.3	3-1	72.
3	96.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	10560.9	3-1	96.
3	120.	HIST1	Max	97.79	293.08	0.	0.	0.	17601.5	3-1	120.
3	0.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-17601.5	3-1	0.
3	24.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-10560.9	3-1	24.
3	48.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-3520.3	3-1	48.
3	72.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-3516.95	3-1	72.
3	96.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-10550.85	3-1	96.
3	120.	HIST1	Min	-97.69	-293.36	0.	0.	0.	-17584.76	3-1	120.

Sebagai ilustrasi diambil fungsi perpindahan pada titik 2 seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Tampilan plot Function Traces (HIST1)

Rangka baja pada Gambar 3, sekarang mengalami akselerasi yang diberikan dalam

fungsi $F(t) = 0,3 \sin 5,3 t$. Untuk kasus ini digunakan SAP 2000 untuk menganalisis respon yang terjadi. Struktur ini dimodelkan untuk analisis secara dinamik dengan osilator teredam, dan datanya diberikan sebagai berikut:

- Spring Constant $k = 2136 \left(\frac{lb}{in} \right)$
- Mass $m = 38.86 \left(\frac{lb \cdot sec^2}{in} \right)$
- Damping $\xi = 0.05$
- Amplitude Harmonic $F_0 = 200(lb)$
- Harmonic Function $F_t = \sin 5.3t$
- Period : $5.3 t = 2\pi$, $T = 1.1855 sec$
- Time Step: $\Delta t = \frac{T}{20} = 0.059275 sec$

Tabel 4. Joint displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1 in	U2 in	U3 in	R1 Radian	R2 Radian	R3 Radian
1	ACASE1	LinModHist	Max	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	ACASE1	LinModHist	Min	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	ACASE1	LinModHist	Max	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	ACASE1	LinModHist	Min	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	ACASE1	LinModHist	Max	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	ACASE1	LinModHist	Min	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	ACASE1	LinModHist	Max	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	ACASE1	LinModHist	Min	0,0000	0,0000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000



Tabel 5. Joint reaction

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1 Lb	F2 Lb	F3 Lb	M1 Lb-in	M2 Lb-in	M3 Lb-in
1	ACASE1	LinModHist	Max	0,30	0,00	168,68	0,00	0,00	0,00
1	ACASE1	LinModHist	Min	-0,30	0,00	-168,64	0,00	0,00	0,00
3	ACASE1	LinModHist	Max	0,00	0,00	168,68	0,00	0,00	0,00
3	ACASE1	LinModHist	Min	0,00	0,00	-168,64	0,00	0,00	0,00

Tabel 4 dan 5 menunjukkan perpindahan titik dan gaya reaksi yang terjadi pada struktur portal. Kedua table tersebut adalah hasil yang diperoleh dari analisa SAP 2000.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis dengan SAP 2000, disimpulkan bahwa perpindahan hanya terjadi pada titik 2 dan titik 4, kemudian gaya aksial hanya terjadi pada batang 3 dimana aksi sebagai fungsi waktu terjadi pada titik 2. Untuk gaya geser hanya terjadi pada arah horizontal pada batang 1, 2 dan 3. Untuk gaya reaksi hanya terjadi di titik 1 dan 3 baik pada kondisi awal maupun saat kondisi dinamik. Gaya sebagai fungsi waktu memberi pengaruh signifikan terhadap perpindahan dan gaya-gaya batang yang terjadi pada struktur portal.

Referensi

- [1] Muis Alie M Z, Icon Yan Franchover O, Achmad Yasir B, Rachman T and Juswan 2018 Comparative Study of Structural Geometric to the Ultimate Strength on Fixed Jacket Platform *MATEC Web Conf.* **177** 01007.
- [2] Muis Alie M Z 2016 The Effect of Symmetrical and Asymmetrical Configuration Shapes on Buckling and Fatigue Strength Analysis of Fixed Offshore Platforms *Int. J. Technol.* **7** 1107.
- [3] Aeran A, Siriwardane S C, Mikkelsen O and Langen I 2017 A framework to assess structural integrity of ageing offshore jacket structures for life extension *Mar. Struct.* **56** 237–59.
- [4] Páez P M and Sensale B 2017 Analysis of guyed masts by the stability functions based on the Timoshenko beam-column *Eng. Struct.* **152** 597–606.
- [5] Shi H and Salim H 2015 Geometric nonlinear static and dynamic analysis of guyed towers using fully nonlinear element formulations *Eng. Struct.* **99** 492–501.
- [6] Tian X, Wang Q, Liu G, Liu Y and Xie Y 2019 Topology optimization design for offshore platform jacket structure *Appl. Ocean Res.* **84** 38–50.
- [7] Vaz M A, Cyrino J C R, Hernández I D, Zegarra V D, Martinez J L and Liang D A 2018 Experimental and numerical analyses of the ultimate compressive strength of perforated offshore tubular members *Mar. Struct.* **58** 1–17.



Penentuan Faktor Daya Saing Industri Seafood Menggunakan *Five Forces Analysis*

Musmiana Mendong¹, Rosmalina Hanafi^{1*}, Syarifuddin Parenreng¹

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
Sulawesi Selatan 92171, Indonesia

*Email: rhanafi@unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112019.08

Abstrak

Industri seafood mengalami peningkatan ekspor secara perlahan setiap tahunnya yang berdampak pada tingginya nilai daya saing pada perusahaan. PT. Nirvana Niaga Sejahtera merupakan salah satu industri seafood yang bergerak dalam perdagangan ekspor komoditas tuna. Konsep analisis daya saing dan pemilihan supplier terbaik yang digunakan yaitu konsep *Five Forces Analysis* yang didasarkan pada indikator lima kekuatan seperti ancaman perusahaan yang akan masuk, pembeli, konsumen, produsen-produsen produk pengganti, analisis bagaimana kekuatan supplier dan metode AHP menggunakan software expert choice 11 menghasilkan supplier terbaik perusahaan. Hasil analisis model *Five Forces Analysis* menunjukkan bahwa ancaman investor pada perusahaan baru dan banyaknya perusahaan sejenis dapat mempengaruhi kekuatan daya tawar pembeli dan kualitas pemasok. Model pemilihan menggunakan AHP menghasilkan alternatif untuk supplier yang ditawarkan yaitu Supplier A (Toli-Toli) 0,385, Supplier B (Kendari) 0,322, Supplier C (Ternate) 0,279.

Abstract

Determination of Seafood Industry Competitiveness Factors Using Five Forces Analysis. The seafood industry has experienced a gradual increase in exports each year which has an impact on the high value of competitiveness in companies. PT. Nirvana Niaga Sejahtera is a seafood industry engaged in the tuna commodity export trade. The concept of competitiveness analysis and the best supplier selection used is the *Five Forces Analysis* concept based on five strength indicators which are incoming company threats, buyers, consumers, substitute product manufacturers, analysis of supplier strengths and AHP methods use expert choice 11 software to produce the company's best supplier. The results of the *Five Forces Analysis* model show that investor threats to new companies and the number of similar companies can affect the bargaining power of buyers and the quality of suppliers. The selection model using AHP produces alternative for supplier that are Supplier A (Toli-Toli) 0.385, Supplier B (Kendari) 0.322, Supplier C (Ternate) 0.279.

Kata Kunci: AHP, competitiveness, five forces analysis, supplier selection

1. Pendahuluan

Seafood Indonesia meningkat secara perlahan dari tahun ke tahun sebesar 8,37 % [1]. Peningkatan ekspor tersebut mengakibatkan nilai daya saing tinggi terhadap perusahaan sejenis. Faktor yang mempengaruhi daya saing adalah lokasi, harga, pelayanan, mutu dan kualitas serta promosi. PT Nirvana Niaga Sejahtera merupakan salah satu perusahaan industri seafood yang bergerak dalam perdagangan ekspor komoditas tuna dengan pengolahan Tuna Beku dan Fillet Tuna Saku yang dipotong sesuai dengan permintaan pasar dengan berat sekitar 180 – 350gr. Bahan baku tersebut diperoleh supplier dari beberapa daerah seperti Ternate, Toli-Toli, Kendari dan Sinjai.

Elemen yang sangat penting dimiliki oleh perusahaan untuk dapat meningkatkan rantai pasok yang baik dan mendapatkan kualitas mutu produk yang baik pula adalah pemilihan supplier. Pemilihan supplier dievaluasi dalam beberapa kriteria seperti biaya, pengiriman, kualitas dan lain-lain. Pada saat melakukan evaluasi dari beberapa kriteria sering terjadi trade off dimana supplier menawarkan produk dengan kualitas bagus tetapi pengirimannya tidak pasti. Pemilihan *supplier* pada Rubber Parts telah dilakukan dengan metode AHP dan menghasilkan 3 faktor kriteria yang dianggap penting perusahaan yaitu faktor produksi (48%), kualitas (40%), dan harga (12%) [2]. Selain itu, penelitian ini menunjukkan supplier TRHI menghasilkan bobot terbesar 51,6% dibanding



supplier lainnya seperti IKP (24,8%) dan IRC (23,6%). Oleh karena itu penentuan daya saing dalam memenuhi kebutuhan, pelayanan serta kualitas dan mutu bahan baku produk pada industri ekspor *seafood* salah satunya dengan memperhatikan supplier terbaik.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Nirvana Niaga Sejahtera yang berlokasi di Kawasan Industri Makassar (KIMA 6) selama bulan Juli 2019. Jenis pemilihan informan / responden yang dilakukan yaitu Snowball sampling atau *Chain sampling* yang pemilihan informan kedua berdasarkan informasi dari informan pertama, informan ketiga berdasarkan rekomendasi informan kedua dan seterusnya [3].

Variabel digunakan sebagai sinonim dari gagasan atau property yang sedang diteliti. Dalam AHP [4], terdapat 5 kriteria dan 12 subkriteria yang digunakan dalam penelitian ini. 5 kriteria tersebut antara lain *Quality, Cost, Delivery, Flexibility dan Responsiveness*

2.1. Kriteria Kualitas (Quality)

Kualitas merupakan faktor yang terdapat dalam suatu produk yang menyebabkan produk tersebut bernilai sesuai dengan maksud apa produk tersebut diproduksi. Adapun subkriteria dalam kriteria kualitas adalah kemampuan memberikan kualitas / kesegaran udang yang konsisten (Q1), kemampuan dalam memebrikan size dan mutu yang sesuai permintaan (Q2) dan penyediaan barang tanpa cacat (Q3).

2.2. Kriteria Harga (Cost)

Kriteria biaya sangat penting dalam operasi dan secara kasar dapat disamakan dengan efisiensi. Adapun subkriteria dalam kriteria harga adalah pemberian diskon untuk pembelian dalam jumlah besar (C1) dan jumlah pembelian minimal (C2).

2.3. Kriteria Pengiriman (Delivery)

Kriteria dinilai sebagai salah satu faktor penting. Perusahaan dapat mengalami kerugian akibat kehilangan kesempatan menjual produk ke konsumen. Adapun subkriteria dalam kriteria pengiriman adalah ketepatan waktu pengiriman

(D1) dan ketepatan spesifikasi tuna yang dikirim terhadap order pembelian (D2).

2.4. Kriteria Kemudahan (Flexibility)

Jika supplier tidak bisa memberikan kemudahan/kecepatan dalam melayani permintaan bahan baku dari perusahaan. Maka hal ini akan berdampak pada stok bahan baku yang dimiliki perusahaan. Adapun subkriteria dalam kriteria flexibility adalah kemudahan penambahan/pengurangan jumlah pesanan (F1), kemudahan perubahan waktu pengiriman (F2) dan kemudahan untuk dihubungi (F3).

2.5. Kriteria Tanggungjawab (Responsiveness)

Supplier yang tidak konsisten dalam memberikan kualitas kepada perusahaan maka akan menjadikan produk perusahaan tersebut tidak berkualitas tinggi. Adapun subkriteria dalam kriteria Responsiveness adalah bisa merespon masalah dengan baik (R1) dan pemberian jaminan terhadap barang (R2).

Tabel 1. *Five force analysis* PT. NNS

Five Forces Analysis	Faktor yang Mempengaruhi
Pesaing Eksternal	Norway
	Mexico
	Korea, Republic Of
	Australia
Pesaing Internal (Kawasan Industri Makassar)	Pt. Wahyu Pradana
	Pt. Kelola Mina Laut
	Pt. Mitra Kartika Sejati
Produk Pengganti	Ikan Salmon
	Telur Ikan
	Ikan Pedang
Daya Tawar Pembeli	Belut
	Konsumen Jepang
	Kriteria Pemasok
Daya Tawar Pemasok	Kualitas Bahan Baku
	Harga
	Pengiriman
	Kemudahan
Ancaman Pendatang Baru	Tanggung Jawab
	Pt. Perikanan Nusantara



3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Faktor Daya Saing Five Forces Analysis

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya saing di PT NNS berdasarkan metode Porter [5].

3.1.1. Persaingan Diantara Perusahaan Sejenis

Norwegia merupakan negara pemasok komoditas salmon dan ikan torot dengan volume terbesar untuk produk HS0302. Kemudian diikuti Mexico dengan produk Tuna Sirip Biru, Indonesia dengan produk Big Eye Tuna, produk ekspor Unagi, Iwas hi, Aji, Saba dan ikan air tawar yang khusus ditemukan di perairan asia timur dari Korea Selatan, produk Tuna sirip kuning yang didominasi dari Negara Indonesia dan Thailand, dan Tuna Sirip Biru Tenggara berasal dari Negara Australia. Khusus produksi big eye tuna dan ikan tuna sirip kuning Indonesia menjadi market leader sekaligus 3 besar pemasok ikan pedang (swordfish) di jepang. Sedangkan pada kawasan industri Makassar terdapat PT. Wahyu prada Pradana memiliki 5 cabang pabrik salah satunya terletak di Pabrik 3 terletak di Kima 4 dengan pengolahan dan pembekuan produk, ikan tuna, Gurita, Cumi-cumi dan Telur Ikan Terbang, PT Kelola Mina Laut yang telah memperkuat pasar ekspor dengan melakukan pengolahan ikan yang diekspor ke Thailand dan Vietnam. Disamping itu tahun 2018 PT Kelola Mina Laut juga membidik Negara Jepang dalam mengekspor Tuna fresh dan PT Mitra Kartika Sejati yang sudah beroperasi sejak tahun 1974 pada proses Marine Products Processing and Coldstorage.

3.1.2. Masuknya Pendatang Baru

PT Perikanan Nusantara merupakan salah satu badan usaha milik pemerintah yang berdiri pada tahun 1934 dan mewadahi 4 perusahaan seperti PT Tirta Raya Mina (Persero), PT Perikanan Samodra Besar (Persero), PT Perikani (Persero) dan PT Usaha Mina (Persero). Dan pada tahun 2018 PT Perinus telah melakukan perjanjian kerjasama dengan FTI Japan Co.Ltd dalam kesepakatan ekspor Tuna dengan target ekspor 240 ton.

3.1.3. Produk Pengganti

Masyarakat Jepang terbiasa mengkonsumsi makanan laut sebagai santapan sehari-hari dalam kehidupannya dan terdapat beberapa produk yang memiliki tingkat permintaan yang tinggi seperti ikan jenis belut, ikan pedang dan salmon salar. Sehingga jika supply tuna mengalami penurunan masyarakat Jepang akan beralih ke produk pengganti tersebut.

3.1.4. Daya Tawar Pembeli

PT NNS adalah perusahaan yang tergolong masih baru berdiri pada tahun 2017 dan memiliki kurang lebih 200 karyawan. Saat ini, fokus pengolahan dan processing seafood PT NNS adalah ikan tuna dalam keadaan slice/potongan. Adapun negara yang menjadi fokus ekspor adalah negara Jepang dengan tingkat permintaan sekitar 200-300 ton sebulan.

3.1.5. Daya Tawar Pemasok

Keberadaan pemasok dalam menyediakan bahan baku produksi dan ekspor tuna merupakan salah satu faktor penting. Untuk mendapatkan bahan baku yang sesuai dengan permintaan dan kualitas yang tepat maka strategi yang perlu dilakukan perusahaan adalah menjalin hubungan yang baik dengan perusahaan dan mampu menilai supplier terbaik dengan mempertimbangan beberapa kriteria supplier seperti kualitas, harga, pengiriman, pelayanan dan tanggung jawab. Salah satu tujuan yang ingin dicapai dalam pemilihan supplier terbaik adalah mampu menjaga kekonsistenan pengadaan bahan baku dan jasa dengan biaya yang rendah

3.2. Pemilihan *Supplier* Menggunakan Metode AHP dan *Expert Choice*

Model ini menunjukkan tahapan pemilihan supplier menggunakan metode AHP dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menyusun Hirarki

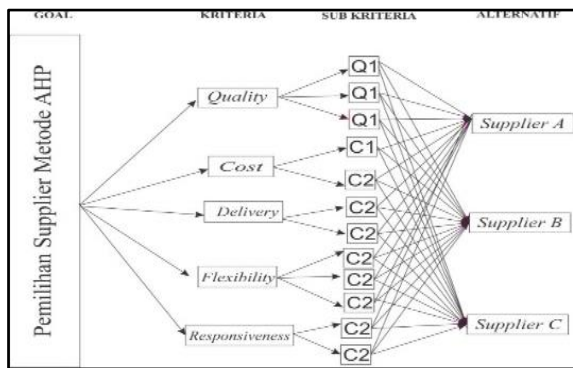
Penyusunan hirarki ini dilakukan untuk identifikasi awal objek dengan menentukan tujuan yang ingin di capai serta kriteria- kriteria yang digunakan.



Gambar 1 menunjukkan bahwa dalam pemilihan supplier menggunakan lima kriteria dan di setiap kriteria terdapat subkriteria yang menjabarkan definisi dari kriteria. Adapun alternatif supplier yang ditawarkan yaitu supplier A (Toli-Toli), B (Kendari) dan C (Ternate).

b. Penentuan Prioritas

Membuat matriks perbandingan berpasangan antar kriteria berdasarkan persepsi responden. Nilai numerik yang dikenakan untuk seluruh perbandingan diperoleh dari skala perbandingan Saaty.



Gambar 1. Struktur hirarki pemilihan pemasok

Apabila suatu elemen A dinilai lebih penting (5) dibandingkan dengan elemen B, maka B lebih penting 1/5 dibandingkan elemen A dan apabila elemen A sama pentingnya dengan B maka masing masing bernilai = 1

Tabel 2. Perbandingan berpasangan antar kriteria responden 1

Kriteria	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria
Kualitas											X							Harga
Kualitas																X		Pengiriman
Kualitas												X						Kemudahan
Kualitas										X								Tanggung Jawab
Harga													X					Pengiriman
Harga											X							Kemudahan
Harga												X						Tanggung Jawab
Pengiriman					X													Kemudahan
Pengiriman						X												Tanggung Jawab
Kemudahan											X							Tanggung Jawab

a. Uji Konsistensi Logis

Rumus dari indeks konsistensi (consistency index/CI) adalah

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{(n - 1)} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{maks} &= (2,0595 \times 0,439) + (4,7833 \times 0,270) + (19 \times 0,047) + (12,333 \times 0,091) + (7,666 \times 0,153) \\ &= 5,3816 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI &= \frac{(5.3816 - 5)}{(5 - 1)} \\ &= 0.095 \end{aligned}$$

Suatu matriks perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten apabila nilai consistency ratio (CR) ≤ 10% dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

dimana Indeks Random (RI) dengan nilai N (5) adalah 1,12

$$\begin{aligned} CR &= \frac{0.095}{1.12} \\ &= 0.08 \end{aligned}$$



Tabel 3. Nilai perbandingan berpasangan antar kriteria responden 1

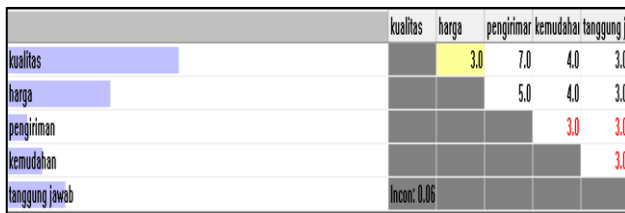
Kriteria	Kualitas	Harga	Pengiriman	Kemudahan	Tanggungjawab
Kualitas	1	3	5	4	4
Harga	0,333	1	5	4	3
Pengiriman	0,2	0,2	1	0,1667	0,2
Kemudahan	0,25	0,25	6	1	0,2
Tanggungjawab	0,25	0,333	5	5	1
	2,0333	4,783	22	14,1667	8,4

Tabel 4. Nilai Eigenvector perbandingan berpasangan antar kriteria

Kriteria	Kualitas	Harga	Pengiriman	Kemudahan	Tanggungjawab	Total	Bobot
Kualitas	0,492	0,627	0,227	0,282	0,476	2,105	0,421
Harga	0,164	0,209	0,227	0,282	0,357	1,240	0,248
Pengiriman	0,098	0,042	0,045	0,012	0,024	0,221	0,044
Kemudahan	0,123	0,052	0,273	0,071	0,024	0,542	0,108
Tanggungjawab	0,123	0,070	0,227	0,353	0,119	0,892	0,178
	1	1	1	1	1	5	1

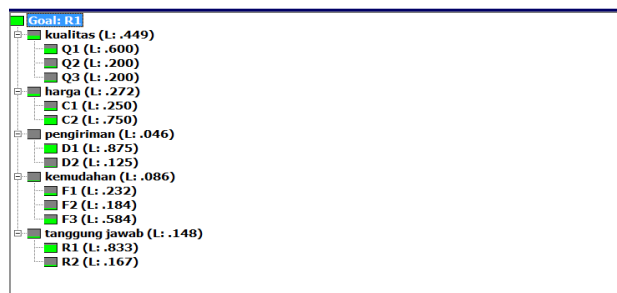
b. Model pengolahan AHP menggunakan Expert Choice

Menginput nilai pada Expert Choice setelah melakukan penyusunan hirarki dan penentuan prioritas.



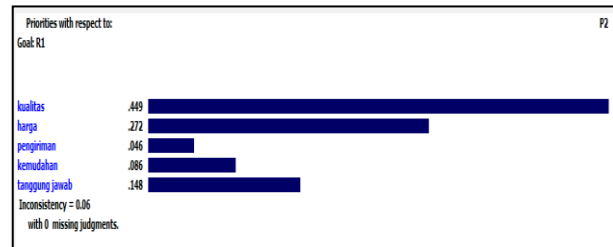
Gambar 2. Pairwise comparison antar kriteria (responden 1)

Perbandingan berpasangan yang diberikan responden memiliki nilai *Incon/Consistency Ratio* yang lebih kecil dari 0,1 sebagai batas maksimum nilai *Incon/Consistency Ratio*. Berdasarkan Gambar 2 diketahui *Incon/Cinsistency Ratio* yaitu 0.06 dengan demikian hasil perhitungan cukup konsisten.

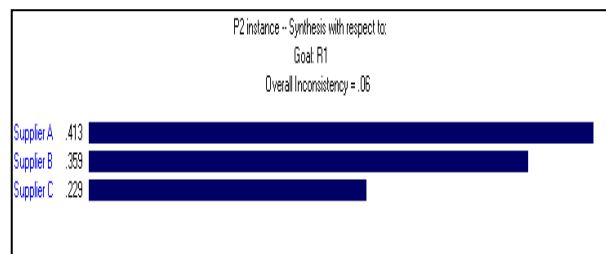


Gambar 3. Nilai Eigen vector (responden 1)

Nilai Eigen vector terhadap main kriteria dan subkriteria menghasilkan normalisasi matriks antar kriteria dan subkriteria yang akan menentukan bobot setiap kriteria dan subkriteria. Grafik tersebut menunjukkan kriteria kualitas mendapat nilai bobot 0.449, kriteria harga 0,272, kriteria pengiriman 0,046, kriteria kemudahan 0,086 dan kriteria tanggung jawab 0,148. Sedangkan pada Gambar 5 menunjukkan nilai bobot alternatif pada supplier A adalah 0.413, supplier B 0.359, supplier C 0.229.



Gambar 4. Grafik prioritas kriteria responden 1



Gambar 5. Grafik prioritas goal (supplier) responden 1



4. Usulan dalam Pemilihan Supplier Metode AHP

Penelitian ini menghasilkan lima matriks perbandingan berpasangan dalam persepsi responden yang telah melalui uji konsistensi yang dinyatakan konsisten, dengan consistency ratio < 0,1.

Perhitungan matriks perbandingan berpasangan untuk keseluruhan kriteria menggunakan Ms. Excel 2010 dan Expert Choice 11 dihasilkan urutan yang mendapat posisi

pertama berdasarkan perhitungan rata-rata dari keempat responden yang berwenang mengambil keputusan. Kriteria Tanggung jawab merupakan prioritas pertama dengan nilai bobot rata-rata 0.340 (0.338 Expert Choice), berikutnya adalah kriteria Kualitas dengan nilai bobot 0.307 (0.303 Expert Choice), Harga dengan nilai bobot 0.142 (0.285 Expert Choice), Kemudahan dengan nilai bobot 0.119 (0.237 Expert Choice) serta Pengiriman dengan nilai bobot 0.093 (0.09 Expert Choice).

Tabel 5. Hasil penentuan kriteria dan subkriteria

No	Kriteria Perbandingan Berpasangan	Pengambil Keputusan				Rata-Rata	Prioritas
		R1	R2	R3	R4		
Kriteria							
1	Kualitas	0,439	0,420	0,122	0,246	0,307	2
	Harga	0,270	0,117	0,063	0,116	0,142	3
	Pengiriman	0,047	0,086	0,118	0,120	0,093	5
	Kemudahan	0,091	0,147	0,052	0,187	0,119	4
	Tanggung Jawab	0,153	0,230	0,645	0,331	0,340	1
Subkriteria							
2	Kualitas						
	Q1	0,6	0,6	0,333	0,690	0,556	1
	Q2	0,2	0,2	0,333	0,149	0,221	3
	Q3	0,2	0,2	0,333	0,161	0,223	2
3	Harga						
	C1	0,25	0,25	0,875	0,25	0,406	2
	C2	0,75	0,75	0,125	0,75	0,594	1
4	Pengiriman						
	D1	0,875	0,833	0,5	0,875	0,771	1
	D2	0,125	0,167	0,5	0,125	0,229	2
5	Kemudahan						
	F1	0,234	0,525	0,2	0,389	0,337	2
	F2	0,187	0,142	0,6	0,100	0,257	3
	F3	0,579	0,334	0,2	0,511	0,406	1
6	Tanggung Jawab						
	R1	0,833	0,5	0,5	0,833	0,667	1
	R2	0,167	0,5	0,5	0,167	0,333	2

Tabel 6. Hasil prioritas alternatif supplier

	Pengambil Keputusan				Rata - Rata	Prioritas
	(R1) Production Manager	(R2) QC manager	(R3) Staff Produksi	(R4) Staff Produksi		
Supplier A	4,606 (Prioritas 1)	4,950 (Prioritas 1)	4,083 (Prioritas 2)	4,846 (Prioritas 1)	4,621	1
Supplier B	3,889 (Prioritas 2)	3,869 (Prioritas 3)	3,734 (Prioritas 3)	3,981 (Prioritas 2)	3,868	2
Supplier C	2,838 (Prioritas 3)	3,182 (Prioritas 3)	4,184 (Prioritas 1)	3,173 (Prioritas 3)	3,344	3



Tabel 6 menunjukkan bahwa supplier A memiliki keunggulan diantaranya adalah ketepatan spesifikasi ikan yang dikirim terhadap order pembelian, jumlah pembelian minimal, kemudahan perubahan yang diberikan apabila terjadi perubahan waktu, bisa merespon apabila ada masalah atau komplain dengan baik, bisa memberikan size dan mutu yang sesuai permintaan, pemberian diskon apabila dalam jumlah pembelian minimal. Supplier B menjadi prioritas kedua supplier terbaik yang berasal dari daerah Kendari menjadikan supplier B mengalami pengiriman yang cukup jauh dan penanganan rendah sehingga menyebabkan penurunan pada kualitas tuna. Akses pengiriman bahan baku hanya melalui darat yakni bus atau mobil truck dengan estimasi waktu perjalanan 25 jam hal ini tentu membuat waktu di perjalanan semakin lama. Berbeda dengan Supplier C yang berlokasi di daerah Ternate. Proses pengiriman barang bisa lebih cepat dibanding Supplier A dan B karena melalui jalur udara dengan estimasi perjalanan 4 jam dari Ternate ke Perusahaan. Namun, kekurangan bahan baku yang disupply supplier C memiliki size yang lebih kecil dibanding size yang di supply supplier A dan B.

5. Kesimpulan

Faktor yang mempengaruhi lima daya saing Porter menunjukkan bahwa pengaruh ancaman PT NNS sebagai perusahaan baru dalam industri seafood processing mendapatkan keunggulan kompetitif pada perusahaan sejenis baik dalam wilayah domestik maupun global. Sehingga, untuk tetap eksis perlu dilakukan penanganan serius untuk mendapatkan bahan baku yang bermutu dan berkualitas secara konsisten dengan memilih supplier terbaik dan *supplier A* daerah Toli-Toli merupakan *supplier* terbaik PT. NNS. Untuk hasil yang lebih baik dimungkinkan untuk menggunakan metode yang lain seperti Simple Additive Weighting (SAW) untuk mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk menganalisis upaya *competitive strategy* yang dilakukan untuk meningkatkan daya saing perusahaan.

Referensi

- [1] ITPC, HS0302 Fish, Fresh or Chilled, Osaka, 2016.
- [2] Rimantho, D., Fathurohman, B. Cahyadi, dan Sodikun, "Pemilihan Supplier Rubber Parts Dengan Metode Analytical Hierarchy Process Di PT.XYZ," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* vol. 6, no.3, pp. 93-103, 2017.
- [3] Orcullo, Jr., N. A, *Fundamentals of Strategic Management*, Manila: RBSI'S Local Book Association Membership, 2008.
- [4] Saaty, T.L, "Decision making with the analytic hierarchy process," *Int. J. Services Sciences*, vol.1, no.1, pp. 83-98, 2008.
- [5] Dickson, G. W, "An Analysis of Vendor selection System and Decision," *Journal of Purchasing*, vol. 2, no.1, pp. 5-20, 1966.



Analisa Kapasitas Pelayanan Kegiatan Bongkar Muat Kapal Barang di Pelabuhan Maccini Baji

Rahmat Firmansyah^{1*}, Misliah Idrus¹, Andi Sitti Chaerunnisa¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: rahmatfirmansyah.bks@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.09

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberi gambaran Analisa kapasitas pelayanan kegiatan bongkar muat kapal barang di pelabuhan Maccini Baji, (1) Bagaimana produktivitas pelabuhan Maccini Baji berdasarkan jumlah muatan bongkar muat, (2) Faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas di pelabuhan Maccini Baji, (3) Apa saran dan rekomendasi terhadap produktivitas pelabuhan Maccini Baji. Tahapan analisis data yang dilakukan adalah: (a) Mengidentifikasi hubungan antara jumlah muatan dan jumlah armada truk, jumlah muatan dan waktu pelayanan, jumlah muatan dan jumlah tenaga kerja bongkar muat; (b) Melakukan peramalan jumlah muatan sampai jangka waktu menengah; (c) Menghitung jumlah kebutuhan armada truk, waktu pelayanan, dan jumlah tenaga kerja bongkar muat berdasarkan persamaan pada langkah pertama, berdasarkan hasil peramalan muatan; (d) Melakukan perbandingan pelayanan muatan dengan menggunakan sistem peluncuran dan dengan menggunakan mobile crane. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, jumlah waktu pelayanan tersedia sebesar 5.610 jam/tahun, kapasitas muatan truk 49.500 ton/tahun, dan jumlah tenaga kerja bongkar muat (labor) 9.900 orang/tahun. Proyeksi muatan pada tahun 2020 adalah sebesar 106.632 ton, untuk jangka menengah (tahun 2024) sebesar 292.291, dan untuk jangka panjang (tahun 2029) sebesar 858.913. Jumlah kebutuhan armada (truk) untuk jangka panjang (10 tahun) sebanyak 28.764 truk/tahun.

Abstract

Capacity Analysis of Cargo Ship Loading and Unloading Service Activities at the Maccini Baji Port. This study aimed to describe the Capacity Analysis of cargo ship loading and unloading services activities at the Maccini Baji Port, (1) How Baji Maccini port productivity based on number of loading and unloading cargo, (2) Factors that affect the productivity at the port Maccini Baji, and (3) What advice and recommendations on productivity Maccini port Baji. Stages of the data analysis are: (a) Identify the relationship between the amount of cargo and truck fleet size, the amount of cargo and service time, the amount of cargo and the number of workers unloading; (b) Perform forecasting the amount of cargo to medium term; (c) Count the number of truck fleet needs, service time, and the number of workers unloading based on the equation in the first step, based on the results of load forecasting; (d) Compare the service charge using the launch system and by using a mobile crane. The results showed that, the amount of service time available for 5,610 hours/year, truck payload capacity of 49,500 tons/year, and the number of loading and unloading labor (labor) of 9,900 people/year. Projections charge in 2020 amounted to 106,632 tonnes, for the medium term (2024) amounted to 292,291, and for the long term (2029) amounted to 858,913. Total fleet needs (truck) for a long term (10 years) as many as 28,764 trucks/year.

Kata Kunci: Kapasitas bongkar muat, pelayanan pelabuhan, produktivitas pelabuhan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pelabuhan mempunyai peran penting dan strategis untuk pertumbuhan industri dan perdagangan serta dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan nasional. Hal ini membawa konsekuensi terhadap pengelolaan segmen usaha pelabuhan agar pengoperasiannya dapat dilakukan secara efektif, efisien dan profesional sehingga pelayanan pelabuhan menjadi lancar,

aman, dan cepat dengan biaya yang terjangkau [1].

Sebagai simpul utama dalam rantai transportasi global yang menyediakan akses ke pasar, mendukung rantai pasokan, dan menghubungkan konsumen dan produsen, pelabuhan berada di bawah tekanan untuk berkinerja lebih baik dari sebelumnya. Produktivitas yang buruk tidak dapat ditoleransi jika pelabuhan ingin memiliki posisi jangka panjang di pasar. Apalagi dengan kondisi pasar saat ini, di mana waktu menjadi sangat penting



sehingga salah satu cara untuk mengukur produktivitas pelabuhan didasarkan pada kedatangan dan keberangkatan kapal dari dermaga [2].

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM.77 Tahun 2018 [3] tentang Organisasi dan Tata Kerja Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan, Pelabuhan Maccini Baji diselenggarakan oleh Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan Kelas II Maccini Baji dengan wilayah kerja (wilker) terdiri dari: Wilker Terminal Khusus Biringkassi, Wilker Balang Lompo, Wilker Balo-baloang, Wilker Kalukalukuang, Wilker Sabutung, Wilker Sailus, Wilker Sapuka, Wilker Pammantauang, Wilker Dewakang Lompo, Wilker Doangdoangang Caddi, Wilker Kapoposang Bali, dan Wilker Langkoitang.

Pelabuhan Maccini Baji merupakan pelabuhan umum yang terletak di Desa Pundata Baji, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Letak Pelabuhan Maccini Baji berada pada koordinat 446' LS dan 11929' BT (Gambar 1). Pada umumnya pelabuhan Maccini Baji melayani bongkar muat semen produksi PT. Semen Tonasa dan kegiatan penyebrangan lokal dari dan ke pulau-pulau sekitar.



Gambar 1. Layout eksisting pelabuhan Maccini Baji [4]

Dalam pengamatan penulis, Pelabuhan Maccini Baji belum ditunjang dengan dengan fasilitas peralatan bongkar muat seperti crane dan forklift, dalam memenuhi kebutuhan kegiatan bongkar muat barang di Pelabuhan. Hal ini menimbulkan kekhawatiran bahwa pertumbuhan dalam volume, tanpa peningkatan mutu yang memadai dalam kapasitas alat bongkar muat serta pelayanan bongkar muat barang di dermaga, akan menyebabkan semakin

meningkatnya waktu tunggu kapal (waiting time) di pelabuhan.

Sementara berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KP.432 Tahun 2017 [5] tentang Rencana Induk Pelabuhan Nasional, Pelabuhan Maccini Baji memiliki hierarki peran dan fungsi sebagai pelabuhan pengumpan regional, dengan standard kriteria teknis sebagai berikut:

- Memiliki jarak dengan pelabuhan regional lainnya minimal 20-50 mil;
- Kedalaman kolam pelabuhan mulai 5 sampai dengan -7 LWS;
- Kapasitas dermaga maksimal 3.000 DWT;
- Panjang dermaga 80 – 120 m’;
- Luas lahan maximal 5 Ha;
- Memiliki peralatan bongkar muat sesuai jenis angkutan barang;

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa besar produktivitas bongkar muat barang di Pelabuhan Maccini Baji?.
2. Faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas di pelabuhan Maccini Baji?.
3. Berapa jumlah kebutuhan armada truk untuk jangka waktu menengah (10 tahun)?.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu dengan melakukan evaluasi produktivitas pelabuhan Maccini Baji dari sisi kunjungan kapal dengan menggunakan metode regresi sehingga didapatkan suatu model produktivitas/kinerja pelabuhan yang diharapkan dapat memberikan pelayanan yang aman, nyaman dan tepat waktu.

2.1. Data Penelitian

Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan berupa:

- Data primer
Data primer diambil dengan cara mengamati dan mengukur langsung seperti data lamanya waktu pelayanan muatan di dermaga.

• Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dengan mengutip dokumen yang ada pada instansi yang bersangkutan seperti data arus barang dan kunjungan kapal yang masuk dan keluar pelabuhan Maccini Baji, tingkat pertumbuhan muatan.

2.2. Metode Analisis

Dalam perhitungan produktivitas bongkar muat suatu pelabuhan, terdapat beberapa indikator terutama yang berkaitan dengan pelayanan kapal di dermaga, yaitu jumlah muatan, waktu pelayanan, dan jumlah tenaga kerja bongkar muat. Tahapan analisis data yang dilakukan adalah:

1. Mengidentifikasi korelasi antara jumlah muatan dan jumlah armada truk, jumlah muatan dan waktu pelayanan, jumlah muatan dan jumlah tenaga kerja bongkar muat dengan menggunakan korelasi sederhana.
2. Mengidentifikasi hubungan antara jumlah muatan dan jumlah armada truk, jumlah muatan dan waktu pelayanan, jumlah muatan dan jumlah tenaga kerja bongkar muat dengan metode *Add-Trendline* yakni melihat kecenderungan dan pola data yang ada. Dari hasil identifikasi maka keluar persamaan berdasarkan pola data yang terbentuk.
3. Melakukan peramalan jumlah muatan sampai jangka waktu menengah dengan menggunakan dengan metode *Add-Trendline* yakni melihat kecenderungan dan pola data yang ada. Dari hasil identifikasi maka keluar persamaan berdasarkan pola data yang terbentuk.
4. Menghitung jumlah kebutuhan armada truk, waktu pelayanan, dan jumlah tenaga kerja bongkar muat berdasarkan persamaan pada langkah pertama, berdasarkan hasil peramalan muatan.
5. Melakukan perbandingan pelayanan muatan dengan menggunakan sistem peluncuran dan dengan menggunakan *mobile crane*.

Dari analisa data diatas dapat dibuatkan suatu kerangka analisis seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka analisis penelitian

Tahap Analisis	Input	Output
Analisis hubungan jumlah muatan-jumlah truk, jumlah muatan-waktu pelayanan, jumlah muatan-jumlah labor.	<ul style="list-style-type: none"> • Data jumlah muatan • Data jumlah armada truk • Data waktu pelayanan • Data jumlah labor 	<ul style="list-style-type: none"> • Model persamaan hubungan jumlah muatan-jumlah truk, jumlah muatan-waktu pelayanan, jumlah muatan-jumlah labor
Analisis jumlah muatan di masa yang akan datang	<ul style="list-style-type: none"> • Data jumlah muatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Model peramalan jumlah muatan
Analisis kebutuhan jumlah armada, waktu pelayanan, dan jumlah labor	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil peramalan muatan, jumlah armada truk, waktu pelayanan dan jumlah labor 	<ul style="list-style-type: none"> • Kebutuhan jumlah armada, waktu pelayanan, dan jumlah labor
Analisis perbandingan pelayanan muatan menggunakan sistem peluncuran dan menggunakan <i>mobile crane</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah muatan • Kapasitas angkut sistem peluncuran dan <i>mobile crane</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi waktu pelayanan

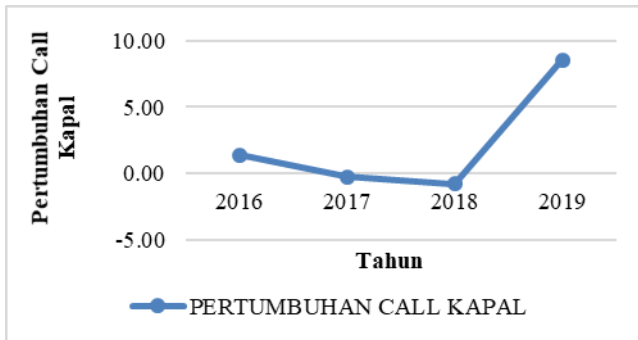
3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan sumber informasi diketahui bahwa arus kunjungan kapal di Pelabuhan Maccini Baji pada tahun 2015 s.d. 2019, menunjukkan bahwa frekuensi jumlah kunjungan kapal tiap tahun mengalami fluktuasi rata-rata sebesar 2% per tahun sedangkan untuk arus barang adalah sebesar 2% per tahun. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

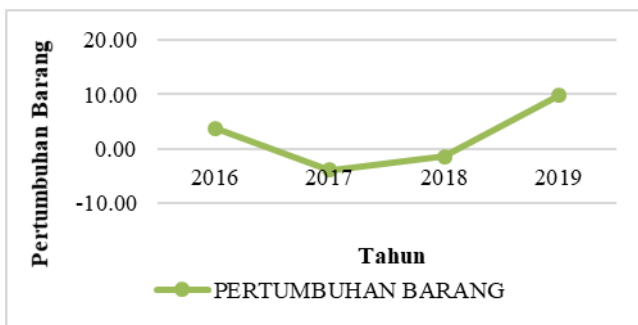


Tabel 2. Data operasional pelabuhan Maccini Baji tahun 2015-2019 (CAGR (Compound Annual Growth Rate))

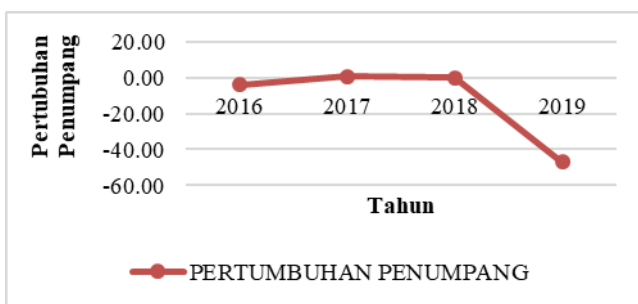
Tahun	Call	CAGR	Penumpang	CAGR	Barang	CAGR
2015	362		3231		61543	
2016	367	1,38	3107	-3,84	63878	379
2017	366	-0,27	3125	0,58	61373	-3,92
2018	363	-0,82	3123	-0,06	60553	-1,34
2019	394	8,54	1658	-46,91	66483	9,79
Rata-rata		2,21		-12,56		2,08



Gambar 2. Pertumbuhan call kapal tahun 2015-2019 Pelabuhan Maccini Baji



Gambar 3. Pertumbuhan barang tahun 2015-2019 Pelabuhan Maccini Baji



Gambar 4. Pertumbuhan penumpang tahun 2015-2019 Pelabuhan Maccini Baji

Dari Tabel 2 diatas diketahui bahwa hubungan antara masing-masing indikator sangat kuat/mendekati nilai 1, hal ini dapat dilihat pada Tabel 3, 4, dan 5 berikut:

Tabel 3. Korelasi muatan dan jumlah armada

	Muatan	Jumlah Armada
Muatan	1	
Jumlah Armada	0,900190995	1

Tabel 4. Korelasi jumlah muatan dan waktu pelayanan

	Muatan	Waktu Pelayanan
Muatan	1	
Waktu Pelayanan	0,999998238	1

Tabel 5. Korelasi jumlah muatan dan jumlah labor

	Muatan	Jumlah Labor
Muatan	1	
Jumlah Labor	0,999998238	1

3.1. Analisis Hubungan Antara Muatan, Jumlah Armada, Waktu Pelayanan, dan Jumlah Labor

Untuk mengetahui hubungan antara masing-masing indikator maka, data operasional yang diperoleh disajikan dalam bentuk urutan berdasarkan jumlah muatan terendah sampai dengan jumlah muatan tertinggi, seperti terlihat pada Tabel 6 berikut:

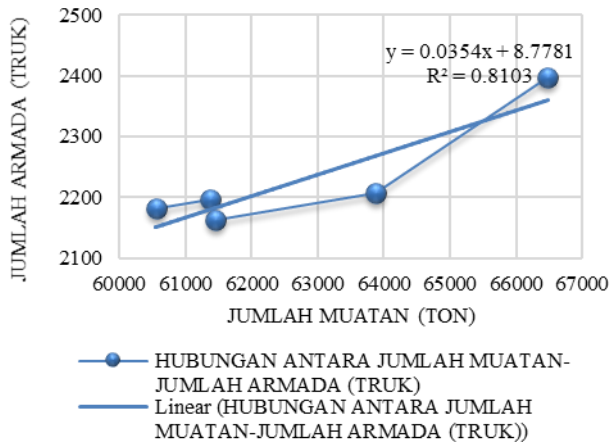
Tabel 6. Data operasional Pelabuhan Maccini Baji tahun 2015-2019 sesuai jumlah muatan terendah

N o	Muatan (Ton)	Jumlah Armada (Truk)	Waktu Pelayana n (Jam)	Jumlah Labor (Org)
1	60553	2182	4038	30285
2	61373	2197	4092	30690
3	61453	2162	4098	30735
4	63878	2206	4260	31950
5	66483	2397	4434	33255

3.2. Analisis Hubungan Jumlah Muatan dan Jumlah Armada

Berdasarkan Tabel 6 di atas, diperoleh grafik hubungan antara jumlah muatan dan jumlah armada, seperti terlihat pada Gambar 5.





Gambar 5. Hubungan antara jumlah muatan dan jumlah armada

Dari grafik hubungan jumlah muatan dengan jumlah armada jenis trend data yang digunakan adalah Linear, sehingga diperoleh persamaan:

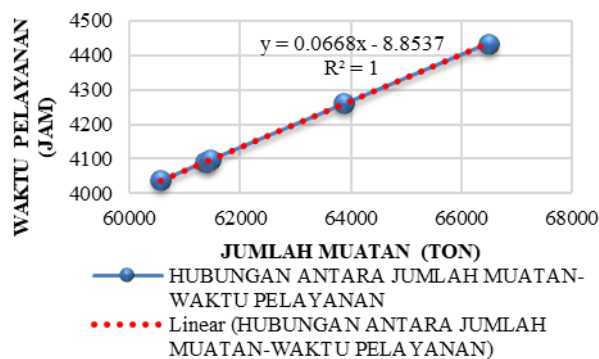
$$y = 0,0354x + 8,7781 \quad (1)$$

Dari grafik diatas diperoleh nilai R² sebesar 0,8103 yang mengandung pengertian variabel bebas (jumlah armada truk) berpengaruh terhadap variabel terikat (jumlah muatan) adalah sebesar 81,03%. Dari tabel Anova (terlampir) diperoleh F hitung = 12,81 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,037 < 0,05 (tingkat probabilitas yang digunakan), maka model dapat digunakan untuk memprediksi.

3.2.1. Analisis Hubungan Jumlah Muatan dan Waktu Pelayanan

Sementara hubungan antara jumlah muatan dan waktu pelayanan, dapat kita lihat pada Gambar 6. Dari grafik hubungan jumlah muatan dengan jumlah armada jenis trend data yang digunakan adalah Linear sehingga diperoleh persamaan:

$$y = 0,0668x + 8,8357 \quad (2)$$



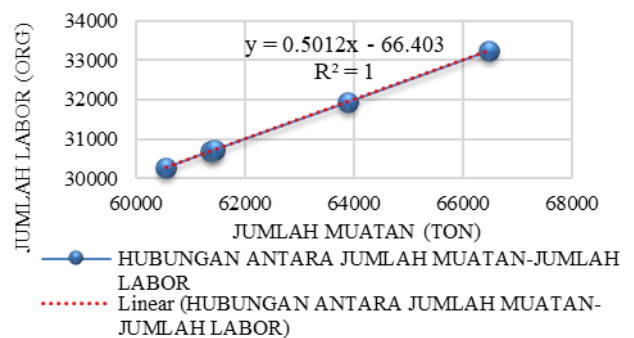
Gambar 6. Hubungan antara jumlah muatan dengan waktu pelayanan

Dari grafik diatas diperoleh nilai R² sebesar 1 yang mengandung pengertian variabel bebas (waktu pelayanan) berpengaruh terhdap variabel terikat (jumlah muatan) adalah sebesar 100%. Dari tabel Anova (terlampir) diperoleh F hitung = 851330,7899 dengan tingkat signifikansi sebesar 2,80751 x 10⁻⁹ < 0,05 (tingkat probabilitas yang digunakan), maka model dapat digunakan untuk memprediksi.

3.2.2. Analisis Hubungan Jumlah Muatan dan Jumlah Pekerja (Labor)

Gambar 7 dibawah menggambarkan grafik hubungan antara jumlah muatan dan jumlah pekerja (labor). Dari grafik hubungan jumlah muatan dengan jumlah armada jenis trend data yang digunakan adalah Linear sehingga diperoleh persamaan:

$$y = 0,5012x + 66,403 \quad (3)$$



Gambar 7. Hubungan antara jumlah muatan dengan jumlah labor

Dari grafik diatas diperoleh nilai R² sebesar 1 yang mengandung pengertian variabel bebas (waktu pelayanan) berpengaruh terhdap variabel terikat (jumlah muatan) adalah sebesar 100%. Dari tabel Anova (terlampir) diperoleh F hitung = 851330,7899 dengan tingkat signifikansi sebesar 2,80751 x 10⁻⁹ < 0,05 (tingkat probabilitas yang digunakan), maka model dapat digunakan untuk memprediksi.

3.3. Analisis Kebutuhan dan Supply

a. Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, berdasarkan data dari lapangan diperoleh:

1. Waktu Pelayanan

- Jumlah Hari Efektif: 330 Hari
- Waktu efektif Pelayanan: 17 Jam/hari



- Waktu pelayanan tersedia: 5610 Jam/Tahun
 - 2. Jumlah Armada Truk
 - Jumlah Truk: 5 Truk/hari
 - Kapasitas Truk: 30 Ton/truk
 - Rate Truk: 1 Rate/hari
- Sehingga,
- Jumlah Truk Tersedia: 1650 Truk/tahun
 - Kapasitas muatan Truk Tersedia: 49.500 Ton/tahun
 - 3. Tenaga Kerja B/M (Labor)
 - Jumlah Labor: 30 Orang/hari
 - Jumlah labor tersedia: 9900 Orang/tahun

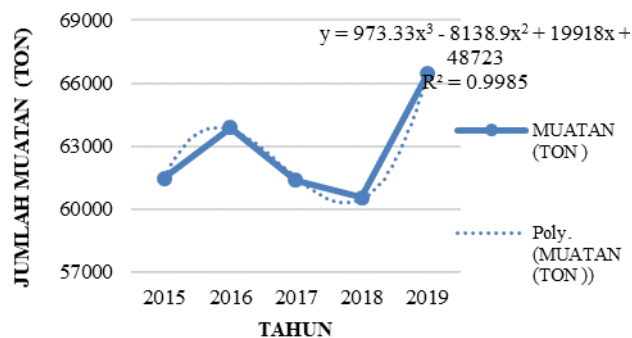
b. Kondisi Forecasting (Peramalan)

Kondisi forecasting diperoleh dengan memproyeksikan masing-masing indikator berdasarkan data operasional pada Tabel 6 di atas, sampai dengan jangka waktu tertentu. Jangka waktu yang digunakan yaitu jangka waktu menengah (2020-2029).

Adapun proyeksi untuk masing-masing indikator adalah sebagai berikut :

1) Jumlah Muatan

Gambar 8 di bawah menunjukkan hasil peramalan muatan menggunakan trend Polynomial dengan orde 3 (kubik), karena dari beberapa jenis trend data yang ada, trend Polynomial dengan orde 3 memiliki R² yang terbesar dan mendekati 1 serta hasil peramalan yang logis.



Gambar 8. Grafik jumlah muatan

Dengan menggunakan persamaan:

$$y = 973.33x^3 - 8138.9x^2 + 19918x + 48723 \quad (3)$$

$$R^2 = 0.9985 \quad (4)$$

Maka, diperoleh hasil peramalan untuk Jumlah Muatan seperti terlihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil peramalan muatan

No	Tahun	Hasil Peramalan Muatan (Ton)
1	2020	106632
2	2021	154104
3	2022	196978
4	2023	241094
5	2024	292292
6	2025	356412
7	2026	439294
8	2027	546778
9	2028	684705
10	2029	858913

2) Jumlah Armada (Truk)

Berdasarkan hasil peramalan jumlah muatan maka digunakan persamaan (1) untuk memperoleh jumlah armada truk yang dibutuhkan dengan variabel x adalah jumlah muatan. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), dapat dilihat pada Tabel 8 dibawah.

$$y = 0,0354x + 8,7781$$

$$y_{2020} = 0,0354(106632) + 8,7781$$

$$y_{2020} = 3784 \text{ truk}$$

Tabel 8. Hasil perhitungan jumlah armada

No	Tahun	Muatan	Jumlah Armada (Truk)
1	2020	106632	3784
2	2021	154104	5464
3	2022	196978	6982
4	2023	241094	8543
5	2024	292292	10356
6	2025	356412	12626
7	2026	439294	15560
8	2027	546778	19365
9	2028	684705	24247
10	2029	858913	30414

3) Waktu Pelayanan

Berdasarkan hasil peramalan jumlah muatan maka digunakan Persamaan (2) untuk memperoleh waktu pelayanan yang dibutuhkan dengan variabel x adalah jumlah muatan. Hasil perhitungan dengan menggunakan Persamaan (2), dapat dilihat pada Tabel 9.



$$y = 0,0668x + 8,8357$$

$$y_{2020} = 0,0668(106632) + 8,8357$$

$$y_{2020} = 7132 \text{ jam}$$

Tabel 9. Hasil perhitungan jumlah armada

No	Tahun	Muatan	Waktu Pelayanan (Jam)
1	2020	106632	7132
2	2021	154104	10303
3	2022	196978	13167
4	2023	241094	16114
5	2024	292292	19534
6	2025	356412	23817
7	2026	439294	29354
8	2027	546778	36534
9	2028	684705	45747
10	2029	858913	57384

4) Jumlah Labor

Berdasarkan hasil peramalan jumlah muatan maka digunakan persamaan (3) untuk memperoleh jumlah labor yang dibutuhkan dengan variabel x adalah jumlah muatan. Hasil dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$y = 0,5012x + 66,403$$

$$y_{2020} = 0,5012(106632) + 66,403$$

$$y_{2020} = 53.511 \text{ orang}$$

Tabel 10. Hasil perhitungan jumlah labor

No	Tahun	Muatan	Jumlah Labor (Org)
1	2020	106632	53511
2	2021	154104	77303
3	2022	196978	98792
4	2023	241094	120903
5	2024	292292	146563
6	2025	356412	178700
7	2026	439294	220241
8	2027	546778	274112
9	2028	684705	343240
10	2029	858913	430554

Berdasarkan hasil proyeksi jumlah muatan, jumlah armada, waktu pelayanan dan jumlah labor maka dapat diperoleh kebutuhan jumlah armada truk, waktu pelayanan dan jumlah labor. Dari hasil proyeksi tersebut kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

1) Kebutuhan Armada Truk

Berdasarkan hasil proyeksi jumlah armada (truk), maka jumlah armada yang tersedia sekarang sudah tidak mampu lagi melayani permintaan muatan hingga tahun 2029, sehingga butuh penambahan armada seperti dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kebutuhan jumlah armada truk

No	Tahun	Muatan	Jumlah Armada (Truk)	Jumlah Armada Eksisting (Truk)	Kebutuhan Jumlah Armada (Truk)
1	2020	106632	3784		2134
2	2021	154104	5464		3814
3	2022	196978	6982		5332
4	2023	241094	8543		6893
5	2024	292292	10356	1650	8706
6	2025	356412	12626		10976
7	2026	439294	15560		13910
8	2027	546778	19365		17715
9	2028	684705	24247		22597
10	2029	858913	30414		28764

2) Kebutuhan Waktu Pelayanan

Berdasarkan hasil proyeksi muatan, maka jumlah waktu pelayanan yang tersedia sekarang sudah tidak mampu lagi melayani permintaan

muatan hingga tahun 2029, sehingga butuh penambahan waktu pelayanan seperti dilihat pada Tabel 12.



Tabel 12. Kebutuhan waktu pelayanan

No	Tahun	Muatan	Waktu Pelayanan (Jam)	Jumlah Waktu Pelayanan (Jam)	Kebutuhan Waktu Pelayanan (Jam)
1	2020	106632	7132		1522
2	2021	154104	10303		4693
3	2022	196978	13167		7557
4	2023	241094	16114		10504
5	2024	292292	19534	5610	13924
6	2025	356412	23817		18207
7	2026	439294	29354		23744
8	2027	546778	36534		30924
9	2028	684705	45747		40137
10	2029	858913	57384		51774

3) Kebutuhan Labor

Berdasarkan hasil proyeksi jumlah labor, maka jumlah labor yang tersedia sekarang sudah

tidak mampu lagi melayani permintaan muatan hingga tahun 2029, sehingga butuh penambahan labor seperti dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kebutuhan jumlah labor

No	Tahun	Muatan	Jumlah Labor (Org)	Jumlah Labor Eksisting (Org)	Kebutuhan Jumlah Labor (Truk)
1	2020	106632	53511		43611
2	2021	154104	77303		67403
3	2022	196978	98792		88892
4	2023	241094	120903		111003
5	2024	292292	146563	9900	136663
6	2025	356412	178700		168800
7	2026	439294	220241		210341
8	2027	546778	274112		264212
9	2028	684705	343240		333340
10	2029	858913	430554		420654

3.4. Perbandingan Pelayanan Muatan Menggunakan Sistem Peluncuran dan Crane

Berdasarkan data di lapangan diperoleh kemampuan pelayanan dengan menggunakan sistem peluncuran dan crane sebagai berikut :

Tabel 14. Perbandingan kapasitas pelayanan muatan menggunakan sistem peluncuran dan crane

No	Sistem	Jumlah Muatan (Ton)	Waktu Pelayanan (Jam)	Kemampuan Pelayanan (Ton/Jam)
1	Peluncuran	30	2	15
2	Crane	30	2,5	12

Sistem pelayanan muatan dengan menggunakan peluncuran maupun dengan menggunakan crane sama sama memakai jasa labor, akan tetapi untuk sistem peluncuran membutuhkan jumlah labor yang lebih banyak dengan pembagian shift.

Tabel 15. Perbandingan kemampuan pelayanan muatan menggunakan sistem peluncuran dan crane

No	Tahun	Jumlah Muatan (Ton)	Waktu Pelayanan	
			Sistem Peluncuran (Jam)	Crane (Jam)
1	2020	106632	7109	8886
2	2021	154104	10274	12842
3	2022	196978	13132	16415
4	2023	241094	16073	20091
5	2024	292292	19486	24358
6	2025	356412	23761	29701
7	2026	439294	29286	36608
8	2027	546778	36452	45565
9	2028	684705	45647	57059
10	2029	858913	57261	71576

Perbandingan untuk pelayanan muatan dengan menggunakan sistem peluncuran dan menggunakan crane ditampilkan pada Tabel 15. Berdasarkan Tabel 15 tersebut dapat dilihat bahwa waktu pelayanan muatan dengan menggunakan sistem peluncuran lebih efisien dibandingkan menggunakan crane.



4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

- a) Dari hasil olahan data diketahui bahwa jumlah waktu pelayanan yang tersedia adalah sebesar 5.610 jam/tahun, dengan kapasitas muatan truk sebesar 49.500 ton/tahun, serta jumlah tenaga kerja bongkar muat (labor) sebesar 9.900 orang/tahun.
- b) Dari hasil peramalan untuk kegiatan pada tahun 2020, tahun 2024 (jangka menengah), dan tahun 2029 (jangka panjang), diketahui bahwa:
 - Jumlah Muatan pada Tahun 2020 adalah sebesar 106.632 Ton dengan Waktu Pelayanan 1.552 Jam, Jumlah Armada (Truk) 2.134 Unit, dan Jumlah Labor 43.611 org;
 - Untuk periode Jangka Menengah Tahun 2024 Jumlah Muatan dipekirakan sebesar 292.291 Ton, dengan Waktu Pelayanan 13.924 Jam, kebutuhan Armada Truk 8.706 Unit dan Labor sebesar 136.663 org;
 - Sedangkan kebutuhan untuk Jangka Panjang dengan proyeksi Jumlah Muatan sebesar 858.913 Ton, dibutuhkan Waktu Pelayanan 51.774 Jam, Armada (Truk) 28.764 Unit, dan Labor sebesar 420.654;
- c) Analisis korelasi (hubungan) antara setiap kategori diperoleh hasil sebagai berikut:

Jumlah muatan dan jumlah armada truk dengan $r = 0,9001$;

Jumlah muatan-waktu pelayanan dengan $r = 0,9999$;

Jumlah muatan-jumlah labor dengan $r = 0,9999$;

Variabel yang berpengaruh terhadap produktivitas Jumlah muatan dengan $R^2 = 0,9985$, Jumlah armada truk dengan $R^2 = 0,8103$, Jumlah waktu pelayanan dengan $R^2 = 1$, dan Jumlah labor dengan $R^2 = 1$;

- d) Jumlah kebutuhan armada untuk jangka menengah (10 tahun) sebanyak 28.764 truk/tahun.

Referensi

- [1] Bichou, K., Bell, M. G. H. & Evans, A. 2007. *Risk Management in Port Operations, Logistics and Supply Chain Security*. LLYOD's Practical Shipping Guides. New York.
- [2] Kavas, Feray Yuksekbas. 2016. *Ports Productivity, General Business, Shipping Trends, Supply Chain Planning*.
- [3] Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM.77 Tahun 2018 tentang *Organisasi dan Tata Kerja Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan*.
- [4] Rencana Induk Pelabuhan Maccini Baji, 2015.
- [5] Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KP.432 Tahun 2017 tentang *Rencana Induk Pelabuhan Nasional*.



Pemanfaatan Ruang Kios dan Los Pasar Studi Kasus Pasar Wamanggu Merauke

Saliki^{1*}, Triyatni Martosenjoyo¹, Afifah Harisah¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: gondesms09@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.10

Abstrak

Permasalahan penelitian ini yakni perilaku pemanfaatan ruang Kios/Los pada Pasar Wamanggu Merauke dimana ruang berjualan tidak mampu mengakomodir aktivitas pedagang dalam menata barang dagang serta melayani pembeli dan ruang sirkulasi yang sempit. Oleh karena itu pedagang menggunakan selasar yang dinilai lebih memenuhi aktivitas berjualan. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan gambaran, pola perilaku pedagang Kios/Los dalam melakukan aktivitas jual beli, pola pemanfaatan ruang Kios/Los yang dilakukan oleh pedagang dalam berjualan, mengetahui dimensi dan penataan perabot yang digunakan pedagang dalam pemanfaatan kios/los sehingga berpengaruh terhadap ruang aktivitas jual beli. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus serta sampling purposive dengan informan 10 pada los bumbu dapur, 5 pada los sayur, los buah serta 6 pada kios pakaian, obyek penelitian yaitu ruang berjualan kios/los dan subyek adalah pedagang kios/los. Lokasi penelitian di Pasar Wamanggu Merauke dengan waktu 5 bulan. Hasil penelitian didapat bahwa perilaku pola perilaku cenderung pada pengakraban antara penjual dan pembeli, seperti teguran, obrolan, dan berkumpul. Perilaku pemanfaatan ruang menggunakan selasar untuk berjualan baik dengan menata seluruh atau sebagian barang pada selasar. Ukuran ruang berjualan yang ideal pada los bumbu dapur, los sayur, los buah adalah 250 cm x 300 cm dengan jenis perabot *Case Fixture* atau rak terbuka dengan ukuran 250 cm x 150 cm x 100 cm dan pola sirkulasi bentuk L pada los bumbu dapur dan pola sirkulasi bentuk Linier pada los sayur, los buah dengan ukuran area sirkulasi sebesar 50 cm-100 cm dan pada kios pakaian di pengaruhi oleh jumlah bukaan yakni. 1 bukaan dengan pola U dan Grid, 2 bukaan dengan pola L dan Grid, 3 bukaan dengan pola Linier dan Grid dan ruang ideal 350 cm x 400 cm sehingga didapat area sirkulasi sebesar 45,7 cm-61 cm dan pada selasar sebagai arah orientasi kios/los memiliki lebar ideal sebesar 400 cm.

Abstract

Trader Behavior Study of Space Utilization Kios/Los Market Case Study of the Wamanggu Market in Merauke. The problem of this study is the behavior of the spatial utilization of aisles in the Wamanggu Market in Merauke that the space of selling used cannot accommodate traders' activities in selling in arranging merchandise in the stalls and in serving buyers the circulation space of traders in serving buyers is narrow. Therefore, the traders choose to use an aisle which is considered to be more fulfilling the activities of traders in selling. The purpose of this research is to obtain the description of the behavior patterns of stall traders in conducting trade activity, the spatial utilization pattern of the stall was conducted by traders for selling, know the dimensions and arrangement of furniture used by traders and the arrangement of furniture is used the spatial utilization of stalls so that can affect to trade activities space. This research used a descriptive qualitative method with a case study approach and purposive sampling technique with the informants consisting of 10 spice traders, 5 vegetable and fruit stalls traders, and 6 in clothing stalls traders, while the object of research is the space of traders stalls, and research subjects are the stall traders. The research location is in the Wamanggu Market in Merauke, Merauke Regency with a research period of 5 months. The results obtained that the behavior patterns tend to be familiar with the seller and buyer, such as greeted, chatter, and gathered. Spatial utilization behaviour tends to use the aisles to selling by arranging all merchandise and part of the area of the aisle. The ideal size of the selling space in the spice stalls, vegetable stalls, and fruit stalls are 250 cm x 300 cm with the type of furniture *Case Fixture* or open shelves with a size of 250 cm x 150 cm x 100 cm and and circulation patterns of the L shape on the kitchen herbs and patterns Linear form circulation in vegetable stalls, fruit booths with a size of circulation area of 50 cm-100 cm and in the clothing stall is influenced by the number of openings namely: 1 opening with U and Grid patterns, 2 openings with L and Grid patterns, 3 openings with Linear and Grid pattern and ideal space of 350 cm x 400 cm so that the circulation area of 45.7 cm-61 cm is obtained and on the hallway as the orientation of the aisles has an ideal width of 400 cm

Kata Kunci: Pemanfaatan ruang, perilaku, pola penataan perabot

1. Pendahuluan

Pasar Wamanggu merupakan pasar dengan bangunan modern yang terdiri dari 3 lantai, pada

lantai 1 digunakan untuk pedagang kelontongan, sayur-sayuran, daging, ikan serta ikan asin sedangkan pada lantai 2 di peruntukan bagi



pedagang pakaian, elektronik, kosmetik dan perhiasan, sandal dan sepatu, suku cadang sepeda, masjid serta pujasera, dan pada lantai 3 di peruntukan bagi pujasera. Secara konseptual Pasar Wamunggu Merauke yang sekarang telah mewadahi konsep-konsep yang ada pada pasar tradisional.

Perubahan kondisi fisik pasar yang sudah baik dan modern dari sebelumnya diasumsikan membawa perubahan perilaku pedagang dalam pemanfaatan ruang berjualan seperti perubahan dalam meletakkan barang dagangan yang berbeda sebelum revitalisasi dimana biasanya pedagang meletakkan barang dagangan bisa dalam jumlah banyak dan barang dagangan biasanya bisa di stok di dalam kios maupun los yang dimiliki, tapi sekarang diletakkan di gudang ataupun di stok di rumah. Perbedaan ini dikarenakan perubahan ukuran tempat berdagang yang semakin kecil setelah revitalisasi yang mana ukuran sebelum revitalisasi berukuran minimal 300 cm x 300 cm untuk semua pedagang.

Menurut pedagang perubahan ukuran tempat berdagang juga mempengaruhi dalam melayani pembeli dimana agak kesulitan dalam mengambil pesanan pembeli dan pedagang terkesan lambat dalam melayani karena barang dagangan yang ditumpuk hampir memenuhi tempat berdagang sehingga agak kesulitan dalam ruang gerak pedagang mengambil pesanan pembeli. Kondisi ruang berjualan yang ditempati oleh pedagang ini tidak mampu menampung aktivitas jual beli yang dilakukan pedagang sehingga pedagang memilih menata seluruh maupun sebagian barang yang di jual pada selasar utama maupun selasar penghubung.

Pemanfaatan ruang selasar sebagai area berjualan mengakibatkan banyak los yang seharusnya difungsikan sebagai tempat berjualan kini ditinggalkan dan dijadikan gudang, pedagang lebih memilih selasar sebagai tempat berjualan guna mendapatkan ruang yang luas dan dapat menampung aktivitas jual beli yang dilakukan oleh pedagang, di samping itu juga posisi ruang berjualan yang strategis dapat meningkatkan pendapatan pedagang walaupun perilaku itu melanggar aturan. Dengan adanya pemanfaatan selasar untuk berjualan akan menimbulkan berbagai permasalahan di antaranya menimbulkan titik kepadatan pada

selasar, kondisi pasar yang semakin kumuh dan semrawut, lingkungan yang secara visual berkesan buruk serta padat. Sedangkan pada pedagang yang berada pada lantai 2 merupakan pedagang pakaian, pemanfaatan ruang kios masih digunakan sebagaimana mestinya yakni untuk berjualan namun pedagang juga menggunakan ruang selasar sebagai area berjualan dengan mengeluarkan sebagian barang dagangnya dan ditata pada area selasar maupun pada dinding kios yang dimiliki, dengan adanya perilaku pedagang ini membuat ruang sirkulasi menjadi sempit.

Dari pembahasan di atas, dapat memberikan gambaran fenomena yang menunjukkan adanya interaksi yang terjadi antara arsitektur sebagai hasil desain dan interpretasi aktivitas/perilaku pedagang yang berbeda sebagai pengguna, oleh karena itu tantangan dunia arsitektur yang sering dihadapi dalam perencanaan pasar tradisional pada yaitu masalah ruang berjualan maupun ruang sirkulasi yang menjadi arah orientasi kios maupun los.

Bertolak dari latar belakang pada kasus di atas, dan dari pengamatan awal (*preliminary observe*) didapat rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pola perilaku pedagang Kios/Los dalam melakukan aktivitas jual beli pada Pasar Wamunggu Merauke?
- 2) Bagaimana pola pemanfaatan ruang Kios/Los yang di lakukan oleh pedagang dalam berjualan?
- 3) Perabot apa sajakah yang digunakan pedagang serta penataan perabot dalam pemanfaatan kios/los sehingga berpengaruh terhadap ruang aktivitas jual beli pada Pasar Wamunggu Merauke?

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif sebagai prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata maupun ucapan dari perilaku subyek yang diamati pada penelitian [1]. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi kasus, Studi kasus adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk menyelidiki, membuktikan, atau menjelaskan suatu fenomena yang diteliti secara alami tanpa adanya campur tangan dari pihak



luar. Teknik pengambilan informan menggunakan purposive sampling, purposive sampling adalah teknik yang digunakan untuk menentukan subyek (informan) dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Pemilihan sekelompok subjek dalam purposive sampling, didasarkan atas ciri-ciri tertentu yang terkait dengan fenomena yang diteliti dan memiliki keterkaitan dengan masalah yang diteliti yang sudah diketahui sebelumnya [2]. Adapun obyek penelitian yaitu ruang berjualan sedangkan subyek penelitian yakni perilaku pedagang kios/los. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan *place centered mapping*, wawancara, pengamatan lapangan atau observasi, dokumentasi, pengukuran sirkulasi ruang gerak.

Pengamatan dilakukan pada waktu: 1) pagi hari pukul 04.00-06.00 WIT, 2) pagi hari pukul 06.00-08.00 WIT, 3) siang hari pukul 10.00-13.00 WIT, dan 4) sore hari pukul 14.00-17.00 WIT. Dengan lokasi penelitian berada pada Pasar Wamanggu Merauke dengan informan terdiri dari 10 pedagang pada los bumbu dapur, 5 pedagang los sayur dan los buah serta 6 pada pedagang kios pakaian dan lokasi penelitian berada pada Pasar Wamanggu Merauke dan janga waktu penelitian selama 5 bulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Lokasi Penelitian

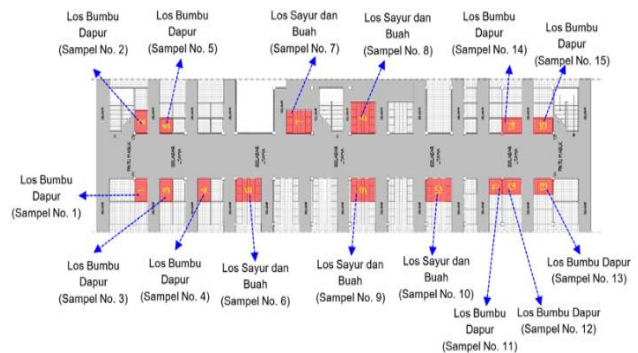
Lokasi penelitian berada di Pasar Wamanggu Merauke (Gambar 1). Tepatnya berada pada los bumbu dapur dan los sayur dan los buah yang berada pada lantai 1 dan kios pakaian yang berada pada lantai 2 Pasar Wamanggu Merauke.



Gambar 1. Lokasi pasar Wamanggu Merauke

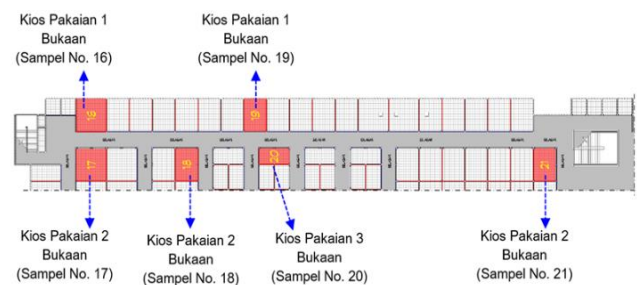
Lokasi penelitian berada pada lantai 1 (Gambar 2) Pasar Wamanggu Merauke yang di dominasi oleh pedagang yang menempati los bumbu dapur dan los sayur dan los buah. Adapun

fokus penelitian terdiri dari 10 obyek pada los bumbu dapur yang dikelilingi dinding pembatas dengan ukuran los yang berbeda-beda sedangkan 5 obyek pada los sayur dan los buah yang terbuka dan terdiri dari meja dan bangku beton dengan ukuran los yang sama.



Gambar 2. Lokasi penelitian pada lantai 1

Sedangkan pada lantai 2 (Gambar 3) Pasar Wamanggu Merauke, fokus penelitian terdiri dari 6 obyek kios pakaian dengan ukuran kios dan jumlah bukaan yang berbeda-beda.



Gambar 3. Lokasi penelitian pada lantai 2

3.2. Karakteristik Subyek Penelitian

- Los bumbu dapur ini memiliki ukuran 200 x 300 cm (sebanyak 4 Subyek), 200 x 200 cm (sebanyak 2 Subyek), 300 x 200 cm (sebanyak 4 Subyek).
- Los sayur dan buah dengan ukuran masing-masing meja adalah 100 x 100 cm sedangkan jarak antara meja dengan bangku adalah 80 cm dan diambil 5 Subyek.
- 1) Kios pakaian, ukuran 400 x 400 cm (memiliki 1 bukaan), 2) kios pakaian, ukuran 400 x 400 cm (memiliki 2 bukaan), 3) kios pakaian, ukuran 300 x 400 cm (memiliki 2 bukaan), 4) kios pakaian, ukuran 300 x 400 cm (memiliki 1 bukaan), 5) kios pakaian, ukuran 200 x 400 cm (memiliki 3 bukaan).



3.3. Pola Perilaku Pedagang

Berdasarkan hasil pengamatan pada lokasi penelitian ditemukan bahwa aktivitas pedagang di mulai pukul 04.00-06.00 WIT. Aktivitas pedagang pada pukul 04.00 WIT didominasi jenis dagangan bumbu dapur dan sayur, sedangkan aktivitas pedagang pada pukul 06.00 WIT didominasi jenis dagangan sayur, bumbu dapur, kue, kosmetik, dan pakaian, keseluruhan pedagang yang berada pada lantai 1 (los bumbu dapur, los sayur dan los buah) dan lantai 2 (kios pakaian) telah melakukan aktivitas berdagang guna memenuhi kebutuhan pembeli yang akan digunakan pada pagi hari. Adapun aktivitas pedagang dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Perilaku pedagang los bumbu dapur dan los sayur dan los buah

Perilaku	Jam
• Pedagang membuka los dan menata barang dagang	• 04.00-08.00
• Pedagang duduk di dalam los, area jualan dan area selasar sambil menunggu pembeli	• 06.00-17.00
• Obrolan yang dilakukan oleh 2 orang pedagang dengan ruang yang digunakan yakni area berjualan dan selasar utama	• 06.00-08.00
• Pedagang duduk pada area berjualan atau selasar utama sambil merapikan barang dagang	• 06.00-17.00
• Dalam melayani pembeli terjadi beberapa aktivitas pergerakan yang dilakukan oleh pedagang dalam menyiapkan barang yang diinginkan pembeli, sedangkan pembeli duduk maupun berdiri pada area selasar	• 06.00-17.00
• Aktivitas berkumpul dan obrolan yang dilakukan oleh 2 orang atau lebih baik sesama pedagang maupun dengan pembeli pada selasar penghubung	• 10.00-13.00 • 14.00-17.00
• Pedagang merapikan barang dagang setelah aktivitas jual beli terjadi	• 06.00-17.00
• Pedagang merapikan barang yang berada pada selasar dan memasukannya pada los yang dimiliki	• 14.00-17.00
• Pedagang meletakkan sebagian barang dagang pada rak kayu maupun box kayu atau menutup barang dengan terpal yang ditempatkan di area berjualan pada selasar utama	• 14.00-17.00

Berdasarkan tabel diatas yakni Tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa aktivitas pedagang yang paling mendominasi terjadi pada pukul 04.00-06.00 WIT, baik itu pedagang pada los bumbu

dapur, los sayur dan los buah, perilaku ini mengikuti aktivitas bongkar muat sayuran dimana pedagang maupun pembeli akan berbelanja kebutuhan yang akan di jual maupun digunakan pada pagi hari. Sedangkan pada kios pakaian memulai aktivitas pada pukul 06.00 WIT hal ini disebabkan kondisi pasar sudah mulai ramai dikunjungi oleh pembeli. Bila dilihat dari waktu aktivitas yang terjadi, pedagang cenderung menyesuaikan diri dengan jam opereasional yang terjadi di lingkungan Pasar Wamunggu Merauke. Pola aktivitas pedagang cenderung menyesuaikan diri terhadap aktivitas masyarakat yang ada di lingkungan sekitar pada waktu-waktu tertentu [3].

Tabel 2. Perilaku pedagang kios pakaian

Perilaku	Jam
• Pedagang membuka kios dan mengeluarkan barang dagang untuk ditata pada selasar maupun pada dinding kios	• 06.00-08.00
• Dalam menata pakaian pada dinding kios, pedagang menggunakan alat bantu seperti kursi maupun tongkat	• 06.00-08.00
• Pedagang membersihkan kios dan area selasar	• 06.00-08.00
• Pedagang duduk di dalam kios, area selasar dan berkumpul sambil menunggu pembeli	• 06.00-17.00
• Dalam melayani pembeli terjadi berbagai aktivitas pergerakan yang dilakukan oleh pedagang dalam melayani pembeli, sedangkan pembeli berada pada area sirkulasi di dalam kios, area selasar dengan posisi, duduk maupun berdiri	• 06.00-17.00
• Pedagang merapikan barang dagang setelah aktivitas jual beli terjadi	• 06.00-17.00
• Pedagang memasukan barang dagang yang berada di area selasar ke dalam kios pada saat aktivitas jual beli telah selesai	• 14.00-17.00
• Obrolan yang dilakukan oleh 2 orang pedagang atau lebih dimana ruang yang digunakan adalah area sirkulasi di dalam kios maupun selasar	• 06.00-08.00 • 10.00-13.00 • 14.00-17.00
• Pedagang meninggalkan kios untuk melakukan sholat dan kios ditutup menggunakan kain atau kios di jaga oleh pedagang lain	• 10.00-13.00 • 14.00-17.00
• Pedagang menggunakan selasar untuk menyiapkan barang baru yang akan di tata	• 06.00-08.00

Sedangkan perilaku antara sesama pedagang maupun dengan pembeli ditunjukan dengan peneguran, obrolan, berkumpul, waktu untuk

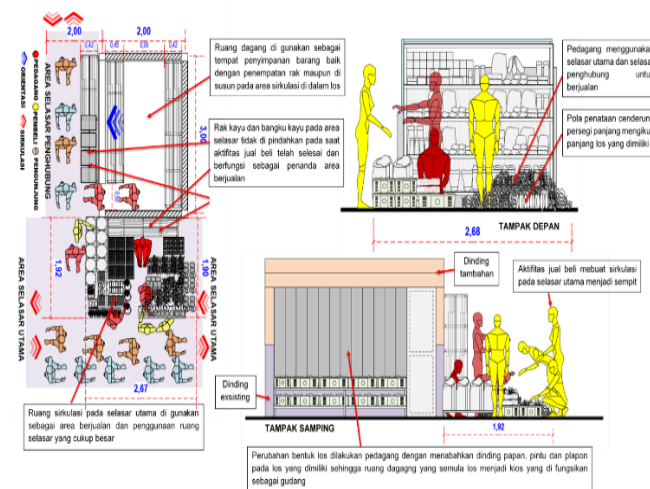


berkumpul mewujudkan rasa kekerabatan, aman dan nyaman ketika berada dalam ruang aktivitasnya. Perilaku ini menandakan bahwa hubungan antara pembeli dan pedagang sangatlah erat dan perilaku ini menciptakan zona kedekatan yang terdiri dari dua orang atau lebih waktu dan tempat tertentu. Perilaku obrolan dan berkumpul dipengaruhi oleh rasa ketertarikan pada sebuah tempat yang menimbulkan perasaan nyaman “seperti di rumah” [4].

Jadi perilaku pedagang adalah suatu tanggapan terhadap rasangan yang berasal dari lingkungan sekitar. Perilaku pedagang juga merupakan sebuah sifat yang dimiliki oleh setiap pedagang, untuk menangkap reaksi yang telah diberikan oleh lingkungan terhadap keadaan yang telah terjadi sekarang [5]. Dengan kondisi demikian hubungan antara sesama pedagang maupun dengan pembeli menimbulkan zona kedekatan yang dipengaruhi oleh hubungan antar pribadi dan kegiatan yang dilakukan. Bentuk hal seperti ini disebut proksimik yang terbagi dalam 4 tingkatan kualitas, diantaranya: jarak intim (0-0,45 m), jarak pribadi (0,45-1,2 m), jarak sosial (1,2-3,6 m), jarak publik(>3,6 m) [6].

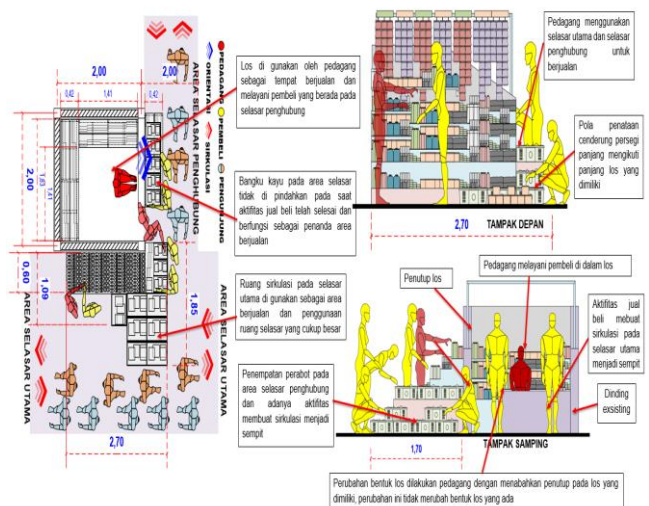
3.4. Pola Pemanfaatan Ruang

Hasil pemetaan pada lokasi penelitian diperoleh bahwa ruang dagang los bumbu dapur, los sayur dan los buah pada lantai 1 Pasar Wamunggu Merauke tidak dimanfaatkan sebagaimana mestinya sebagai area berdagang. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 dibawah ini.



Gambar 4. Pemanfatan los bumbu dapur

Pada Gambar 4 merupakan (subyek no. 1, 3, 4, 5, 12, 13, 14 dan 15) gambar di atas menunjukkan kondisi los bumbu dapur yang tidak dapat mengakomodir aktivitas pedagang dalam berjualan seperti menata barang, menyimpan barang maupun melayani pembeli sehingga pedagang lebih memilih menggelar dagangannya pada area selasar, oleh sebab itu ruang dagang pada los bumbu dapur yang dimiliki oleh pedagang kini dijadikan ruang penyimpanan barang sehingga mengalami perubahan bentuk yang semula berupa los kini menjadi kios dan digunakan sebagai tempat penyimpanan barang pada saat aktivitas jual beli telah selesai. Demikian juga terjadi pada Gambar 5 (subyek no. 2, dan 11) ruang dagang los bumbu dapur yang dimiliki oleh pedagang tidak mengalami perubahan bentuk los walaupun hanya digunakan sebagai tempat penyimpanan barang. Dengan kondisi ruang los yang sempit untuk menata barang maka pedagang lebih fokus menggunakan ruang selasar untuk berjualan.

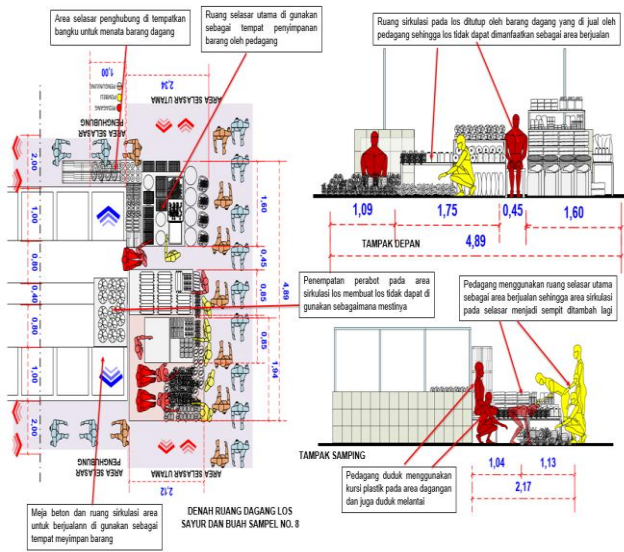


Gambar 5. Pemanfaatan los bumbu dapur

Pemanfaat ruang yang tidak sesuai dengan peruntukannya juga terjadi pada los sayur dan los buah lihat Gambar 6 (subyek No. 6, 7, 8, 9 dan 10) pada gambar terlihat pedagang lebih memilih menggelar dagangannya pada area selasar utama untuk berjualan hal ini disebabkan ruang berjualan yang disediakan cukup sempit untuk melakukan penataan maupun penyimpanan barang, sehingga ruang berjualan yang dimiliki digunakan sebagai tempat penyimpanan barang



pada saat aktivitas jual beli telah selesai tanpa merubah bentuk los yang dimiliki.



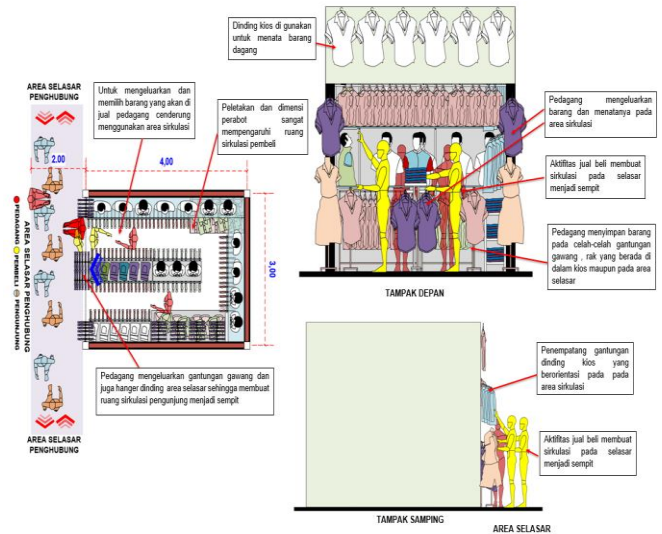
Gambar 6. Pemanfaatan los sayur dan buah

Penggunaan ruang yang terjadi pada los bumbu dapur, los sayur dan los buah yang berada pada lantai 1 Pasar Wamunggu Merauke cenderung menggunakan area selasar untuk berjualan dengan mengeluarkan seluruh barang untuk ditata pada area selasar baik pada selasar utama maupun selasar penghubung, pemanfaatan ruang ini membuat ruang sirkulasi pengunjung menjadi sempit ditambah lagi dengan adanya aktivitas jual beli yang terjadi.

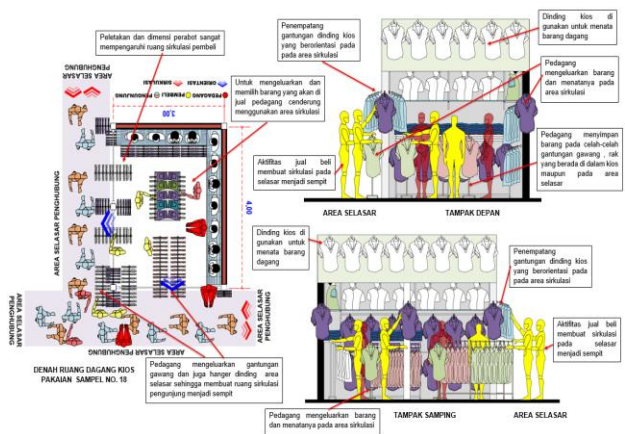
Perilaku pemanfaatan ruang yang dilakukan pedagang pakaian yang berada pada lantai 2 Pasar Wamunggu Merauke berbeda dengan pedagang yang berada pada lantai 1, pedagang pada lantai 2 masih menggunakan kios sebagai tempat berjualan, selain itu juga pedagang menggunakan area selasar untuk menata barang dagangnya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7-9.

Pada Gambar 7 merupakan kios yang memiliki 1 bukaan digunakan oleh pedagang untuk berjualan, dengan orientasi penataan lebih fokus pada area bukaan, selain itu pedagang juga menata barang pada area selasar maupun dinding kios dimana pemanfaatan ruang ini melebihi batas area berjualan yang di peruntukan. Hal yang sama juga dilakukan oleh pedagang pakaian yang menggunakan kios dengan 2 bukaan (Gambar 8), pedagang masih menggunakan kios untuk berjualan dengan pola penataan barang

akan fokus pada 2 arah bukaan sehingga membuat luas ruang akan semakin sempit dengan adanya penempatan perabot yang dilakukan pedagang.



Gambar 7. Pemanfaatan kios pakaian 1 bukaan



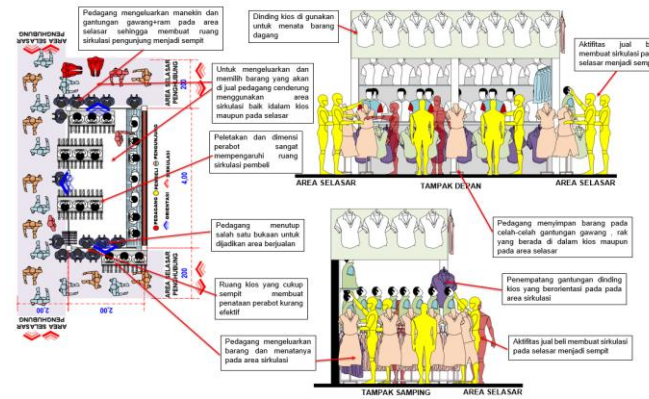
Gambar 8. Pemanfaatan kios pakaian 2 bukaan

Pada Gambar 7 dan 8 terlihat untuk mendapatkan ruang sirkulasi di dalam kios pedagang mengeluarkan sebagian barang pada area selasar, hal ini dipengaruhi oleh dimensi dan penataan perabot yang digunakan pedagang tidak sesuai dengan luasan ruang yang ada, selain penggunaan selasar untuk menata barang pedagang juga menggunakan dinding kios yang dimiliki untuk menata barang.

Demikian juga dengan kios yang memiliki 3 bukaan (Gambar 9) pada gambar terlihat bahwa fokus penataan perabot yang dilakukan oleh pedagang cenderung mengarah pada arah bukaan sehingga membuat ruang yang ada di dalam kios menjadi sempit, ditambah lagi dengan dimensi



dan penataan perabot yang digunakan membuat ruang sirkulasi di dalam kios tidak maksimal, oleh sebab itu untuk mendapatkan ruang sirkulasi di dalam kios, maka pedagang mengeluarkan sebagian barang dan ditata pada area selasar dan pada dinding kios yang dimiliki.



Gambar 9. Pemanfaatan kios pakaian 3 bukaan

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada pedagang yang berada pada lantai 1 Pasar Wamunggu Merauke mengenai alasan pedagang enggan menempati los yang dimiliki mayoritas pedagang mengatakan, ukuran tempat berdagang yang sempit dan tidak dapat mengakomodir aktivitas pedagang baik dalam menata barang, melayani pembeli dimana pedagang agak kesulitan dalam mengambil pesanan pembeli dan juga terkesan lambat karena barang dagangan yang ditumpuk hampir memenuhi tempat berdagang dan juga sempitnya selasar penghubung yang menjadi arah orientasi los sehingga pengunjung jarang melewati selasar tersebut yang membuat los yang ditempati pedagang sepi pembeli. Sedangkan hasil wawancara terhadap pedagang pakaian yang berada pada lantai 2 mengenai alasan pedagang menata barang pada area selasar mayoritas pedagang mengatakan untuk mendapatkan ruang sirkulasi di dalam kios pedagang terpaksa mengeluarkan sebagian barang pada area selasar disebabkan karna dimensi dan penataan perabot yang tidak sesuai dengan ukuran ruang selain itu juga penataan barang pada area selasar bertujuan agar barang dapat dilihat oleh pembeli dari kejauhan.

Pasar Wamunggu Merauke tergolong pasar dengan tipe-1 dengan jumlah pedagang sebanyak 1140 (seribu seratus empat puluh) kios dan los.

Bila di tinjau dari standar pasar rakyat dimana pasar dengan tipe-1 memiliki ukuran ruang dagang minimal 2 m² [7], maka ruang dagang yang dimiliki Pasar Wamunggu Merauke sudah melebihi standar yang ada. Namun dengan ukuran ruang dagang yang ada belum mampu mengakomodir aktivitas pedagang baik dalam menata barang maupun menyimpan barang, sedangkan dalam melayani pembeli cukup sulit diakibatkan ruang sirkulasi pedagang cukup sempit. Hal demikian yang menyebabkan kurang nyamannya pedagang menempati suatu ruang untuk berjualan dan merupakan efek yang ditimbulkan dari tempat berjualan itu sendiri. Dalam arti yang lebih luas kenyamanan adalah suatu kondisi lingkungan yang dapat memberi rasa yang sesuai terhadap panca indera dan antropometri dan ditunjang dengan fasilitas yang sesuai dengan aktivitasnya [8]. Akibat dari kurang nyamannya tersebut maka hampir semua pedagang pada lantai 1 Pasar Wamunggu Merauke menggunakan ruang selasar untuk berjualan, yang menurut pedagang lebih memenuhi kebutuhan dari segi kenyamanan. Sedangkan kondisi lingkungan dapat memuaskan untuk digunakan apabila ruang tersebut sesuai dengan yang diinginkan. Memuaskan dalam arti seseorang tersebut merasa nyaman berada di lingkungan tersebut [9].

Perilaku pemanfaatan ruang bagi pedagang pada lantai 2 Pasar Wamunggu Merauke masih menggunakan kios sebagai tempat berjualan, selain pemanfaatan kios sebagai area berjualan pedagang juga menggunakan area selasar sebagai area berjualan dengan cara mengeluarkan sebagian barang dagang dan ditata pada area selasar. Hal ini dilakukan oleh pedagang dengan tujuan agar mendapatkan sirkulasi yang luas di dalam kios dan barang yang dijual dapat di lihat oleh pengunjung dari kejauhan yang dapat menimbulkan daya tarik terhadap barang yang dijual oleh pedagang.

Posisi tempat berjualan yang strategis dapat sangat menguntungkan dari segi penjualan dan memberikan dampak positif bagi para pedagang, dimana hasil penjualan mereka cenderung mengalami kenaikan. Dari hasil observasi terlihat jelas peranan aksesibilitas pada sebuah pasar sangatlah penting karena merupakan kemudahan bergerak melalui dan menggunakan lingkungan.

Selain itu pola perilaku pembeli yang ingin lebih cepat dan mudah berbelanja pada pedagang yang dekat dengan akses keluar masuk pasar, keadaan ini juga ikut andil menimbulkan kesemrawutan pada area sirkulasi utama. Faktor yang paling banyak mendorong pedagang untuk memilih tempat berjualan selalu dihubungkan dengan kemudahan dekat dengan arus sirkulasi pengunjung. Tempat yang strategis yaitu selasar utama dengan banyak aktivitas pengunjung pasar yang menjadi salah satu faktor pedagang berjualan pada area selasar, dengan menempati lokasi yang memiliki tingkat aktivitas yang tinggi maka akan mempunyai kesempatan yang lebih besar dalam menarik konsumen [10].

Hasil pemetaan pada area penelitian, perilaku pemanfaatan ruang berjualan terbesar terjadi pada pukul 04.00-06.00 WIT. Pemanfaatan ruang selasar sebagai area berjualan sangat bervariasi. Untuk area berjualan pada los bumbu dapur dimulai dari 192 cm, 196 cm, 197 cm, 158 cm, dan pada area selasar penghubung intervensi ruang sebesar 42 cm. Sedangkan pada los sayur dan buah dimulai dari 150 cm, 151 cm, 210 cm, 234 cm 212 cm, 163 cm, 163 cm, 167 cm, dan pada kios pakaian intervensi yang di lakukan pedagang dalam berjualan pada area selasar sebesar 40-60 cm. Berdasarkan gambar diatas pemanfatan ruang yang dilakukan oleh pedagang dalam berjualan mengarah pada penggunaan selasar sebagai area berjualan.

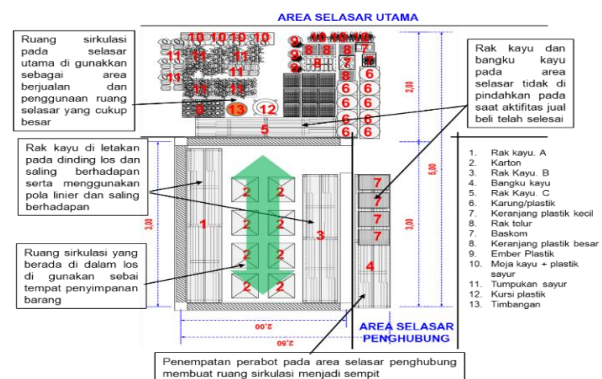
3.5. Jenis, Pola Penataan Perabot dan Sirkulasi

Besaran ruang masing-masing kios dan los menjadi pengaruh terhadap pola penataan perabot serta bentuk dan dimensi perabot yang digunakan oleh pedagang. Pola penataan perabot akan dibagi menjadi dua jenis menurut fungsinya yaitu: 1) pola penataan perabot yang berfungsi untuk memajang produk dan, 2) pola penataan perabot yang berfungsi untuk mawadahi kegiatan pelayanan seperti menimbang barang dan menyimpan beberapa barang pendukung. Sedangkan sirkulasi pada area berjualan terdapat 3 (tiga) jenis yaitu sirkulasi untuk pengunjung/pembeli, sirkulasi untuk pedagang, dan sirkulasi untuk barang [11].

Berdasarkan pengamatan pada lokasi penelitian mengenai jenis perabot, pola penataan perabot dan sirkulasi yang dilakukan oleh

pedagang yang menempati los bumbu dapur dan los sayur dan los buah yang terletak pada lantai 1 Pasar Wamanggu Merauke dapat dilihat pada Gambar 10-13.

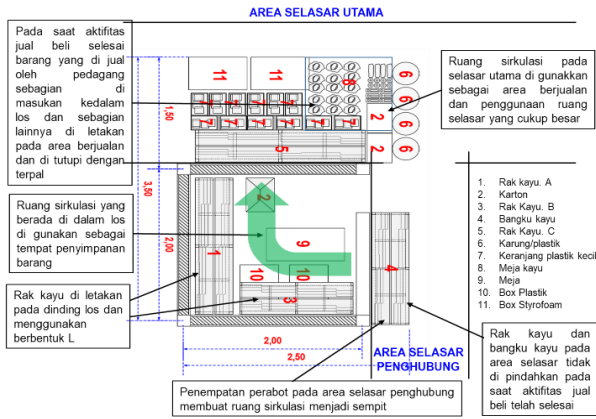
Pada Gambar 10 (subyek no. 1, 2, 3, 4) pola penataan perabot yang dilakukan pedagang pada los bumbu dapur menggunakan pola liner dengan penempatan rak kayu pada bagian belakang maupun depan, perabot yang berada di dalam los digunakan sebagai ruang penyimpanan, sedangkan untuk memajang produk pedagang menempatkan perabot pada area selasar dengan penempatan rak kayu pada dinding los dan perabot lain diletakan pada lantai selasar. Berdasarkan pola penataan demikian didapat ruang sirkulasi pedagang di dalam los sebesar 150 cm x 300 cm.



Gambar 10. Pola penataan perabot dan sirkulasi pada los bumbu dapur berbentuk liner

Sedangkan pada Gambar 11 (subyek no. 5, 11) pola penataan perabot berbentuk L dengan penempatan rak kayu pada dinding bagian belakang maupun samping los, perabot yang berada di dalam los digunakan sebagai ruang penyimpanan, sedangkan untuk memajang produk pedagang menempatkan perabot pada area selasar dengan penempatan rak kayu pada dinding los dan perabot lain diletakan pada lantai selasar. Berdasarkan pola penataan demikian didapat ruang sirkulasi pedagang sebesar 150 cm x 150 cm.





Gambar 11. Pola penataan perabot dan sirkulasi pada los bumbu dapur berbentuk L

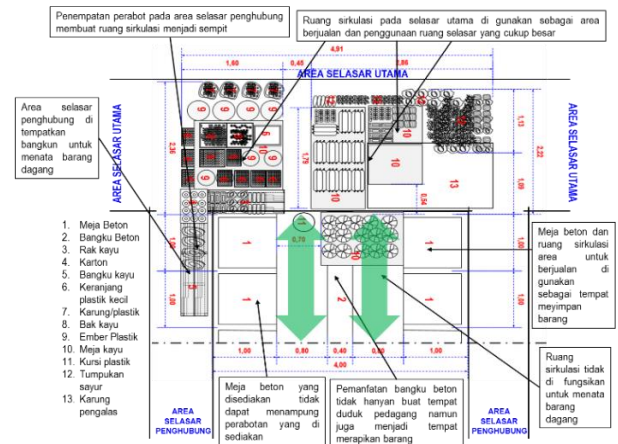


Gambar 12. Pola penataan perabot dan sirkulasi pada los bumbu dapur berbentuk L

Demikian halnya yang dilakukan oleh pedagang pada Gambar 12 (subyek no. 12-15) terlihat pola penataan perabot yang dilakukan menggunakan pola L dengan penempatan rak kayu pada dinding bagian belakang maupun samping los, perabot yang berada di dalam los digunakan sebagai ruang penyimpanan, sedangkan untuk memajang produk pedagang menempatkan perabot pada area selasar dengan penempatan rak kayu pada dinding los dan perabot lain diletakan pada lantai selasar. Berdasarkan pola penataan demikian didapat ruang sirkulasi pedagang di 150 cm x 250 cm.

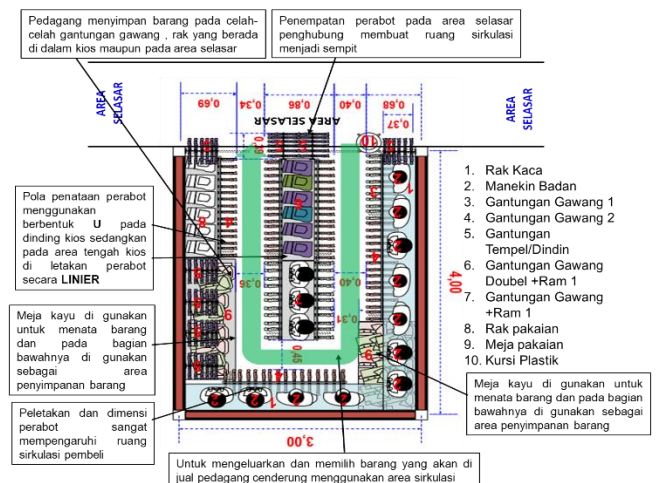
Pada Gambar 13 (subyek no. 6-10) merupakan los sayur dan los buah dengan ruang berjualan yang bersifat terbuka. Pada gambar di atas terlihat pola penataan perabot pada los sayur dan los buah yang dimiliki pedagang menggunakan pola linier mengikuti panjang los yang ada, penataan perabot menggunakan area selasar yang tepatnya berada pada sisi los yang dimiliki dan los yang diperuntukan sebagai tempat berjualan tidak digunakan sebagaimana

mestinya dan digunakan sebagai tempat menyimpan barang. Ruang sirkulasi pedagang pada los sayur dan los buah memiliki ukuran 80 cm x 100 cm/orang.



Gambar 13. Pola penataan perabot dan sirkulasi pada los sayur dan los buah berbentuk linier

Berbeda halnya dengan pola penataan yang dilakukan oleh pedagang pakaian yang berada pada lantai 2 Pasar Wamunggu Merauke. Pola penataan dan sirkulasi pedagang maupun pembeli dipengaruhi oleh dimensi perabot dan jumlah bukaan kios. Adapun pola penataan dan sirkulasi pada kios pakaian dapat dilihat pada Gambar 14, 15 dan 16 dibawah ini:



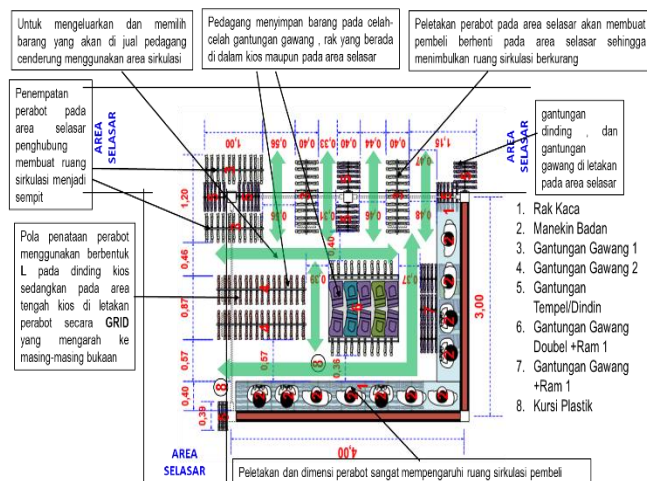
Gambar 14. Pola penataan perabot dan sirkulasi berbentuk U dan linier pada kios dengan 1 bukaan

Pola penataan perabot pada kios dengan 1 bukaan Gambar 14, pola penataan perabot menggunakan pola berbentuk U dengan penempatan perabot seperti rak kaca, rak kayu, gantungan gawang maupun gantungan dinding



pada sekeliling dinding, sedangkan bagian tengah kios ditempatkan perabot berbentuk linier dan perabot yang digunakan seperti gantungan gawang double+ram. Berdasarkan pola penataan perabot maka ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan ukuran 400 cm x 400 cm berkisar antara 53-54 cm (subyek no 16) sedangkan kios dengan ukuran 300 cm x 400 cm (subyek no 19) memiliki ukuran ruang sirkulasi berkisar 35-40 cm.

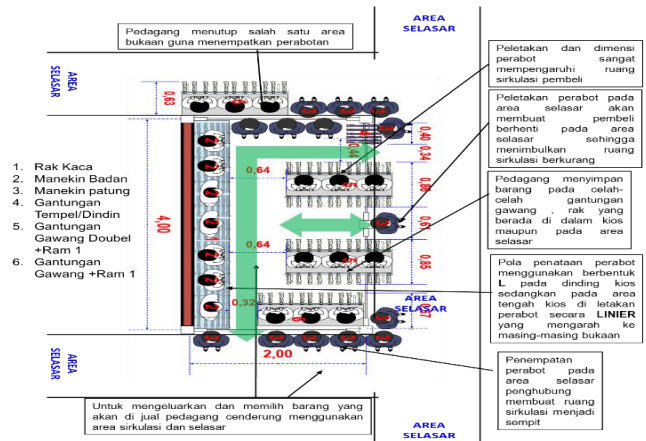
Sedangkan pada kios dengan 2 bukaan Gambar 15 menggunakan pola penataan berbentuk L dengan penempatan perabot seperti rak kaca, gantungan gawang pada sekeliling dinding, sedangkan bagian tengah berbentuk Grid dengan perabot yang digunakan seperti gantungan gawang double+ram dan gantungan gawang. Berdasarkan pola penataan perabot maka ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan ukuran 400 cm x 400 cm didapat sebesar 30-40 cm (subyek no. 17), kios dengan ukuran 300 cm x 400 cm (subyek no. 18 dan 21) memiliki ukuran ruang sirkulasi berkisar 31-57 cm.



Gambar 15. Pola penataan perabot dan sirkulasi berbentuk L dan Grid pada kios dengan 2 bukaan

Pola penataan perabot yang dilakukan pada kios dengan 3 bukaan Gambar 16 menggunakan pola penataan berbentuk Linier dengan penempatan perabot seperti rak kaca, gantungan gawang pada dinding, sedangkan bagian tengah berbentuk Grid dengan penempatan perabot seperti gantungan gawang double+ram. Berdasarkan pola penataan perabot maka ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan

ukuran 200 cm x 400 cm sebesar 30-64 cm (subyek no. 20).



Gambar 16. Pola penataan perabot sirkulasi berbentuk L dan Grid pada kios dengan 3 bukaan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran pada lokasi penelitian yang berada pada lantai 1 dan lantai 2 Pasar Wamunggu Merauke ditemukan bahwa seluruh pedagang yang menempati los bumbu dapur, los sayur dan los buah dan kios pakaian melakukan penataan perabot untuk berjualan pada area selasar baik dengan mengeluarkan seluruh atau sebagian barang pada ruang terbuka dengan tujuan agar barang yang di pajang dapat dengan mudah ditemukan oleh pembeli. Penataan perabot yang dilakukan oleh pedagang termasuk pola penataan *open display*. *Open display* yaitu barang dagang yang ditata pada tempat terbuka sehingga barang dapat didekati, disentuh, dilihat dengan teliti oleh calon pembeli tanpa bantuan dari penjualnya [12]. Pola penataan perabot berbentuk linier mengikuti panjang los yang dimiliki dengan perabot yang diletakan pada lantai selasar utama maupun dengan penambahan rak kayu pada dinding los yang dimiliki. Pemajangan barang/produk dapat dilakukan dengan berbagai bentuk baik dengan penambahan rak pajangan, ujung gondola (ujung dari deretan rak), penambahan rak etalase, penempatan stiker di pintu, penempatan petunjuk arah jenis-jenis barang, leaflet, serta pemasangan rak display khusus (*dumppin*) [13].

Penataan perabot pada area selasar utama bertujuan agar barang yang dijual dapat menarik pembeli, mudah dilihat, dijangkau, dan dicari. Kebutuhan untuk merasa nyaman dalam berbelanja adalah tersedianya kemudahan dalam

mencari barang, mendapatkan informasi produk, dan terjangkau oleh rata-rata orang normal. Dalam arti yang lebih luas pemajangan barang/produk yaitu usaha untuk mengalihkan perhatian konsumen pada toko atau barang yang dipajang sehingga menimbulkan minat membeli melalui daya tarik penglihatan langsung (*direct visual appeal*) [14].

Perabot yang digunakan pedagang adalah segala jenis komponen yang digunakan oleh pedagang untuk mengakomodir penempatan barang dagang sesuai dengan fungsi maupun spesifikasinya. Perabot merupakan komponen yang sangat penting guna menunjang kelancaran kegiatan pedagang. Perabot yang digunakan pedagang cenderung disesuaikan dengan jenis barang yang di jual.

Tabel 3. Perabot yang digunakan pedagang los bumbu dapur, los sayur dan los buah

Jenis Perabot	Ukuran (cm)			Penempatan		
	P	L	T	Los	Su	Sp
Rak kayu. A	280	40	200	√	-	-
Rak kayu. B	280	40	150	√	-	-
Karton	37	25	21	√	√	√
Rak kayu. C	250	40	50	√	-	-
Bangku kayu	250	40	50	-	-	√
Rak kayu. D	200	40	150	-	√	√
Karung/plastik	60	60	90	-	√	-
Keranjang plastik kecil	35	33	16	-	√	-
Rak telur	29	29	5	-	√	-
Baskom	40	40	23	-	√	-
Keranjang plastik besar	47.3	34.9	319	-	√	-
Ember plastik	26	26	37	-	√	-
Kursi plastik	42	42	44	-	√	-
Timbangan	21	18	21	-	√	-
Etalase. A	100	40	105	-	√	-
Etalase. B	200	40	105	√	-	-
Rak Kayu. E	150	40	150	√	-	-
Rak Kayu. F	150	40	100	√	-	-
Meja	120	70	70	√	-	-
Meja kayu. A	150	100	20	√	√	-
Box Plastik	90.5	64.5	47.5	-	√	-
Box Styrofoam	75	40	43	-	√	-
Rak Kayu. G	100	40	150	-	√	-
Rak Kayu. H	100	40	120	√	√	-
Meja kayu. B	100	80	70	-	√	-
Meja kayu. C	180	80	40	√	-	-
Meja kayu. D	80	80	40	-	√	-
Karung pengalas	161	163	-	-	√	-
Bak kayu	40	85	15	-	√	-
Terpal Pengalas	163	223	-	-	√	-

Dari observasi yang dilakukan didapat hasil berupa 20 jenis perabot yang digunakan oleh pedagang los bumbu dapur dan los sayur dan los buah sedangkan pada pedagang kios pakaian terdapat 10 jenis perabot yang digunakan yang tersebar disuluruh area penelitian. Identifikasi tidak sebatas mengetahui macam perabotnya saja, akan tetapi juga dengan memperhitungkan jumlah serta pengukuran dimensi dari perabot itu sendiri. Jenis perabot, ukuran dan penempatannya, yang digunakan oleh pedagang los bumbu dapur, los sayur dan los buah yang terletak di lantai 1 Pasar Wamanggu terdapat pada Tabel 3.

Sedangkan pada kios pakaian jenis perabot, ukuran dan penempatannya yang digunakan pedagang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perabot yang digunakan pedagang kios

Jenis Perabot	Ukuran (cm)			Penempatan	
	P	L	T	Kios	SU
Rak kaca	-	40	-	√	-
Manekin badan	96	96	70	√	√
Manekin patung	96	96	165	√	√
Gantungan gawang 1	100	40	150	√	√
Gantungan gawang 2	150	40	150	√	√
Gantungan tempel/dinding	40	-	-	√	√
Rak pakaian	170	100	150	√	-
Rak pakaian	170	100	150	√	-
Meja pakaian	185	80	70	√	-
Meja pakaian	100	65	70	√	-
Kursi plastik	42	42	44	√	√
Gantungan gawang double +ram 1	100	35	150	√	√
Gantungan gawang double +ram 2	150	35	150	√	√

Penempatan perabot pada area selasar baik yang dilakukan oleh pedagang pada lantai 1 maupun pada lantai 2 Pasar Wamanggu Merauke pada saat aktivitas berjualan pada pukul 04.00-06.00 dan 06.00-08.00 WIT, sedangkan pada pukul 17.00 WIT perabot yang digunakan akan dimasukkan atau ditempatkan pada los maupun kios yang dimiliki. Pada umumnya bentuk perabot yang digunakan pedagang yang berasal dari kota-kota di Asia Tenggara, sangat sederhana dan mudah untuk dipindahkan dari satu tempat ketempat yang lain yang dipengaruhi oleh jenis barang yang dijual [15].



Berdasarkan pola penataan perabot pada pembahasan di atas khususnya pada los bumbu dapur, los sayur dan los buah ditemukan bahwa pola penataan perabot dan sirkulasi cenderung memiliki pola Linier dan L sedangkan pada kios pakaian pola penataan perabot dipengaruhi oleh jumlah bukaan dengan pola penataan dan sirkulasi berbentuk U, L, Linier dan grid. Pola penataan perabot pada area selasar cenderung berbentuk Linier mengikuti panjang, bukaan kios dan los yang mengarah pada area sirkulasi pengunjung. Pola sebaran aktivitas pedagang secara linier lebih banyak dipengaruhi oleh aksesibilitas yang tinggi pada lokasi kegiatan [16].

Sedangkan pola sirkulasi yang digunakan yaitu: 1) Linear: sirkulasi yang terdiri atas satu atau dua arah, polanya sangat sederhana dan memiliki pencapaian yang mudah, 2) Grid: sirkulasi yang berkembang ke segala arah, tidak memiliki pusat ruang, tidak dapat dibentuk suatu pengakhiran, pola grid terdiri atas dua jalur sejajar yang berpotongan, 3) Spiral: sirkulasi tunggal menerus yang berasal dan titik pusat, mengelilingi pusatnya dengan jarak yang berubah, jalur tunggal yang dimiliki menerus berawal dari sebuah titik pusat [17]. Dalam melakukan kegiatan berdagang, kebutuhan ruang gerak yakni posisi berdiri dengan jangkauan ke samping dan kedepan 1 (satu) tangan 120 cm, sedangkan dengan posisi duduk jangkauan ke depan sebesar 95 cm pada saat memasukan dan mengeluarkan barang, posisi berdiri dengan kursi digeser kebelakang sebesar 91,4 cm [18] sedangkan untuk ruang sirkulasi dengan posisi 1 orang pembeli yang berdiri menyamping membutuhkan ruang sebesar 45,7 cm, posisi 2 orang pembeli yang berdiri menyamping atau 1 orang pembeli yang berjalan bebas dengan membawa barang pada salah satu tangannya membutuhkan ruang sebesar 86,4 cm-91,4 cm dan ruang sirkulasi pembeli untuk 1 orang yang berjalan bebas membutuhkan ruang gerak sebesar 61 cm [19].

Berdasarkan pola penataan perabot didapat ruang sirkulasi pedagang untuk melakukan aktivitas di dalam los bumbu dapur, los sayur dan los buah pada Gambar 10 didapat ruang sirkulasi pedagang sebesar 150 cm x 300 cm, Gambar 11 didapat ruang sirkulasi pedagang sebesar 150 cm

x 150 cm, Gambar 12 didapat ruang sirkulasi pedagang sebesar 150 cm x 250 cm, Gambar 13 ruang sirkulasi pedagang pada los sayur dan los buah memiliki ukuran 80 cm x 100 cm. Bila ditinjau dari standar kebutuhan ruang gerak maka ruang sirkulasi pedagang pada los bumbu dapur, los sayur dan los buah sudah memenuhi standar namun untuk sirkulasi dalam melakukan penataan barang dagang belum memadai. Sedangkan pada Gambar 14 ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan ukuran 400 cm x 400 cm berkisar antara 53-54 cm, kios dengan ukuran 300 cm x 400 cm memiliki ukuran ruang sirkulasi berkisar 35-40 cm, Gambar 15 ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan ukuran 400 cm x 400 cm didapat sebesar 30-40 cm, kios dengan ukuran 300 cm x 400 cm memiliki ukuran ruang sirkulasi berkisar 31-57 cm, Gambar 16 ruang sirkulasi pedagang dan pembeli pada kios dengan ukuran 200 cm x 400 cm sebesar 30-64 cm. Sedangkan lebar efektif minimum ruang sirkulasi pengunjung berdasarkan kebutuhan orang adalah 61 cm ditambah 15 cm untuk bergoyang tanpa membawa barang, sehingga kebutuhan total minimal untuk 2 (dua) orang pejalan kaki berpapasan menjadi 150 cm. Jika pembeli pada pasar membawa tas belanja di kiri atau kanan, diasumsikan satu tas belanja sebesar 20 cm maka untuk sirkulasi tiap pembeli menjadi 95 cm. Maka jika berpapasan kebutuhan lebar selasar penghubung menjadi 190-200 cm. Jarak sirkulasi yang memiliki jarak 200 cm di tambah dari setiap sisi 100 cm akan di dapatkan 200 cm space baru, yang dapat difungsikan untuk area untuk menata barang dagangan dan juga bisa menjadi space transisi untuk interaksi antara pembeli dengan penjual barang. Maka untuk lebar sirkulasi penghubung antar kios atau los sebesar 400 cm.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa perilaku pola perilaku cenderung kepada pengakraban antara penjual dan pembeli, seperti teguran, obrolan, dan berkumpul. Perilaku pemanfaatan ruang cenderung pada penggunaan selasar utama maupun selasar penghubung sebagai sarana berjualan dan pada pedagang pakaian menggunakan selasar dengan mengeluarkan



sebagian barang dagangnya pada area selasar, yang berpengaruh terhadap sirkulasi pengunjung pasar. Sedangkan los yang dimiliki digunakan sebagai gudang penyimpanan barang dagang namun pada kios pakaian pedagang masih memanfaatkan kios sebagai area berjualan. Perabot yang tepat pada los bumbu dapur dan los sayur dan los buah adalah jenis *Case Fixture* atau rak terbuka, adapun ukuran ruang berjualan los bumbu dapur 250 cm x 300 cm, perabot 250 cm x 150 cm x 100 cm dan pola sirkulasi berbentuk L dengan ukuran 100 cm dan 50 cm, sedangkan pada los sayur dan los buah, ukuran ruang berjualan 250 cm x 300 cm, perabot 250 cm x 150 cm dengan pola sirkulasi Linier dengan ukuran 100 cm, sedangkan untuk kios pakaian di pengaruhi oleh jumlah bukaan yakni: 1 bukaan dengan pola penataan U dan Grid, 2 bukaan dengan pola L dan Grid, dengan ruang ideal 350 cm x 400 cm, 3 bukaan dengan pola Linier dan Grid dan ruang ideal 350 cm x 400 cm. Berdasarkan pola penataan perabot pada kios sehingga di dapat ruang sirkulasi berkisar 45,7-61 cm dan Lebar efektif selasar sebagai arah orientasi kios maupun los maupun los adalah 400 cm.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Saharuddin, S.Sos, selaku Staff Pascasarjana Departemen Arsitektur, Universitas Hasanuddin atas arahannya selama ini dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] S. Siyoto and M. A. Sodik, *Dasar Metodologi Penelitian*, 1st ed. Karanganyar: Literasi Media, 2015.
- [2] Mamik, *Metodologi Kualitatif*, 1st ed. Sidoarjo: Zifatama Publisher, 2015.
- [3] T. McGee and Y. M. Yeung, *Hawkers In South East Asian Cities: Planning for The Bazaar Economy*. Ottawa, Canada: International Development Research Centre, 1977.
- [4] V. Mehta, *The Street A Quintessential Social Public Space*. New York Washington, D.C.: Routledge Taylor & Francis Group, 2013.
- [5] Al-Bara, "Analisis pengaruh perilaku pedagang terhadap inflasi," *Anal. Islam.*, vol. 5, no. 1, pp. 242–263, 2016.
- [6] E. T.Hall, *The Hidden Dimension*. United States: Anchor Books Editions, 1966.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia (SNI) 8152:2015 Pasar Rakyat*. 2015.
- [8] E. D. Hutchison, *Dimension Of Human Behavior Person And Environment*, 3rd ed. California: Sage Publications, 2008.
- [9] A. Rapoport, *Human Aspects of Urban Form: Towards a Man-Environment Approach to Urban Form and Design*. Germany: Pergamon Press, 1979.
- [10] A. N. Jamaludin, *Sosiologi Perkotaan*, 2nd ed. Bandung: CV Pustaka Setia, 2015.
- [11] D. Herbert, *Videoland: Movie Culture at the American Video Store*. California: University Of California Press, 2014.
- [12] M.Tohar, *Membuka Usaha kecil*. yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2000.
- [13] R. Mullin and J. Cummins, *Sales promotion : how to create, implement & integrate campaigns that really work*, 4th ed. London and Philadelphia: Kogan Page Limited, 2008.
- [14] R. D. Santy and M. I. I. Adhipratama, "Display Toko , Gaya Hidup dan Pembelian Impulsif (Penelitian Pada Konsumen Surf Inc Bandung)," *Majalah Ilmiah UNIKOM*, vol. 11, no. 1, pp. 87–102, 2013.
- [15] F. A. Sianturi, M. M. Rengkung, and R. S. M. Lakat, "Analisis Sebaran Sektor Informal di Kota Manado," *J. Spasial*, vol. 6, no. 1, pp. 159–168, 2019.
- [16] A. S. Budi, "Kajian Lokasi Pedagang Kaki Lima Berdasarkan Preferensi Pkl Serta Persepsi Masyarakat Sekitar Di Kota Pematang," Universitas Diponegoro, 2006.
- [17] P. M. Dunne and R. F. Lusch, *Retailing*, 6th ed. Natorp Boulevard Mason: Neil Marquardt, 2008.
- [18] Peraturan Menteri PUPR RI, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor: 14/PRT/M/2017 Tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung Dengan*. 2017, pp. 1–180.
- [19] J. Panero and M. Zenlik, *Human Dimension & Interior Space*. 1979.



Perencanaan *Disposal Semi Induced Flow* dan *Finger Flow* di PT Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan

Dzul Fajrin^{1*}, Aryanti Virtanti Anas¹, Rizki Amalia¹, Hasliana Alimuddin²

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

²Short Term Planning Section, PT. Vale Indonesia Tbk
Jl. D. Towuti No. 44, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan 92983

*Email: dzulfajrin91@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.11

Abstrak

PT Vale Indonesia Tbk memiliki jumlah produksi bijih nikel yang cukup besar, yakni rata-rata 75.000 ton per tahun dan menghasilkan jumlah lapisan tanah penutup sekitar empat kali lipat dari jumlah produksi bijih nikel sehingga membutuhkan perencanaan *disposal* yang baik. Perencanaan *disposal* meliputi desain *disposal*, alokasi jumlah alat dorong, umur *disposal*, serta biaya *disposal*. Lokasi penelitian terletak di Watulabu 16C DP dan Watulabu 19 DP di *West Block Area* serta *Nickel Hill 15 DP* dan *Nayoko 01 DP* di *East Block Area*. Watulabu 16C DP dan *Nickel Hill 15 DP* merupakan *disposal semi induced*, sedangkan Watulabu 19 DP dan *Nayoko 01 DP* merupakan *disposal finger flow*. Setiap *disposal* memiliki alokasi alat dorong sebanyak dua unit. Alat dorong yang digunakan adalah *dozer D8R Caterpillar*. Perencanaan *disposal* dibuat menggunakan perangkat lunak *Maptek Vulcan* dan *Microsoft Excel*. Berdasarkan hasil penelitian, desain *disposal* Watulabu 16C DP memiliki luas permukaan 72.229,40 m² dengan volume 125.959,92 m³, *Nickel Hill 15 DP* memiliki luas permukaan 92.375,68 m² dengan volume 128.344,04 m³, Watulabu 19 DP memiliki luas permukaan 129.061,97 m² dengan volume 775.396,21 m³, dan *Nayoko 01 DP* memiliki luas permukaan 227.318,16 m² dengan volume 1.270.176,94 m³. Umur *disposal* Watulabu 16C DP adalah 1,5 minggu (11 hari), *Nickel Hill 15 DP* adalah 1,4 minggu (10 hari), Watulabu 19 DP adalah 7,5 minggu (53 hari), dan *Nayoko 01 DP* adalah 11,2 minggu (79 hari). Biaya *disposal* Watulabu 16C DP sebesar \$51,841.49, *Nickel Hill 15 DP* sebesar \$138,061.15, Watulabu 19 DP sebesar \$370,924.26, dan *Nayoko 01 DP* sebesar \$957,625.14.

Abstract

Disposal Planning of Semi Induced Flow and Finger Flow in PT Vale Indonesia Tbk, East Luwu Regency, South Sulawesi Province. PT Vale Indonesia Tbk produces sizable nickel ore, which is an average of 75,000 tons per year and the overburden is around four times the amount of nickel ore production, thus requiring good disposal planning. Disposal planning includes disposal design, allocation of the number of dozers, disposal life length, and disposal costs. The research locations are Watulabu 16C DP and Watulabu 19 DP in West Block Area and Nickel Hill 15 DP and Nayoko 01 DP in East Block Area. Watulabu 16C DP and Nickel Hill 15 DP are semi-induced disposal, while Watulabu 19 DP and Nayoko 01 DP are disposal finger flow. Each disposal has two units dozer. The dozers used are dozer D8R Caterpillar. Disposal planning was made using Maptek Vulcan and Microsoft Excel software. Based on the results of the research, the disposal design of Watulabu 16C DP has a surface area of 72,229.40 m² and a volume of 125,959.92 m³, Nickel Hill 15 DP has a surface area of 92,375.68 m² and a volume of 128,344.04 m³, Watulabu 19 DP has a surface area of 129,061.97 m² and volume of 775,396.21 m³, and Nayoko 01 DP has a surface area of 227,318.16 m² and volume of 1,270,176.94 m³. The disposal life length of Watulabu 16C DP is 1.5 weeks (11 days), Nickel Hill 15 DP is 1.4 weeks (10 days), Watulabu 19 DP is 7.5 weeks (53 days), and Nayoko 01 DP is 11.2 weeks (79 days). The disposal cost of Watulabu 16C DP is \$51,841.49, Nickel Hill 15 DP is \$138,061.15, Watulabu 19 DP is \$370,924.26, and Nayoko 01 DP is \$957,625.14.

Kata Kunci: *Disposal, dozer D8R, finger flow, semi induced flow, overburden*

1. Pendahuluan

Sorong merupakan kota yang telah direncanakan sebagai pusat perekonomian yang akan melayani kawasan timur Indonesia. Hal ini membuat Sorong direncanakan sebagai

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) berdasarkan Rencana Tata Ruang PT Vale Indonesia Tbk merupakan salah satu perusahaan pertambangan terbesar yang berlokasi di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi



Selatan. Produksi bijih nikel PT Vale Indonesia Tbk pada tahun 2018 sebesar 74.806 ton dalam bentuk *nickel matte* dengan jumlah lapisan tanah penutup sekitar empat kali lipat produksi bijih [1]. Operasi penambangan nikel PT Vale Indonesia menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode penambangan *open cast mining* yang berlangsung dalam beberapa tahapan penambangan. Pengambilan bijih dapat dilakukan setelah pengupasan *top soil* dan *overburden*. *Top soil* disimpan di *top soil stockpile* untuk keperluan revegetasi karena masih mengandung unsur hara yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman yang nantinya akan digunakan untuk keperluan revegetasi, sedangkan *overburden* dibuang di *disposal* [2].

Disposal adalah daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah dan/atau material bukan bijih [3]. PT Vale Indonesia saat ini menggunakan dua jenis *disposal* berdasarkan ketinggian lereng, yaitu *disposal semi induced flow* dan *finger flow*. *Disposal semi induced flow* merupakan *disposal* yang memanfaatkan ketinggian lereng tempat penimbunan (*dumping point*) 15 – 30 meter untuk mengalirkan material ke kaki *disposal*, sedangkan *disposal finger flow* merupakan *disposal* memanfaatkan beda ketinggian <15 m dengan sudut kemiringan final 26 – 30 derajat *disposal* [4].

Perencanaan *disposal* meliputi desain, umur, dan biaya *disposal*. Desain *disposal* akan menentukan volume dan tonase material yang akan mengisi *disposal* serta dapat dijadikan acuan untuk menentukan umur *disposal* yang mempertimbangkan produktivitas dari *dozer*. Biaya *disposal* ditentukan dari jumlah *civil material* dan *equipment unit cost* dari *dozer D8R* [4].

Alat dorong yang digunakan adalah *Dozer D8R Caterpillar* [5]. Tipe *disposal* akan berpengaruh terhadap produktivitas *dozer* yang mendorong dan meratakan material yang ada. Dalam perencanaan *disposal*, perlu diketahui aspek teknis suatu *disposal* antara lain kemampuan produksi alat dorong untuk menentukan jumlah alat dorong yang diperlukan di setiap *disposal*.

PT Vale Indonesia Tbk memiliki beberapa area penambangan, namun dua area yang terbesar adalah *West Block Area* dan *East Block Area*. Setiap area penambangan memiliki tempat penimbunan tanah penutup dengan

menggunakan dua jenis *disposal* di atas. *Disposal* yang digunakan sebagai lokasi pengambilan data produktivitas *dozer* adalah Watulabu 16C DP untuk *disposal semi induced flow* dan Watulabu 19 DP untuk *disposal finger flow* di *West Block Area* serta *Nickel Hill* 15 DP untuk *disposal semi induced flow* dan Nayoko 01 DP untuk *disposal finger flow* di *East Block Area*.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai perencanaan *disposal* yang meliputi desain *disposal*, alokasi jumlah *dozer* dan umur *disposal* mempertimbangkan produktivitas *dozer D8R*, dan estimasi biaya *disposal*.

2. Metode Penelitian

Perencanaan *disposal* secara garis besar terdiri dari dua bagian, yaitu sisi teknis dan ekonomis. Sisi teknis dalam perencanaan *disposal* meliputi rancangan/desain, alokasi alat dorong *dozer*, dan umur dari suatu *disposal*. Sisi ekonomis berupa biaya suatu *disposal* yang meliputi biaya operasi alat dan biaya penggunaan material perkuatan *disposal*, yakni material sipil. Penelitian ini membahas mengenai perencanaan *disposal semi induced flow* dan *finger flow* pada *West Block Area* dan *East Block Area* PT Vale Indonesia.

2.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama empat minggu di PT Vale Indonesia. Secara umum data yang diambil merupakan data primer dan data sekunder yang berhubungan dengan perencanaan *disposal*. Data yang diambil terdiri dari:

- 1) Data produktivitas *dozer D8R*
Data produktivitas *dozer D8R* merupakan data aktual dari kemampuan suatu *dozer* dalam melakukan kegiatan produksi pada kedua jenis *disposal* di masing-masing area [5].
 - *Disposal semi induced flow* di *West Block Area* 500,30 ton/jam.
 - *Disposal finger flow* di *West Block Area* 605,60 ton/jam
 - *Disposal semi induced flow* di *East Block Area* 546,62 ton/jam.
 - *Disposal finger flow* di *East Block Area* 662,80 ton/jam.



- 2) Densitas
Densitas material *disposal* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1,72 ton/m³.
- 3) Data topografi
Data topografi digunakan sebagai panduan saat mendesain *disposal*.
- 4) Target produksi mingguan
Target produksi mingguan *disposal* merupakan rencana jumlah ton material yang akan ditimbun pada lokasi penelitian tiap minggu.
 - Watulabu 16C DP 80.000 ton
 - Watulabu 19 DP 90.000 ton
 - Nickel Hill 15 DP 100.000 ton
 - Nayoko 01 DP 120.000 ton
- 5) Biaya operasi *dozer D8R*
Biaya operasi *Dozer D8R* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan (operasi) alat mekanis *Dozer D8R*.
 - Biaya bahan bakar \$15.63/jam
 - Biaya reparasi \$35.36/jam
 - Gaji operator \$13.04/jam
- 6) Data penggunaan material sipil
Material sipil digunakan sebagai bahan perkuatan agar landasan *dumping disposal* tidak longsor.
 - Watulabu 16C DP 6%
 - Watulabu 19 DP 10%
 - Nickel Hill 15 DP 20%
 - Nayoko 01 DP 11%
- 7) Biaya penggunaan material sipil
Biaya penggunaan material sipil di *West Block Area* sebesar \$1,71/ton dan di *East Block Area* sebesar \$2.52/ton.

2.2. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang dengan menggunakan *software Maptek Vulcan 7.5* untuk mendesain *disposal* dan menghitung volume dan tonase *disposal*. Selain itu, untuk menentukan alokasi *dozer*, umur, dan biaya *disposal* dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*. Tahapan dalam penelitian ini adalah [3]:

- 1) Mendesain *disposal*
Disposal dibuat menggunakan *Maptek Vulcan 7.5* dengan menambahkan data topografi yang berupa *file. arch_d*. Hasil desain juga digunakan untuk menentukan volume dan tonase *disposal* dengan menambahkan data densitas material *disposal*.
- 2) Penentuan alokasi *dozer D8R*
Alokasi *dozer* merupakan penentuan jumlah *dozer* yang akan bekerja pada setiap *disposal*. Kemampuan produksi *dozer D8R* menjadi parameter utama pada tahap ini.
- 3) Penentuan umur pada setiap *disposal*
Umur dari suatu *disposal* ditentukan dari jumlah tonase yang dapat ditampung oleh *disposal* tersebut dan kemampuan produksi *dozer*.
- 4) Perhitungan penggunaan material sipil
Jumlah penggunaan material sipil dihitung berdasarkan persentase tingkat kebutuhan material sipil dan jumlah tonase di setiap *disposal*.
- 5) Perhitungan biaya penggunaan material sipil
Biaya penggunaan material sipil dihitung berdasarkan jumlah penggunaan material sipil dalam satuan ton dan biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap ton material sipil yang digunakan.
- 6) Perhitungan biaya operasi *dozer D8R*
Biaya operasi *dozer D8R* terdiri dari biaya bahan bakar, biaya reparasi, dan gaji operator *dozer*.
- 7) Perhitungan biaya *disposal*
Besarnya biaya setiap *disposal* merupakan jumlah dari biaya penggunaan material sipil dan biaya operasi *dozer D8R* pada masing-masing *disposal*.

3. Hasil Penelitian

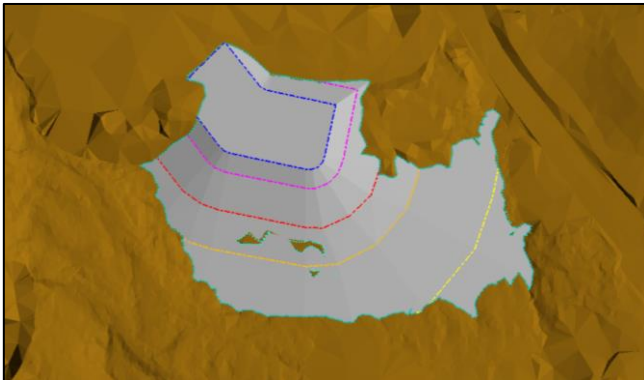
3.1. Desain *Disposal Semi Induced Flow* dan *Finger Flow*

Desain *disposal* pada perencanaan *disposal* dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai bentuk dari *disposal* yang akan dibuat. Selain itu, desain *disposal* juga digunakan untuk menentukan volume dan tonase tiap *disposal*. Desain *disposal semi induced flow* menggunakan dimensi lereng sebagai berikut [3]:

- Tinggi *level* pertama 10 meter dengan sudut 30°
- Tinggi *level* kedua 7,5 meter dengan sudut 25°
- Tinggi *level* ketiga 5 meter dengan sudut 20°
- Tinggi *level* keempat 5 meter dengan sudut

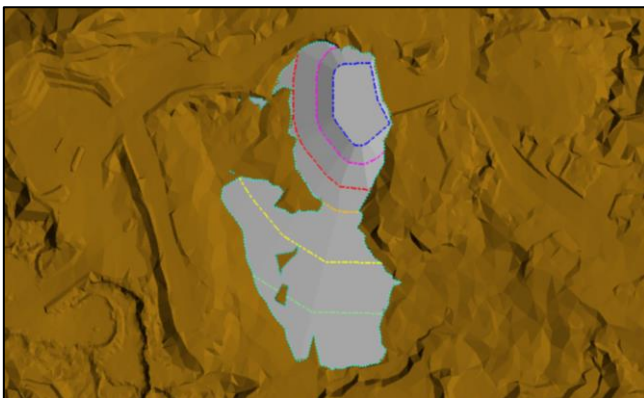


- 15°
 - Tinggi *level* kelima 5 meter dengan sudut 10°
 - Tinggi *level* keenam dan seterusnya 5 meter dengan sudut 5°
- Desain *disposal semi induced flow* ditunjukkan pada Gambar 1-2.



Gambar 1. Desain *disposal* Watulabu 16C DP

Desain *disposal* Watulabu 16C DP memiliki empat *single bench* dengan tinggi *single bench* dari yang paling atas sampai paling bawah secara berurutan adalah 10 meter, 7,5 meter, 5 meter, dan 5 meter. *Disposal* ini memiliki lebar *plan crest* 92 meter dan panjang 58 meter. Volume dan tonase *disposal* ini adalah 125.959,92 m³ dan 216.651,06 ton.



Gambar 2. Desain *disposal* Nickel Hill 15 DP

Desain *disposal* Nickel Hill 15 DP memiliki enam *single bench* dengan tinggi *single bench* dari yang paling atas sampai paling bawah secara berurutan adalah 10 meter, 7,5 meter, 5 meter, 5 meter, 5 meter, dan 5 meter. *Plan crest* pada *disposal* ini memiliki lebar 92 meter dan panjang 58 meter. Volume dan tonase *disposal* ini adalah 128.344,04 m³ dan 220.751,74 ton.

Desain *disposal finger flow* menggunakan dimensi lereng sebagai berikut:

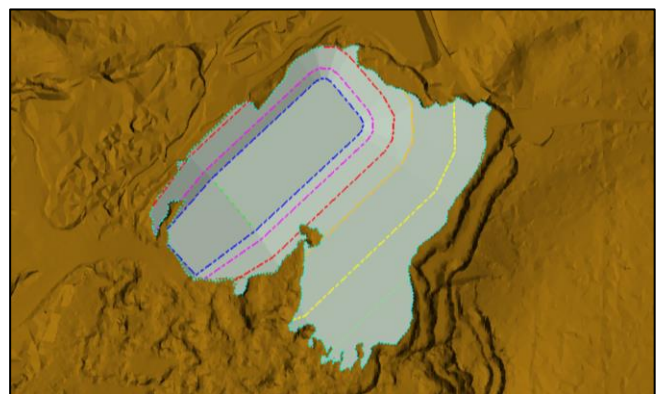
- Tinggi *level* pertama 5 meter dengan sudut 20°
- Tinggi *level* kedua 7,5 meter dengan sudut 15°
- Tinggi *level* ketiga 10 meter dengan sudut 10°
- Tinggi *level* keempat dan seterusnya 10 meter dengan sudut 5°

Desain *disposal finger flow* ditunjukkan pada Gambar 3-4.



Gambar 3. Desain *disposal* Watulabu 19 DP

Desain *disposal* Watulabu 19 DP memiliki tiga *single bench* dengan tinggi *single bench* dari yang paling atas sampai paling bawah secara berurutan adalah 5 meter, 7,5 meter, dan 10 meter. Lebar *plan crest* sebesar 72 meter dan panjang 280 meter. Volume dan tonase *disposal* ini adalah 775.396,21 m³ dan 1.333.681,49 ton.



Gambar 4. Desain *disposal* Nayoko 01 DP

Desain *disposal* Nayoko 01 DP memiliki enam *single bench* dengan tinggi *single bench* dari yang paling atas sampai paling bawah secara berurutan adalah 5 meter, 7,5 meter, 5 meter, 5 meter, 5 meter, dan 5 meter. *Disposal* ini memiliki panjang *plan crest* 216 meter dan lebar 92 meter. Volume dan tonase dari desain *disposal finger flow* ini adalah 1.270.176,94 m³ dan 2.184.704,34 ton.

3.2. Penentuan Alokasi Alat Dorong Dozer D8R dan Umur Disposal

Proses produksi pada *disposal semi induced flow* dan *finger flow* menggunakan alat dorong dozer D8R Caterpillar untuk meratakan dan membentuk *disposal*. Jumlah alat dorong yang bekerja pada tiap *disposal* menentukan lama penggunaan (umur) dari *disposal* tersebut. Penentuan alokasi alat dorong dan umur *disposal* dilakukan dengan membuat skenario produksi alat dorong dan membandingkannya

dengan target produksi pada tiap *disposal* [3].

- Watulabu 16C DP

Disposal Watulabu 16C DP merupakan *disposal semi induced flow* yang berada pada *West Block Area*. Kemampuan produksi dozer D8R pada jenis *disposal* dan area ini adalah 500,30 ton/jam, sedangkan target produksi untuk *disposal* ini sebesar 80.000 ton/minggu. Skenario produksi alat dorong pada *disposal* ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Produksi Dozer D8R pada disposal Watulabu 16C DP

Jumlah Dozer (unit)	Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas per Hari (21 jam)	Produktivitas per Minggu (7 hari)	Tonase Disposal (ton)	Umur Disposal (minggu)
1	500,30	10.506,30	73.544,10	216.651,06	2,90
2	1000,60	21.012,60	147.088,20	216.651,06	1,50

- Watulabu 19 DP

Disposal Watulabu 19 DP merupakan *disposal finger flow* yang berada pada *West Block Area*. Kemampuan produksi dozer D8R pada *disposal finger flow* untuk area ini adalah

605,60 ton/jam. Target produksi yang ditetapkan untuk *disposal* ini sebesar 90.000 ton/minggu. Skenario produksi alat dorong pada *disposal* ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario produksi Dozer D8R pada disposal Watulabu 19 DP

Jumlah Dozer (unit)	Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas per Hari (21 jam)	Produktivitas per Minggu (7 hari)	Tonase Disposal (ton)	Umur Disposal (minggu)
1	605,60	12.717,60	89.023,20	1.333.681,49	15,00
2	1.211,20	25.435,20	178.046,40	1.333.681,49	7,50

- Nickel Hill 15 DP

Disposal Nickel Hill 15 DP yang berada pada *East Block Area* merupakan *disposal semi induced flow* dengan tingkat produksi dozer D8R sebesar 546,62 ton/jam. Jumlah target

produksi untuk *disposal* ini sebesar 100.000 ton/minggu.

Skenario produksi alat dorong pada *disposal* ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skenario produksi Dozer D8R pada disposal Nickel Hill 15 DP

Jumlah Dozer (unit)	Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas per Hari (21 jam)	Produktivitas per Minggu (7 hari)	Tonase Disposal (ton)	Umur Disposal (minggu)
1	546,62	11.479,02	80.353,14	220.751,74	2,70
2	1.093,24	22.958,04	160.706,28	220.751,74	1,40

- Nayoko 01 DP

Disposal Nayoko 01 DP merupakan *disposal finger flow* yang berada pada *East Block Area*. Kemampuan produksi dozer D8R sebesar 662,80 ton/jam dan jumlah target

produksi untuk *disposal* ini sebesar 120.000 ton/minggu. Skenario produksi alat dorong pada *disposal* ini ditunjukkan pada Tabel 4.



Tabel 4. Skenario produksi Dozer D8R pada disposal Nayoko 01 DP

Jumlah Dozer (unit)	Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas per Hari (21 jam)	Produktivitas per Minggu (7 hari)	Tonase Disposal (ton)	Umur Disposal (minggu)
1	662,80	13.918,80	97.431,60	2.184.704,34	22,40
2	1.325,60	27.837,60	194.863,20	2.184.704,34	11,20

Berdasarkan hasil skenario produksi dozer D8R pada masing-masing disposal diketahui bahwa satu unit dozer D8R tidak mampu mencapai target produksi mingguan masing-masing disposal sehingga dilakukan penambahan satu unit dozer D8R di setiap disposal.

3.3. Perhitungan Penggunaan Material Sipil tiap Disposal

Material sipil digunakan sebagai material perkuatan pada disposal. Setiap disposal memiliki tingkat kebutuhan material sipil yang berbeda. Jumlah kebutuhan/penggunaan material sipil untuk keempat disposal ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat kebutuhan material sipil tiap disposal

Disposal	Persentase Overburden	Persentase Civil Material	Jumlah Tonase (ton)	Tonase Overburden (ton)	Tonase Civil Material (ton)
Watulabu 16C DP	94%	6%	216.651,06	203.652,00	12.999,06
Watulabu 19 DP	90%	10%	1.333.681,49	1.200.313,34	133.368,15
Nickel Hill 15 DP	80%	20%	220.751,74	176.601,39	44.150,35
Nayoko 01 DP	89%	11%	2.184.704,34	1.944.386,86	240.317,48

3.4. Analisis Biaya Disposal

Perencanaan disposal juga memiliki sisi ekonomi, yakni biaya disposal tersebut.

Parameter ekonomi yang digunakan meliputi biaya operasi dozer D8R (Tabel 6) dan biaya penggunaan material sipil (Tabel 7 - 8).

Tabel 6. Biaya operasi Dozer D8R

Disposal	Biaya Operasi per Hari	Jumlah Dozer (unit)	Total Biaya Operasi per Hari	Umur Disposal (hari)	Total Biaya Operasi
Watulabu 16C DP	\$1,344.52	2	\$2,689.03	11	\$29,579.37
Watulabu 19 DP	\$1,344.52	2	\$2,689.03	53	\$142,518.80
Nickel Hill 15 DP	\$1,344.52	2	\$2,689.03	10	\$26,890.34
Nayoko 01 DP	\$1,344.52	2	\$2,689.03	79	\$212,433.69

Tabel 7. Biaya penggunaan material sipil pada disposal di West Block area

Disposal	Tonase Material Sipil (ton)	Biaya Material Sipil
Watulabu 16C DP	12.999,06	\$22,262.12
Watulabu 19 DP	133.368,15	\$228,405.46

Tabel 8. Biaya penggunaan material sipil pada disposal di East Block area

Disposal	Tonase Material Sipil (ton)	Biaya Material Sipil
Nickel Hill 15 DP	44.150,35	\$111,170.81
Nayoko 01 DP	240.317,48	\$605,120.70

Khusus disposal Nayoko 01 DP terdapat material quarry sebesar 34% dari jumlah material pada disposal tersebut atau sekitar 81.707,94 ton sehingga dikenakan pajak sebesar \$1.71/ton. Jumlah total biaya penggunaan material sipil pada disposal Nayoko 01 DP sebagai berikut:

Total biaya Material sipil = Biaya material sipil + (material Quarry x \$1.71/ton)
 = \$605,120.70 + (81.707,94 ton x \$1.71/ton)
 = \$605,120.70 + \$140,070.76
 = \$745,191.46



Total biaya *disposal* dihitung berdasarkan jumlah dari biaya operasi *dozer D8R* dan biaya penggunaan material sipil pada masing-masing *disposal*.

- Watulabu 16C DP

Total biaya

$$\begin{aligned} \text{Disposal} &= \text{Biaya operasi Dozer D8R} + \\ &\quad \text{Biaya material sipil} \\ &= \$29,579.37 + \$22,262.12 \\ &= \$51,841.49 \end{aligned}$$

- Watulabu 19 DP

Total biaya

$$\begin{aligned} \text{Disposal} &= \text{Biaya operasi Dozer D8R} + \\ &\quad \text{Biaya material sipil} \\ &= \$142,518.80 + \$228,405.46 \\ &= \$370,924.26 \end{aligned}$$

- Nickel Hill 15 DP

Total biaya

$$\begin{aligned} \text{Disposal} &= \text{Biaya operasi Dozer D8R} + \\ &\quad \text{Biaya material sipil} \\ &= \$26,890.34 + \$111,170.81 \\ &= \$138,061.15 \end{aligned}$$

- Nayoko 01 DP

Total biaya

$$\begin{aligned} \text{Disposal} &= \text{Biaya operasi Dozer D8R} + \\ &\quad \text{Biaya material sipil} \\ &= \$212,433.69 + \$745,191.46 \\ &= \$957,625.14 \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- Desain *disposal semi induced flow* Watulabu 16C DP memiliki volume 125.959,92 m³, sedangkan *Nickel Hill 15 DP* memiliki volume 128.344,04 m³. Desain *disposal finger flow* Watulabu 19 DP memiliki volume 775.396,21 m³, sedangkan *Nayoko 01 DP* memiliki dan volume 1.270.176,94 m³.

- Alokasi jumlah alat dorong *dozer D8R* pada *disposal semi induced flow* dan *finger flow* yaitu masing-masing *disposal* memiliki dua unit *dozer D8R*.

- Lama penggunaan (umur) *disposal semi induced flow* Watulabu 16C DP adalah 1,5 minggu atau sekitar 11 hari dan *Nickel Hill 15 DP* adalah 1,4 minggu atau sekitar 10 hari, sedangkan umur *disposal finger flow* Watulabu 19 DP adalah 7,5 minggu atau sekitar 53 hari dan *Nayoko 01 DP* adalah 11,2 minggu atau sekitar 79 hari.

- Biaya *disposal semi induced flow* Watulabu 16C DP sebesar \$51,841.49 dan *Nickel Hill 15 DP* sebesar \$138,061.15, sedangkan biaya *disposal finger flow* Watulabu 19 DP sebesar \$370,924.26 dan *Nayoko 01 DP* sebesar \$957,625.14.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Vale Indonesia Tbk, dan semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian ini.

Referensi

- PT Vale Indonesia Tbk. 2018. *Laporan Tahunan 2018 "Dedicating Through Ages, Optimizing Opportunities"*. Jakarta.
- Hustrulid, W.A., Kuchta, M., Martin, R.K. 2013. *Open Pit Mine Planning and Design*. CRC Press. Florida. P.1308.
- Lebre, E. 2017. Sustainable Practices in The Management of Mining Waste: A Focus on The Mineral Resource. *Minerals Engineering*, Vol. 107, pp. 34-42.
- Short Term Planning Section. 2016. *Disposal STP Section, Mine Engineering*. PT Vale Indonesia: Soroako.
- Caterpillar. 2004. *Caterpillar Performance Handbook*. Illinois: Caterpillar Inc.



Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku serta Komponen Mbox di PT. X

Alif Nurul Hidayah^{1*}

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung
Villa Puncak Tidar N-01, Malang,

*Email: alifnurul1997@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.12

Abstrak

Perkembangan dunia perindustrian kini semakin pesat pasalnya perusahaan saling berkompetisi untuk unggul dibidangnya. Perusahaan dapat bertahan di tengah persaingan apabila perusahaan mampu melakukan peningkatan efisiensi. Salah satu caranya adalah dengan mengendalikan persediaan. Penelitian ini dilakukan untuk membuat perencanaan dan pengendalian kebutuhan optimal komponen serta bahan baku pada PT X dengan menerapkan metode Algoritma Wagner Within untuk tercapainya target produksi pembuatan Mbox. Jenis bahan baku serta komponen dalam membentuk satu unit produk Mbox terdiri dari 18 jenis komponen serta 6 jenis bahan baku. Pengolahan data akan dilakukan dengan melakukan penetapan permintaan Mbox setiap periode. Setelah itu dilakukan perhitungan biaya pengendalian persediaan melalui 3 langkah metode Algoritma Wagner Within. Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran lot pemesanan yang menghasilkan ongkos total persediaan sebesar Rp. 54.109.030 dengan produksi komponen setiap periode harus terpenuhi dan pemesanan bahan baku dilakukan pada awal periode untuk memenuhi kebutuhan produksi seluruh periode. Kecuali pemesanan plat baja 1,5 mm yang dipesan 6 kali. Adanya perbedaan tersebut dikarenakan adanya hasil perhitungan dari metode Algoritma Wagner Within yang mengharuskan pemesanan dilakukan pada periode-periode tertentu.

Abstract

Planning and Controlling Raw Material Inventory and Mbox Components at PT. X. The development of the industrial now increasingly rapid because the companies compete each other to be excellent in their fields. Companies can survive in the midst of competition if the company is able to increase efficiency. One of the way is to control inventory. This research was conducted to make the planning and control of the optimal needs of raw material and component at PT. X by applying the Wagner Within Algorithm method to achieve the Mbox production target. Types of raw materials and component in forming one Mbox product unit consist 18 types of component and 6 types of raw materials. Data processing will be done by setting the Mbox request every period. After that, inventory control costs are calculated using the 3 step Wagner Within Algorithm method. From the calculation results obtained by order lot size which results in a total inventory cost of Rp. 54.109.030. with component production every period must be fulfilled and raw material ordering is done at the beginning of the period to meet the production needs to entire period. Except for 1,5 mm steel plate order, which are ordered 6 times. The difference is due the calculation results from the Wagner Within Algorithm method which requires bookings made at certain periods.

Kata Kunci: Algoritma Wagner Within, persediaan bahan baku, lot sizing

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia perindustrian kini semakin pesat pasalnya perusahaan saling berkompetisi untuk unggul dibidangnya. Hanya perusahaan yang mampu menekan biaya produksi seminimal mungkin dengan tanpa mengurangi kualitas produk yang dapat bertahan ditengah persaingan yang semakin ketat. Salah satunya adalah dengan cara meningkatkan efisiensi dengan jalan mengendalikan persediaan. Perusahaan yang dihadapkan dengan permasalahan kebijakan *inventory* saat ini salah

satunya dialami oleh PT X. PT X merupakan satu-satunya perusahaan yang dimiliki dalam negeri, maka dari itu guna memenuhi penyediaan alat dan peralatan keamanan serta pertahanan dalam operasionalnya perencanaan dan pengendalian dalam proses produksi harus diperhatikan dengan baik.

Selain memproduksi amunisi sebagai produk utama juga memproduksi produk pendukung seperti bahan peledak, rel kereta api, perkakas serta kotak amunisi. Ada tiga jenis kotak yang digunakan sebagai kemasan amunisi yaitu kotak 260 yang terbuat dari bahan plastik, kotak yang



terbuat dari kayu serta kotak *Mbox* yang terbuat dari plat baja.

Berdasarkan hasil observasi pada perusahaan diketahui proses produksi kotak yang terbuat dari bahan plastik tidak mengalami masalah karena bahan dasar plastik merupakan hasil pembelian sehingga hanya membutuhkan pemasangan pengunci kotak, begitupun dengan kotak kayu sebagai kemasan amunisi berukuran besar dan produksi kotak kayu terbatas karena permintaan juga sedikit, namun terdapat masalah pada kotak amunisi yang terbuat dari plat baja dengan target produksi yang tidak dapat tercapai selama 3 tahun terakhir yaitu pada tahun 2016 target produksi 12.000 unit hanya tercapai 11.376 unit, tahun 2017 target produksi 20.000 unit target tercapai 19.560 unit serta pada tahun 2018 target produksi sebanyak 15.000 unit hanya mencapai 13.896 unit. Hal ini mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian dengan menanggung biaya denda kepada konsumen.

Penelitian yang bertujuan untuk merencanakan dan mengendalikan kebutuhan dari produk pendukung PT X yakni *Mbox* dengan jumlah komponen serta bahan baku yang dibutuhkan dalam proses pembuatan yang harus tersedia agar dapat menghasilkan bahan material secara optimal bagi PT X terutama produk pendukung *Mbox*.

Menurut Ampuh [1] mengemukakan definisi persediaan sebagai sejumlah barang yang disimpan guna menunjang kelancaran kegiatan produksi dan distribusi yang berwujud barang yang disimpan dalam keadaan menunggu atau belum selesai dikerjakan. Pada umumnya persediaan memiliki tujuan untuk menghilangkan berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan kekurangan stok, permintaan yang tidak terduga, terjadinya kenaikan harga dan kemungkinan lain yang sifatnya dapat menghambat laju produksi. Sedangkan ditinjau dari tujuannya menurut pendapat dari Assauri [2] tujuan dari pengendalian persediaan dapat diartikan sebagai bentuk usaha menjaga jangan sampai perusahaan kehabisan persediaan yang menyebabkan proses produksi terhenti, menjaga agar penentuan persediaan perusahaan tidak terlalu besar sehingga biaya yang berkaitan dengan persediaan dapat ditekan dan

menghindari pembelian bahan baku secara kecil-kecilan.

Perencanaan dan pengendalian persediaan bertujuan untuk mendapatkan tingkat pelayanan dengan biaya yang minimum dengan hasil yang optimal. Menurut Tampubolon [3] terdapat biaya-biaya yang timbul dari adanya persediaan yang dapat diklasifikasikan menjadi empat golongan, yaitu biaya pemesanan (*Ordering cost*), biaya penyimpanan (*Carrying cost*), biaya pengadaan persediaan (*Stock holding cost*), dan biaya kehabisan persediaan (*Stockout cost*).

2. Metode Penelitian

Algoritma Wagner Within (AWW) dikembangkan oleh Wagner dan Within tahun 1958 dimana algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan persoalan ukuran pemesanan deterministik pada suatu kurun waktu tertentu dimana kebutuhan seluruh periode harus terpenuhi. Selain itu tujuan dari penggunaan teknik ini adalah untuk mendapatkan total biaya yang paling minimum karena menggunakan program dinamis dan pendekatan matematisnya yang sangat detail serta strategi pemesanan yang optimal untuk seluruh jadwal kebutuhan bersih dengan jalan meminimalisi total ongkos pengadaan dan ongkos simpan. Langkah-langkah AWW [4] yaitu pertama dengan menghitung matrik biaya total (biaya pesan dan biaya simpan) terlebih dahulu, selanjutnya didefinisikan sebagai Z_{ce} dengan rumusan sebagai berikut:

$$Z_{ce} = C + hP$$

$$\sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \quad (1)$$

untuk $1 \leq c \leq e \leq N$.

Dimana:

- C : Biaya pesan (Rp/pesan)
- h : Biaya simpan per unit per periode (Rp/unit/periode)
- P : Biaya pembelian unit
- Q_{ce} : $\sum_{k=c}^e R_k$
- R_k : tingkat permintaan dalam periode

Selanjutnya menentukan nilai f_n yaitu nilai biaya total dan pemesanan optimal yang dihitung dengan menggunakan formula berikut:



$$f_n = \text{Min}[Z_{ce} + f_{e-1}] \tag{2}$$

Untuk $c = 1, 2, \dots, e$

Langkah terakhir yaitu menghitung solusi optimal fT dapat diperoleh dari perhitungan rekursif mundur sebagai berikut:

$$f_n = Z_{wn} + f_{w-1} \tag{3}$$

Pemesanan terakhir dilakukan pada periode e untuk memenuhi permintaan dari periode e sampai periode N .

$$f_{w-1} = Z_{vw-1} + f_{v-1} \tag{4}$$

Pemesanan sebelum pemesanan terakhir harus dilakukan pada periode v untuk memenuhi permintaan dari periode v sampai periode $w-1$.

$$f_{w-1} = Z_{1w-1} + f_0 \tag{5}$$

Pemesanan yang pertama harus dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi permintaan dari periode 1 sampai $u-1$.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan teknik *lotting Wagner Within Algorithm*. Dengan *Master Product Scheduling (MPS)* yang di tampilkan pada Tabel 1 dan 2 serta biaya simpan dan biaya pesan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 1. Data MPS kebutuhan produksi komponen *Mbox*

Nama Item/bulan	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
<i>Mbox</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
<i>Mbox</i> marking	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Assembling <i>Mbox</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Silk tutup	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pengecatan tutup	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pengecatan badan	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Tutup lengkap	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Badan lengkap	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Lapisan tutup	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Plat pengunci	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Tutup <i>Mbox</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Rumah penjinjing	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pegangan penjinjing	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Engsel tutup	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Dinding badan	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Plat dasar	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Engsel badan	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Penahan kunci	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pegangan	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Rumah pengunci	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Penyambung penjinjing	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pena engsel	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Kawat pengunci	5000	5000	7500	7500	2500	2500



Tabel 2. Data MPS kebutuhan produksi bahan baku Mbox

Nama Item/bulan	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Plat baja 0,5 mm	875	875	875	875	875	875
Plat baja 1 mm	13387	13387	13387	13387	13387	13387
Plat baja 1,5 mm	3033	3033	3033	3033	3033	3033
Kawat baja 3 mm	263	263	263	263	263	263
Kawat baja 4 mm	478	478	478	478	478	478
Kawat baja 4,5 mm	12	12	12	12	12	12

Tabel 3. Biaya pesan dan biaya simpan komponen Mbox

Nama Item	Biaya Simpan	Biaya Set up
Mbox	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Mbox marking	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Assembling Mbox	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Silk tutup	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Pengecatan tutup	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Pengecatan badan	Rp 2.000,00	Rp 300.000,00
Tutup lengkap	Rp 1.500,00	Rp 500.000,00
Badan lengkap	Rp 1.200,00	Rp 400.000,00
Lapisan tutup	Rp 1.100,00	Rp 400.000,00
Plat pengunci	Rp 1.300,00	Rp 500.000,00
Tutup Mbox	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Rumah penjinjing	Rp 1.000,00	Rp 400.000,00
Pegangan penjinjing	Rp 1.200,00	Rp 400.000,00
Engsel tutup	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Dinding badan	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Plat dasar	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Engsel badan	Rp 1.300,00	Rp 500.000,00
Penahan kunci	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Pegangan	Rp 1.100,00	Rp 400.000,00
Rumah pengunci	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00
Penyambung penjinjing	Rp 1.000,00	Rp 400.000,00
Pena engsel	Rp 600,00	Rp 300.000,00
Kawat pengunci	Rp 1.100,00	Rp 300.000,00

Tabel 4. Biaya pesan dan biaya simpan bahan baku Mbox

Nama Item	Biaya Simpan	Biaya pesan
Plat baja 0,5 mm	Rp 300,000	Rp 900.000,00
Plat baja 1 mm	Rp 400,00	Rp 1.200.000,00
Plat baja 1,5 mm	Rp 500,00	Rp 800.000,00
Kawat baja 3 mm	Rp 600,00	Rp 800.000,00
Kawat baja 4 mm	Rp 600,00	Rp 2.300.000,00
Kawat baja 4,5 mm	Rp 600,00	Rp 700.000,00

Langkah pertama: Menghitung matriks biaya total persediaan sesuai dengan Persamaan 1 untuk semua alternatif pemesanan selama 6 periode perencanaan pada tahun 2019. Biaya simpan Rp. 2.000 dan biaya pesan Rp. 300.000.

Tabel 5. Data MPS kebutuhan produksi komponen Mbox

Nama Item/bulan	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Mbox	5000	5000	7500	7500	2500	2500



Perhitungan matriks untuk biaya total *Mbox* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{1,1} &= 300.000 + 2.000((5000 - 5000)) = 300.000 \\
 Z_{1,2} &= 300.000 + 2.000((10000 - 5000) + (10000 - 10000)) = 10.300.000 \\
 Z_{1,3} &= 300.000 + 2.000((17500 - 5000) + (17500 - 10000) + (17500 - 17500)) = 25.307.500 \\
 Z_{1,4} &= 300.000 + 2.000((25000 - 5000) + (25000 - 10000) + (25000 - 17500) + (25000 - 25000)) = 40.322.500 \\
 Z_{1,5} &= 300.000 + 2.000((27500 - 5000) + (27500 - 10000) + (27500 - 17500) + (27500 - 25000) + (27500 - 27500)) = 45.330.500 \\
 Z_{1,6} &= 300.000 + 2.000((30000 - 5000) + (30000 - 10000) + (30000 - 17500) + (30000 - 25000) + (30000 - 27500) + (30000 - 30000)) = 50.340.000 \\
 Z_{2,2} &= 300.000 + 2.000((5000 - 5000)) = 300.000 \\
 Z_{2,3} &= 300.000 + 2.000((12500 - 5000) + (12500 - 12500)) = 15.300.000 \\
 Z_{2,4} &= 300.000 + 2.000((20000 - 5000) + (20000 - 12500) + (20000 - 20000)) = 30.307.500 \\
 Z_{2,5} &= 300.000 + 2.000((22500 - 5000) + (22500 - 12500) + (22500 - 20000) + (22500 - 22500)) = 35.312.500 \\
 Z_{2,6} &= 300.000 + 2.000((25000 - 5000) + (25000 - 10000) + (25000 - 17500) + (25000 - 25000) + (25000 - 25000)) = 40.320.000 \\
 Z_{3,3} &= 300.000 + 2.000((7500 - 7500)) = 300.000 \\
 Z_{3,4} &= 300.000 + 2.000((15000 - 7500) + (15000 - 15000)) = 15.300.000 \\
 Z_{3,5} &= 300.000 + 2.000((17500 - 7500) + (17500 - 15000) + (17500 - 17500)) = 20.302.500 \\
 Z_{3,6} &= 300.000 + 2.000((20000 - 7500) + (20000 - 15000) + (20000 - 17500) + (20000 - 20000)) = 25.307.500 \\
 Z_{4,4} &= 300.000 + 2.000((7500 - 7500)) = 300.000 \\
 Z_{4,5} &= 300.000 + 2.000((10000 - 7500) + (10000 - 10000)) = 5.300.000 \\
 Z_{4,6} &= 300.000 + 2.000((12500 - 7500) + (12500 - 10000) + (12500 - 12500)) = 10.302.500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{5,5} &= 300.000 + 2.000((2500 - 2500)) = 300.000 \\
 Z_{5,6} &= 300.000 + 2.000((5000 - 2500) + (5000 - 5000)) = 5.300.000 \\
 Z_{6,6} &= 300.000 + 2.000((2500 - 2500)) = 300.000
 \end{aligned}$$

Langkah kedua : Berdasarkan Persamaan 2, langkah berikutnya adalah menghitung f_n sebagai biaya minimum yang mungkin dalam periode 1 sampai periode 6, dengan asumsi tingkat persediaan akhir periode n adalah nol. Biaya minimum yang mungkin dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f_0 &= 0 \\
 f_1 &= \text{Min}(Z_{11} + f_0) = (300.000 + 0) = 300.000 \text{ untuk } Z_{11} + f_0 \\
 f_2 &= \text{Min}(Z_{12} + f_0, Z_{22} + f_1) = \text{Min}(10.300.000 + 0, 300.000 + 300.000) = 600.000 \text{ untuk } Z_{22} + f_1 \\
 f_3 &= \text{Min}(Z_{13} + f_0, Z_{23} + f_1, Z_{33} + f_2) = \text{Min}(25.307.500 + 0, 15.300.000 + 300.000, 300.000 + 600.000) = 900.000 \text{ untuk } Z_{33} + f_2 \\
 f_4 &= \text{Min}(Z_{14} + f_0, Z_{24} + f_1, Z_{34} + f_2, Z_{44} + f_3) = \text{Min}(40.322.500 + 0, 30.307.500 + 300.000, 15.300.000 + 600.000, 300.000 + 900.000) = 1.200.000 \text{ untuk } Z_{44} + f_3 \\
 f_5 &= \text{Min}(Z_{15} + f_0, Z_{25} + f_1, Z_{35} + f_2, Z_{45} + f_3, Z_{55} + f_4) = \text{Min}(45.330.500 + 0, 35.312.500 + 300.000, 20.302.500 + 600.000, 5.300.000 + 900.000, 300.000 + 1.200.000) = 1.500.000 \text{ untuk } Z_{55} + f_4 \\
 f_6 &= \text{Min}(Z_{16} + f_0, Z_{26} + f_1, Z_{36} + f_2, Z_{46} + f_3, Z_{56} + f_4, Z_{66} + f_5) = \text{Min}(50.340.000 + 0, 40.320.000 + 300.000, 25.307.500 + 600.000, 10.302.500 + 900.000, 5.300.000 + 1.200.000, 300.000 + 1.500.000) = 1.800.000 \text{ untuk } Z_{66} + f_5
 \end{aligned}$$

Pada langkah kedua, telah diketahui bahwa biaya persediaan terendah sebesar 1.800.000. biaya tersebut merupakan biaya yang timbul akibat melakukan produksi untuk setiap bulannya.

Langkah ketiga : Menerjemahkan f_N menjadi ukuran lot/solusi optimum kuantitas pemesanan yang diperoleh hasilnya sebagai berikut:



- Solusi optimal ada pada kombinasi $f_6 = Z_{66} + f_5$, berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 2500 unit dilakukan pada periode 6 untuk memenuhi periode 6, untuk pemesanan periode sebelumnya bergantung pada f_5 .
- $f_5 = Z_{55} + f_4$ berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 2500 unit dilakukan pada periode 5 untuk memenuhi periode 5, untuk pemesanan periode sebelumnya bergantung pada f_4 .
- $F_4 = Z_{44} + f_3$ berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 7500 unit dilakukan pada periode 4 untuk memenuhi periode 4, untuk pemesanan periode sebelumnya bergantung pada f_3 .
- $F_3 = Z_{33} + f_2$ berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 7500 unit dilakukan pada periode 3 untuk memenuhi periode 3, untuk pemesanan periode sebelumnya bergantung pada f_2 .
- $F_2 = Z_{22} + f_1$ berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 5000 unit dilakukan pada periode 2 untuk memenuhi periode 2, untuk pemesanan periode sebelumnya bergantung pada f_1 .
- $f_1 = Z_{11} + f_0$ berarti bahwa ukuran lot pemesanan sebesar 5000 unit dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi periode 1.
Rincian biaya total persediaan hasil studi dengan menggunakan Algoritma Wagner Within adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 6. Penentuan lot pemesanan Mbox dengan AWW

Period/bulan	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Order Quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa dengan menggunakan algoritma wagner within waktu pemesanan Mbox untuk tahun 2019 dilakukan sebanyak 6 kali yaitu pada periode 1 untuk memenuhi permintaan periode 1 sebanyak 5000 unit, periode 2 untuk memenuhi permintaan periode 2 sebanyak 5000 unit, periode 3 untuk memenuhi permintaan periode 3 sebanyak 7500 unit, periode 4 untuk memenuhi permintaan periode 4 sebanyak 7500 unit, periode 5 untuk memenuhi permintaan periode 5 sebanyak 2500 unit, periode 6 untuk memenuhi permintaan periode 6 sebanyak 2500 unit.

Tabel 7. Summary lot size order quantity komponen Mbox

Item/bulan		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Mbox	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Tutup lengkap	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Badan lengkap	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Lapisan tutup	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Plat pengunci	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Tutup Mbox	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Rumah penjinjing	Demand	10000	10000	15000	15000	5000	5000
	Order quantity	10000	10000	15000	15000	5000	5000
Pegangan penjinjing	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Engsel tutup	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Dinding badan	Demand	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	Order quantity	5000	5000	7500	7500	2500	2500



Item/bulan		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Plat dasar	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Engsel badan	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Penahan kunci	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Pegangan	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Rumah pengunci	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
Penyambung penjinjing	<i>Demand</i>	10000	10000	15000	15000	5000	5000
	<i>Order quantity</i>	10000	10000	15000	15000	5000	5000
Pena engsel	<i>Demand</i>	20000	20000	30000	30000	10000	10000
	<i>Order quantity</i>	20000	20000	30000	30000	10000	10000
Kawat pengunci	<i>Demand</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500
	<i>Order quantity</i>	5000	5000	7500	7500	2500	2500

Tabel 8. Summary lot size order quantity bahan baku Mbox

Item/bulan		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6
Plat baja 0,5 mm	<i>Demand</i>	875	875	875	875	875	875
	<i>Order quantity</i>	5250	0	0	0	0	0
Plat baja 1 mm	<i>Demand</i>	13387	13387	13387	13387	13387	13387
	<i>Order quantity</i>	80322	0	0	0	0	0
Plat baja 1,5 mm	<i>Demand</i>	3033	3033	3033	3033	3033	3033
	<i>Order quantity</i>	3033	3033	3033	3033	3033	3033
Kawat baja 3 mm	<i>Demand</i>	263	263	263	263	263	263
	<i>Order quantity</i>	1578	0	0	0	0	0
Kawat baja 4 mm	<i>Demand</i>	478	478	478	478	478	478
	<i>Order quantity</i>	2868	0	0	0	0	0
Kawat baja 4,5 mm	<i>Demand</i>	12	12	12	12	12	12
	<i>Order quantity</i>	72	0	0	0	0	0

Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran lot pemesanan yang menghasilkan ongkos total persediaan sebesar Rp. 54.109.030 dengan produksi komponen setiap periode harus terpenuhi agar target produksi tercapai dan menghindari biaya simpan yang tinggi serta pemesanan bahan baku dilakukan sekali pesan pada awal periode untuk memenuhi kebutuhan produksi seluruh periode. Kecuali pemesanan plat baja 1,5 mm yang dipesan 6 kali. Adanya perbedaan tersebut dikarenakan adanya hasil perhitungan dari metode Algoritma Wagner Within yang mengharuskan pemesanan dilakukan pada periode-periode tertentu.

Algoritma Wagner Within memberikan solusi optimum bagi persoalan ukuran pemesanan dinamis deterministik pada suatu kurun waktu tertentu dimana kebutuhan pada seluruh periode harus terpenuhi. Metode ini ditentukan dengan menggunakan program linier untuk memperoleh segi pemesanan yang optimum pada seluruh kebutuhan bersih sehingga semua kemungkinan pemesanan lot dihitung ongkos totalnya. Metode ini dikatakan metode yang paling optimum karena perhitungan penentuan ukuran lotnya didasarkan pada program dinamis yaitu suatu model matematis yang solusinya menjamin hasil perhitungan tersebut adalah hasil yang optimum.



Tabel 9. Total biaya persediaan terendah komponen Mbox

Nama Item	Biaya Persediaan Terendah	Waktu produksi (bulan)
Mbox	Rp 1.800.000	6
Tutup lengkap	Rp 3.000.000	6
Badan lengkap	Rp 2.400.000	6
Lapisan tutup	Rp 2.400.000	6
Plat pengunci	Rp 3.000.000	6
Tutup Mbox	Rp 1.800.000	6
Rumah penjinjing	Rp 2.000.000	6
Pegangan penjinjing	Rp 2.400.000	6
Engsel tutup	Rp 1.800.000	6
Dinding badan	Rp 1.800.000	6
Plat dasar	Rp 1.800.000	6
Engsel badan	Rp 3.000.000	6
Penahan kunci	Rp 1.800.000	6
Pegangan	Rp 2.400.000	6
Rumah pengunci	Rp 1.800.000	6
Penyambung penjinjing	Rp 2.000.000	6
Pena engsel	Rp 1.800.000	6
Kawat pengunci	Rp 1.800.000	6
Total biaya persediaan komponen Mbox	Rp 38.800.000	

Tabel 10. Total biaya persediaan terendah bahan baku Mbox

Nama Item	Biaya Persediaan Terendah	Waktu Pesan (sekali pesan)
Plat baja 0,5 mm	Rp 2.221.250	1
Plat baja 1 mm	Rp 2.221.250	1
Plat baja 1,5 mm	Rp 4.800.000	6
Kawat baja 3 mm	Rp 1.591.630	1
Kawat baja 4 mm	Rp 3.738.780	1
Kawat baja 4,5 mm	Rp 736.120	1
Total biaya persediaan bahan baku Mbox	Rp 15.309.030	

Selain itu pemilihan metode Algoritma Wagner Within didasari atas perhitungan yang dapat menghasilkan biaya minimal dimana pada penelitian ini total biaya dapat di minimasi dengan adanya penurunan pada biaya simpan dan biaya pesan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa target produksi Mbox tidak dapat tercapai dikarenakan perencanaan dan pengendalian persediaan yang kurang optimal. Adapun pemecahan

permasalahan perencanaan kebutuhan komponen serta bahan baku untuk memenuhi permintaan Mbox sebagai produk pendukung amunisi dengan total permintaan sebanyak 36000 Mbox dapat menggunakan teknik *lotting* yang mampu memberikan total biaya paling minimum yaitu dengan Algoritma Wagner Within.

Jenis bahan baku serta komponen dalam membentuk satu unit produk Mbox terdiri dari 18 jenis komponen serta 6 jenis bahan baku. Berdasarkan dari pembahasan perhitungan perencanaan dan pengendalian persediaan dengan menerapkan metode Algoritma Wagner Within diperoleh jumlah dan waktu pemesanan yang optimal untuk dapat mencapai target produksi yakni komponen harus diproduksi sesuai dengan jadwal dan jumlah yang sudah ditentukan yaitu sebanyak 6 kali produksi dengan jumlah sesuai dengan hasil perencanaan. Sedangkan bahan baku harus dipesan diawal semua untuk memenuhi kebutuhan produksi setiap periode. Kecuali pada pemesanan plat baja 1,5 mm yang dipesan 6 kali. Adanya perbedaan tersebut dikarenakan adanya hasil perhitungan dari metode *Algoritma Wagner Within* yang mengharuskan pemesanan dilakukan pada periode-periode tertentu. Sedangkan total biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan persediaan Mbox pada 6 periode ini adalah sebesar Rp. 54.109.030. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah metode *lot sizing* lainnya agar mendapat perbandingan hasil yang paling optimal.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih terhadap beberapa pihak yang turut memberikan bimbingan, dukungan, bantuan, dan semangat. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Teguh Oktiarso, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan, nasehat, dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian.
2. Bapak Purnomo, S.T., M.T selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing dua yang juga turut serta



memberikan bimbingan dan nasehat selama penulis melakukan penelitian.

3. Bapak Suranto, Bapak Taufik, Bapak Suli dan Bapak Aris selaku pembimbing lapangan di PT. X departemen produksi yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian.
4. Bapak Witono dan Ibu Mujiati yang selalu memberikan doa, bantuan, semangat, dan dukungan baik secara moril maupun material.
5. Rida Arofah yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan semangat selama penelitian.

Referensi

- [1] Ampuh, R., 2009, *Manajemen Pabrik: Pendekatan Sistem untuk Efisiensi dan Efektivitas*, Edisi 1, Bumi Aksara, Jakarta.
- [2] Assauri, S., 2008, *Manajemen Operasi dan Produksi*, Edisi revisi 2008, Lembaga FE-UI, Jakarta.
- [3] Tampubolon, M., 2004, *Manajemen Operasional*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- [4] Tersine, R. J., 1993, *Principles of Inventory and Materials Management*, edisi 4, Prentice Hall.



Analisis Profil Bawah Permukaan Pantai Lumpue Kota Parepare

Haerany Sirajuddin^{1*}, Sri Maulidani¹

¹Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: haerany_sirajuddin@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.13

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil bawah permukaan pantai Lumpue yang terkontaminasi langsung dengan aktifitas di sekitar pesisir. Dalam penelitian ini digunakan metode geolistrik tahanan jenis (*Wenner Schlumberger method*) yang dilakukan pada daerah pantai Lumpue, Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan. Alat yang digunakan adalah geolistrik *multichannel* dengan panjang bentangan maksimal 480 m di tiap lintasannya, dalam penelitian ini terdapat 3 lintasan dimana lintasan pertama sepanjang 480 m dengan kedalaman yang diidentifikasi sedalam 91,2 m dan hasil resistivitas yang didapatkan berkisar 0,207 - > 97,8 Ωm yang diidentifikasi sebagai alluvium mengandung tanah lempung, tanah lanauan, pasir dan *bolder* batuan piroklastik yang telah terkontaminasi oleh air laut. Pada lintasan 2 memotong tengah lintasan 1 dengan panjang lintasan 240 m dan kedalaman yang teridentifikasi 91,2 m, adapun hasil resistivitas yang tercatat berkisar antara 5,52 - > 623 Ωm dimana nilai resistivitas tersebut mengidentifikasi material alluvium, yang mengandung tanah lempung, tanah lanauan, pasir yang telah terkontaminasi oleh air serta terdapatnya beberapa sisipan batuan piroklastik yang terkontaminasi oleh air. Sedangkan pada lintasan 3 memotong lintasan 1 di bagian ujung dengan panjang lintasan 240m dan kedalaman 91,2 m, adapun hasil resistivitas yang tercatat berkisar antara 0,354 - 11776 Ωm dimana dari hasil resistivitas yang tercatat dapat diidentifikasi material yang terdapat pada lintasan 3 merupakan material alluvium yang disisipi oleh batuan piroklastik. Daerah yang tertutupi oleh lintasan merupakan daerah dengan material alluvium yang menjadi satuan alluvial dan sebagian besarnya terkontaminasi oleh air, baik itu oleh air laut ataupun *fresh groundwater* serta disisipi oleh bongkah-bongkah batuan piroklastik.

Abstract

Lumpue Beach Subsurface Profile Analysis of Parepare City. This study aims to analyze the subsurface profile of Lumpue beach which is directly contaminated with activities around the coast. In this study, the Wenner Schlumberger method was used in the Lumpue beach area, Parepare City, South Sulawesi Province. The tool used is a multichannel geoelectric with a maximum length of 480 m in each trajectory, in this study there are 3 trajectories in which the first trajectory is 480 m with depth as deep as 91.2 m and the resistivity results obtained range from 0.207 - > 97.8 Ωm which identified as alluvium containing clay soil, silt soil, sandstone and pyroclastic rock bolder that has been contaminated by sea water. At lane 2 intersects the middle lane 1 with a length of 240 m and identified depths of 91.2 m, the recorded resistivity results range between 5.52 - > 623 Ωm where the resistivity value identifies the alluvium material, which contains clay, silt soil, sandstone that has been contaminated with water and the presence of some pyroclastic rock inserts that are contaminated by water. Whereas lane 3 intersects lane 1 at the end with a length of 240m and a depth of 91.2 m, while the recorded resistivity results range from 0.354 - 11776 Ωm where from the recorded resistivity results the material contained in lane 3 is the inserted alluvium material. by pyroclastic rocks. The area covered by the track is an area with alluvium material which is an alluvial unit and most of it is contaminated by water, either by sea water or fresh groundwater and is inserted by pyroclastic rocks.

Kata Kunci: Alluvial, geolistrik, metode Wenner Schlumberger, pantai Lumpue, profil bawah permukaan

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terdiri dari 16.056 pulau [1]. Kepastian jumlah ini ditentukan dalam forum United Nations Conferences on the Standardization of Geographical Names (UNCSGN) dan United Nations Group of Experts on Geographical Names (UNGEGN) yang berlangsung pada 7-

18 Agustus 2017 di New York, Amerika Serikat [2]. Sebelumnya sempat beredar informasi bahwa berdasarkan hasil identifikasi terdapat 17.508 pulau di seluruh Indonesia. Dari 17.508 pulau itu, 7.353 pulau bernama dan 10.155 pulau belum bernama. Dari 7.353 pulau yang bernama, terdapat 67 pulau yang berbatasan langsung dengan negara tetangga. Luas daratannya mencapai sekitar 2,012 juta km^2 dan



laut sekitar 5,8 juta km² (75,7%); 2,7 juta kilometer persegi [3] diantaranya termasuk dalam Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Laut Indonesia yang luasnya 2,5 kali lipat dari wilayah daratan pastinya memiliki potensi baik dari segi kekayaan alam maupun jasa lingkungan. Hal ini merupakan tantangan besar bagi Indonesia untuk mempertahankannya sebab merupakan kekayaan luar biasa yang dianugerahkan oleh Sang Maha Pencipta sehingga harus selalu dijaga dan dilestarikan.

Badan Informasi Geospasial (BIG) menyebutkan, total panjang garis pantai Indonesia adalah 99.093 kilometer [4]. Dengan panjangnya garis pantai yang ada, menjadikan negara ini kaya akan sumberdaya alam pesisir pantai.

Sedimen pantai adalah partikel-partikel yang berasal dari hasil pembongkaran batuan-batuan dari daratan dan potongan-potongan kulit (shell) serta sisa-sisa rangka organisme laut. Tidaklah mengherankan jikalau ukuran partikel-partikel ini sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik mereka dan akibatnya sedimen yang terdapat pada berbagai tempat di dunia mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda satu sama lain. Misalnya sebagian besar dasar laut yang dalam ditutupi oleh jenis partikel yang berukuran kecil yang terdiri dari sedimen halus. Sedangkan hampir semua pantai ditutupi oleh partikel berukuran besar yang terdiri dari sedimen kasar [5].

Keseimbangan antara sedimen yang dibawa sungai dengan kecepatan pengangkutan sedimen di muara sungai akan menentukan berkembangnya dataran pantai. Apabila jumlah sedimen yang dibawa ke laut dapat segera diangkat oleh ombak dan arus laut, maka pantai akan dalam keadaan stabil. Sebaliknya apabila jumlah sedimen melebihi kemampuan ombak dan arus laut dalam pengangkutannya, maka dataran pantai akan bertambah [6].

Pantai bias terbentuk dari material dasar yang berupa lumpur, pasir atau kerikil (gravel). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai pasir lebih besar yang berkisar antara 1:20 dan 1:50. Kemiringan pantai berkerikil bias mencapai 1:4. Pantai berlumpur banyak dijumpai di daerah pantai di mana banyak sungai yang mengangkut sedimen suspensi

bermuara di daerah tersebut dan gelombang relatif kecil [5].

Bumi tersusun atas lapisan-lapisan tanah yang mempunyai nilai resistivitas yang berbeda antar lapisan tanah yang satu dengan yang lain. Untuk mengetahui keadaan bawah permukaan bumi dengan menentukan nilai resistivitas setiap lapisan tanahnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas. Pada umumnya metode resistivitas digunakan untuk eksplorasi dangkal yang mempunyai kedalaman sekitar 300-500 m, misalnya digunakan untuk eksplorasi airtanah, panasbumi maupun intrusi air laut. Metode resistivity merupakan salah satu metode pengukuran geofisika yang menitik beratkan pada potensial listrik dari berbagai tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi [7].

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang dapat memberikan gambaran susunan dan kedalaman lapisan batuan, dengan mengukur sifat kelistrikan batuan. Batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan karena batuan merupakan suatu jenis materi. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadinya ketidakseimbangan atau arus listrik yang sengaja dimasukkan ke dalamnya. Dalam hal ini akan dipelajari tentang potensial listrik alam dari batuan, konduktivitas batuan dan konstanta dielektrik batuan.

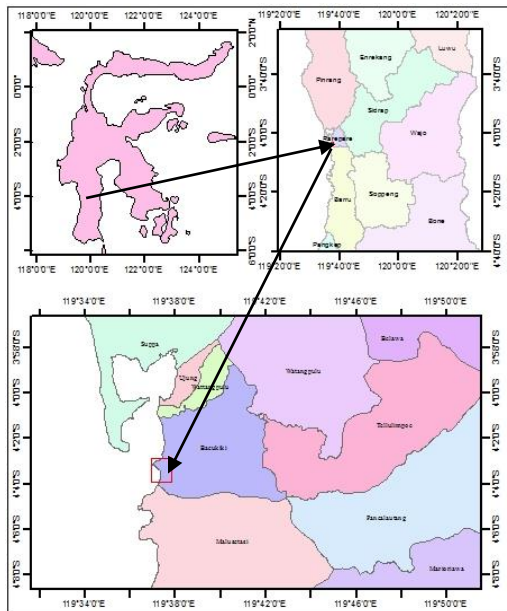
2. Gambaran Umum Pantai Lumpue

Kota Parepare merupakan salah satu kota di provinsi Sulawesi Selatan, terletak di sebuah teluk yang menghadap ke Selat Makassar dan memiliki luas wilayah 99,33 km² dengan jumlah penduduk ±140.000 jiwa. Di bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Pinrang, di sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Sidenreng Rappang dan di bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Barru.

Secara administratif daerah penelitian Pantai Lumpue termasuk dalam wilayah Kecamatan Bacucuki Barat Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1) secara astronomis daerah penelitian terletak pada 119° 50' 114" - 119° 37' 029" Bujur Timur dan 03° 47' 317" - 04° 03' 113" Lintang Selatan (LS). Meskipun terletak di tepi laut tetapi sebagian besar wilayahnya berbukit-bukit. Untuk itu, dalam penelitian kali ini dilakukan identifikasi pada



profil bawah permukaan di kawasan pesisir pantai Lumpue, untuk menentukan keterkaitannya dengan keberadaan sedimentasi yang terjadi di kawasan pantai tersebut. Secara umum permukaan daerah penelitian tersusun oleh material sedimen yang berukuran *very fine gravel* sampai *clay*. Ukuran butir *very fine gravel* merupakan kelas ukuran butir yang memiliki nilai rata-rata paling tinggi yaitu 24.2% [8]. Berdasarkan analisis ukuran butir pada daerah penelitian, maka dapat diinterpretasikan proses yang terjadi. Material-material seragam dan berukuran kecil dapat mengindikasikan daerah tersebut mengalami sedimentasi. Adanya ukuran butir yang tidak seragam dan material lepas berupa material bangunan teknik pada daerah penelitian dapat mengindikasikan bahwa daerah penelitian mengalami abrasi.



Gambar 1. Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

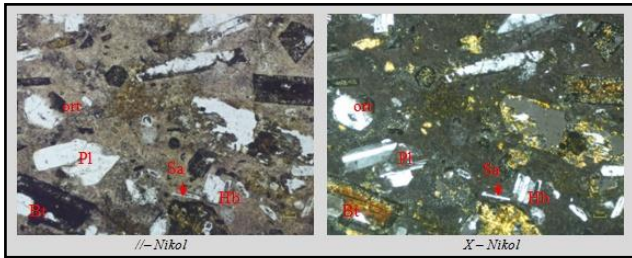
Pada Pantai Lojie mengalami sedimentasi pada bagian selatan dan mengalami proses abrasi pada bagian utara. Pada Pantai Lapakaka dan Pantai Lumpue sebelah selatan mengalami proses abrasi. Pada Pantai Bibir mengalami proses sedimentasi. Sedangkan pada Muara Salo Karajae mengalami proses reklamasi Pantai [9]. Berdasarkan tingkatan morfodinamika pantai, digolongkan sebagai pantai *dissipative* dengan dengan tekstur sedimen dominan pasir halus, relatif landai serta dicirikan oleh endapan pantai berupa *multiple bar* dengan nilai $\Omega > 6$ yaitu 12.743 [10].

Satuan batuan yang didapatkan pada daerah penelitian terdiri dari lava, breksi vulkanik, tufa dan trakit yang bersumber dari erupsi gunungapi Parepare dan Pangkajene dengan kaldera di pantai Lumpue, satuan aluvial dan batupasir merupakan sediment kuartar yang berasal dari proses erosi di daratan [11]. Litologi pada daerah penelitian diklasifikasikan dengan menggunakan analisis petrografi terhadap sampel dari lapangan. Berdasarkan analisis petrografi pada batuan tersebut diperoleh jenis batuan berupa trakit porfiri. Trakit porfiri merupakan tipe batuan beku dengan struktur *massive*. Pada kenampakan lapangan stasiun 1 dijumpai singkapan batuan dengan kenampakan megaskopis dengan lapuk berwarna coklat kehitaman dan segar berwarna putih keabu-abuan (Gambar 2), tekstur terdiri dari kristalinitas hipokristalin, granularitas *porfiroafanitik*, fabrik: bentuk *anhedral-subhedral* relasi *inequigranular*, struktur batuan yaitu *layer* dan *vesicular* [12], kedudukan $N280^{\circ}E/54^{\circ}$ yang tersusun atas mineral ortoklas, biotit, plagioklas dan massa dasar. Nama batuan Trakit [13]. Arah sebaran batuan $N320^{\circ}E$ atau relatif dari tenggara ke baratlaut.



Gambar 2. Kenampakan lapangan trakit di pantai Lumpue dengan arah foto $N153^{\circ}E$

Berdasarkan pengamatan petrografi (Gambar 3) menunjukkan warna absorpsi coklat kehitaman warna interferensi abu-abu kehitaman, tekstur porfiritik, ukuran mineral 0,02 mm – 1, dengan komposisi mineral, plagioklas (10%), ortoklas (10%), sanidin (10%), biotit (5%), horblende (20%) dan massa dasar (45%). Berdasarkan komposisi tersebut nama batuan adalah Trakit Porfiri [14].



Gambar 3. Kenampakan mikroskopis sayatan batuan trakrit yang tersusun atas plagioklas (pl), ortoklas (ort), horblende (hb), biotit (bt), sanidin (sa)

Berdasarkan kesamaan litologi dan penyebaran geografinya yang sama dengan lokasi tipe, menunjukkan satuan breksi vulkanik dengan batuan gunung api Parepare dapat dikorelasikan, dan diendapkan pada lingkungan darat. Dalam hubungan stratigrafi regional, satuan breksi vulkanik daerah penelitian sama dengan Batuan Gunungapi Parepare yang berumur Plistosen [15, 16].

Satuan aluvial tersebar disepanjang aliran sungai Bojo, membentuk teras sungai ataupun sebagai endapan aktif pada tubuh sungai Bojo, yang menempati luasan kurang lebih 2,7 km² atau sekitar 2,9% dari seluruh luas daerah penelitian. Satuan aluvial ini terletak pada bagian barat daya daerah penelitian. Satuan yang terbentuk dari proses geologi berupa aktifitas sungai ini, tersusun oleh endapan sungai berupa material sedimen dengan ketebalan yang terukur dilapangan kurang lebih mencapai 9 m, sementara ketebalan dari satuan ini tidak diukur dalam penampang sayatan peta geologi karena kedudukannya tidak dapat terukur dilapangan.

Satuan aluvial tersusun oleh material tidak padu (*unconsolidate*) yang terbentuk dari proses geologi berupa aktifitas sungai yang menghasilkan komponen material dengan beragam ukuran, mulai dari material yang berukuran bongkah, hingga material pasir. Material utama yang menyusun endapan ini adalah bongkah-bongkah batuan yang berasal dari batuan beku, namun kadang terdapat juga batuan lain seperti breksi vulkanik tetapi dalam jumlah yang sangat sedikit, selebihnya adalah material yang berukuran pasir hingga lempung, namun material pasir ini di dominasi oleh material pasir yang berukuran sangat kasar. Adapun kelompok yang menjadi pembanding adalah kelompok Qac (endapan aluvium, danau dan pantai) yang tersusun oleh komponen

material lempung, lanau, pasir dan kerikil disepanjang sungai besar.

Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian berupa struktur sesar dari jenis sesar geser, dalam hal ini disimpulkan berdasarkan pada penelitian terdahulu, penyebaran litologi yang tidak teratur, dan adanya perubahan jurus dan kemiringan perlapisan batuan yang terlalu besar. Sesar Tolong terdapat di daerah Bukit Tolong sebelah Timur. Sesar Tolong adalah merupakan jenis sesar geser yang berarah Barat daya – Timur laut, dimana terdapat cermin sesar atau *slickenslide*, yang ditemukan pada Kampung Mangimpuru. Umur dari Sesar Tolong, dimana satuan batuan yang tergeser adalah satuan tufa yang berumur antara Miosen Tengah-Pliosen Bawah, maka dapat disimpulkan bahwa umur dari sesar Tolong adalah Post-Pliosen Bawah. Sesar Bacukiki melalui Kelurahan Bacukiki yaitu berarah Timur – Barat, dimana terdapat adanya cermin sesar di Kelurahan Bacukiki. Umur dari sesar Bacukiki, dimana satuan batuan yang bergeser penyebarannya adalah satuan Breksi Vulkanik yang berumur Plistosen, maka dapat disimpulkan bahwa umur dari Sesar Geser Bacukiki adalah Post-Plistosen [16].

3. Identifikasi Profil Bawah Permukaan

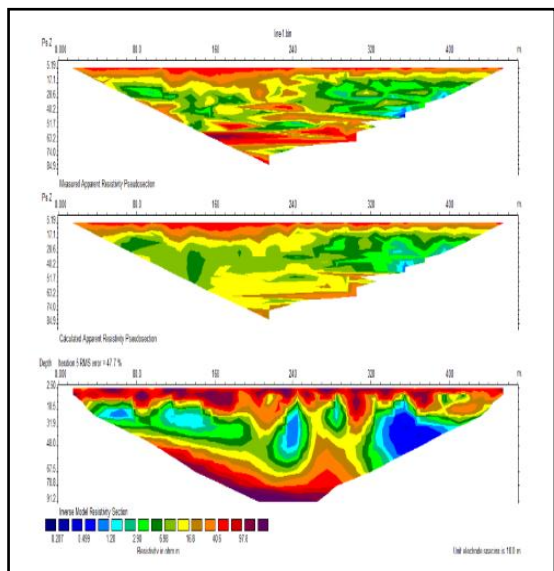
Penelitian ini meliputi pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dengan menggunakan metode Geolistrik Resistivitas konfigurasi *Wenner-59 Schlumberger* karena penetrasi kedalamannya cukup baik jadi dapat mengetahui resistivitas batuan pada kedalaman yang cukup dalam. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 lintasan dimana data dari hasil pengukuran di lapangan berbentuk *dat.file*, data tersebut kemudian diinversi dengan menggunakan software *Res2dinv* untuk memperoleh penampang 2D, Penampang 2D hasil inversi memberikan informasi mengenai distribusi nilai resistivitas batuan di bawah permukaan pada setiap lintasan pengukuran dan data hasil inversi di *Res2dinv* di olah kedalam software *Voxler* untuk memperoleh hasil pemodelan penampang dalam 3D.

3.1. Profil Lintasan 1

Lintasan 1 berada di titik koordinat 119°37'22,9" – 4°03'29,6" dengan arah lintasan N 160° E, menggunakan spasi 10 meter dengan



panjang lintasan 480 m dan jumlah datum sebanyak 529 datum point (dp). Kedalaman maksimal yang terukur setelah dilakukannya inversi yaitu 91,2 meter dengan nilai resistivitas berada pada rentan < 0,207 Ωm – > 97,8 Ωm (Gambar 4).



Gambar 4. Penampang lintasan 1

Nampak pada gambar diatas penampang pertama yang merupakan hasil nilai observasi, kedua merupakan penampang hasil kalkulasi, dan ketiga merupakan penampang selisih antara penampang hasil observasi dan penampang hasil nilai kalkulasi. Pada gambar diatas dapat diketahui profil bawah permukaan yang berada di lintasan 1 dengan mengetahui nilai resistivitasnya. Berdasarkan data geologi, pantai Lumpue termasuk dalam satuan alluvial yang tersusun oleh pasir, material tanah lempung, kerikil dan bongkah-bongkah batuan (Tabel 1).

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa material yang terdapat pada lintasan 1 didominasi oleh tanah lempung dan pasir yang sebagian diantaranya telah terkontaminasi oleh air, baik itu oleh *groundwater* maupun oleh air laut, seperti pada kedalaman 2,50 m – 78,8 m dengan nilai resistivitas memenuhi semua bar pada Gambar 2 D yaitu berkisar antara 0,207 Ωm – 97.8 Ωm, hal tersebut terjadi karena pada kedalaman 2,50 m – 7,50 m terdapat sisipan bongkahan batuan piroklastik berbentuk *bolder* yang bercampur dengan tanah lempung dan terkontaminasi air.

Tabel 1. Pengukuran nilai resistivitas lintasan 1

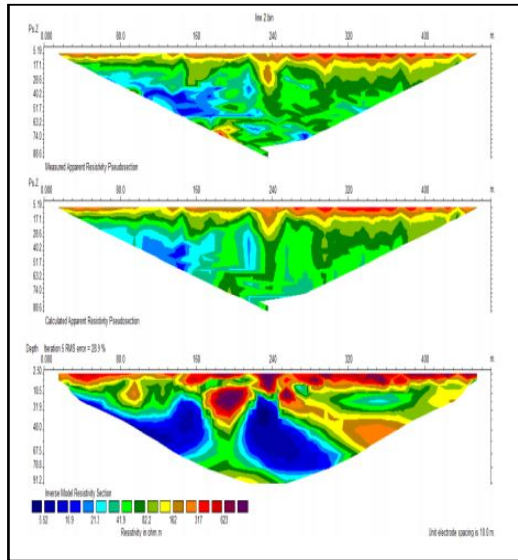
No	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)	Keterangan
1	2,50 - 7,50	16,8 - > 97,8	Tanah Lempung yang disisipi bongkahan batuan piroklastik yang telah terkontaminasi air
2	7,50 - 18,5	1,20 - 16,8	Tanah lempung
3	18,5 – 48	0,499 - 16,8	Tanah lempung, basah lembek
4	48 - 78,8	0,207 - 40,6	Tanah lanauan, pasir yang terkontaminasi air laut
5	78,8 - 91,2	40,6 - > 97,8	Bongkahan batuan yang telah terkontaminasi air

Pada kedalaman 78,8 m – 91,2 m dengan nilai resistivitas berkisar 40,6 Ωm – 97,8 Ωm diidentifikasi sebagai batuan piroklastik yang telah terkontaminasi oleh air laut atau *groundwater* sehingga nilai resistivitasnya mengalami penurunan. Batuan piroklastik ini diperkirakan berasal dari gunungapi Tersier.

3.2. Profil Lintasan 2

Lintasan 2 berada di titik koordinat 119°37'24,7" – 4°03'29,1" dengan arah lintasan N 2730 E, menggunakan spasi 5 meter dengan panjang lintasan 240 m. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi wenner schlumberger dan jumlah datum sebanyak 529 datum point (dp). Kedalaman maksimal yang terukur setelah dilakukannya inversi yaitu 91,2 meter dengan nilai resistivitas berada pada rentan < 5,52 Ωm – > 623 Ωm (Gambar 5).

Pada Gambar 5 menunjukkan penampang pertama merupakan penampang hasil nilai observasi, gambar kedua merupakan penampang hasil kalkulasi, dan penampang ketiga merupakan penampang selisih antara penampang hasil observasi dan penampang hasil nilai kalkulasi. Berdasarkan data geologi pantai Lumpue termasuk dalam satuan alluvial terdiri dari pasir, tanah lempung, kerikil dan bongkahan-bongkahan batuan (Tabel 2).



Gambar 5. Penampang lintasan 2

Tabel 2. Pengukuran nilai resistivitas lintasan 2

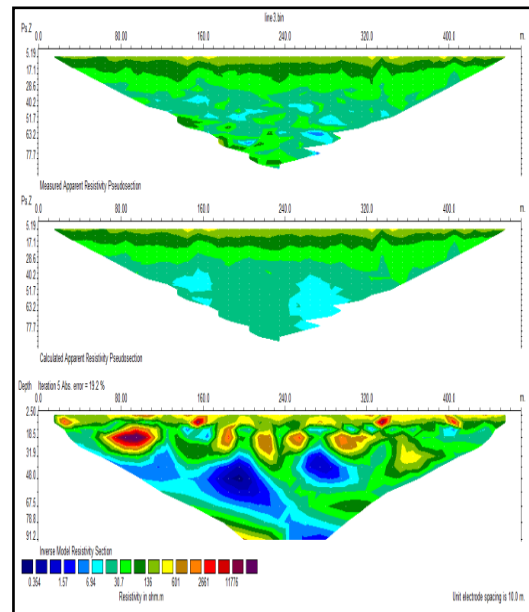
No	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)	Keterangan
1	2,50 - 7,50	41,9 - > 623	Alluvium yang disisipi bongkahan batuan piroklastik berbentuk bolder
2	7,50 - 31,9	21,3 - > 623	Alluvium yang terkontaminasi air, pasir, serta disisipi batuan piroklastik.
3	31,9 - 48,00	5,52 - 623	Alluvium disisipi bongkahan batuan piroklastik yang terkontaminasi air
4	48,00 - 78,8	< 10,9 - < 317	Alluvium yang terkontaminasi air
5	78,8 - 91,2	< 21,3 - < 162	Alluvium yang terkontaminasi air, pasir

Berdasarkan pada tabel diatas dapat diketahui nilai resistivitas yang terdapat di lintasan kedua berdasarkan kedalaman serta material yang terdapat di kedalaman tersebut. Pada kedalaman 2,50 m – 7,50 m di identifikasi sebagai material alluvium yang disisipi oleh bongkah – bongkah batuan piroklastik yang telah terkontaminasi air hingga mengalami penurunan nilai resistivitas dengan nilai resistivitas yang tercatat ialah 41,0 Ωm -> 623 Ωm . Pada kedalaman 7,50 m – 31,9 m diidentifikasi sebagai alluvium yang bercampur pasir dan disisipi dengan batuan piroklastik di beberapa titik yang telah terkontaminasi oleh air dengan nilai resistivitas berkisar antara 21,3 Ωm -> 623 Ωm . Pada kedalaman 31.9 m – 48 m

diidentifikasi sebagai Tanah Lempung basah lembek yang disisipi oleh batuan dasar dengan nilai resistivitas 5,52 Ωm – 623 Ωm . Pada kedalaman 48 m – 78,8 m diidentifikasi sebagai alluvium, tanah lempung, lanau serta pasir yang terkontaminasi air baik itu oleh air laut atau *groundwater* dengan nilai resistivitas < 10,9 Ωm – < 317 Ωm . Pada kedalaman 78,8 m – 91,2 m diidentifikasi sebagai alluvium yang terkontaminasi oleh air dengan nilai resistivitas < 21,3 Ωm -< 162 Ωm .

3.3. Profil Lintasan 3

Lintasan 3 berada di titik koordinat 119°37'23,5" – 4°03'23,8" dengan arah lintasan N 265°E, menggunakan spasi 5 meter dengan panjang lintasan 240 m dan jumlah datum sebanyak 529 datum point (dp). Kedalaman maksimal yang terukur setelah dilakukannya inversi yaitu 91,2 meter dengan nilai resistivitas berada pada rentan < 0,354 Ωm – > 1176 Ωm (Gambar 6).



Gambar 6. Penampang lintasan 3

Pada gambar diatas menunjukkan penampang pertama merupakan penampang hasil nilai observasi, gambar kedua merupakan penampang hasil kalkulasi, dan penampang ketiga merupakan penampang selisih antara penampang hasil observasi dan penampang hasil nilai kalkulasi. Berdasarkan data geologi pantai Lumpue termasuk dalam satuan alluvial yang terdiri dari pasir, material lempung, kerikil dan bongkah-bongkah batuan (Tabel 3).

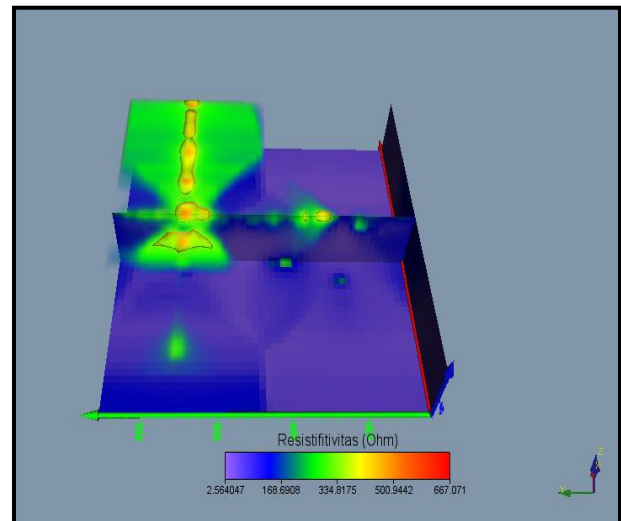
Tabel 3. Pengukuran nilai resistivitas lintasan 3

No	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)	Keterangan
1	2,50 - 18,5	6,94 - > 11776	Clay yang disisipi bongkahan batuan piroklastik
2	18,5 - 31,9	< 1,57 - 11776	Clay yang terkontaminasi air, disisipi batuan piroklastik
3	31,9 - 91,2	< 1,57 - 601	Alluvium

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pada kedalaman 2,50 m – 18,5 m dengan nilai resistivitas berkisar antara 6,94 Ωm - > 11776 Ωm diidentifikasi sebagai tanah lempung yang disisipi batuan piroklastik. Pada kedalaman 18,5 m – 31,9 m dengan nilai resistivitas berkisar antara < 1,57 Ωm – 11776 Ωm diidentifikasi sebagai tanah lempung basah yang pada beberapa titik di sisipi oleh batuan piroklastik. Pada kedalaman 31,9 m – 91,2 m dengan nilai resistivitas berkisar antara < 1,57 Ωm – 601 Ωm diidentifikasi sebagai material alluvium.

3.4. Model Penampang 3D

Untuk penampang 3D diolah dengan menggunakan software Voxler 4.2 dimana sebelumnya data geolistrik yang tercatat telah diakuisisi dan diolah sedemikian rupa, sehingga dapat terlihat jelas hasil pemodelan dan penampang dari 3 lintasan yakni lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3 yang telah digabungkan (Gambar 7). Nampak pada gambar tersebut, terdapat sumbu x, y dan z, dimana sumbu x mengacu pada garis bujur, sumbu y mengacu pada garis lintang dan sumbu z mengacu pada kedalaman. Dari gambar terlihat batuan yang berbentuk *bolder* ini memiliki nilai resistivitas yang cukup tinggi berkisar antara 168.6908 Ωm hingga 667.071 Ωm , *bolder* ini menyebar hampir di sepanjang sumbu x. Rerata kedalaman batuan yang berbentuk *bolder* ini berada dikedalam yang tidak terlalu dalam, sekitaran $\pm 2,5m$ hingga kedalam $\pm 30m$ dengan luasan diperkirakan sekitar 300m x 220m, batuan ini diperkirakan sebagai batuan piroklastik yang kedudukannya berada dekat dengan satuan trakit yang terdapat di Pantai Lumpue.



Gambar 7. Model penampang 3D lintasan 1, 2 dan 3

Menurut kajian geologi, Parepare, Barru bagian utara dan Sindrapp memiliki batuan gunungapi yang berumur Tersier, dimana terdapat tiga lokasi yang diduga kuat menjadi pusat erupsi gunungapi yaitu Pangakajenne Sidrap bagian selatan, Alitta (utara Parepare) dan yang terakhir adalah Pantai Lumpue. Penyebaran batuan gunung api Parepare menutupi Kota Parepare, bagian Utara Kabupaten Pinrang, bagian Timur Kabupaten sidrap dan Bagian Selatan Kabupaten Barru [17]. Batuan gunungapi yang tersebar pada kelompok batuan gunung api Parepare berupa aliran dan lava dan breksi piroklastik yang terdiri dari tufa lapilli, breksi vulkanik, setempat terdapat sisipan lava yang bersifat trakit-andesit [15, 18].

Di daerah Parepare dan sekitarnya tidak ditemukan lagi bentuk morfologi gunungapi, meskipun batuan yang menyusun daerah Parepare adalah produk dari letusan gunung api. Menurut [19], gunungapi yang bentuknya tidak ideal disebut gunungapi purba yang telah mengalami ledakan yang besar dan proses erosi. Ledakan yang besar biasanya menghasilkan suatu kaldera yang bentuknya melingkar. Namun di daerah Parepare dan sekitarnya juga belum ditemukan lokasi kalderanya. Beberapa metode dapat dilakukan untuk menentukan lokasi kaldera yaitu dengan analisis geomorfologi, stratigrafi batuan gunungapi, vulkanologi fisik, struktur geologi serta petrologi-geokimia [20] dan data seismik dalam hal ini metode geolistrik [21].

4. Kesimpulan

1. Hasil identifikasi bawah permukaan dengan menggunakan metode konfigurasi Wenner Schulemberger menunjukkan bahwa sebagian besar daerah yang terekam oleh alat geolistrik terdiri dari alluvium yang mana terdiri dari tanah lanauan, pasiran serta lempung dan sebagian diantaranya telah terkontaminasi oleh air laut ataupun air bawah permukaan. Kedalaman yang tercatat oleh alat sejauh 91,2 m. Dimana lintasan 1 sepanjang 480m dengan nilai resistivitas berkisar 0,207 Ωm - 97,8 Ωm , lintasan 2 sepanjang 240m dengan nilai resistivitas yang tercatat berkisar 5,52 Ωm - 623 Ωm dan lintasan 3 sepanjang 240m dengan nilai resistivitas berkisar 0,354 Ωm - 11776 Ωm .
2. Pemodelan 3D hasil penggabungan data resistivitas dari 3 lintasan tersebut menunjukkan adanya bolder batuan dengan nilai resistivitas yang tinggi yaitu berkisar 168,6908 Ωm - 667,071 Ωm berada di kedalaman $\pm 2,5\text{m}$ - $\pm 30\text{m}$ dengan luasan 300m X 220m, dimana bolder batuan ini dicurigai sebagai batuan piroklastik mengingat bahwa Pantai Lumpue merupakan salah satu tempat yang diduga kuat menjadi tempat erupsi gunungapi Tersier Parepare.

Referensi

- [1] <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2017/08/19/dikukuhkan-di-new-york-agustus-ini-inilah-jumlah-resmi-pulau-di-indonesia>”.
- [2] Hargo, D.U., 2017, “Jumlah Pulau di Indonesia”, <https://dkn.go.id/ruang-opini/9/jumlah-pulau-di-indonesia.html>.
- [3] Ramdhan, M., dan Arifin, T., 2013 “Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Penilaian Proporsi Luas Laut Indonesia”, Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 19 No. 2.
- [4] Anonim, Badan Informasi Geospasial, 2017, “BIG Sediakan Data dan Informasi Geospasial untuk Mendukung Industri Bahari”, <http://www.bakosurtanal.go.id/big-sediakan-data-dan-informasi-geospasial-untuk-mendukung-industri-bahari/>.
- [5] Triatmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- [6] Putinella, J.D., 2001. Evaluasi Lingkungan Budidaya Rumput Laut Di Teluk Bagula Maluku. <http://www.coremap.or.id/download/0121.pdf>.
- [7] Telford, W. M., Geldart, L. P., Sherif, R.E., Keys, D. D., 1976, “Applied Geophysics” First Edition, Cambridge University Press, Cambridge. New York.
- [8] Sirajuddin, H., Risma, 2018, “Morfodinamika Dan Karakteristik Pantai Lojie Kecamatan Bacukiki Barat Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan”, Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi Ke-4 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa, Volume ke-4 Oktober 2018.
- [9] Sirajuddin, H., Aditya, 2017, “Analisis Perubahan Garis Pantai Lumpue Kota Parepare”, Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi Ke-4 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa, Volume ke-3 November 2017.
- [10] Sirajuddin, H., Suriamihardja, D.A., Imran, A.M., Thaha, M.A., “Influence of Sediment Texture on Beach Morphodynamic State”, International Journal of Development Research <http://www.journaljidr.com>, August 2015 Vol. 05, Issue 08, pp. 5249 – 5254.
- [11] Sirajuddin, H., Suriamihardja, D.A., Imran, A.M., Thaha, M.A., “Coastal Vulnerability Zonation of Pinrang District and Parepare City Based on Morphodynamic Review”, International Journal of Inventive Engineering and Sciences <http://www.ijies.org/v3i12php> December 2015 Volume-3 Issue-12, pp. 23-26.
- [12] Mcphie, J, 1993, “Volcanic Texture, Centre For Ore Deposit and Exploration Studies”, University of Tasmania : Australia.
- [13] Fenton, C.L & Fenton M.A 1940, “The Rock Book” New York : Doubleday & Company, Inc.
- [14] Travis, R.B., 1955, “Classification of Rocks”, Quarterly of the Colorado School of Mines, vol. 50, No.1.
- [15] Sukamto, R., dan Supriatna S, 1982, “Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai”, Puslitbang Geologi Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- [16] Arifin, M.F., 1985, “Pemetaan Geologi di Daerah Parepare”, Skripsi, tidak dipublikasikan.
- [17] Kaharuddin, (2009), Studi Litofasies Batuan Gunungapi Parepare, Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik, Fakultas Teknik UNHAS, Makassar.
- [18] Yuwono, S., Y., 1994, Produk Vulkanik Pare-Pare (Sulawesi Selatan), Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung.
- [19] Shinohara, H., 2008, “Excess Degassing From Volcanoes and its Role on Eruptive and Intrusive Activity”, Rev. Geophys., 46, RG4005.
- [20] Bronto, S., 2006, “Fasies Gunungapi dan Aplikasinya”, Jurnal Geologi Indonesia, Volume 1, <http://www.bgl.esdm.go.id/dmdocuments/Jurnal20060201.pdf>.



- [21] Byun, J., Rector, J. W., & Nemeth, T. (2001). *Two-step migration approach for crosswell seismic reflection data*. Paper presented at 2001 Society of Exploration Geophysicists Annual Meeting, SEG 2001, San Antonio, United States.



Pola Jaringan Angkutan Laut Gugusan Pulau dalam Wilayah Kabupaten Pangkajene Kepulauan

Petrus Filippus Latumahina^{1*}, Syamsul Asri¹, Andi Sitti Chaerunnisa¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
Email: pflatumahina@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112019.14

Abstrak

Secara geografis Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan terdiri dari daratan dan kepulauan, dengan luas wilayah laut 11.464,44 km², dengan pulau sebanyak 115 pulau, 73 pulau berpenghuni dan 42 pulau yang tidak berpenghuni. Kondisi tersebut, membutuhkan jaringan transportasi laut yang handal untuk meningkatkan konektivitas antara pusat-pusat pertumbuhan wilayah dengan pusat-pusat pertumbuhan local. Penelitian ini membahas pola pergerakan penumpang, dan rencana pengembangan sistem jaringan transportasi laut di wilayah gugus pulau Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dengan menggunakan metode analisis klasifikasi silang atau analisis kategori untuk mendapatkan pola bangkitan pergerakan, serta metode analisis gravity model untuk menghitung jumlah pergerakan penumpang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, tingginya potensi bangkitan pergerakan penumpang di wilayah kepulauan, namun ketersediaan jaringan dan pelayanan transportasi masih rendah, Diidentifikasi beberapa pulau sebagai pusat perekonomian utama yang berfungsi sebagai pelabuhan hub untuk menghubungkan pulau-pulau di sekitarnya yang berfungsi sebagai feeder antara lain Pelabuhan Balang Lompo dan Pelabuhan Sarappo Lompo di Kecamatan Liukang Tupabbiring; Pulau Gondong Bali dan Pulau Sabutung di Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara; Pelabuhan Matalaang, Pelabuhan Sapuka Lompo, dan Pelabuhan Sailus di Kecamatan Liukang Tangayya; serta Pelabuhan Dewakang Lompo, Pelabuhan Kalukulukuang, dan Pelabuhan Pamantawang di Kecamatan Liukang Kalmas.

Abstract

The Pattern of Sea Transportation Network in the Region of Pangkajene and Islands Regency. Geographically, Pangkajene Islands Regency consist of land and islands, with a sea area of 11,464.44 km², with 115 islands, 73 inhabited islands and 42 uninhabited islands. These conditions require a reliable sea transportation network to improve connectivity between the regional growth centers and the local growth centers. This study discusses the pattern of passenger movements, and plans for developing a sea transportation network system in the island cluster of Pangkajene Islands Regency using the method of cross classification analysis or category analysis to obtain the pattern of trip generation, as well as the gravity model analysis method for calculating the number of passenger movements. The results showed that, the high potential for passenger movement in the islands, but the availability of transportation networks and services is still low, identified several islands as the main economic center that serves as a hub port to connect the surrounding islands that function as feeders, including Balang Port Lompo and Sarappo Lompo Port in Liukang Tupabbiring District; Gondong Island Bali and Sabutung Island in Liukang Tupabbiring Utara District; Matalaang Port, Sapuka Lompo Harbor, and Sailus Harbor in Liukang Tangayya District; and Dewakang Lompo Port, Kalukulukuang Port and Pamantawang Port in Liukang Kalmas District.

Kata Kunci: Jaringan pelabuhan, pola jaringan, transportasi laut

1. Pendahuluan

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia dengan Ibukota Pangkajene yang terletak dipesisir Pantai Barat Provinsi Sulawesi Selatan yang berjarak ±60 km ke arah utara Kota Makassar. Posisi gugusan astronomisnya antara 4° 40' Lintang Selatan sampai 8° 00' Lintang Selatan dan 110° Bujur Timur – 119°48'67" Bujur Timur. Luas wilayah

Kabupaten Pangkajene Kepulauan 12.362,73 km² (setelah diadakan analisis Bakosurtanas) [1].

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan merupakan kabupaten yang struktur wilayah terdiri atas 2 bagian utama yang membentuk kabupaten ini, yaitu :

1.1. Wilayah Daratan

Secara administrasi wilayah daratan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan mencakup 9 Kecamatan, yaitu : Pangkajene,



Minasatene, Balocci, Tondong Tallasa, Bongoro, Labakkang, Ma'rang, Segeri, dan Mandalle dengan jumlah desa/kelurahan sebanyak 103. dengan luas wilayah daratan 898,29 km².

1.2. Wilayah Kepulauan

Wilayah kepulauan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan memiliki luas wilayah laut 11.464,44 km², dengan pulau sebanyak 115 pulau, 73 pulau berpenghuni dan 42 yang tidak berpenghuni. Dengan wilayah administrasi meliputi 4 kecamatan yang membentuk gugusan pulau, antara lain Kecamatan Liukang Tangaya, Liukang Kalmas, Liukang Tupabbiring, Liukang Tupabbiring Utara.

Untuk menunjang perkembangan ekonomi yang baik perlu dicapai keseimbangan antara penyediaan dan permintaan jasa transportasi. Jika penyediaan jasa transportasi lebih kecil dari pada permintaannya, akan terjadi kemacetan arus barang yang akan menimbulkan ketidakstabilan harga di pasar. Sebaliknya, jika penawaran jasa transportasi melebihi permintaannya maka akan timbul persaingan tidak sehat yang akan menyebabkan banyak perusahaan transportasi rugi dan menghentikan kegiatannya, sehingga penawaran jasa transportasi berkurang, selanjutnya menyebabkan ketidaklancaran arus barang dan ketidakstabilan harga di pasar [2].

Untuk menunjang perkembangan ekonomi yang mantap perlu dicapai keseimbangan antara penyediaan dan permintaan jasa angkutan. Jika penyediaan jasa angkutan lebih kecil daripada permintaannya, akan terjadi kemacetan arus barang yang dapat menimbulkan ketidakstabilan harga di pasaran. Sebaliknya, jika penawaran jasa angkutan melebihi permintaannya maka akan timbul persaingan tidak sehat yang akan menyebabkan banyak perusahaan angkutan rugi dan menghentikan kegiatannya, sehingga penawaran jasa angkutan berkurang, selanjutnya menyebabkan ketidaklancaran arus barang dan kegoncangan harga di pasar [3].

Pengangkutan berfungsi sebagai faktor penunjang dan perangsang pembangunan (*the promoting sector*) dan pemberi jasa (*the service sector*) bagi perkembangan ekonomi. Fasilitas pengangkutan harus dibangun mendahului proyek-proyek pembangunan lainnya. Perluasan dermaga di pelabuhan didahulukan daripada pembangunan pupuk yang akan dibangun, guna melancarkan pengiriman peralatan pabrik dan

bahan baku serta penyaluran hasil produksi ke pasar setelah pabrik beroperasi [4].

Dari gambaran wilayah geografis dan administrasi dibutuhkan dukungan jaringan transportasi laut untuk meningkatkan konektivitas antar pusat-pusat pertumbuhan wilayah dengan pusat-pusat pertumbuhan lokal khususnya yang terdapat di wilayah kepulauan. Dengan terwujudnya konektivitas antara wilayah kepulauan dengan pusat-pusat pertumbuhan dan pusat-pusat pelayanan dapat meningkatkan perekonomian penduduk serta membuka keterisolasian masyarakat di wilayah kepulauan.

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk memberi gambaran pola pergerakan penumpang serta menyusun rencana pola jaringan transportasi laut di wilayah kepulauan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di 4 kecamatan yang termasuk dalam wilayah gugus pulau Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Pengumpulan data dan informasi yang diperlukan diperoleh dengan mengutip dokumen atau arsip dari perusahaan atau dari hasil wawancara langsung perorangan. Jenis data yang diperoleh, antara lain :

- Data Primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan melalui survey dan wawancara menggunakan kuisioner terhadap masyarakat rumah tangga dan instansi yang bersangkutan;
- Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dan informasi lain yang erat kaitannya dengan objek penelitian berupa bangkitan dan tarikan pergerakan.

2.2. Metode Analisis

Metode Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis kategori (analisis klasifikasi silang) dan analisis gravity model.

2.2.1 Analisis Kategori/Klasifikasi Silang

Analisis klasifikasi silang atau analisis kategori didasarkan pada adanya keterkaitan antara terjadinya pergerakan dengan atribut rumah tangga [2]. Metode analisis kategori



dikembangkan pertama sekali pada The Puget Sound Transportation Study pada tahun 1964.

Metode analisis klasifikasi silang dilakukan dengan mengalokasikan rumah tangga ke dalam setiap kategori sehingga tiap kategori memuat beberapa rumah tangga yang betul – betul sama tingkat karakteristiknya. Kemudian menentukan rata-rata tingkat perjalanan per rumah tangga pada masing-masing kategori dan setelah itu menentukan jumlah perjalanan pada masing-masing kategori dengan cara mengalikan jumlah perjalanan rata-rata per rumah tangga pada kategori yang bersangkutan dengan jumlah rumah tangga hasil perkiraan dan mentotalkannya untuk semua kategori sehingga didapatkan perkiraan jumlah perjalanan yang diproduksi oleh zona pemukiman yang diteliti pada tahun rencana.

Definisi peubah dan spesifikasi model, misalkan $t^p(h)$ adalah rata-rata jumlah pergerakan dengan tujuan p (pada periode waktu tertentu), yang dilakukan oleh setiap anggota rumah tangga dari jenis h . Jenis rumah tangga ditentukan berdasarkan stratifikasi. Contohnya, klasifikasi silang yang didasarkan pada m ukuran rumah tangga dengan n pemilikan kendaraan akan menghasilkan mn rumah tangga berjenis h .

Metode baku untuk menghitung tingkat pertumbuhan untuk setiap sel didapatkan dengan mengalokasikan rumah tangga ke setiap kelompok sel dan menjumlahkannya satu per satu sehingga menghasilkan jumlah pergerakan $T^p(h)$, untuk setiap tujuan pergerakan. Jadi, tingkat pertumbuhan $t^p(h)$ didapatkan dengan membagi $T^p(h)$ dengan jumlah rumah tangga $H(h)$. Dalam bentuk matematika dapat dinyatakan sebagai [5]:

$$t^p(h) = \frac{T^p(h)}{H(h)} \tag{1}$$

Permasalahan utama dalam penggunaan metode ini terletak pada cara menentukan kategori agar sebaran frekuensi dari simpangan baku dapat diminimumkan.

2.2.2 Analisis Model Gravity (GR)

Metode sintesis (interaksi spasial) yang paling terkenal dan sering digunakan adalah model gravity (GR) karena sangat sederhana sehingga mudah dimengerti dan digunakan.

Model ini menggunakan konsep gravity yang diperkenalkan oleh Newton pada tahun 1686 yang dikembangkan dari analogi hukum gravitasi. Metode ini berasumsi bahwa ciri bangkitan dan tarikan pergerakan berkaitan dengan beberapa parameter zona asal, misalnya populasi dan nilai sel MAT yang berkaitan juga dengan aksesibilitas (kemudahan) sebagai fungsi jarak, waktu, atau pun biaya. Newton menyatakan bahwa (F_{id}) gaya tarik atau tolak antara dua kutub massa berbanding lurus dengan massanya, m_i dan m_d , dan berbanding terbalik kuadratis dengan jarak antara kedua massa tersebut, d_{id}^2 , yang dapat dinyatakan dengan :

$$F_{id} = G \frac{m_i m_d}{d_{id}^2} \tag{2}$$

dimana :

- F_{id} adalah gaya
- G adalah konstanta gravitasi
- $m_i m_d$ adalah massa
- d_{id}^2 adalah jarak

Dalam ilmu geografi, gaya dapat dianggap sebagai pergerakan antara dua daerah; sedangkan massa dapat digantikan dengan peubah seperti populasi atau bangkitan dan tarikan pergerakan; serta jarak, waktu, atau biaya sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan). Jadi, untuk keperluan transportasi, model GR dinyatakan sebagai:

$$F_{id} = k \frac{O_i O_d}{d_{id}^2} \tag{3}$$

dimana :

- T_{id} adalah Gaya
- k adalah konstanta
- $O_i O_d$ adalah bangkitan dan tarikan
- d_{id}^2 adalah jarak

Model ini mempunyai beberapa hal yang perlu diperhatikan. Dikatakan bahwa pergerakan antara zona asal i dan zona tujuan d berbanding lurus dengan O_i dan D_d dan berbanding terbalik kuadratis terhadap jarak antara kedua zona tersebut. Jadi, dalam bentuk matematis, model GR dapat dinyatakan sebagai:

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot f(C_{id}) \tag{4}$$

dimana :

- T_{id} adalah Pergerakan
- O_i adalah Bangkitan



D_d adalah Tarikan

$f(C_{id})$ adalah nilai rata-rata jarak

Walaupun kelihatan realistik, bila diteliti lebih mendalam, Persamaan (3) menghasilkan kenyataan yang membingungkan dan merupakan kesalahan fatal jika digunakan dalam aspek transportasi. Jika salah satu nilai O_i dan salah satu nilai D_d menjadi dua kali, pergerakan antara kedua zona meningkat empat kali sesuai dengan Persamaan (3); sebenarnya pergerakan diperkirakan meningkat hanya dua kali. Untuk menjawab hal ini, persamaan yang membatasi T_{id} diperlukan, dan batasan tersebut tidak dapat dipenuhi oleh Persamaan (3).

$$\sum_d T_{id} = O_i \text{ dan } \sum_i T_{id} = D_d \quad (5)$$

O_i dan D_d menyatakan jumlah pergerakan yang berasal dari zona i dan yang berakhir di zona d . Oleh karena itu, penjumlahan sel MAT menurut ‘baris’ menghasilkan total pergerakan yang berasal dari setiap zona, sedangkan penjumlahan menurut ‘kolom’ menghasilkan total pergerakan yang menuju ke setiap zona. Pengembangan Persamaan (4), dengan batasan Persamaan (5), menghasilkan Persamaan (6) berikut:

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \quad (6)$$

Kedua persamaan pembatas (5) dipenuhi jika digunakan konstanta A_i dan B_d , yang terkait dengan setiap zona bangkitan dan tarikan. Konstanta itu disebut faktor penyeimbang.

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \text{ dan } B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \quad (7)$$

Hal yang terpenting untuk diketahui adalah f_{id} harus dianggap sebagai ukuran aksesibilitas (kemudahan) antara zona i dengan zona d . Hyman menyarankan tiga jenis fungsi hambatan yang dapat digunakan dalam model GR :

- $f(C_{id}) = C_{id}^{-\alpha}$ (Fungsi pangkat) (8)

- $f(C_{id}) = e^{-\beta C_{id}}$ (Fungsi Eksponensial negatif) (9)

- $f(C_{id}) = C_{id}^{-\alpha} \cdot e^{-\beta C_{id}}$ (Fungsi tanner) (10)

Seperti telah dijelaskan terdapat 4 jenis model GR yaitu tanpa-batasan (UCGR), dengan-batasan-bangkitan (PCGR), dengan-batasan-tarikan (ACGR), dan dengan- batasan-bangkitan-tarikan (PACGR). Model PCGR dan ACGR sering disebut model dengan-satu-batasan (SCGR), sedangkan model PACGR disebut model dengan-dua-batasan (DCGR).

Semua batasan ini tertuang dalam Persamaan 6 dan 7 yang merupakan persamaan model GR yang sering digunakan. Penjelasan di atas menunjukkan bahwa model tersebut dapat diturunkan secara heuristik dengan mengikuti analogi hukum gravitasi Newton. Persamaan (6) dan (7) dikenal sebagai model DCGR. Versi lain yang dikenal dengan model SCGR juga dapat dihasilkan. Dengan menetapkan nilai $B_d = 1$ untuk semua d untuk menghilangkan batasan bangkitan pergerakan (O_i), maka model PCGR bisa dihasilkan.

Selanjutnya, dengan menetapkan nilai $A_i = 1$ untuk semua i untuk menghilangkan batasan tarikan pergerakan (D_d), maka bentuk model lain akan dihasilkan yang biasa disebut dengan model ACGR. Terakhir, dengan mengabaikan batasan bangkitan dan tarikan, dihasilkan model UCGR.

Model UCGR mempunyai satu batasan, yaitu total pergerakan yang dihasilkan harus sama dengan total pergerakan yang diperkirakan dari tahap bangkitan pergerakan. Model ini bersifat tanpa-batasan, dalam arti bahwa model tidak diharuskan menghasilkan total yang sama dengan total pergerakan dari dan ke setiap zona yang diperkirakan oleh tahap bangkitan pergerakan. Model tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$T_{id} = O_i \cdot D_d \cdot A_i \cdot B_d \cdot f(C_{id}) \quad (11)$$

$A_i = 1$ untuk seluruh i dan $B_d = 1$ untuk seluruh d .

Sebagai ilustrasi, berikut ini diberikan contoh perhitungan model UCGR. Pertimbangkan daerah kajian dengan 4 zona. Dari hasil tahap bangkitan pergerakan diperkirakan terjadi bangkitan dan tarikan dari setiap zona. Selain itu, terdapat juga informasi mengenai aksesibilitas antarzona yang dapat berupa jarak, waktu tempuh, dan biaya perjalanan antarzona.

Dengan menggunakan Persamaan (6), perkalian berikut dilakukan untuk setiap sel matriks untuk mendapatkan matriks akhir.



$$T_{11} = A_1 \cdot O_1 \cdot B_1 \cdot D_1 \cdot \exp(-\beta C_{11})$$

$$T_{12} = A_1 \cdot O_1 \cdot B_2 \cdot D_1 \cdot \exp(-\beta C_{12})$$

.....

$$T_{44} = A_4 \cdot O_4 \cdot B_4 \cdot D_4 \cdot \exp(-\beta C_{44})$$

Dalam model PCGR, total pergerakan global hasil bangkitan pergerakan harus sama dengan total pergerakan yang dihasilkan dengan pemodelan; begitu juga, bangkitan pergerakan yang dihasilkan model harus sama dengan hasil bangkitan pergerakan yang diinginkan. Akan tetapi, tarikan pergerakan tidak perlu sama. Untuk jenis ini, model yang digunakan persis sama dengan Persamaan (6), tetapi dengan syarat batas yang berbeda, yaitu:

$$B_d = 1 \text{ untuk seluruh } d \text{ dan } A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})}$$

untuk seluruh i .

Dalam model UCGR, nilai $A_i = 1$ untuk seluruh i dan nilai $B_d = 1$ untuk seluruh d . Akan tetapi, pada model PCGR, konstanta A_i dihitung sesuai dengan Persamaan (7) untuk setiap zona tujuan i . Konstanta ini memberikan batasan bahwa total ‘baris’ dari matriks harus sama dengan total ‘baris’ dari matriks hasil tahap bangkitan pergerakan.

$$A_1 = \frac{1}{[B_1 \cdot D_1 \cdot \exp(-\beta C_{11}) + B_2 \cdot D_2 \cdot \exp(-\beta C_{12}) + B_3 \cdot D_3 \cdot \exp(-\beta C_{13}) + B_4 \cdot D_4 \cdot \exp(-\beta C_{14})]}$$

$$A_2 = \frac{1}{[B_1 \cdot D_1 \cdot \exp(-\beta C_{21}) + B_2 \cdot D_2 \cdot \exp(-\beta C_{22}) + B_3 \cdot D_3 \cdot \exp(-\beta C_{23}) + B_4 \cdot D_4 \cdot \exp(-\beta C_{24})]}$$

.....

....

$$A_4 = \frac{1}{[B_1 \cdot D_1 \cdot \exp(-\beta C_{41}) + B_2 \cdot D_2 \cdot \exp(-\beta C_{42}) + B_3 \cdot D_3 \cdot \exp(-\beta C_{43}) + B_4 \cdot D_4 \cdot \exp(-\beta C_{44})]}$$

Setelah menghitung nilai A_i untuk setiap i , setiap sel matriks dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (11) sehingga menghasilkan matriks akhir.

Terlihat bahwa persyaratan awal dipenuhi, yaitu total pergerakan yang dihasilkan model (t) harus sama dengan total pergerakan yang didapat dari hasil bangkitan pergerakan (T). Selain itu, terlihat juga bahwa total pergerakan yang berasal dari setiap zona asal harus selalu sama dengan total pergerakan (yang dibangkitkan) yang diperkirakan oleh tahap bangkitan pergerakan.

Pada model ACGR, total pergerakan secara global harus sama dan juga tarikan pergerakan yang didapat dengan pemodelan harus sama

dengan hasil tarikan pergerakan yang diinginkan. Sebaliknya, bangkitan pergerakan yang didapat dengan pemodelan tidak harus sama. Untuk jenis ini, model yang digunakan persis sama dengan Persamaan (11), tetapi dengan syarat batas yang berbeda, yaitu:

$$A_i = 1 \text{ untuk seluruh } i \text{ dan } B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})}$$

untuk seluruh d

Dalam model ACGR, konstanta B_d dihitung sesuai dengan Persamaan (7) untuk setiap zona tujuan d . Konstanta ini memberikan batasan bahwa total ‘kolom’ dari matriks harus sama dengan total ‘kolom’ dari matriks hasil tahap bangkitan pergerakan. Dengan kata lain, total pergerakan hasil pemodelan yang menuju ke suatu zona harus sama dengan total pergerakan hasil bangkitan pergerakan ke zona tersebut.

$$B_1 = \frac{1}{[A_1 \cdot O_1 \cdot \exp(-\beta C_{11}) + A_2 \cdot O_2 \cdot \exp(-\beta C_{12}) + A_3 \cdot O_3 \cdot \exp(-\beta C_{13}) + A_4 \cdot O_4 \cdot \exp(-\beta C_{14})]}$$

$$B_2 = \frac{1}{[A_1 \cdot O_1 \cdot \exp(-\beta C_{21}) + A_2 \cdot O_2 \cdot \exp(-\beta C_{22}) + A_3 \cdot O_3 \cdot \exp(-\beta C_{23}) + A_4 \cdot O_4 \cdot \exp(-\beta C_{24})]}$$

.....

....

$$B_4 = \frac{1}{[A_1 \cdot O_1 \cdot \exp(-\beta C_{41}) + A_2 \cdot O_2 \cdot \exp(-\beta C_{42}) + A_3 \cdot O_3 \cdot \exp(-\beta C_{43}) + A_4 \cdot O_4 \cdot \exp(-\beta C_{44})]}$$

Setelah menghitung nilai B_d untuk setiap d , setiap sel matriks dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (11) sehingga menghasilkan matriks akhir. Terlihat bahwa selain persyaratan awal dipenuhi, yaitu total pergerakan yang dihasilkan model (t) harus sama dengan total pergerakan yang didapat dari hasil bangkitan pergerakan (T), terlihat juga total pergerakan yang menuju ke setiap zona asal selalu sama dengan total pergerakan (yang tertarik) yang dihasilkan oleh tahap bangkitan pergerakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Lokasi

3.1.1 Kecamatan Liukang Tupabbiring

Kecamatan Liukang Tupabbiring memiliki 9 desa/kelurahan pesisir diantaranya Mattiro Deceng, Mattiro Sompe, Mattiro Bone, Mattiro Dolangeng, Mattiro Langi, Mattiro Matae, Mattiro Ujung, Mattiro Adae dan Mattiro Bintang.



Jumlah penduduk sekecamatan Liukang Tapabbiring tahun 2018 sebanyak 19.259 jiwa dengan kepadatan tertinggi terdapat di Desa Mattiro Sompe yaitu 955 jiwa/km² yang merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terbesar di kecamatan tersebut dan juga merupakan ibukota kecamatan [6].

Di Kecamatan Liukang Tupabbiring sendiri pada tahun 2018 telah tercatat beberapa alat angkut menurut jenisnya seperti kapal motor sebanyak 229 buah, kapal tempel 564 buah, dan perahu tak bermotor sebanyak 307 buah.

3.1.2 Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara

Pada tahun 2018 jumlah penduduk Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara sebanyak 11.546 jiwa dengan kepadatan penduduk 156 jiwa/km², dimana kelurahan/desa terpadat adalah Kelurahan Mattiro Bulu. Mayoritas warganya berasal dari suku/etnis Bugis dan Makassar [6].

Di Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara sendiri pada tahun 2018 telah tercatat beberapa alat angkut menurut jenisnya seperti kapal motor sebanyak 340 buah, kapal tempel 615 buah, dan perahu tak bermotor sebanyak 126 buah. Selain dipakai untuk sarana transportasi antar pulau, perahu juga dipakai oleh para masyarakat untuk menangkap ikan dilaut. Oleh karena itu sarana transportasi (perahu) sangat dibutuhkan bagi masyarakat khususnya masyarakat kepulauan dalam melaksanakan aktifitas sehari-hari dan untuk memenuhi kebutuhan hidup.

3.1.3 Kecamatan Liukang Kalmas

Kecamatan Liukang Kalmas terdiri atas 7 desa/kelurahan yaitu Doang-Doangan Lompo, Dewakang, Marasende, Kanyurang, Kalu-Kalukuang, Sebaru, dan Pammas yang merupakan desa pantai dengan luas total 91,50 km² atau 11,29% dari luas Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Berbatasan dengan Kalimantan Selatan di sebelah utara, Kecamatan Liukang Tupabbiring di sebelah timur, Kecamatan Liukang Tangaya di sebelah Selatan dan Kecamatan Jawa Timur di sebelah barat.

Jumlah penduduk Kecamatan Liukang Kalmas pada tahun 2018 mencapai 13.753 jiwa yang terdiri atas 3.276 rumah tangga dengan kepadatan penduduk 150 jiwa per kilometer persegi. Kepadatan penduduk tertinggi terdapat di Kelurahan Pammas dengan kepadatan 280

jiwa/km². Dengan jumlah rumah tangga sebanyak 3.276 dari 13.624 penduduk, maka rata-rata satu rumah tangga dihuni oleh 4 anggota rumah tangga. Adapun suku/etnis mayoritas penduduk di Kecamatan Liukang Kalmas adalah berasal dari suku Mandar dan Bugis [7].

Selain itu masyarakat Kecamatan Liukang Kalmas sebagian besar merupakan nelayan penangkap telur ikan terbang dan pengrajin jarring telur ikan. Terdapat 96 unit kapal motor, 738 unit kapal tempel, dan 305 unit perahu tak bermotor yang sebagian besar digunakan untuk melakukan penangkapan ikan dan budidaya rumput laut.

3.1.4 Kecamatan Liukang Tangaya

Kecamatan Liukang Tangaya memiliki wilayah seluas 119,6 km² dan merupakan wilayah kepulauan dengan kurang lebih 50 pulau-pulau besar dan kecil terdiri dari 9 Desa/Kelurahan dan semuanya adalah wilayah pesisir yaitu Desa Sabalana, Balobaloang, Sabaru, Sapuka, Tampaang, Sailus, Satanger, Kapoposan Bali dan Poleonro. Desa Sabalana merupakan desa dengan jumlah pulau terbanyak yaitu 11 pulau dan merupakan desa dengan wilayah terluas.

Jumlah penduduk Kecamatan Liukang Tangaya tahun 2018 sebanyak 22.706 jiwa dengan kepadatan 189 jiwa/km². Desa dengan kepadatan tertinggi adalah Desa Sapuka 369 jiwa/km² mengingat desa tersebut merupakan ibukota kecamatan [8].

Sebagai kecamatan kepulauan, transportasi yang banyak digunakan warga adalah perahu bermotor yang digunakan untuk penyeberangan antar pulau dan untuk menangkap ikan. Tahun 2015 terdapat 466 buah kapal tempel dan 343 buah perahu tak bermotor.

3.2. Hasil Analisis Data

3.2.1 Potensi Pergerakan Muatan di Wilayah Kepulauan Pangkep

Pada dasarnya pergerakan muatan penumpang maupun barang dari dan menuju daratan Kabupaten Pangkep dipengaruhi oleh kebutuhan primer masyarakat yang bermukim di wilayah kepulauan. Pergerakan penumpang menuju daratan Kabupaten Pangkep bertujuan untuk berbelanja kebutuhan sehari-hari maupun untuk dijual di pulau. Sebaliknya, pergerakan



penumpang dari daratan Kabupaten Pangkep menuju wilayah kepulauan merupakan penumpang yang kembali setelah berbelanja kebutuhan dan penumpang yang ingin mengunjungi keluarga atau berliburan. Sementara untuk pergerakan barang menuju daratan Kabupaten Pangkep didominasi oleh hasil laut yang dibawa oleh masyarakat untuk dijual. Sebaliknya, pergerakan barang dari daratan Kabupaten Pangkep menuju wilayah kepulauan membawa barang-barang kebutuhan yang dibeli oleh masyarakat.

• Kecamatan Liukang Tupabbiring
Potensi pergerakan penumpang diperoleh dengan melakukan survey pada dua pulau yang merupakan hub pergerakan dalam wilayah ini yaitu Pulau Balang Caddi dan Pulau Balang Lompo. Berdasarkan hasil analisis Kategori, diperoleh bangkitan pergerakan pada kedua pulau tersebut. Untuk bangkitan pergerakan tiap pulau dalam wilayah administrative Kecamatan Liukang Tupabbiring dilakukan dengan pendekatan prosentasi jumlah penduduk dikarenakan keterbatasan waktu survey.

Tabel 1. Potensi bangkitan pergerakan tiap kelurahan di Kecamatan Liukang Tupabbiring

No	Desa / Kelurahan	Luas (Km ²)	Jarak Dari Ibukota Kecamatan (km)	Jarak Dari Ibukota Kabupaten (km)	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)	Potensi Pergerakan per bulan	Potensi Pergerakan per hari
1	Mattiro Deceng	9	15	23	629	3,379	375	702	23
2	Mattiro Sompe	4.99	1	20	965	4,768	955	991	33
3	Mattiro Bone	2.84	5	24	177	818	288	170	6
4	Mattiro Dolangeng	6	9	20	348	1,732	288	360	12
5	Mattiro Langi	5	15	35	588	2,850	570	592	20
6	Mattiro Matae	10	28	42	287	1,820	182	378	13
7	Mattiro Ujung	15	38	53	294	1,625	108	338	11
8	Mattiro Adae	4.16	5	19	258	1,377	331	286	10
9	Mattiro Bintang	3.01	5	21	1,072	890	320	185	6
Jumlah								4.003	133

Tabel 2. Potensi bangkitan pergerakan tiap pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentase Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan per Hari
1	Mattiro Deceng	3,379	- Badi	1,958	3,079	2,149	0.64	447	15
			- Pajenekang	1,121		1,230	0.36	256	9
2	Mattiro Sompe	4,768	- Balang Lompo	2,602	2,743	4,523	0.95	940	31
			- Balang Caddi	140		243	0.05	51	2
			- Panambungan	-		-	0.00	-	-
			- Langkadea	1		2	0.0004	0	0
3	Mattiro Bone	818	- Bonto Sua	1067	1067	818	1.00	170	6
4	Mattiro Dolangan	1,732	- Podang-Podang Lompo	867	1501	1,000	0.58	208	7
			- Podang-Podang Caddi	-		-	0.00	0	0
			- Lamputtang	391		451	0.26	94	3
			- Pala	241		278	0.16	58	2
			- Cengkeh	2		2	0.0013	0	0
5	Mattiro Langi	2,850	- Sarappo Lompo	1504	2428	1,765	0.62	367	12
			- Sarappo Keke	924		1,085	0.38	225	8



No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentase Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan per Hari
6	Mattiro Ujung	1,625	- Pandangan	658	1,119	956	0.59	199	7
			- Kapoposang	461		669	0.41	139	5
7	Mattiro adae	1,377	- Sanane	1,032	1,032	1,377	1.00	286	10
8	Mattiro Matae	1,820	- Gondong Bali	1,022	1,022	1,820	1.00	378	13
			- Saranti	-				0	
			- Tambakulu	-				0	
9	Mattiro Bintang	890						185	6
Jumlah								4,003	133

Dari Tabel 1 dan 2 terlihat bahwa potensi pergerakan terbesar terdapat di ibukota Kecamatan yaitu Desa Mattiro Sompe, dimana juga merupakan desa dengan jumlah penduduk terbesar dan tingkat kepadatan penduduk tertinggi. Sedangkan untuk potensi pergerakan tertinggi terdapat di Pulau Balang Lompo yang merupakan lokasi pusat administrative Kecamatan Liukang Tupabbiring.

- Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara
Potensi pergerakan penumpang diperoleh dengan melakukan survey pada pulau Sabutung yang merupakan hub pergerakan dalam wilayah ini. Berdasarkan hasil analisis Kategori, diperoleh bangkitan pergerakan pada kedua pulau tersebut. Untuk bangkitan pergerakan tiap pulau dalam wilayah administrasi Kecamatan Liukang Tupabbiring dilakukan dengan pendekatan prosentasi jumlah penduduk dikarenakan keterbatasan waktu survey.

Tabel 3. Potensi bangkitan pergerakan tiap kelurahan di Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara

No.	Desa / Kelurahan	Luas (km ²)	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Potensi Pergerakan per bulan	Potensi Pergerakan per hari
1	Mattiro Bulu	3	606	3,222	1,074	3,382	113
2	Mattiro Labangeng	4	179	802	201	842	28
3	Mattiro Uleng	5	387	1,755	351	1,842	61
4	Mattiro Kanja	4.72	338	1,353	287	1,420	47
5	Mattiro Baji	4.28	346	1,372	321	1,440	48
6	Mattiro Bombang	22	658	1,425	65	1,496	50
7	Mattiro Walie	31	402	1,617	52	1,697	57
						12,118	404

Tabel 4. Potensi bangkitan pergerakan tiap pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentase Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Hari
1	Mattiro Bulu	3,222	Karanrang	2,248	2,248	3,222	1.00	3,382	113
2	Mattiro Labangeng	802	Laiya	866	1,030	674	0.84	708	24
			Wali	164		128	0.16	134	4
3	Mattiro Uleng	1,755	Kulambing	100	938	187	0.11	196	7
			Bangko Bangkoang	838		1,568	0.89	1,269	42



No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentasi Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Hari	
4	Mattiro Kanja	1,353	Sabutung	1412	1412	1,353	1.00	1420	47	
5	Mattiro Baji	1,372	Satando	420	1271	453	0.33	476	16	
			Saugi	422		456	0.33	478	16	
			Camba-Cambayya	0		-	0.00	0	-	
			Sapuli	429		463	0.34	486	16	
6	Mattiro Bombang	1,425	Salemo	1,747	2,836	878	0.62	921	31	
			Sakuala	538		270	0.19	284	9	
			Sagara	375		188	0.13	198	7	
			Sabangko	176		88	0.06	93	3	
			Gusung	-		-	0.00	-	-	
			Torajae	-		-	0.00	-	-	
7	Mattiro Walie	1,617	Samatellu	1,376	1,901	1,170	0.72	1,228	41	
			Lompo							
			Samatellu Pe'dda	33		28	0.02	29	1	
			Sa,ateluu	139		118	0.07	124	4	
			Borong							
			Salebbo	353		300	0.19	315	11	
			Reang-Reang	-		-	0.00	-	-	
			Gusung							
			Banoang	-		-	0.00	-	-	
			Gusung Batu Luara	-		-	0.00	-	-	
Jumlah								11.741	391	

• Kecamatan Liukang Kalmas

Potensi pergerakan penumpang diperoleh dengan melakukan survey pada ibukota

kecamatan yaitu di Kelurahan Kalu-kalukuang yang merupakan hub pergerakan dalam wilayah ini dengan jumlah responden 101 kepala keluarga.

Tabel 5. Potensi bangkitan pergerakan tiap kelurahan di Kecamatan Liukang Kalmas

No.	Desa / Kelurahan	Luas (km ²)	Jarak ke Ibukota Kecamatan (km)	Jarak ke Ibukota Kabupaten (km)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Potensi Pergerakan per bulan	Potensi Pergerakan per hari
1	Doang-doangan	10.9	27	180	749	69	660	22
2	Dewakkang	10.9	99	97	2,058	189	1,814	60
3	Marasende	12.4	42	130	984	79	868	29
4	Kanyurang	10.9	24	182	2,573	236	2,268	76
5	Kalukulukuang	23.4	-	208	2,794	119	2,463	82
6	Sabaru	11.4	83	290	1,350	118	1,190	40
7	Pammas	11.6	85	293	3,245	280	2,861	95
Jumlah							12,125	404



Tabel 6. Potensi bangkitan pergerakan tiap pulau di Kecamatan Liukang Kalmas

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentase Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Hari
1	Doang-doangan	749	Doang-doangan Lompo	639	1.278	375	0,50	330	11
			Bangko-Bangkoang	639		375	0,50	330	11
			Togo-togo I Togo-togo II				0,00 0,00		
2	Dewakkang	2,058	Dewakkang Lompo	1,112	1.495	1.531	0,74	1.350	45
			Dewakkang Caddi	300		413	0,20	364	12
			Bangkauluang	83		114	0,06	101	3
3	Marasende	984	Marasende	929	929	984	1,00	868	29
4	Kanyurang	2.573	Bangko-Bangkoang	909	1.898	1.232	0,48	1.086	36
			Batung-butungan	303		411	0,16	362	12
			Kanyurang Caddi	686		930	0,36	820	27
5	Kalukalukuang	2.794	Kalukalukuang	2058	2.058	2.794	1,00	2.463	82
6	Sabaru	1.350	Sabaru	891	891	1.350	1,00	1.190	40
			Pamolikang				0,00		
7	Pammas	3.245	Masalima	2,719	4.778	1.847	0,57	1.628	54
			Saliriang	561		381	0,12	336	11
			Pammantauang	1.498		1.017	0,31	897	30
							Jumlah	12.125	404

Struktur rumah tangga penduduk di wilayah kepulauan ini sebagian besar antara 4 -6 orang selebihnya hanya terdiri dari 3 orang, dimana sebagian besar anggota keluarga berumur 15 – 59 tahun, Penghasilan rata-rata penduduk kepulauan Liukang Kalmas berkisar antara 1 – 3 juta rupiah per bulan dengan tingkat pengeluaran 1 – 2 juta per bulan. Dimana penghasil keluarga sebagian besar dihabiskan untuk pemenuhan kebutuhan harian dan untuk biaya sekolah.

• Kecamatan Liukang Tangayya

Potensi pergerakan penumpang diperoleh dengan melakukan survey pada pulau Sailus dan Sapuka yang merupakan hub pergerakan dalam wilayah ini. Berdasarkan hasil analisis Kategori, diperoleh bangkitan pergerakan pada kedua pulau tersebut. Untuk bangkitan pergerakan tiap pulau dalam wilayah administratif Kecamatan Liukang Tangayya dilakukan dengan pendekatan prosentasi jumlah penduduk dikarenakan keterbatasan waktu survey.

Tabel 7. Potensi bangkitan pergerakan tiap kelurahan di Kecamatan Liukang Tangayya

No.	Desa / Kelurahan	Luas (km ²)	Jarak ke Ibukota Kecamatan (km)	Jarak ke Ibukota Kabupaten (km)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Potensi Pergerakan per bulan	Potensi Pergerakan per hari
1	Sabalana	20.4	174	291	4,978	244	1,626	54
2	Balo-Baloang	13.2	113	244	3,537	267	1,156	39
3	Sabaru	10.5	111	243	955	94	312	10
4	Sapuka	14.2	-	302	5,247	369	1,714	57
5	Tampaang	11.6	54	363	1,377	118	450	15
6	Sailus	14.37	96	463	3,367	233	1,100	37
7	Satanger	17.5	113	574	1,366	78	446	15
8	Kapoposan Bali	10.4	132	594	888	85	290	10
9	Paleonro	7.83	100	500	991	127	324	11
							7,419	247



Tabel 8. Potensi bangkitan pergerakan tiap pulau di Kecamatan Liukang Tangayya

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk 2018	Pulau	Jumlah Penduduk Pulau	Jumlah Penduduk	Perkiraan Jumlah Penduduk Pulau 2018	Persentase Penduduk Pulau	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Bulan	Potensi Bangkitan Pergerakan Per Hari
1	Sabalana	4,978	Sabalana	393	2,251	869	0.17	284	9
			Matalaang	1,019		2,253	0.45	736	25
			Sanane	374		827	0.17	270	9
			Makarangana	168		372	0.07	121	4
			Lilikang	161		356	0.07	116	4
			Laiya	135		299	0.06	98	3
			Gusung Bassi	-		-	0.00	-	-
			Meong	-		-	0.00	-	-
			Sarabu	-		-	0.00	-	-
			Banuaia	1		2	0.0004	1	0
Santigian	-	-	0.00	-	-				
2	BaloBaloang	3,537	BaloBaloang	591	2,379	879	0.25	287	10
			Lompo	-		-	-	-	-
			BaloBaloang	90		134	0.04	44	1
			Caddi	-		-	-	-	-
			Sumanga	662		984	0.28	322	11
			Sanipa	229		340	0.10	111	4
			Pelokan	379		563	0.16	184	6
			Langkoitang	428		636	0.18	208	7
			Saregge	-		-	0.00	-	-
			Manukang	-		-	0.00	-	-
			Sadolangan	-		-	0.00	-	-
			Pelokang Kecil	-		-	0.00	-	-
			BangkoBangkoang	-		-	0.00	-	-
3	Sabaru	955	Sabaru	750	750	955	1.00	312	10
			Jailamo	-		-	0.00	-	-
4	Sapuka	5,247	Sapuka	1769	2588	3,587	0.68	1,172	39
			Tinggalungan	250		507	0.10	166	6
			Kembang Lemari	569		1,154	0.22	377	13
			Sapuka Kecil	-		-	0.00	-	-
			Sambar Jaga	-		-	0.00	-	-
			Sambar Gitang	-		-	0.00	-	-
			Sambar Galang	-		-	0.00	-	-
			Caka-Cakalang	-		-	0.00	-	-
			Lamu-Lamuruang	-		-	0.00	-	-
			Sarassang	-		-	0.00	-	-
			Sarassang Kecil	-		-	0.00	-	-
			Karang Koko	-		-	0.00	-	-
			5	Tampaang		1,377	Tampaang	222	1010
Aloang	328	447			0.32		146	5	
Kawassang	214	292			0.21		95	3	
Sapinggang	246	335			0.24		110	4	
Boko	-	-			0.00		-	-	
Pandangan	-	-			0.00		-	-	
Satunggul	-	-	0.00	-	-				
6	Sailus	3,367	Sailus Besar	1,417	2,758	1,730	0.51	565	19
			Sailus Kecil	600		732	0.22	239	8
			Makaranganan	417		509	0.15	166	6
			Marabatuan	324		396	0.12	129	4
			Saujung	-		-	0.00	-	-
7	Satanger	1,366	Satanger	839	839	1,366	1.00	446	15
8	Kapoposang Bali	888	Kapoposang Bali	642	642	888	1.00	290	10
			Karangan Dondo	-		-	0.00	-	-
			Sedapur	-		-	0.00	-	-
			Sakonci	-		-	0.00	-	-
			Sarimpo	-		-	0.00	-	-
9	Paleonro	991	-	-	991	1.00	324	10	
							Jumlah	7,419	246



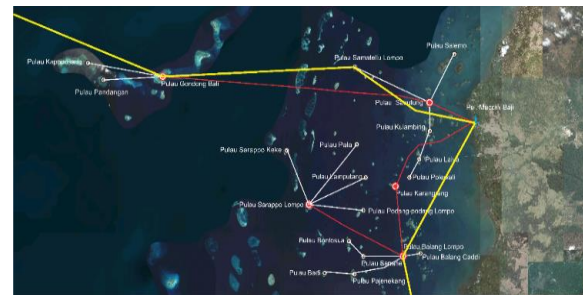
3.2.2 Model Jaringan Transportasi Gugus Pulau Kabupaten Pangkajene Kepulauan

Dari hasil analisis data bangkitan pergerakan di atas, teridentifikasi pulau-pulau yang memiliki potensi untuk dijadikan hub pada masing-masing gugus pulau, yaitu :

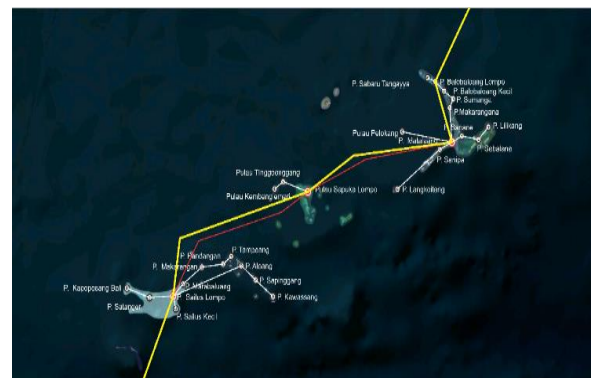
- Pada gugus pulau Liukang Tupabbiring adalah pulau Balang Lompo dan pulau Sarappo Lompo;
 - Pada gugus pulau Liukang Tupabbiring Utara adalah pulau Gondong Bali dan pulau Sabutung;
 - Pada gugus pulau Liukang Tangayya adalah pulau Matalaang, pulau Sapuka Lompo, dan pulau Sailus;
 - Pada gugus pulau Liukang Kalmas adalah pulau Dewakang Lompo, pulau Kalukulukuang, dan pulau Pamantawang;
- Adapun konektivitas jaringan-jaringan feeder dan pulau-pulau yang dijadikan hub adalah sebagai berikut :

- Gugus pulau Liukang Tupabbiring :
 - Pulau Balang Caddi – Pulau Balang Lompo
 - Pulau Bontosua – Pulau Sanane – Pulau Balang Lompo
 - Pulau Badi – Pulau Pajenekang - Pulau Balang Lompo
 - Pulau Sarappo Keke – Pulau Sarappo Lompo
 - Pulau Pala - Pulau Sarappo Lompo
 - Pulau Lamputang - Pulau Sarappo Lompo
 - Pulau Podang-podang Lompo - Pulau Sarappo Lompo
- Gugus pulau Liukang Tupabbiring Utara :
 - Pulau Kapoposang – Pulau Gondong Bali
 - Pulau Pandangan – Pulau Gondong Bali
 - Pulau Samatelu Lompo – Pulau Sabutung
 - Pulau Salemo – Pulau Sabutung
 - Pulau Polewali – Pulau Laiya – Pulau Kulambing – Pulau Sabutung
- Gugus pulau Liukang Tangayya :
 - Pulau Sabaru Tangayya – Pulau Balobaloang Lompo – Pulau Balobaloang Kecil – Pulau Sumanga - Pulau Makaragana – Pulau Matalaang
 - Pulau Lilikang – Pulau Sabalana – Pulau Sanane – Pulau Matalaang
 - Pulau Pelokang – Pulau Matalaang

- Pulau Langkotang – Pulau Sanipa – Pulau Matalaang
- Pulau Kambang Lemari – Pulau Tinggalungan – Pulau Sapuka Lompo
- Pulau Kapoposang Bali – Pulau Satanger – Pulau Sailus Lompo
- Pulau Sailus Kecil – Pulau Sailus Lompo
- Pulau Tampaang – Pulau Pandangan – Pulau Makaragan – Pulau Marabatuang – Pulau Sailus Lompo
- Pulau Kawasang – Pulau Sapinggan – Pulau Aloang – Pulau Sailus Lompo
- Gugus pulau Liukang Kalmas :
 - Pulau Bangkaluang – Pulau Dewakang Lompo
 - Pulau Dewakkang Caddi – Pulau Dewakang Lompo
 - Pulau Marsende – Pulau bangko-bangkoang – Pulau Kalukulukuang
 - Pulau Kanyurang – Pulau Kalukulukuang
 - Pulau Sabaru – Pulau Masalima – Pulau Salirang – Pulau Pamantawang
 - Pulau Pamolikang – Pulau Pamantawang



Gambar 1. Jaringan trayek angkutan laut gugus Liukang Tupabbiring dan Liukang Tupabbiring Utara



Gambar 2. Jaringan trayek angkutan laut gugus Liukang Tangayya



Gambar 3. Jaringan trayek angkutan laut gugus Liukang Kalmas

4. Kesimpulan

- Potensi bangkitan pergerakan penumpang di wilayah kepulauan sangat tinggi, namun ketersediaan jaringan dan pelayanan transportasi masih rendah;
- Penentuan hub pada masing-masing gugus pulau berdasarkan identifikasi potensi dan kondisi administratif (ibukota kecamatan), serta mempertimbangkan pulau-pulau yang

masuk dalam Rencana Induk Pelabuhan Nasional;

- Sementara untuk hubungan masing-masing feeder ditentukan berdasarkan ukuran jarak dari/ke masing-masing hub.

Referensi

- [1] <http://pangkepkab.go.id/index.php>.
- [2] Nasution, H. M. N., 1996. *Manajemen Transportasi*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- [3] Nasution, H. M. N., 2003. *Metode Research*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- [4] Nasution, H. M. N., 2004. *Metode Research: Penelitian Ilmiah*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- [5] Tamin Ofyar, Z. 2000. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*. Bandung, Indonesia. Penerbit ITB.
- [6] BPS. 2019. *Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan Dalam Angka 2019*. Badan Pusat Statistik Pangkajene dan Kepulauan.
- [7] BPS. 2018. *Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan Dalam Angka 2018*. Badan Pusat Statistik Pangkajene dan Kepulauan.
- [8] BPS. 2017. *Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan Dalam Angka 2018*. Badan Pusat Statistik Pangkajene dan Kepulauan.