



Hak cipta© 2018, Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT)
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

ISSN 1411-6243

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 : <http://cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe>



Staf Redaksi

- Penanggungjawab : Dekan Fakultas Teknik, UNHAS
Dr.-Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME
- Pengarah : Wakil Dekan Bidang Perencanaan, Keuangan, dan Sumber Daya
Dr.Eng. Nasruddin Junus, ST., MT

Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni
Daeng Paroka, S.T., M.T., Ph.D
- Pemimpin Umum : Wakil Dekan Bidang Akademik dan Pengembangan
Dr. Ir. Muhammad Ramli, MT
- Pemimpin Redaksi : Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng
- Dewan Redaksi : Prof. Dr. H. Hammada Abbas
Prof. Dr. Ir. M. Ramli Rahim, M.Eng
Prof. Dr.-Ing. Ir. Herman Parung
Prof. Dr.rer.nat. Ir. Imran Umar
Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MS.EE
Dr. Ir. Dipl.-Ing. Ganding Sitepu
- Redaktur Pelaksana : Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
Dr.Eng. Mukti Ali, ST., MT
Ir. Zaenab Muslimin, MT
Dr. Merna Baharuddin, ST., M.TelEng
Wahyuddin, ST., MT
Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D
Dr.Eng. Adi Maulana, ST., M.Phil
Abdul Mufti Radja, ST., MT., Ph.D
- Staf Kesekretariatan : Badillah, SE., M.Si
Jumadil, ST., MM.
Dirham Abdillah
Juliana Palambean
Nur Fitriani Seilah



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 Mitsuo	Ehime University, Japan
Prof. Satrio S. Brodjonegoro	ITB, Indonesia



Kata Pengantar Redaksi

Assalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh
Salam Hormat,

Tim redaksi Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE) kembali mengucapkan syukur dan kegembiraan atas terbitnya JPE Volume 22 Nomor 1, edisi bulan Mei 2018. Edisi pembuka di tahun 2018 ini berisi 15 (lima belas) makalah yang membahas berbagai macam topik penelitian dan permasalahan yang menarik dan mutakhir dalam bidang ilmu rekayasa. Untuk menjamin kualitas dari setiap makalah, maka review baik dari segi konten maupun dari segi format telah dilakukan oleh tim redaksi dengan bantuan beberapa reviewer (mitra bestari).

Dari 15 makalah yang terbit kali ini, 6 (enam) makalah membahas masalah bidang perkapalan dan kepelabuhanan antara lain tentang masalah struktur kapal Ferry Ro-Ro, kekuatan batas lambung kapal, keselamatan pelayaran di daerah Kalimantan Utara, perbandingan biaya pengangkutan berbagai jenis moda transportasi di Sulawesi Selatan, kapasitas optimal lapangan penumpukan pelabuhan Parepare, dan pengaruh dwelling time terhadap biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar. Selain itu, 4 (empat) makalah melakukan analisa dan studi dalam bidang informatika yang antara lain membahas tentang pemanfaatan *realtime database* pada aplikasi *e-tourism* kabupaten Nabire, *image engagement* aplikasi malaria, *e-learning automated essay scoring system*, dan seleksi fitur pada klasifikasi abstrak jurnal.

Selanjutnya, masing-masing 2 (dua) makalah dalam bidang teknik elektro dan perencanaan wilayah kota. Makalah-makalah yang berhubungan dengan bidang teknik elektro membahas tentang kestabilan sistem Sulselbar dan gangguan tiga fasa seimbang pada sistem interkoneksi Sulbagsel. Sedangkan makalah-makalah yang berhubungan dengan teknik perencanaan wilayah kota membahas tentang kenyamanan taman di kawasan wisata tepian sungai Pangkajene dan kenyamanan audial pada ruang auditorium menara Pinisi UNM. Makalah terakhir melakukan analisa perubahan waktu pengeringan terhadap variasi tinggi cerobong.

Semoga hasil-hasil riset inovatif yang terbit di edisi kali dapat bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi serta umat manusia. Terima kasih kami ucapkan kepada para penulis yang berkontribusi untuk periode penerbitan Edisi Bulan Mei 2018 ini dan juga semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan jurnal edisi ini.

Salam Hangat

TIM REDAKSI



DAFTAR ISI

Kata Pengantar Redaksi	iv
Daftar Isi	v
Analisis Perubahan Waktu Pengeringan terhadap Variasi Tinggi Cerobong <i>Muhammad Syafrun, Syukri Himran, Wahyu Haryadi Piarah</i>	1
Asesmen Kenyamanan Taman pada Ruang Terbuka Publik di Kawasan Wisata Tepian Sungai Pangkajene <i>Syarifah Fatma Sari Burhanuddin, Slamet Tri Sutomo, Mufti Radja</i>	9
Analisis Jarak Gading dan Kekuatan Batas Struktur Kapal Ferry Ro-Ro <i>Amalia Ika Wulandari, Ganding Sitepu, Muhammad Zubair Muis Alie</i>	15
Pemanfaatan <i>Realtime Database</i> di Platform <i>Firestore</i> pada Aplikasi <i>E-Tourism</i> Kabupaten Nabire <i>Edwin Adrin Wihelmus Sanadi, Andani Achmad, Dewiani</i>	20
Analisis Kestabilan Sistem Suselbar Akibat Dinamik Load Menggunakan Metode <i>Operation Rescheduling</i> <i>Indar Chaerah Gunadin, Zaenab, Muhammad Jibril Agung, Anwarriska Apriana, Agus Siswanto</i>	27
Pengaruh <i>Image Engagement</i> pada Aplikasi Parasit Malaria <i>Muhammad Irsan Sabir, Muhammad Niswar, Indrabayu</i>	34
<i>E-learning Automated Essay Scoring System</i> Menggunakan Metode <i>Searching Text Similarity Matching Text</i> <i>Rahmat Ahmad, Wardi, Dewiani</i>	38
Optimasi Seleksi Fitur dengan Teknik Reduksi Dimensi pada Klasifikasi Abstrak Jurnal <i>Syukriyanto Latif, Indrabayu, Intan Sari Areni</i>	44
Analisis <i>Reverberation Time</i> Terhadap Kenyamanan Audial pada Ruang Auditorium Menara Pinisi UNM <i>Zainatun, Muhammad Ramli Rahim, Asniawaty Kusno</i>	49
Kekuatan Batas Lambung Kapal dalam Menahan Momen Lentur Vertikal <i>Azhar Aras Mubarak, Ganding Sitepu, Muhammad Zubair Muis Alie</i>	57
Analisis Keselamatan Pelayaran di Area Terminal Khusus Kayu Hutan Tanaman Industri Sungai Sesayap Sepala Dalung Kalimantan Utara <i>Muhammad Isradi Zainal, Mislich Idrus, Sabaruddin Rahman</i>	63
Analisis Perbandingan Biaya Pengangkutan Peti Kemas Menggunakan Moda Truk, Kereta Api dan Kapal Provinsi Sulawesi Selatan <i>Rifkah Fitriah, Mislich Idrus, Andi Sitti Chairunnisa</i>	71



Analisa Kapasitas Optimal Lapangan Penumpukan di Pangkalan Lontangnge Pelabuhan Parepare <i>Anugrah Amaliah, Syarifuddin Dewa, Mislihah Idrus</i>	77
Analisis Gangguan Tiga Fasa Seimbang Menggunakan Pendekatan Metode <i>Radial Equivalent Independent DIMO</i> pada Sistem Interkoneksi Sulbagsel <i>Andi Nurtrimarini Karim, Sri Mawar Said, Indar Chaerah Gunadin</i>	82
Model Pengaruh <i>Dwelling Time</i> Terhadap Biaya Logistik di Terminal Petikemas Makassar <i>Milwan Kamil, Mislihah Idrus, Syarifuddin Dewa</i>	90



Analisis Perubahan Waktu Pengeringan Terhadap Variasi Tinggi Cerobong

Muhammad Syafrun^{*1}, Syukri Himran¹, Wahyu Haryadi Piarah¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

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

*Email : muh_safrun@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.01

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi alat pengering gabah dengan menggunakan cerobong dan kipas sebagai pengisap udara dari kolektor ke ruang pengering. Penelitian ini dilakukan di Pusat Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia. Metode yang digunakan adalah dengan membuat sebuah alat pengering dengan seng plat 0,2 mm sebagai kolektor dengan menggunakan udara panas dan tenaga matahari sebagai media pengering. Alat ini diharapkan dapat mengeringkan gabah dengan cepat dan tingkat kekeringan (kandungan air) yang merata. Pada penelitian ini dilakukan 5 variasi tinggi cerobong yaitu 20 cm, 50 cm, 80 cm, 110 cm dan 140 cm dengan ketebalan gabah yaitu 7 cm, 5 cm, dan 3 cm. Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan efisiensi dari alat pengering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar air gabah panen dari 24,6% menjadi kadar air giling 13,6% – 13,85% adalah 4 jam – 6,5 jam dengan efisiensi 34,323 % untuk tebal gabah 7 cm, 31,480% tebal gabah 5 cm dan 30,122 tebal gabah 3 cm pada ketinggian cerobong 80 cm.

Abstract

Analysis of Changes in Drying Time against High Chimney Variations. This study aims to find out the efficiency of grain dryers using a chimney and a fan as suction air from the collector into the drying chamber. The research was conducted at the Central of Laboratory Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Muslim Indonesia, Makassar. A dryer was made from a zinc plate of 0.2 mm as collector by using a hot-air and solar energy as a drying medium. It was expected that this tool can dry grain quickly with evenly distributed drying level or water content. There were five variations of the Chimney : 20 cm, 50 cm, 80 cm, 110 cm and 140 cm with the grain thickness of 7 cm, 5 cm and 3 cm. The data were then analyzed to obtain the efficiency of the dryer. The results reveal that the time required to lower the water content of the harvest grain from 24.6% to 13.6% - 13.85% of milled moisture was 4 hours - 6.5 hours with an efficiency of 34,232 % for grain thicknes 7 cm, 31,480 % for grain thicknes 5 cm and 30,122 for grain thicknes 3 cm at 80 cm chimney height.

Kata Kunci : Efisiensi, gabah, kadar air, kolektor, pengeringan, variasi cerobong

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi pascapanen di Indonesia menuntut tersedianya bahan baku yang bermutu tinggi untuk industri pengolahan hasil pertanian. Produk-produk pertanian yang berbentuk butiran, seperti: jagung, padi, kacang-kacangan, kopi, dan lain-lain memerlukan perhatian yang lebih serius, terutama pada proses pengawetan. Proses pengeringan memegang peranan penting dalam pengawetan suatu bahan. Proses pengeringan juga membantu mempermudah penyimpanan produk pertanian dalam rangka pendistribusian baik dalam skala domestik maupun ekspor. Proses

pengeringan butiran bertujuan untuk mengurangi kandungan airnya sampai batas-batas tertentu, agar tidak terjadi kerusakan akibat aktivitas metabolisme oleh mikro organisme [1].

Proses pengeringan hasil-hasil pertanian khususnya gabah yang dilakukan oleh para petani di Indonesia, umumnya masih memanfaatkan tenaga matahari sebagai tenaga pengeringnya dimana pengeringan masih dilakukan dengan cara yang relatif sederhana, yaitu dengan dipanaskan pada terik matahari atau dijemur. Hal ini kurang efisien karena memerlukan waktu sehari-hari dan tempat yang luas. Oleh sebab itu dengan



pertumbuhan teknologi pada jaman sekarang ini yang didominasi alat yang serba modern dan proses pengoperasiannya yang sedemikian teraturnya diperlukan mesin yang menunjang proses pengeringan gabah untuk dapat meningkatkan kualitas dari makanan pokok di Indonesia tersebut, karena dengan pengeringan yang baik gabah menjadi tidak cepat rusak dan kandungan mineralnya tetap terjaga. Bila gabah tersebut tidak berhasil dikeringkan sampai kandungan air tertentu, maka gabah tersebut akan berkecambah atau bahkan membusuk karena aktivitas metabolisme oleh mikroorganisme. Tentu saja, hal ini akan mengurangi mutu dari gabah tersebut.

Sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut, maka perlu dilakukan kajian untuk membuat suatu alat pengering yang dapat membantu para petani dalam mengeringkan hasil pertanian, khususnya gabah. Alat pengering yang akan dikaji karakteristik pengeringannya adalah alat pengering kabinet (*tray dryer*) yang menggunakan udara panas dengan tenaga matahari sebagai media pengering. Udara panas dalam ruang pengering akan menyerap kadar air gabah kemudian dikeluarkan melalui cerobong udara. Alat tersebut, diharapkan dapat mengeringkan hasil gabah dengan tingkat kekeringan (kandungan air) pada bahan yang merata. Selain itu, penggunaan alat pengering tersebut juga diharapkan dapat memaksimalkan energi dari sinar matahari dimana energi matahari ini merupakan salah satu energi terbarukan [2].

Merancang dan membuat alat pengering gabah dengan kolektor sekunder sesudah alat pengering dengan seng plat gabah 0,2 mm sebagai penyerap dengan menggunakan tenaga matahari untuk memanaskan udara sebagai media pengering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar air gabah panen dari 24,75% menjadi kadar air gabah kering giling 13,43% – 13,82% adalah 3 jam – 5,5 jam dengan efisiensi 9,88% - 44,96% untuk alat yang menggunakan kolektor sekunder dan 4 jam – 6,5 jam dengan efisiensi 8,65% - 33,72% pada alat tanpa menggunakan kolektor sekunder [3].

Dengan penemuan alat pengering gabah, dalam ilmu pengetahuan dan teknologi dapat

memberikan andil yang cukup berarti bagi perkembangan dunia usaha dan industri. Manfaat lain yang dapat diperoleh petani adalah kerusakan gabah karena proses pengeringan yang tidak sempurna dapat dikurangi, dan petani dapat menikmati harga gabah/beras yang lebih baik.

2. Landasan Teori

2.1. Teori Pengeringan

Bahasa ilmiah pengeringan adalah penghidratan, yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan. Proses pengeringan atau penghidratan berlaku apabila bahan yang dikeringkan kehilangan sebahagian atau keseluruhan air yang dikandungnya. Proses utama yang terjadi pada proses pengeringan adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan menguap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut. Panas ini dapat diberikan melalui berbagai sumber, seperti kayu api, minyak dan gas, arang, batu bara ataupun tenaga surya.

Pengeringan juga dapat berlangsung dengan cara lain yaitu dengan memecahkan ikatan molekul-molekul air yang terdapat di dalam bahan. Apabila ikatan molekul-molekul air yang terdiri dari unsur dasar oksigen dan hidrogen dipecahkan, maka molekul tersebut akan keluar dari bahan. Akibatnya bahan tersebut akan kehilangan air yang dikandungnya.

Cara ini juga disebut pengeringan atau penghidratan. Untuk memecahkan ikatan oksigen dan hidrogen ini, bisaanya digunakan gelombang mikro. Gelombang mikro merambat dengan frekuensi yang tinggi. Apabila gelombang mikro disesuaikan setara dengan getaran molekul-molekul air maka akan terjadi resonansi yaitu ikatan molekul-molekul oksigen dan hidrogen digetarkan dengan kuat pada frekuensi gelombang mikro yang diberikan sehingga ikatannya pecah.

Dalam sektor pertanian sistem pengeringan yang umum digunakan adalah tenaga surya. Pada sistem tenaga surya ini, bahan diexpose ke sinar surya secara langsung maupun tidak langsung. Uap air yang terjadi dipindahkan dari tempat pengeringan melalui aliran udara. Proses aliran udara ini terjadi karena terdapat perbedaan



tekanan. Perbedaan tekanan udara ini dapat terjadi secara konveksi bebas maupun konveksi paksa. Konveksi bebas terjadi tanpa bantuan luar, yaitu pengaliran udara hanya bergantung pada perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perbedaan densitas udara, sedangkan pada konveksi secara paksa digunakan kipas untuk memaksa gerakan udara.

Pada sistem pengeringan yang bersumberkan tenaga minyak, bahan yang akan dikeringkan diletakkan di dalam suatu ketel tertutup. Udara panas hasil pembakaran minyak dialirkan mengenai permukaan bahan tersebut. Akhir-akhir ini, cara tersebut di atas juga digunakan dalam teknologi tenaga surya. Udara yang dipanaskan oleh pengumpul surya digunakan untuk menguapkan air pada bahan.

Udara merupakan medium yang sangat penting dalam proses pengeringan, untuk menghantar panas kepada bahan yang hendak dikeringkan, karena udara satu-satunya medium yang sangat mudah diperoleh dan tidak memerlukan biaya operasional.

2.2. Pengeringan Gabah

Pengeringan Gabah adalah proses menurunkan kadar air gabah dari kadar air panen 22%-26% menjadi gabah kering giling kadar air 12% - 14% dengan bantuan alat pengering [4].

Gabah memiliki 2 (dua) komponen utama yaitu air dan bahan kering. Banyaknya air yang dikandung dalam gabah disebut kadar air dan dinyatakan dengan persen (%). Pengeringan dilakukan karena kadar air gabah panen umumnya masih tinggi yaitu 22% - 26% tergantung cuaca pada saat pemanenan. Pengeringan gabah adalah suatu perlakuan yang bertujuan menurunkan kadar air sehingga gabah dapat disimpan lama, daya kecambah dapat dipertahankan, mutu gabah dapat dijaga tetap baik (tidak kering, tidak berkecambah dan tidak berjamur), memudahkan proses penggilingan dan untuk meningkatkan randemen serta menghasilkan beras gilingan yang baik [5].

Pengeringan harus sesegera mungkin dimulai sejak saat dipanen. Apabila pengeringan tidak dapat dilangsungkan, maka usahakan agar gabah yang masih basah tidak ditumpuk tetapi ditekankan untuk menghidarkan dari kemungkinan

terjadinya proses fermentasi. Pengeringan akan semakin cepat apabila ada pemanasan, perluasan permukaan gabah padi dan aliran udara. Adapun tujuan pengeringan disamping untuk menekan biaya transportasi juga untuk menurunkan kadar air dari 22-26% menjadi 14%, agar dapat disimpan lebih lama serta menghasilkan beras yang berkualitas baik. Proses pengeringan gabah sebaiknya dilakukan secara merata, perlahan-lahan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Pengeringan yang kurang merata, akan menyebabkan timbulnya retak-retak pada gabah dan sebaliknya gabah yang terlalu kering akan mudah pecah tatkala digiling. Sedangkan dalam kondisi yang masih terlalu basah disamping sulit untuk digiling juga kurang baik ditinjau dan segi penyimpanannya karena akan gampang terserang hama gudang, cendawan dan jamur.

Alat pengering gabah merupakan suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen alat yang dapat mengeringkan gabah hasil panen tanpa menjemur secara langsung di bawah sinar matahari. Alat pengering tersebut mempunyai beberapa keuntungan diantaranya terjamin kebersihan dan kualitas bahan yang dikeringkan.

2.3. Metode Pengeringan

2.3.1 Pengeringan Alami

Pengeringan alami dengan menjemur atau mengangin-anginkan, yang dilakukan antara lain dengan cara pengeringan di atas lantai (lamporan), pengeringan di atas rak, pengeringan dengan ikatan-ikatan ditumpuk, pengeringan dengan ikatan-ikatan yang diberdirikan dan pengeringan dengan memakai tonggak.

Penjemuran gabah pada lantai jemur (lamporan) adalah cara pengeringan gabah secara alami yang praktis, murah, sederhana dan umum digunakan oleh para petani. Energi untuk penguapan diperoleh dari angin dan sinar matahari. Lamporan harus bersih agar gabah padi yang dikeringkan tidak kotor. Lamporan haruslah memenuhi berbagai syarat antara lain tidak menimbulkan panas yang terlalu tinggi, mudah dibersihkan dan dikeringkan, tidak basah sewaktu digunakan, dan tidak berlubang-lubang. Lamporan pada umumnya dibuat dari semen,



permukaannya agak miring dan bergelombang dengan maksud agar air tidak menggenang, mudah dikeringkan dan permukaannya menjadi lebih luas. Cara penjemuran gabah dihamparkan di lamporan setipis mungkin, namun untuk efisiensi dan mengurangi pengaruh lantai semen yang terlalu panas maka tebal lapisan dianjurkan sekitar 5 - 7 cm. Padi harus sering dibolak-balik secara merata minimal 2 jam sekali. Pengeringan padi dapat dilakukan selama $\pm 1 - 3$ hari tergantung dari cuaca (mendung atau terik matahari). Penjemuran sebaiknya dilakukan di tempat yang bebas menerima sinar matahari, bebas banjir dan bebas dari gangguan unggas dan binatang pengganggu lainnya, penjemuran sebaiknya dilakukan dari pukul 07.00 - 16.00 atau tergantung pada intensitas panas sinar matahari.

2.3.2. Pengeringan Buatan

Pengeringan buatan mempunyai kelebihan dibanding pengeringan alami yaitu waktu penjemuran yang lebih singkat dan gabah yang dijemur lebih bersih dan terlindung dari debu, hujan dan lain-lain. Pengering buatan bermacam-macam, ada yang menggunakan listrik, matahari, bahan bakar sekam dan lain-lain.

Pengeringan buatan dapat menggunakan udara dipanaskan. Udara yang dipanaskan tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan alat penghembus fan. Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis (pengeringan buatan) yang menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol.

Pengeringan mekanis ini memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat, memanaskan bahan, menguapkan air bahan serta menggerakkan udara. Alat pengering buatan pada umumnya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (*heater*) serta alat-alat kontrol. Sebagai sumber tenaga untuk mengalirkan udara penggerak dapat digunakan motor bakar atau motor listrik. Untuk alat pengering dengan unit pemanas, beberapa macam sumber energi panas

yang bisaanya dipakai adalah gas, minyak bumi, batubara atau elemen pemanas listrik.

2.3.3. Penentuan Kadar Air Gabah

Kandungan air suatu bahan dapat dinyatakan dalam *wet basis* (basis basah) atau *dry basis* (basis kering). Kandungan kelembaban dalam wet basis menyatakan perbandingan massa air dalam bahan dengan massa total bahan. Persentase kadar air M dari sampel bahan berdasarkan basis basah sesuai dengan persamaan [4]:

$$M = \left(\frac{w-d}{w} \right) 100\% \quad (1)$$

Untuk w adalah massa sampel basah (kg) dan d adalah massa sampel kering (kg). Dalam pengujian ini, prosentase kadar air ditentukan dengan menggunakan alat pengetes kadar air.

2.3.4. Udara dan Uap Air

Jumlah uap air dalam udara ditentukan oleh tekanan uap airnya, sedangkan tekanan uap air jenuh bergantung pada temperatur dan tidak bergantung pada jumlah udara di dalam ruangan. Perbandingan antara tekanan uap air di dalam udara p_v dan tekanan uap air jenuh p_s pada temperatur yang sama disebut kelembaban relatif ϕ yang dinyatakan dalam relasi [6]:

$$\phi = \left(\frac{p_v}{p_s} \right) (\%) \quad (2)$$

Kelembaban absolut (rasio kelembaban) ω udara yang mengandung uap air adalah perbandingan antara massa uap air m_v dan massa udara kering m_d dalam volume yang sama [6]:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{m_w}{m_d} \\ &= 0.622 \phi \frac{p_s}{p_d} \text{ (kg air / kg udara kering)} \quad (3) \end{aligned}$$

2.3.5. Massa Udara Kering

Laju aliran massa untuk pengeringan dilakukan dengan menggunakan alat pitot, Gambar 1, guna menentukan kecepatan udara [6].



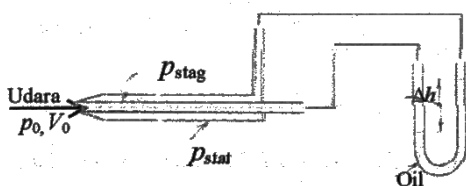
Kecepatan udara adalah

$$V = \sqrt{\frac{2 \times \Delta pn}{\rho_{ud}}} \text{ (m / s)} \quad (4)$$

sehingga laju aliran massa udara adalah [6] :

$$m_a = \rho_a \times A \times V \text{ (kg/ s)} \quad (5)$$

dengan A adalah luas penampang cerobong udara (m²).



Gambar 1. Alat pitot

2.3.6. Kestimbangan Energi dalam Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah penguapan uap air dari gabah yang dilakukan oleh udara bertemperatur lebih tinggi dan memiliki kelembaban relatif rendah.

Kestimbangan energi dalam pengeringan adalah [6] :

$$m_w L = m_a C_p (T_i - T_f) \text{ (kJ)} \quad (6)$$

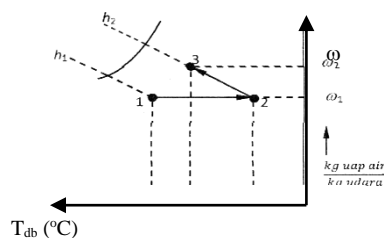
Untuk m_w adalah massa air yang diuapkan (kg), m_a adalah massa udara pengering (kg), L adalah panas laten penguapan air (kJ/kg), T_i adalah temperatur awal udara pengering (°C), dan T_f adalah temperatur akhir udara pengering (°C).

Jumlah massa air yang diuapkan m_w yang dihitung berdasarkan kadar air awal M_i dan kadar air akhir M_f dalam gabah dapat dinyatakan dalam relasi berikut [6]:

$$m_w = w_i \frac{(M_i - M_f)}{(100 - M_f)} \text{ (kg)} \quad (7)$$

2.3.7. Proses Pengeringan

Bila udara yang mengandung uap air dipanaskan tanpa penambahan atau pengurangan air, maka kelembaban absolutnya tetap, dan kelembaban relatifnya berkurang [4].



Gambar 2. Diagram pada peta psikrometrik Proses pemanasan (1-2) dan proses pengeringan (2-3)

Selama proses pengeringan, temperatur bola kering berkurang sedangkan kelembaban absolut dan kelembaban relatif bertambah, temperatur bola basah dan entalpi tetap, seperti terlihat pada diagram psikrometrik di atas (Gambar 2). Dari diagram psikrometrik juga bisa didapatkan jumlah massa air yang diuapkan dan dapat dihitung dengan persamaan berikut [7] :

$$m_w = w_a (\omega_2 - \omega_1) \text{ (kg)} \quad (8)$$

Untuk m_a adalah massa udara pengering (kg), ω_1 adalah rasio kelembaban pada awal pengeringan (kg air/kg udara kering), dan ω_2 adalah rasio kelembaban setelah pengeringan (kg air/kg udara kering).

2.3.8. Efisiensi Sistem Pengering

Efisiensi sistem pengeringan matahari dapat dievaluasi berdasarkan kinerja termal atau tingkat pengeringan produk. Efisiensi termal dari pengering tenaga surya dapat didefinisikan sebagai energi termal digunakan untuk pengeringan dibagi dengan energi termal yang tersedia untuk pengeringan [8].

$$\eta_{th} = \frac{m_w h_{fg}}{m_a C_{pa} ((T_i - T_a) + (T_i - T_f))} \quad (9)$$

Jika P_p adalah daya yang diperlukan untuk menguapkan air dari gabah, maka :

$$P_p = m_w h_{fg} \text{ (W)} \quad (10)$$

Untuk P_t adalah daya total, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_t = m_a C_{pa} \{ (T_i - T_a) + (T_i - T_f) \} \quad (11)$$



Sedangkan \dot{m}_w adalah laju aliran massa air yang diuapkan (kg/s), \dot{m}_a adalah laju aliran massa udara pengering (kg/s), C_{pa} adalah panas spesifik udara pengering (J/kg.K), T_i adalah temperatur udara masuk ruang pengering (K), T_f adalah temperatur udara meninggalkan ruang pengering/cerobong (K), T_a adalah temperatur udara luar (K) dan h_{fg} adalah kalor laten untuk penguapan (J/kg).

Efisiensi juga dapat dihitung dari perbandingan energi yang masuk dengan energi berguna untuk pengeringan [9]:

$$\eta_{th} = \frac{P_p}{Q_c} \quad (12)$$

Jika Q_c adalah kalor yang diterima oleh kolektor (W), maka :

$$Q_c = I_g \times A_c \quad (13)$$

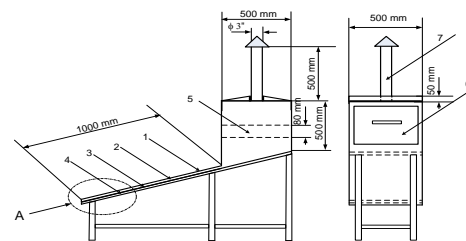
3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia yang di mulai dari bulan Mei-Desember 2017 dengan merancang dan membuat alat pengering gabah dengan seng plat 0,2 mm sebagai kolektor dan menyiapkan peralatan pendukung berupa termokopel, testes kadar air (*grain moisture meter*), timbangan, *pyranometer* dan alat-alat lain untuk keperluan penelitian dengan variasi tinggi cerobong 20 cm, 50 cm, 80 cm, 110 cm dan 140 cm. Dan keseluruhan data menyangkut berat dan kadar air gabah, temperatur, laju aliran massa udara dan waktu pengering pengeringan serta intensitas cahaya matahari yang di tampilkan pada penelitian ini bersumber dari penelitian yang dilakukan pada laboratorium.

Adapun langkah-langkah pengambilan data yang dilakukan secara eksperimental adalah :

- Memasang dan meletakkan alat pengering gabah di bawah sinar matahari.
- Memasang alat ukur berupa termokopel, tabung pitot dan *pyranometer*.
- Alat pengering dibiarkan beberapa saat sampai diperoleh panas yang stabil pada kolektor sebelum proses pengeringan dan pengukuran dilakukan.

- Menimbang dan mengukur ketebalan gabah sebelum dimasukkan ke ruang pengering dengan menggunakan timbangan dan mistar ukur.
- Mengukur besarnya Intensitas radiasi global matahari dengan menggunakan *pyranometer*.
- Mengukur temperatur udara sebelum masuk kolektor (temperatur sekeliling), temperatur udara meninggalkan kolektor masuk ruang pengering serta temperatur keluar ruang pengering yaitu mulai titik 1 sampai dengan titik 16 dengan menggunakan termokopel.
- Mengukur kadar air gabah dengan menggunakan tester/*grain moisture meter*.
- Pengukuran pada point 5 – 7 di atas dilakukan setiap 30 menit sampai diperoleh kadar air gabah kering giling antara 12 % - 14 %.
- Gabah yang telah kering dikeluarkan dari rak pengering kemudian ditimbang.
- Ulangi prosedur point 4 – 9 di atas untuk variasi tinggi cerobong 20 cm, 50 cm, 80 cm, 110 cm dan 140 cm dengan ketebalan gabah 3 cm, 5 cm dan 7 cm
- Data-data hasil pengukuran ditulis dalam tabel data pengamatan kemudian dihitung dan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik hasil penelitian untuk laju pengeringan yang terjadi dan efisiensi alat pengering selama proses pengeringan.



Gambar 3 . Alat pengering gabah

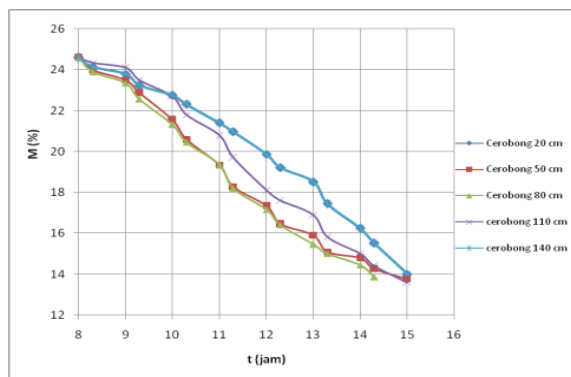
4. Hasil dan Analisis

Setelah dilakukan analisis data melalui perhitungan pada data hasil penelitian, maka dapat dilihat pengaruh perubahan kadar air gabah sehubungan waktu pengeringan dan laju aliran massa udara pengering. Pada penelitian ini pengujian atau proses pengeringan dimulai pada pukul 08.00 Wita.

4.1. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Presentase Kadar Air Gabah

Pengaruh waktu pengeringan adalah berbanding terbalik dengan prosentase kadar air dari gabah.

Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. grafik hubungan antara prosentase kadar air (M) dengan waktu pengeringan (t) dimana semakin besar waktu yang digunakan dalam pengeringan maka prosentase kadar air dari gabah semakin kecil baik untuk ketebalan 7 cm, 5 cm maupun 3 cm dengan ketinggian cerobong 20 cm, 50 cm, 80 cm, 110 cm dan 140 cm.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kadar air gabah (M) dengan waktu pengeringan (t)

Hal ini disebabkan karena adanya penguapan yang terjadi pada gabah. Pada saat $t = 0$ (jam 08.30), gabah belum mengalami proses pengeringan, dimana kadar air gabah masih tinggi (24,6%). Pengeringan gabah bertujuan untuk menurunkan kadar air gabah dari 24,6 % menjadi 12-14% (Standar Bulog). Dari grafik terlihat bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka proses pengeringan akan semakin lama pula, dimana semakin lama proses pengeringan maka prosentase kadar air dari gabah akan semakin kecil karena semakin banyak uap air yang menguap dari gabah akibat adanya aliran udara panas yang dilewatkan pada gabah. Proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh tinggi cerobong yang digunakan hal ini disebabkan aliran udara panas yang keluar melalui cerobong membawa uap air pada gabah yang dikeringkan. Dimana pada ketinggian cerobong 80 kemampuan udara pengering mengambil air dalam gabah sangat sehingga laju pengeringan semakin cepat

sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan gabah semakin kecil.

Tabel 1. Tabel kadar air gabah sebelum dan sesudah pengeringan

Tinggi cerobong (cm)	Kadar air awal, M_i (%)	Kadar air akhir, M_f (%)		
		7 cm	5 cm	3 cm
20	24,60	14,00	13,92	14,00
50	24,60	13,77	13,80	13,72
80	24,60	13,85	14,00	14,00
110	24,60	13,60	13,72	13,89
140	24,60	13,83	13,80	13,92

Dari Gambar 4 grafik juga terlihat bahwa waktu pengeringan (t) berbanding lurus dengan ketebalan gabah (h), dimana semakin tebal gabah yang mau dikeringkan semakin lama pula waktu yang digunakan untuk mengeringkan gabah sampai kadar air giling 12 – 14 %. Hal ini disebabkan karena gabah yang tebal mengandung lebih banyak uap air dibandingkan dengan gabah yang ketebalannya lebih kecil sehingga dibutuhkan waktu lebih banyak untuk mengeringkan gabah yang mempunyai ketebalan yang lebih besar.

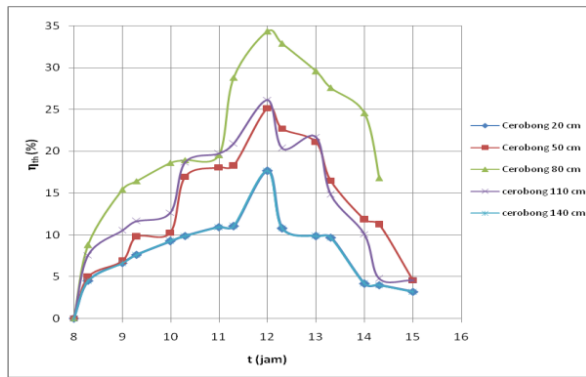
Tabel 2. Tabel waktu yang diperlukan untuk pengeringan gabah

Tinggi cerobong (cm)	Waktu Pengering (jam)		
	7 cm	5 cm	3 cm
20	7	6	4,5
50	7	6	4,5
80	6,5	5,5	4
110	7	6	4,5
140	7	6	4,5

4.2. Efisiensi Alat Pengering

Efisiensi alat pengering akan naik sampai mencapai nilai maksimum kemudian turun kembali seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan dari gabah seperti terlihat pada grafik hubungan antara efisiensi alat pengering dengan waktu pengeringan di bawah ini





Gambar 5. Grafik hubungan antara efisiensi (η_{th}) dengan waktu pengeringan (t) untuk ketebalan gabah 7 cm

Efisiensi terbaik pada pengujian untuk tebal gabah 7 cm yang menggunakan cerobong dengan ketinggian 80 cm dicapai setelah pengeringan berlangsung selama 6,5 jam dan untuk tebal gabah 5 cm setelah 5,5 jam pada cerobong dengan tinggi 80 cm sedangkan tebal 3 cm setelah 4 jam, hal ini disebabkan pada ketinggian cerobong tersebut dan pada jam ini energi atau panas yang dibawah oleh udara pengering dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk menguapkan air dari gabah dan pada jam ini alat pengering gabah bekerja secara optimum.

Tabel 3. Tabel efisiensi rata-rata dari alat pengering gabah

Tinggi cerobong (cm)	Efisiensi (%)		
	7 cm	5 cm	3 cm
20	7,947	8,148	10,547
50	13,213	9,740	11,286
80	20,87	15,64	14,17
110	13,597	13,209	12,446
140	7,090	9,832	5,614

5. Kesimpulan

Persentase kadar air gabah yang dikeringkan berbanding terbalik dengan waktu pengering baik untuk alat pengering yang menggunakan cerobong dengan variasi ketinggian. Kadar air sebelum dikeringkan sebesar 24,60% dan sesudah dikeringkan berkisar antara 13,6% sampai dengan 13,85% dengan waktu pengering yang diperlukan untuk mencapai persentase kadar air giling gabah 4 – 6,5 jam. Efisiensi alat pengering gabah akan meningkat seiring dengan bertambahnya tebal gabah dimana efisiensi maksimum diperoleh pada ketebalan gabah 7 cm dengan ketinggian cerobong 80 cm yaitu sebesar 34,323%. Efisiensi pada alat pengering gabah dengan menggunakan cerobong dengan tinggi 80 cm lebih baik dibandingkan dengan efisiensi pada ketinggian cerobong yang lain.

Referensi

- [1] Mohsenin, 1980. *Physical Properties of Plant and Animal materials*. 2nd edition. Gordon and Breach Science. New York USA.
- [2] Selyus Rantepulung 2012. Analisis Efisiensi Pengering Gabah dengan Tenaga Surya. Unhas Makassar.
- [3] Suanggana Doddy, 2014., Analisa waktu Pengeringan Antara 2 Plat Pengering Gabah Dengan Dan Tanpa Menggunakan Kolektor Sekunder. Unhas Makassar.
- [4] Duffie, A. John, Beckman, A. William, 1980. *Solar Engineering Of Thermal Processes*. Wiley and Sons, New York, USA.
- [5] Dirk E. Maier, Fred W. Bakker-Arkema, 2002. *Grain Drying Systems*. St. Charles, Illinois, U.S.A.
- [6] Himran Syukri, 2005. *Energi Surya*. CV.Bintang Lamumpatue, Makassar.
- [7] Himran Syukri, 2011. Kajian Pada Alat Pengering Gabah Dengan Tungku Sekam Sebagai Pemanas Udara Pengering. Mekanika, Jurnal Teknik Mesin dan Industri, Makassar.
- [8] Holman J.P, 1988, *Perpindahan Kalor*, 6th Ed, Erlangga, Jakarta.
- [9] Jansen, J. Ted, Arismunandar, W, 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.



Asesmen Kenyamanan Taman pada Ruang Terbuka Publik di Kawasan Wisata Tepian Sungai Pangkajene

Syarifah Fatma Sari Burhanuddin*¹, Slamet Tri Sutomo¹, Abdul Mufti Radja¹
¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
Jl. Poros Malino Km. 6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171
*Email: sariarsitektur@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.02

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui asesmen kenyamanan taman pada ruang terbuka publik di kawasan wisata tepian Sungai Pangkajene dan pengaruh pedagang kaki lima (PKL) terhadap kenyamanan taman. Penelitian ini menggunakan metode kombinasi kualitatif dan kuantitatif serta metode survei deskriptif. Pengambilan sampel dilakukan secara purposif dengan memilih setiap pengguna taman. Data diperoleh dengan cara pengisian kuesioner, observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data dianalisis secara deskriptif, pengodean, reduksi data, matrikulasi, tabulasi silang dan sistem penilaian menggunakan skala Likert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa taman tidak nyaman dengan nilai persentase kenyamanan taman sebesar 61,97%. Pengaruh keberadaan PKL memberi dampak positif dan negatif pada taman. Dampak positif, yakni menjadi pusat kuliner terbesar di Kota Pangkep sehingga dapat menarik minat wisatawan berkunjung ke taman, sedangkan dampak negatif, yakni taman terlihat kurang indah dan kurang terjaga kebersihannya.

Abstract

Assessment of Park Convenience in Public Open Space in the Pangkajene River Edge Tourism Area. The research aimed to investigate the ground comfort assessment at the public open space in tourist area of Pangkajene River banks; and (2) to investigate the effect of the street vendors on the park convenience. The research methods used were the qualitative and quantitative method by filling in questionnaires, observation, interviews, and documentation. The samples were chosen using the purposive sampling technique from the users of the park. The data were analyzed using the descriptive analysis, codification, data reduction, matriculation, cross tabulation, and the evaluation system using Likert scale. The research results indicated that the park was inconvenience with the parkconvenience being 61.97%. The effect of the street vendors had caused either positive or negative impacts on the park- the positive impact was that the park had become the largest culinary center in Pangkep town so that it could attract the tourists to visit the park, while the negative impact was that the park looked less beautiful and less hygiene.

Kata Kunci: Ruang terbuka publik, kenyamanan, taman, tepian sungai

1. Pendahuluan

Asesmen merupakan sebuah tindakan mengevaluasi yang bertujuan untuk membandingkan suatu produk, kejadian, kegiatan yang sudah dijalankan dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya apakah sudah sesuai dengan standar atau melebihi atau belum [1]. Selain itu asesmen juga berfungsi untuk menentukan nilai dari suatu objek berdasarkan kriteria tertentu, dalam hal ini kriteria penilaiannya adalah kenyamanan suatu taman pada ruang terbuka publik.

Ruang terbuka publik merupakan wadah yang menampung aktivitas manusia dalam suatu

lingkungan yang tidak mempunyai penutup dalam bentuk fisik dan tidak dapat dipisahkan dari manusia baik secara psikologis, emosional ataupun dimensional. Manusia berada dalam ruang, bergerak, menghayati dan berpikir juga membuat ruang untuk menciptakan dunianya [2].

Tujuan pemanfaatan kawasan tepian sungai menyediakan ruang publik sebagai ruang untuk mengakomodasi kebutuhan publik. Pemanfaatan ruang publik tersebut dikembangkan sesuai dengan karakteristik nilai-nilai pengembangannya yaitu tema yang diangkat, motif dan kondisi eksisting, makna ruang yang ditangkap dan



kondisi tepian sungai baik di badan, tepian, maupun daratan [3].

Selain sebagai pusat interaksi dan komunikasi masyarakat serta sebagai paru-paru kota, ruang terbuka publik juga mempunyai fungsi sebagai tempat pedagang kaki lima menjajakan dagangannya [4]. Salah satu terciptanya ruang publik yakni kenyamanan [5], faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan meliputi sirkulasi, iklim atau kekuatan alam, kebisingan, aroma atau bau-bauan, bentuk, keamanan, kebersihan, dan keindahan [6]. Kenyamanan mencakup kenyamanan dalam aksesibilitas, aktivitas, keamanan dan keselamatan, kebersihan, dan keindahan.

Dalam beberapa tahun terakhir telah banyak penelitian tentang kenyamanan pada taman khususnya dengan kehadiran pedagang kaki lima (PKL). Data diperoleh dari observasi langsung dan jawaban dari responden berdasarkan kuesioner sering dilakukan. Secara umum, hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan pedagang kaki lima memberikan pengaruh positif dan negatif pada taman. Pengaruh positif dapat meningkatkan jumlah pengunjung [7], sedangkan pengaruh negatif yakni mempengaruhi visual keindahan taman serta kurang terjaga kebersihannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui asesmen kenyamanan taman pada ruang terbuka publik di kawasan wisata tepian Sungai Pangkajene.

2. Metode

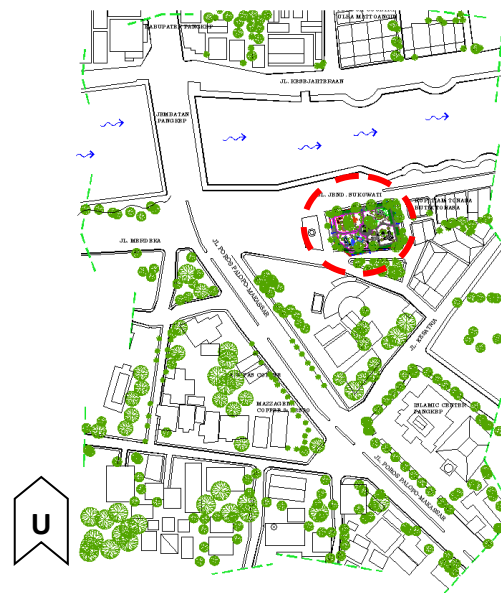
2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif, dimana sampel bukan dinamakan responden melainkan sebagai narasumber dalam penelitian. Pengambilan sampel dengan menggunakan teknik *non probability sampling* secara *purposive sampling*, peneliti memilih setiap pengguna taman, serta pihak pengelola yang merupakan pihak ahli yang dapat memberikan informasi mengenai hal yang diteliti.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di salah satu taman pada ruang terbuka publik yang berada di kota Pangkep yaitu di taman pada kawasan wisata tepian Sungai Pangkajene. Penetapan lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa lokasi merupakan kawasan wisata yang paling banyak dikunjungi publik dan paling banyak memiliki kegiatan publik, serta lokasi menjadi tempat yang paling banyak ditempati para pedagang kaki lima (PKL) menjajakan dagangan.

Penelitian dilakukan selama 11 bulan mulai bulan Januari-November 2017 dengan waktu pengamatan selama seminggu, dan dalam sehari pengamatan dibagi dalam empat zona waktu (pagi, siang, sore, dan malam) yang berlangsung dari pukul 06.00 pagi hingga pukul 10.00 malam dengan rentang waktu pengamatan selama dua jam per zona waktu.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kawasan Wisata Tepian Sungai Pangkajene

Taman terletak di Jalan Jenderal Sukowati, Kelurahan Padoangdoangan, Kecamatan Pangkajene, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Letak taman berada pada kawasan pariwisata sesuai dengan rencana pola tata ruang peraturan daerah kabupaten Pangkep.

2.3. Objek Penelitian, Kasus Amatan dan Narasumber

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas pengguna serta para PKL yang berada pada taman. Kemudian pada empat zona waktu (pagi, siang, sore, dan malam) responden yakni pengguna taman dipilih untuk wawancara dan mengisi pertanyaan dalam bentuk kuesioner. Dari hasil kuesioner diperoleh data kuantitatif berupa data kenyamanan pengguna taman yang nantinya akan dijelaskan secara deskriptif mengenai kenyamanan pengguna taman pada tepian Sungai Pangkajene.

2.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dokumentasi dan pengisian kuesioner oleh responden. Adapun data lain diperoleh dari beberapa literatur dan dokumen terkait seperti hasil penelitian sebelumnya.

2.5. Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah metode kombinasi kualitatif dan kuantitatif serta metode survei deskriptif. Data dari responden dan hasil observasi diinterpretasikan ke dalam bentuk tabel tabulasi data dan matriks. Data hasil wawancara diubah ke dalam bentuk tertulis atau teks. Data yang telah dikumpulkan kemudian melalui tiga tahap yakni reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan.

3. Hasil Penelitian

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 1, kenyamanan taman dapat disimpulkan dengan menghitung rata-rata keseluruhan persentase parameter kenyamanan, yakni pada kenyamanan aksesibilitas nyaman sebesar 66,60%, kenyamanan aktivitas nyaman sebesar 67,42%, kenyamanan keamanan dan keselamatan tidak nyaman sebesar 60,98%, kenyamanan kebersihan tidak nyaman sebesar 55,66%, dan kenyamanan keindahan tidak nyaman sebesar 59,19%.

Dari data yang ada tersebut, diperoleh persentase tingkat kenyamanan taman sebesar

61,97% yang berarti taman tidak nyaman sesuai dengan interval kelas kriteria tingkat kenyamanan pada Tabel 2.

Tabel 1. Persentase tingkat kenyamanan taman

Parameter	Persentase (%)	Tingkat Keberhasilan	Skor
Kenyamanan aksesibilitas	66,60 %	Nyaman	Skor persentase $\geq 62,50\%$ - $< 81,25\%$
Kenyamanan aktivitas	67,42 %	Nyaman	Skor persentase $\geq 62,50\%$ - $< 81,25\%$
Kenyamanan keamanan dan keselamatan	60,98 %	Tidak Nyaman	Skor persentase $\geq 43,75\%$ - $< 62,50\%$
Kenyamanan kebersihan	55,66 %	Tidak Nyaman	Skor persentase $\geq 43,75\%$ - $< 62,50\%$
Kenyamanan keindahan	59,19 %	Tidak Nyaman	Skor persentase $\geq 43,75\%$ - $< 62,50\%$

Persentase tingkat kenyamanan taman=

$$= \frac{66,60\% + 67,42\% + 60,98\% + 55,66\% + 59,19\%}{5}$$

$$= 61,97 \%$$

Tabel 2. Interval kelas kriteria tingkat kenyamanan

Persentase	Skor nilai
$\geq 81,25\%$ - $\leq 100\%$	Sangat nyaman
$\geq 62,50\%$ - $< 81,25\%$	Nyaman
$\geq 43,75\%$ - $< 62,50\%$	Tidak nyaman
$\geq 25,00\%$ - $< 43,75\%$	Sangat tidak nyaman

4. Pembahasan

4.1. Karakteristik Responden

Hasil analisis menyatakan bahwa pengguna taman didominasi oleh laki-laki sebesar 68%, dengan rentang usia dewasa (26-45 tahun) sebesar 44%, dengan asal domisili dari Kabupaten Pangkep sebesar 77%, pendidikan terakhir SMA/ sederajat sebesar 59%, belum menikah sebesar 57%, berasal dari suku Bugis sebesar 64%, serta wiraswasta sebesar 38%.



Tabel 3. Data karakteristik pengguna taman

Demografi	Karakteristik Responden	Persentase (%)
Jenis kelamin	Laki- laki	68
	Perempuan	32
Usia	Remaja (12-25 tahun)	49
	Dewasa (26-45 tahun)	44
	Lansia (46-65 tahun)	6
	Manula (>65 tahun)	1
Domisili	Kabupaten Pangkep	77
	Luar Kab. Pangkep	23
Pendidikan terakhir	SD/ Sederajat	2
	SMP/ Sederajat	11
	SMA/ Sederajat	59
	Diploma	5
	Sarjana	23
Status pernikahan	Belum menikah	57
	Menikah	39
	Duda	3
	Janda	1
Asal suku	Bugis	64
	Makassar	29
	Lainnya	7
Jenis pekerjaan	Pelajar/ Mahasiswa	24
	PNS	10
	Pegawai Swasta	17
	Wiraswasta	38
	Tidak bekerja	11

Untuk aktivitas yang dominan yakni bersantai sebesar 80%, dengan frekuensi kunjungan seminggu sekali sebesar 33%, waktu kunjungan pada sore hari sebesar 43%, lama kunjungan selama 1-2 jam sebesar 49%, jarak tempuh dari tempat tinggal >7 km, dengan jenis transportasi yang digunakan kendaraan pribadi sebesar 85%.

4.2. Kenyamanan Aksesibilitas

Hasil analisis dari 80 responden pengguna taman menyatakan bahwa taman mudah diakses sebesar 66%, lahan parkir memadai sebesar 45%, mudah dalam memarkir kendaraan sebesar 66%, rambu-rambu jalan memadai sebesar 41%, lapak PKL tidak mengganggu sebesar 66%. Namun masih perlu akses untuk penyandang disabilitas sebesar 49% yang dapat dilihat pada Gambar 2.

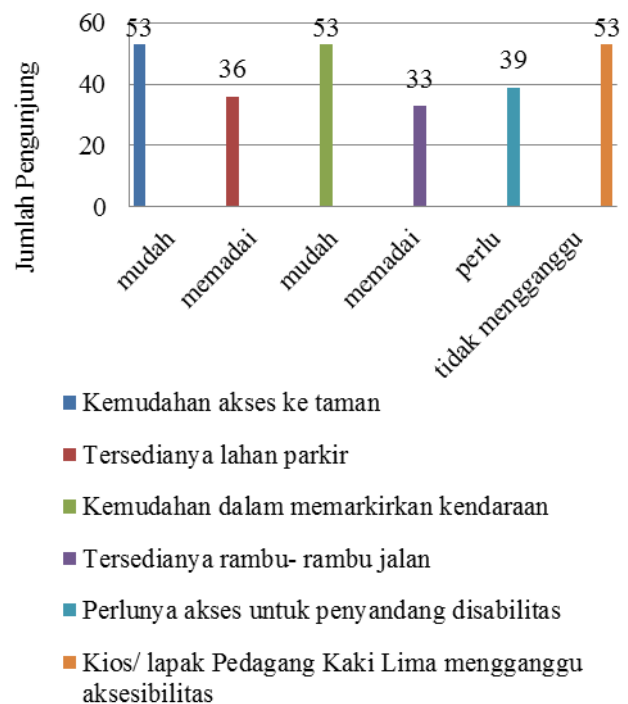
4.3. Kenyamanan Aktivitas

Hasil analisis dari 80 responden pengguna taman menyatakan bahwa taman teduh sebesar 68%, sarana dan prasarana tidak lengkap sebesar

61%, pengguna tidak puas terhadap sarana dan prasarana sebesar 55%, lapak PKL tidak mengganggu sebesar 69% yang dapat dilihat pada Gambar 3.

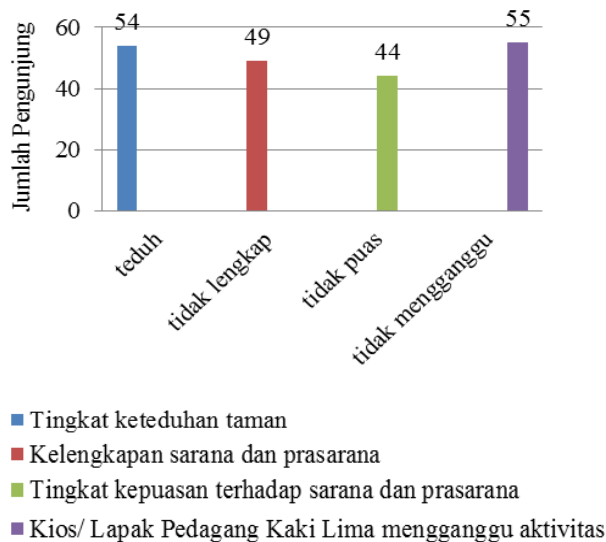
Tabel 4. Aktivitas pengguna taman

Demografi	Persepsi Responden	Persentase (%)
Jenis aktivitas	Bersantai	80
	Senam	5
	Lainnya	15
Frekuensi kunjungan	Setiap hari	26
	Sebulan sekali	16
	Seminggu sekali	33
	Kadang- kadang	25
Waktu kunjungan	Pagi	22
	Siang	30
	Sore	43
	Malam	5
Lama kunjungan	<1 jam	22
	1-2 jam	39
	2-4 jam	12
	>4 jam	7
Jarak tempuh	1-3 km	24
	3-5 km	10
	5-7 km	7
	>7 km	59
Jenis transportasi	Kendaraan pribadi	85
	Berjalan kaki	2
	Transportasi umum	13



Gambar 2. Diagram penilaian responden terhadap kenyamanan taman berdasarkan aksesibilitas

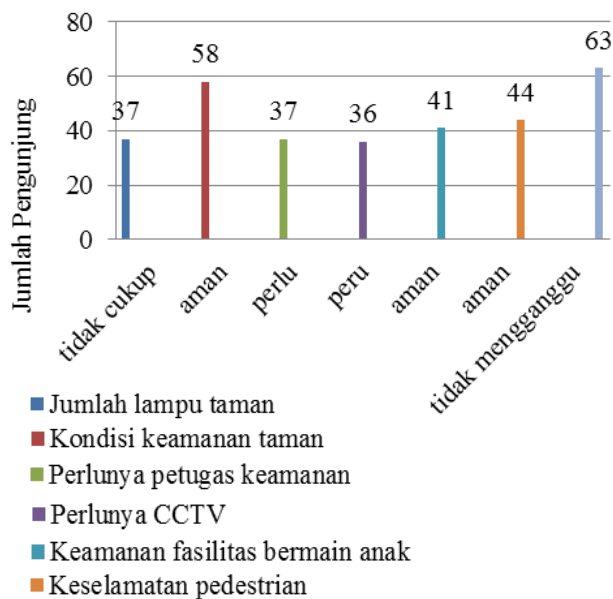




Gambar 3. Diagram penilaian responden terhadap kenyamanan taman berdasarkan aktivitas

4.4. Kenyamanan Keamanan dan Keselamatan

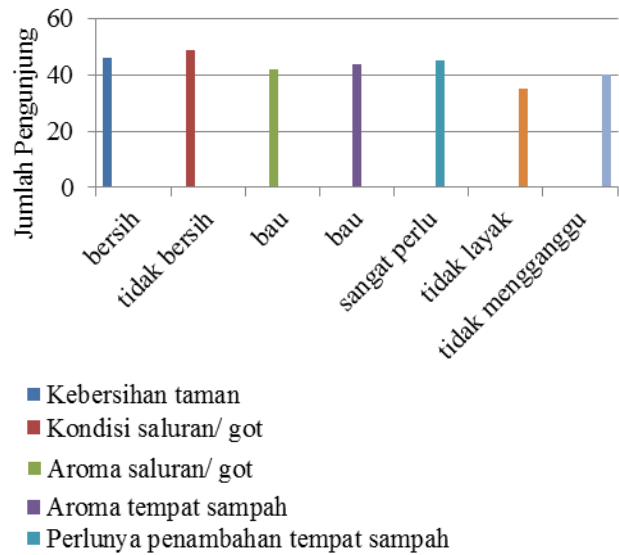
Hasil analisis dari responden pengguna taman menyatakan bahwa jumlah lampu pada taman tidak cukup sebesar 46%, kondisi keamanan taman aman sebesar 73%, perlunya petugas keamanan sebesar 46%, perlunya CCTV sebesar 45%, fasilitas bermain anak aman sebesar 51%, pedestrian aman digunakan sebesar 55%, lapak PKL tidak mengganggu sebesar 79% yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram penilaian responden terhadap kenyamanan taman berdasarkan keamanan dan keselamatan

4.5. Kenyamanan Kebersihan

Berdasarkan aspek kebersihan, hasil analisis dari responden pengguna taman menyatakan bahwa kondisi taman bersih sebesar 58%, kondisi saluran/ got tidak bersih sebesar 61%, aroma dari saluran/ got bau sebesar 53%, aroma dari tempat sampah bau sebesar 55%, tempat sampah perlu ditambahkan sebesar 41%, toilet umum tidak layak sebesar 44%, lapak PKL tidak mengganggu sebesar 50% yang dapat dilihat pada Gambar 5.

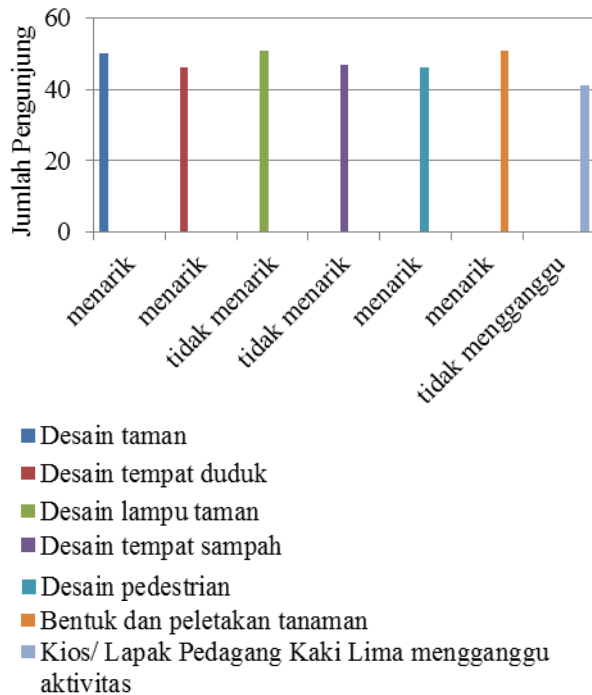


Gambar 5. Diagram penilaian responden terhadap kenyamanan taman berdasarkan kebersihan

4.6. Kenyamanan Keindahan

Berdasarkan aspek keindahan, hasil analisis dari responden pengguna taman menyatakan bahwa desain taman menarik sebesar 62%, desain tempat duduk menarik sebesar 57%, desain lampu taman tidak menarik sebesar 64%, desain tempat sampah tidak menarik sebesar 59%, desain pedestrian menarik sebesar 57%, bentuk dan peletakan tanaman menarik sebesar 64%, lapak PKL tidak mengganggu sebesar 51% yang dapat dilihat pada Gambar 6.





Gambar 6. Diagram penilaian responden terhadap kenyamanan taman berdasarkan keindahan

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian kesimpulan yang diperoleh yaitu taman pada ruang terbuka publik di kawasan wisata tepian Sungai Pangkajene tidak nyaman, serta keberadaan pedagang kaki lima (PKL) memberi pengaruh positif dan pengaruh negatif pada taman. Dampak positif yakni menjadi pusat kuliner terbesar di kota Pangkep sehingga dapat menarik minat wisatawan berkunjung ke taman, dampak negatif yakni taman terlihat kurang indah dan kurang terjaga kebersihannya. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat mengenai kenyamanan suatu taman, diperlukan

lebih banyak lagi data dan responden. Serta untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan kontribusi tentang kenyamanan pada ruang terbuka publik yang dapat memwadahi segala aktivitas pengguna.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat diselesaikan atas partisipasi aktif berbagai pihak. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si., Afifah Harisah, ST., MT., Ph.D., dan Dr. Edward Syarif, ST., MT., serta atas kerjasama seluruh warga sekitar lokasi penelitian dan seluruh responden yang membantu selesainya penelitian ini.

Referensi

- [1] Sujarweni, V. Wiratna., *Metodologi Penelitian.*, P.T. Pustaka Baru, Yogyakarta., 2014: p. 12- 13.
- [2] Mulyandari, Hestin., *Pengantar Arsitektur Kota.*, C.V. Andi., Yogyakarta., 2011: p. 189- 191.
- [3] Hasriyanti, Nunik., *Kajian Ruang Publik Tepi Air.*, Jurnal Teknik Arsitektur Politeknik Negeri Pontianak, Vol. 10, No. 1., 2014: p. 27-28.
- [4] Darmawan, Edy., *Teori Dan Kajian Ruang Publik Kota.*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro., Semarang., 2003: p.1- 2.
- [5] Darmawan, Edy., *Peranan Ruang Publik Dalam Perancangan Kota (Urban Design).*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro., Semarang., 2007: p. 1- 2.
- [6] Hakim & Utomo., *Komponen Perancangan Arsitektur Lansekap.*, Bumi Aksara., Jakarta., 2004: p. 6- 9.
- [7] Ginting, Sarwani W., *Pengaruh Keberadaan Pedagang Kaki Lima Terhadap Jumlah Pengunjung Taman Kota Medan.*, Jurnal Teknik Simetrika, Vol. 3, No. 3., 2004: p. 203-204.



Analisis Jarak Gading dan Kekuatan Batas Struktur Kapal Ferry Ro-Ro

Amalia Ika Wulandari^{1*}, Ganding Sitepu¹, Muhammad Zubair Muis Alie¹

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

*Email : amaliaikaw@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.02

Abstrak

Perkembangan peraturan konstruksi tidak lagi mengatur jarak gading. Sehingga para perancang kapal merencanakan jarak gading yang optimal dengan batasan resiko tekuk pada pelat menurut peraturan klasifikasi, momen batas struktur kapal harus sama dengan atau lebih besar dari 1,2 kali momen lentur vertikal (*sagging dan hogging*). Momen lentur vertikal dihitung dengan menggunakan formulasi yang telah diberikan oleh BKI. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan batas pada struktur kapal ferry Ro-Ro yang membandingkan hasil dari dua metode yaitu Metode Smith dan NLFEA. Ro-Ro adalah kapal yang menangani muatannya dengan cara *rolling it on and off* di atas *single or series ramps*. Ramps yang dapat bekerja baik saat di kapal dan dermaga. Pada penelitian ini menunjukkan perbandingan nilai hasil dari metode NLFEA lebih besar daripada metode Smith. Hal ini dikarenakan metode NLFEA dapat menghitung redistribusi beban dan interaksi antara kegagalan lokal dan global secara kompleks sehingga keakuratan hasil perhitungan metode NLFEA lebih baik daripada metode Smith. Semakin jauh jarak gading maka semakin kecil beban batas agar pelat mengalami tekuk.

Abstract

Analysis of Frame Space and Ultimate Strength of Ro-Ro Ferry Structure. The development of construction's regulation is no longer determining the distance of the frame. Hence, the designers make the optimal frame distance plan with the ultimate risk of bending on the plate. According to the classification rules, the structure's ultimate moment must be equal to or greater than 1.2 times vertical bending moment (*sagging and hogging*). This study aims to determine the ultimate strength on the structure of a Ro-Ro ferry which comparing two methods between the Smith and NLFEA Methods. Ro-Ro is a ship that handles its cargo by rolling it on and off over a single or ramp series. Ramps that can work well on board and dock. The use of ANSYS application that applied NLFEA method in this study shows the comparison of result value of NLFEA method is greater than Smith method. This is because the NLFEA method can calculate load redistribution and the interaction between local and global failures in a complex way so that the accuracy of the NLFEA method is better than the Smith method. The further the ivory distance the smaller the ultimate load for the plate to buckling.

Kata Kunci: Jarak gading, kekuatan batas, kapal ro-ro, penampang melintang, tekuk

1. Pendahuluan

Masalah utama dalam konstruksi kapal ialah membuat suatu konstruksi yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang seringan mungkin. Konstruksi yang kuat dan ringan untuk mendapatkan daya muat yang besar sehingga menguntungkan. Dengan berkembangnya teknologi di bidang konstruksi kapal, pemilihan desain dan material merupakan sesuatu hal yang sangat dipertimbangkan oleh perusahaan galangan kapal dalam perancangan dan pembuatan kapal baru. Konstruksi kuat dan kokoh merupakan suatu

konstruksi yang tidak mudah patah dan tidak berubah bentuk saat menerima beban.

Kekuatan kapal merupakan faktor yang harus diperhitungkan dalam pembangunan suatu kapal. Faktor yang mempengaruhi kekuatan kapal adalah jarak gading, panjang tak ditumpu, tebal pelat dan lain-lain. Perkembangan peraturan konstruksi tidak lagi mengatur jarak gading. Sehingga para perancang kapal merencanakan jarak gading yang optimal dengan batasan resiko tekuk pada pelat Menurut peraturan klasifikasi, momen batas struktur kapal harus sama dengan atau lebih besar dari 1, 2 kali momen lentur vertikal (*sagging dan*



hogging). Momen lentur vertikal dapat dihitung dengan menggunakan formulasi yang telah diberikan oleh BKI sedangkan momen batas dapat diperoleh dengan menggunakan NLFEA (*Nonlinear Finite Element Analysis*). Dengan memperhatikan perubahan jarak gading maka dapat diketahui momen batas struktur agar pelat geladak kapal tidak mengalami tekuk (*buckling*). Dalam hal pelat mendapatkan tekanan dari sisi-sisinya, maka bila jarak gading dekat kegagalan akan terjadi karena material mengalami luluh (*yielding*), jika jarak gading jauh (jarang) maka kegagalan akan terjadi karena pelat mengalami tekuk [1]. Penggunaan aplikasi NLFEA memungkinkan untuk mengetahui informasi penting terkait analisa struktur yang kompleks terutama dalam industri maritim [2]. NLFEA dapat menyelesaikan masalah struktur meliputi analisa tegangan, *buckling* dan analisa getaran. Penyelesaian dari persoalan-persoalan struktur yang kompleks dapat diselesaikan dengan formulasi dari metode elemen hingga. Metode ini akan melakukan pendekatan terhadap nilai-nilai yang tidak diketahui pada setiap titik secara diskrit [3].

Kapal Ro-Ro dengan penciriannya adalah rasio H/B (Tinggi dan lebar kapal) relatif kecil agar kendaraan mudah *roll on* dan *roll off*, di lain sisi H/B (Perbandingan Tinggi dan Lebar) yang kecil menyebabkan momen inersia penampang *midship* relatif kecil sehingga tegangan pada pelat geladak cenderung besar pada kondisi *sagging*. Adapun masalah yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah bagaimana kekuatan batas kapal ferry Ro-Ro yang akan dibandingkan antara dua metode yaitu NLFEA dan Smith.

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis kekuatan batas struktur kapal pada kondisi *sagging* dan *hogging* dengan metode Smith dan NLFEA. Pengaruh jarak gading terhadap tekuk pada pelat.

2. Pembahasan

Kapal Ro-Ro adalah kapal yang bisa memuat kendaraan yang berjalan masuk ke dalam kapal dengan penggerakannya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga, sehingga disebut sebagai kapal *roll on-roll off* atau disingkat Ro-Ro. Oleh

karena itu, kapal ini dilengkapi dengan pintu rampa yang dihubungkan dengan *moveble bridge* atau dermaga apung ke dermaga. Kapal Ro-Ro selain digunakan untuk angkutan truk juga digunakan untuk mengangkut mobil penumpang, sepeda motor serta penumpang jalan kaki.

Ro-Ro adalah kapal yang menangani muatannya dengan cara *rolling it on and off* di atas *single or series ramps*. *Ramps* yang dapat bekerja baik saat di kapal dan dermaga. Untuk menyempurnakan bongkar dan muat dari geladak yang berbeda pada geladak dibutuhkan *internal ramps*. Hal ini juga membutuhkan spasi dari ruang muat [4]. Keunikan dari kapal Ro-Ro antara lain:

1. Memiliki akses *ramp* pada *bow*, *stern* atau sisinya tetapi tidak harus semua *ramp* terdapat pada Ro-Ro;
2. Memiliki geladak kendaraan dengan lajur yang panjang;
3. Memiliki banyak ventilator pada atas *deck* sebagai tempat pembuangan asap kendaraan saat bongkar dan muat.

Kekuatan batas adalah batas kekuatan struktur untuk mengalami pembebanan maksimum sebelum mengalami *collapse* total [5]. Perhitungan kekuatan batas kapal ferry Ro-Ro berdasarkan keakuratan dan kompleksitas hingga saat ini terdiri dari 5 metode yaitu: teori balok, metode *Presumed Stress Distribution*, metode Smith dan *Idealized Structural Unit Method* (ISUM), *Intelligent Supersize Finite Element Method* (ISFEM), dan NLFEA. Momen lentur batas vertikal dalam analisa kekuatan struktur kapal terdiri dari beban pada air tenang (M_{sw}) untuk skenario pembebanan statis dan penjumlahan beban pada air tenang (M_{sw}) dan beban akibat gelombang (M_w) untuk skenario pembebanan statis dan dinamis [5]. Menjumlahkan momen lentur batas vertikal pada air tenang dan momen lentur batas vertikal akibat gelombang untuk mendapatkan nilai ekstrim dari momen lentur batas vertikal. Beban dinamis longitudinal diakibatkan oleh gelombang. Ketika kapal berada pada puncak gelombang, kapal mengalami momen lentur dan gaya geser yang disebut *hogging*. Ketika kapal berada di lembah



gelombang, kapal mengalami momen lentur dan gaya geser yang disebut *sagging*. Kombinasi beban statis dan dinamis (M_t) untuk menganalisa kekuatan kapal terhadap momen lentur batas vertikal dihitung dengan penjumlahan momen lentur batas vertikal pada air tenang dan momen lentur batas vertikal akibat gelombang. Momen batas kapal ferry (M_u) harus dihitung dengan metode NLFEA atau metode *buckling* dan harus memenuhi kriteria seperti Persamaan 1 [5].

$$M_t = M_{sw} + 1,2M_w \quad (1)$$

dimana M_t adalah momen lentur batas total vertikal dan γ_R adalah faktor keamanan untuk kekuatan batas lentur vertikal (1, 2 untuk kondisi *sagging* dan 1,21 untuk kondisi *hogging*). C_V adalah *stress factor* [6].

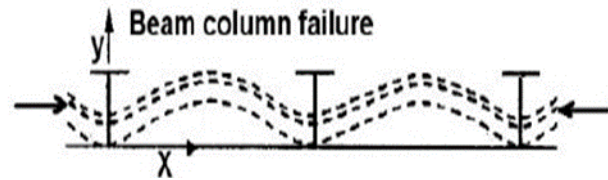
Tekuk adalah suatu ragam kegagalan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan suatu elemen struktur yang dipengaruhi oleh aksi beban. Kegagalan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan dapat terjadi pada berbagai material. Pada saat tekuk terjadi, taraf gaya internal dapat sangat rendah. Fenomena tekuk berkaitan dengan kekakuan elemen struktur. Suatu elemen yang mempunyai kekakuan kecil lebih mudah mengalami tekuk dibandingkan dengan yang mempunyai kekakuan besar. Semakin panjang suatu elemen struktur maka semakin kecil kekakuannya [1]. Bentuk/model tekuk dari deformasi pelat berpenegar secara transversal dibawah pengaruh beban *orthogonal* bidang searah dengan penegar adalah:

- a. Tekuk pada panel pelat antara penegar
- b. Tekuk dari penegar
- c. Tekuk lentur dari kombinasi pelat berpenegar (tekuk global pada bidang berpenegar)

Berbagai model tekuk deformasi dari penegar yang diberi beban pada bidang pada arah yang sama dari penegar adalah:

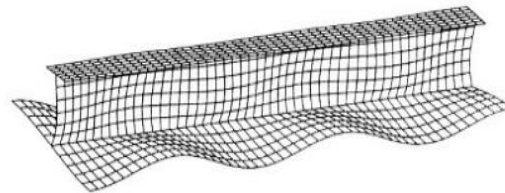
- a. Tekuk lentur dari penegar
- b. Tekuk puntir dari penegar
- c. Tekuk lateral dari penegar
- d. Tekuk global pada penegar dengan pelat ikutan
- e. Tekuk lokal pada *web plate* dari penegar
- f. Tekuk lokal pada *face plate* dari penegar

Model deformasi dari tekuk lentur dari penegar dapat dilihat pada Gambar 1 [6].



Gambar 1. Bentuk deformasi dari pelat berpenegar longitudinal dalam pengaruh tegangan tekan (kegagalan kolom) [7]

Ketika kekakuan lentur dari pelat dan kekakuan torsi dari penegar itu sama besar, maka model deformasi dari penegar dengan pelat ikutan ditunjukkan pada Gambar 2 [7].



Gambar 2. Bentuk deformasi dari sebuah penegar tertutup dengan pelat pengikat dalam pengaruh tegangan tekan [7]

Kurva tegangan regangan dari material yang digunakan pada model elemen hingga harus tersedia. Kurva tegangan regangan sangat menentukan nilai kekuatan batas dari struktur kapal. Penelitian ini menggunakan spesifikasi material pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi material [8]

Spesifikasi Material	Jenis Material	
	AH27	AH36
Density (kg/m ³)	7850	7850
Modulus Young (N/mm ²)	210000	210000
Poisson's Ratio	0,3	0,3
Yield Strength (N/mm ²)	290	370
Tangent Modulus (N/mm ²)	625	675

Material AH27 dan AH36 merupakan material khusus untuk *marine*. Modulus elastisitas sebesar 210000 N/mm², rasio Poisson 0,3 dan tegangan luluh AH27 sebesar 290 N/mm², AH37 sebesar 370 N/mm² serta tangent modulus AH27 sebesar 625 N/mm² dan AH37 sebesar 675 N/mm².

Kerangka konseptual yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada analisa hubungan antara variabel-variabel terhadap tekuk yang disebabkan oleh perubahan jarak gading pada kapal ferry Ro-Ro. Kekuatan struktur kapal pada kondisi hogging dan sagging yang dihitung dengan menggunakan metode NLFEA dan metode Smith. Struktur kapal ferry terdiri dari struktur bottom, struktur geladak dan sisi. Struktur geladak terdiri dari pelat geladak, balok geladak dan penumpu geladak. Analisis tekuk dilakukan dengan memvariasikan jarak balok pada pelat geladak. *Rules* atau klasifikasi menentukan struktur kapal, beban struktur, *vertikal bending moment* dan *buckling*. Beban struktur kapal terdiri dari beban bottom, beban geladak dan beban sisi. Pembebanan yang terjadi secara global dan lokal. Pembebanan global terjadi saat *sagging* dan *hogging* sedangkan pembebanan lokal terjadi akibat adanya beban lateral yang ditimbulkan oleh roda kendaraan. Momen lentur vertikal terjadi pada saat *hogging* dan *sagging*. Momen lentur batas vertikal dapat dihitung dengan menggunakan metode NLFEA dan Smith.

Berdasarkan formula di atas, maka nilai momen lentur batas vertikal pada bagian *midship* kapal ferry dapat diperoleh, baik pada saat kondisi *sagging* maupun kondisi *hogging*. Adapun hasil perhitungan momen lentur batas vertikal yang telah dihitung dapat dilihat pada perhitungan dan Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil perhitungan momen total saat kondisi hogging dan sagging

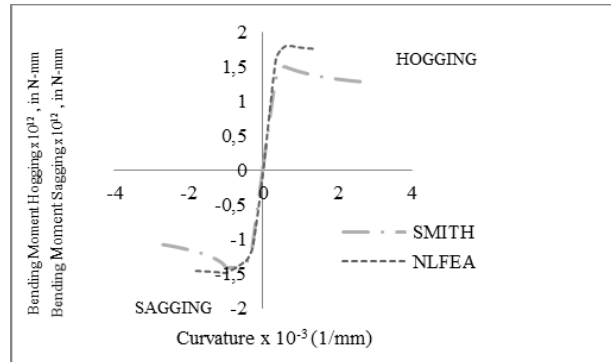
Kondisi	Sagging x10 ¹¹ Nmm	Hogging x10 ¹¹ Nmm
MSW	-1,34844	2.0372
MW	-2,87524	2.42438
Mt	-4.7987	4.9465

Berdasarkan Tabel 2, momen lentur batas vertikal yang diakibatkan saat kondisi kapal ferry Ro-Ro mengalami *sagging* ketika air tenang adalah sebesar -1,3484 x 10¹¹ Nmm dan -2,875 x 10¹¹ Nmm saat air bergelombang dengan momen total sebesar -4,7987 x 10¹¹ Nmm. Sedangkan momen lentur batas vertikal yang diakibatkan saat kondisi kapal mengalami *hogging* ketika air tenang adalah sebesar 2,0372 x 10¹¹ Nmm dan

2,4244 x 10¹¹ Nmm saat air bergelombang dengan momen total sebesar 4,9465 x 10¹¹ Nmm

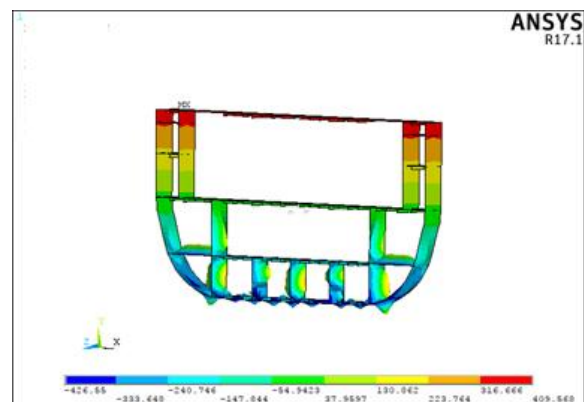
Tabel 3. Kekuatan batas momen lentur kapal ferry Ro-Ro

Kondisi	Metode Smith Nmm	NLFEA Nmm	Rasio
Mu Hogging x 10 ¹²	1,491	1,797	1,202
Mu Sagging x 10 ¹²	-1,418	-1,4907	1,051



Gambar 3. Perbandingan momen kelengkungan metode Smith dan NLFEA ferry Ro-Ro

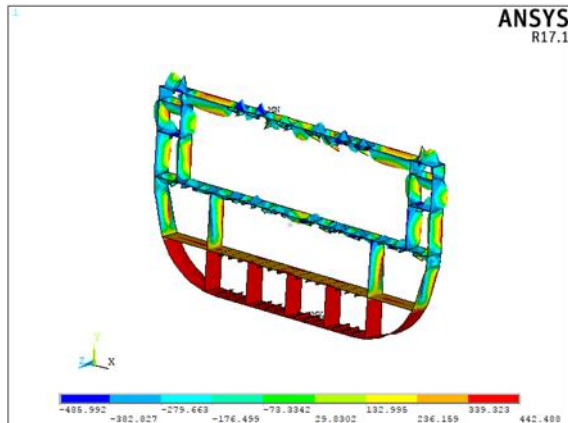
Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis menggunakan metode NLFEA di Ansys lebih besar dari metode Smith, dimana persentase kedua metode tersebut sebesar 16,83 % pada saat *hogging* dan 4,87 % pada saat *sagging*. Hal ini disebabkan metode NLFEA dapat menghitung redistribusi beban dan interaksi antara kegagalan lokal dan global secara kompleks sehingga keakuratan hasil perhitungan metode NLFEA lebih baik daripada metode Smith [8].



Gambar 4. Deformasi kekuatan-batas hull girder kondisi utuh akibat hogging

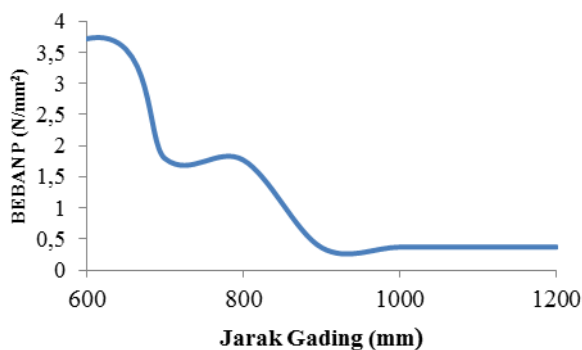


Pada Gambar 4 nilai tegangan kerja yang terjadi pada struktur kapal ferry pada kekuatan batas pada strukturnya saat kondisi *hogging* adalah sebesar $-426,55 \text{ N/mm}^2$ di bottom dan tegangan terbesar terjadi pada *deck* kapal dengan nilai tegangan sebesar $409,568 \text{ N/mm}^2$. sedangkan pada saat *sagging* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Deformasi kekuatan-batas hull girder kondisi utuh akibat *sagging*

Berdasarkan Gambar 5 nilai tegangan kerja yang terjadi pada struktur kapal ferry Ro-Ro pada kekuatan batas pada strukturnya saat kondisi *sagging* adalah sebesar $-485,992 \text{ N/mm}^2$ di *deck* dan tegangan terjadi pada bottom kapal dengan nilai tegangan sebesar $442,488 \text{ N/mm}^2$.



Gambar 6. Hubungan beban batas dan jarak gading

Beban yang digunakan adalah beban persatuan luas. Berdasarkan Gambar 6 maka diketahui nilai beban menurun secara signifikan seiring dengan bertambahnya jarak gading. Semakin jauh jarak gading maka beban yang diperlukan agar pelat mengalami tekuk menjadi sangat kecil.

3. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan metode *Nonlinear Finite Element Analysis* (NLFEA) untuk menginvestigasi momen lentur batas pada jarak gading terbesar yang akan dibandingkan dengan metode Smith dan beban batas pada masing-masing jarak gading serta peristiwa terjadinya tekuk pada masing-masing jarak gading dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis menggunakan metode NLFEA di Ansys lebih besar dari metode Smith, dimana persentase kedua metode tersebut sebesar 16,83 % pada saat *hogging* dan 4,87 % pada saat *sagging*. Penggunaan aplikasi ANSYS yang menerapkan metode NLFEA pada penelitian ini menunjukkan perbandingan nilai hasil dari metode NLFEA lebih besar daripada metode Smith. Hal ini dikarenakan metode NLFEA dapat menghitung redistribusi beban dan interaksi antara kegagalan lokal dan global secara kompleks sehingga keakuratan hasil perhitungan metode NLFEA lebih baik daripada metode Smith.
2. Semakin jauh jarak gading maka beban yang diperlukan agar pelat mengalami tekuk menjadi sangat kecil.

Referensi

- [1] Hughes O.F. & Paik J.K. 2010. *Ship Structural Analysis and Design*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers-SNAME, New Jersey.
- [2] Susatio Yerri. *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga*. 2004. Andi Offset Yogyakarta.
- [3] Lamb Thomas. *Ship Design and Construction*. 2003. The Society Of Naval Architects & Marine Engineers.
- [4] Hughes O.F. & Paik J.K. 2010. *Ship Structural Analysis and Design*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers-SNAME, New Jersey.
- [5] IACS. 2016. Requirements Concerning of Strength of Ship.
- [6] Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). 2017. Volume II. Part 5. Seagoing Ships. Schodek L. D. 1998. *Struktur*. PT Rafika Aditama. Bandung.
- [7] Shama, M. 2013. *Buckling of Ship Structures*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- [8] Ship Structure Committee. 2015. *Survivalability of Hull Girder in Damaged Condition*. Washington DC.



Pemanfaatan *Realtime Database* di Platform *Firestore* Pada Aplikasi *E-Tourism* Kabupaten Nabire

Edwin Adrin Wihelmus Sanadi*¹, Andani Achmad¹, Dewiani¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

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

*Email: edwisanadi812@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.04

Abstrak

Objek wisata yang berada di kabupaten Nabire relatif belum banyak dikembangkan dan belum ditangani secara optimal yang disebabkan karena kurangnya promosi. *E-Tourism* yang merupakan sebuah aplikasi elektronik untuk sektor pariwisata yang dapat memudahkan pengguna mengunjungi situs wisata pada sebuah lokasi. Aplikasi yang tersedia saat ini tidak dapat melakukan perubahan data secara *real-time* mengenai posisi koordinat pengguna aplikasi untuk mengetahui keberadaannya dalam mencari tempat wisata. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengguna aplikasi mengenai posisi letak wisata dan posisi pengguna yang dapat berubah secara *real-time* dengan menggunakan *firebase*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu menyematkan *platform firebase* pada *E-Tourism* sehingga aplikasi dapat memanfaatkan berbagai fitur *real-time database* di *firebase*. Sistem diuji dengan memindahkan posisi pengguna aplikasi untuk melihat perubahan data posisi secara *real-time* dan akan ditunjukkan pada peta aplikasi. Pengujian berikutnya dengan menampilkan lokasi pariwisata serta jalur yang ditempuh oleh pengguna untuk mencapai tempat wisata tersebut. Hasil penelitian ini menampilkan posisi pengguna yang dapat berubah secara *real-time* ketika pengguna melakukan perpindahan posisi tanpa harus melakukan penyegaran data secara manual (*refresh*). Aplikasi pun dapat menampilkan daftar lokasi wisata serta jalur yang ditempuh untuk menuju lokasi wisata yang terdapat di kabupaten Nabire.

Abstract

Utilization of Realtime Database on Firestore Platform in E-Tourism Applications in Nabire Regency. Tourism objects in the district of Nabire relatively not developed much and has not been handled optimally due to lack of promotion. *E-Tourism* which is an electronic application for the tourism sector that can facilitate the user to visit a tourist site at a location. The currently available apps can not make real-time data changes regarding the position of the app's user coordinates to find out where to find the sights. This study aims to provide information to application users about the position of the location of the tour and the position of users who can change in real-time using *firebase*. This research uses experimental method, that is pinned *firebase platform* on *E-Tourism* so that application can utilize various real-time database feature in *firebase*. The system is tested by moving the user's position of the app to see changes in position data in real-time and will be shown on the application map. The next test by showing the location of tourism as well as the path traveled by the user to reach the sights. The results of this study show the position of the user that can change in real-time when the user to switch position without having to refresh the data manually (*refresh*). Applications can also display a list of tourist sites and the path taken to get to the tourist sites located in Nabire district.

Kata Kunci: *E-Tourism, firebase, real time*

1. Pendahuluan

Teknologi informasi telah menjadi komponen penting dalam berbagai bidang, termasuk industri pariwisata. Obyek wisata yang berada di Kota Nabire relatif belum banyak dikembangkan dan belum ditangani secara optimal. Secara umum terdapat suatu kendala yang menjadi hambatan dalam mengembangkan sektor pariwisata bagi Pemerintah Kota Nabire yaitu bentuk promosi

yang dilakukan belum optimal. Pemanfaatan teknologi informasi pada bidang pariwisata dapat dijadikan sebagai media promosi untuk memperkenalkan objek wisata melalui website dan pembuatan aplikasi sistem informasi geografis. *E-tourism* merupakan sebuah aplikasi elektronik yang bergerak pada sector pariwisata yang memudahkan pengguna untuk mengunjungi sebuah situs wisata pada sebuah negara.



Terdapat beberapa penelitian dalam pengembangan *E-Tourism* seperti menambahkan fitur audio-visual seperti yang terdapat pada *E-Tourism* Disporabudpar Kabupaten Majalengka [1]. Fitur *semantic web* juga pernah diterapkan untuk *etourism* di Indonesia [2]. Namun aplikasi yang tersedia saat ini tidak dapat melakukan perubahan data secara *realtime* mengenai posisi koordinat pengguna aplikasi untuk mengetahui keberadaannya dalam mencari tempat wisata.

Firebase merupakan platform untuk aplikasi *realtime*. Ketika data berubah, maka aplikasi yang terhubung dengan *firebase* akan meng-*update* secara langsung melalui setiap *device* (perangkat) baik *website* ataupun *mobile* [3]. *Firebase* mempunyai *library* (pustaka) yang lengkap untuk sebagian besar *platform web* dan *mobile* dan dapat digabungkan dengan berbagai *framework* lain seperti *node*, *java*, *javascript*, dan lain-lain. *Application Programming Interface* (API) untuk menyimpan dan sinkronisasi data akan disimpan sebagai *bit* dalam bentuk *JSON* (*JavaScript Object Notation*) pada *cloud* dan akan disinkronisasi secara *realtime* [4]. Terdapat beberapa fitur yang disediakan oleh *firebase* adalah sebagai berikut :

- *Analytics*, dapat mengamati tingkah laku pengguna dalam penggunaan aplikasi dan ditampilkan dalam satu *dashboard*.
- *Develop*, terbagi menjadi beberapa fitur seperti *cloud messaging*, *authentication*, *realtime database*, *storage*, *hosting*, *testlab* dan *crash reporting*.
- *Grow*, untuk mempublikasikan sebuah produk aplikasi.

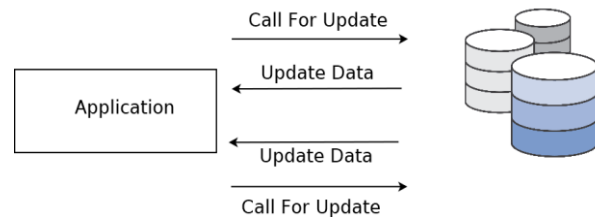


Gambar 1. Fitur *firebase*

Firebase Realtime Database merupakan basis data *online* yang dapat digunakan sebagai media

penyimpanan data dari aplikasi. Data disimpan dalam bentuk *JSON* dan dapat disinkronkan secara *realtime* ke setiap *client* yang terhubung. Layanan ini memiliki 3 kemampuan inti yaitu :

- *Realtime*, jika terdapat perubahan pada data *database*, maka seluruh *client* yang terhubung secara otomatis akan mendapatkan perubahannya dengan cepat [4].
- *Offline*, yaitu aplikasi yang menggunakan fitur ini akan tetap responsif bahkan saat dalam keadaan luring. Hal ini disebabkan karena *Firebase SDK* (*Software Development Kit*) dapat mempertahankan data dan perubahannya pada media penyimpanan *client*. Pada saat *client* terhubung ke jaringan internet, maka *Firebase SDK* akan melakukan penyesuaian otomatis atas catatan perubahan data yang disimpan pada media penyimpanan *client* dengan kondisi terkini dari *Firebase Server*.
- *Accessible from client devices*. Layanan ini menawarkan kemudahan untuk mengakses *firebase realtime database* secara langsung dari sebuah perangkat *mobile* atau sebuah peramban web tanpa membutuhkan *server application*.



Gambar 2. Gambaran pemanggilan *database* tradisional



Gambar 3. Gambaran pemanggilan *firebase database*

Database milik *firebase* merupakan *database* yang bersifat non-relational atau NoSQL, dimana database ini merupakan jenis *database* yang tidak menggunakan sistem tabel dalam implementasinya serta tidak menyimpan data secara lokal pada perangkat melainkan pada awan.

Selain itu, *firebase database* juga memiliki optimisasi dan fungsionalitas yang berbeda bila dibandingkan dengan basis data relasional.

2. Metodologi Penelitian

Tahapan metodologi penelitian yang digunakan adalah pengumpulan studi literature, perancangan, analisa kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian dan pengambilan keputusan. Adapun diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir metodologi penelitian

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data Universitas Islam Negeri Alauddin. Waktu Penelitian dilakukan selama 2 bulan yaitu bulan Oktober 2017 sampai bulan Desember 2017.

2.2. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah API yang berisi data-data tempat wisata yang tersimpan dalam bentuk JSON di *firebase* yang terdiri dari id, nama wisata, deskripsi dan koordinat lokasi.

2.3. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian memiliki beberapa tahapan sesuai dengan metode *waterfall* [4]. Pertama, Studi literatur : pada tahap ini dilakukan dengan cara mengunjungi perpustakaan untuk mencari referensi berupa buku, tesis atau pun jurnal yang berhubungan dengan topik penelitian. Selain itu, studi literatur juga dilakukan dengan cara online atau mengunjungi suatu *website*. Kedua, Analisis Kebutuhan Sistem: pada tahapan ini peneliti melakukan analisa terhadap sistem, apa saja yang menjadi kebutuhan sistem yang akan dirancang, seperti *software*, *hardware* atau sistem operasi, dan sebagainya. Dan untuk mendapatkan informasi tersebut, peneliti melakukan diskusi dan studi literatur. Ketiga, Desain Sistem: pada tahapan peneliti mendesain antarmuka aplikasi, dan model database yang akan digunakan. Keempat, Penulisan Kode Program: Kode program menggunakan bahasa pemrograman *Type Script* dengan basis data *MongoDB* yang berkonsep *NoSQL*. Dan yang terakhir, Pengujian Sistem: sistem diuji dengan menggunakan teknik pengujian *black box*. Setiap fungsional yang ada pada sistem diuji kinerjanya untuk mendapatkan sistem yang berkualitas [5].

2.4. Metode Pengumpulan Data

Sumber data diperoleh dari sebuah API yang berisi koordinat dari tempat wisata di kabupaten nabire. Kemudian data tersebut dipindahkan ke *firebase database realtime* agar aplikasi dapat diakses dengan menggunakan fasilitas *firebase*. Data API terdiri dari *id_lokasi*, *namalokasi* dan koordinat lokasi.

2.5. Analisis Data

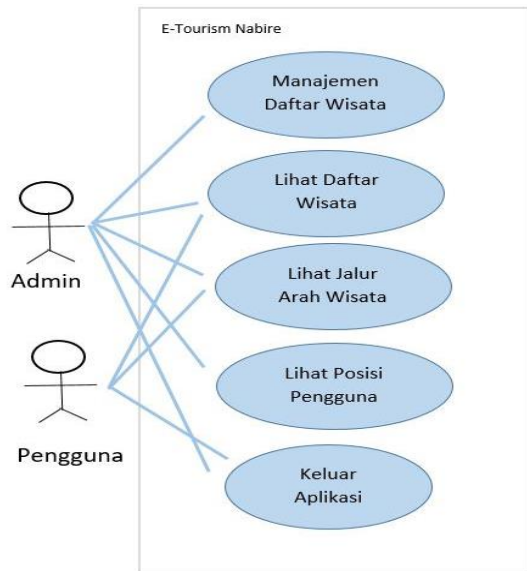
Data yang didapatkan berupa hasil dari penginputan data wisata dan posisi terakhir pengguna aplikasi untuk keperluan pelacakan. Data yang didapatkan kemudian dianalisis untuk membuktikan kinerja dari *firebase databaserealttime* dalam hal pemutakhiran data.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari beberapa tahapan yaitu perancangan diagram *use case*,



arsitektur sistem dan perancangan basis data. Perancangan diagram *use case* mengacu pada analisis kebutuhan.



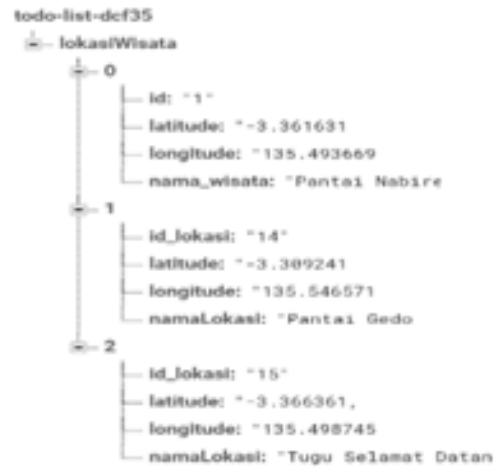
Gambar 5. Use case diagram aplikasi

Use case diagram di atas menunjukkan proses data yang akan berjalan pada aplikasi yang akan dikembangkan. Seluruh proses hak akses untuk melihat daftar wisata, detail, jalur ke daerah wisata, dan posisi terakhir dapat dilakukan tanpa harus melakukan proses autentikasi. Sedangkan untuk admin harus melalui proses autentikasi untuk melakukan proses manajemen data wisata.



Gambar 6. Perancangan arsitektur sistem

Pada perancangan arsitektur sistem, membahas mengenai pertukaran data dari sistem yang akan digunakan untuk menampilkan data sesuai permintaan pengguna yang didapatkan dari *firebase database*.



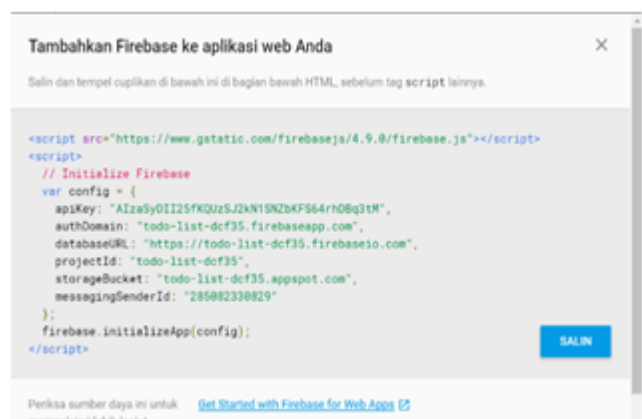
Gambar 7. Rancangan database sistem

4. Hasil Penelitian

Pada proses antar muka *e-tourism* ada beberapa pilihan yang mendukung proses kerja sistem. Secara singkat proses ini adalah sebagai berikut : Proses konfigurasi *firebase*, pembuatan basis data, penginputan data, dan proses perubahan data posisi pengguna. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam membangun aplikasi yaitu :

4.1. Proses Konfigurasi *Firestore*

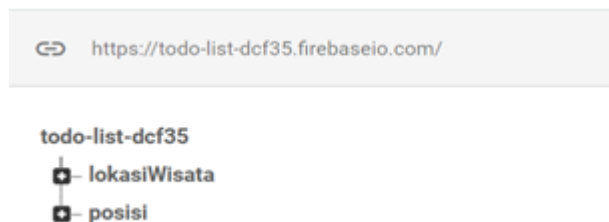
Tahapan ini dilakukan dengan mengakses situs *firebase* kemudian memilih pengaturan dan aplikasi web. Tahapan ini akan didapatkan hasil berupa data konfigurasi *firebase* untuk dipasangkan ke aplikasi.



Gambar 8. Konfigurasi *firebase*

4.2. Proses Pembuatan Database

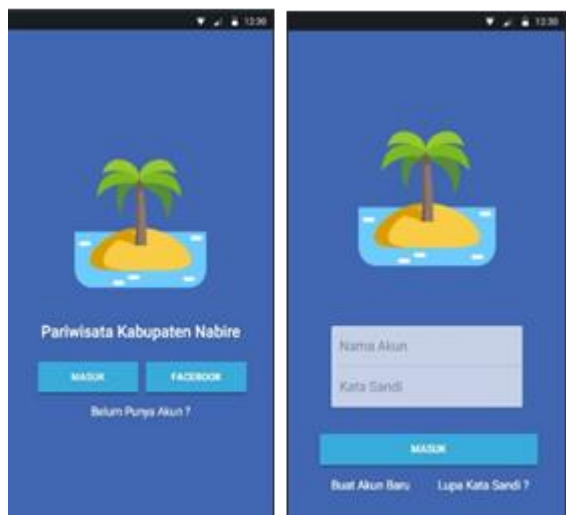
Pada halaman *console firebase*, pilih menu *database*. Kemudian tuliskan nama *database* yang akan digunakan untuk aplikasi. Untuk penelitian ini, akan menggunakan 2 *database* yaitu lokasi Wisata untuk menampung daftar wisata dan posisi terakhir untuk menampung data posisi terakhir pengguna aplikasi.



Gambar 9. Database lokasiWisata dan posisi

4.3. Proses Autentikasi Aplikasi

Proses autentikasi digunakan untuk memvalidasi pengguna yang berhak menggunakan aplikasi. Pengguna memasukkan nama akun dan kata sandi kemudian aplikasi akan mengirimkan data ke *firebase* untuk mencocokkan data pengguna.



Gambar 10. Halaman autentikasi aplikasi

4.4. Halaman Utama

Ketika pengguna telah berhasil melakukan autentikasi, maka aplikasi akan mengarahkan ke halaman utama yang terdiri dari beberapa menu yang dapat diakses oleh pengguna.

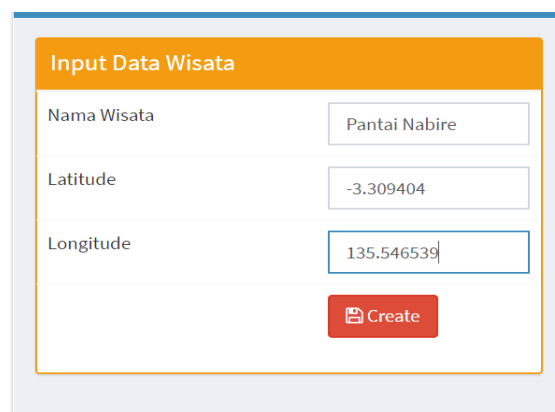


Gambar 11. Halaman utama aplikasi

4.5. Proses Penginputan Data Wisata

Proses penginputan dilakukan pada *e-tourism*. Data yang diinput adalah data wisata. Inputan yang disediakan adalah lokasi_wisata, *latitude*, dan *longitude*.

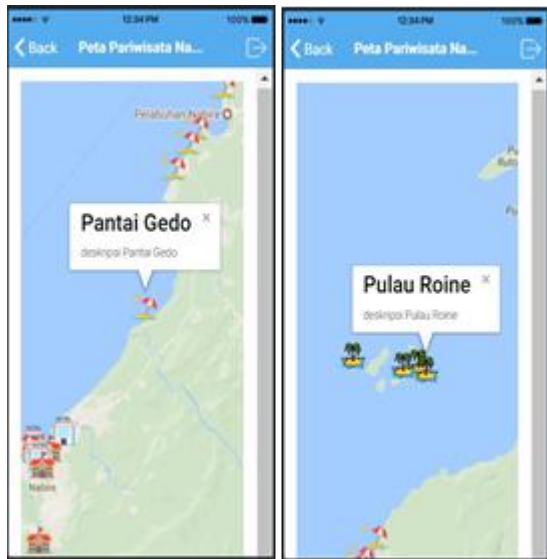
Hasil dari penginputan data akan tersimpan secara realtime di *firebase database*, seperti terlihat pada Gambar berikut.



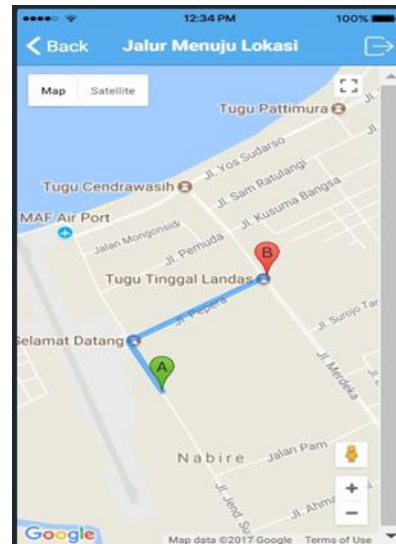
Gambar 12. Formulir penginputan data wisata

4.6. Peta Sebaran Lokasi Wisata

Halaman ini menampilkan sebaran lokasi wisata dalam bentuk peta. Data didapatkan dari *database firebase* yang dapat berubah secara *real-time*.



Gambar 13. Peta sebaran wisata

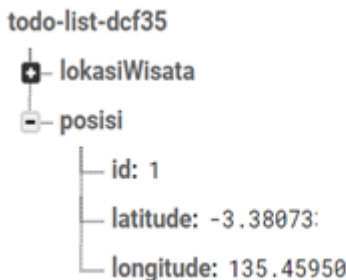


Gambar 15. Jalur menuju lokasi wisata

4.7. Proses Perubahan Data Posisi Pengguna

Sistem yang dibangun dilengkapi dengan pendeteksian posisi pengguna dengan bantuan GPS (*global positioning system*). Pengguna memulai proses tracking di aplikasi dengan mengirim koordinat posisi terakhir pengguna ke *firebase database realtime*.

Hasil dari penginputan data posisi terakhir tersimpan secara *realtime* di *firebase database*, seperti terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 14. Isi database posisi terakhir

4.8. Proses Tampil Jalur Menuju Lokasi Wisata

Proses ini dilakukan dengan mengambil data posisi data dan daftar lokasi wisata yang tersimpan di *firebase database realtime*. Apabila pengguna memilih sebuah tempat wisata, maka sistem akan mengambil informasi detail dari tempat wisata tersebut seperti nama wisata, *latitude*, dan *longitude*.

5. Pembahasan

Penelitian ini memperlihatkan hasil dari implementasi pemanfaatan *firebase database realtime* yang mampu melakukan penginputan dan pemutakhiran data secara *realtime*. Pengguna tidak menggunakan fitur *refresh* (penyegaran halaman) untuk melihat perubahan data secara langsung. *E-tourism* yang dihasilkan juga mampu menampilkan sebaran daftar wisata dalam bentuk peta serta mampu menampilkan jalur untuk menuju ke kawasan wisata tersebut.

6. Kesimpulan

Pemanfaatan *firebase database realtime* dalam pengembangan aplikasi web dapat menjadi solusi bagi para pengembang. Dengan fitur *databaserealttime*, aplikasi dapat menampilkan informasi yang lebih cepat dan *realtime*. Hasil perubahan yang terdapat pada *firebase realtime database*, secara otomatis akan disalurkan ke *client* yang terhubung dengan aplikasi tanpa harus melakukan aksi *refresh* (penyegaran halaman).

Referensi

- [1] Ade Bastian, Sandi Fajar Rodiansyah, Rekta Rezanova, "Pengembangan E-Tourism Disporabudpar Kabupaten Majalengka Menggunakan Metode SWOT", Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2017 (SENTIKA 2017).
- [2] Theophilus Wellem, "Semantic Web Sebagai Solusi Masalam Dalam E-Tourism di Indonesia", Seminar



Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009) Yogyakarta.

- [3] Firebase, "Firebase Product", diunduh [4 November 2017] melalui <https://firebase.google.com/products/>.
- [4] Dinesh Rawal, "Traditional Infrastructure vs Firebase Infrastructure", International Journal for Scientific Research & Development| (IJSRD), Vol.5, Issue 4, 2017.
- [5] Shashank Gupta, Bhaskar Kapoor, "Firebase In App Development", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol.3, Issue 12, 2016.



Analisis Kestabilan Sistem Suselbar Akibat Dinamik Load Menggunakan Metode *Operation Rescheduling*

Indar Chaerah Gunadin^{*1}, Zaenab¹, Muhammad Jibril Agung¹, Anwarriska Apriana¹, Agus Siswanto²

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea – Makassar, 90245

²Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945, Cirebon
Jl. Perjuangan No. 17, Kota Cirebon

*Email: indarcg@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.05

Abstrak

Penjadwalan pembebanan merupakan hal penting untuk mengoptimalkan transmisi daya pada sistem. Cara untuk menghasilkan sistem transmisi energi listrik stabil adalah dengan meminimalkan rugi-rugi sistem transmisi (*transmission losses*) menggunakan antara momen inersia dan daya pada generator pembangkit. Gangguan pembangkitan merupakan gambaran rugi-rugi daya pada saluran transmisi yang dihasilkan saat pembangkit mengirim daya ke beban. Mentransfer daya dari pembangkit yang *losses* tinggi ke pembangkit yang *losses* rendah. *Rescheduling System* dapat meminimalkan rugi-rugi sistem transmisi. Pada penelitian ini hasil penjadwalan metode ini dibandingkan dengan hasil realisasi penjadwalan pembangkit-pembangkit termal dari Pusat Penyaluran dan Pengatur Beban (P3B) PT PLN (Persero) Suselbar. Perbandingan ini bertujuan untuk membuktikan metode ini lebih baik dari penjadwalan yang direalisasi PLN, sehingga ditemukan pula keunggulan dan kelemahan metode. Setelah dilakukan penelitian, metode ini menghasilkan daya pembangkitan yang mendekati kestabilan, karena besarnya daya yang dihasilkan mendekati daya pembangkitan PLN dalam memenuhi permintaan beban yang sama tetapi dengan rugi-rugi transmisi yang lebih kecil dan biaya bahan bakar yang lebih murah. Hasil pembebanan stabil menghasilkan efisiensi perusahaan listrik sehingga dapat menekan biaya operasional pembangkitan dan tentunya secara tidak langsung berdampak pada murahnya biaya produksi listrik.

Abstract

Stability Analysis of Suselbar System due to Dynamic Load using Operation Rescheduling Method. Load scheduling is essential for optimizing power transmission on the system. The way to produce a stable electrical energy transmission system is to minimize transmission losses using between the moment of inertia and power on the generator. The generation noise is a description of the power losses on the transmission line generated when the power plant sends the load power. Transferring power from a high losses plant to a low losses plant. *Rescheduling System* can minimize transmission system losses. In this research, the scheduling result of this method is compared with the realization of scheduling of thermal generators from PT PLN (Persero) Suselbar Central Disbursement and Control Center (P3B). This comparison aims to prove this method better than scheduling realized PLN, so that found also advantages and disadvantages method. After the research, this method produces a generation power that is close to stability, because the amount of power generated close to the power generation of PLN in fulfilling the same load demand remains with smaller transmission losses and cheaper fuel costs. The result of stable loading results in the efficiency of the electricity company so that it can reduce the operational cost of the generation and of course indirectly impact on the low cost of electricity production.

Kata Kunci: Dinamik load, PSAT, MATLAB, rescheduling system, stabilitas

1. Pendahuluan

Pada masa modern seperti sekarang ini, Indonesia negara yang memiliki jumlah populasi penduduk besar dan perkembangan industri mengalami peningkatan dan memiliki tingkat kebutuhan sumber energi listrik yang besar pula. Terutama di negara berkembang seperti

Indonesia, biaya bahan bakar merupakan faktor utama dalam perencanaan, pengoperasian, dan pengontrolan sistem tenaga listrik. Kebutuhan energi listrik terus bertambah, maka dibutuhkan sistem tenaga listrik dengan beberapa pembangkit listrik saling interkoneksi untuk dapat memenuhi kebutuhan beban tersebut [1, 2].



Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat pembangkit listrik, diperlukan suatu koordinasi di dalam penjadwalan besar daya listrik dibangkitkan masing-masing pusat pembangkit agar didapatkan suatu pembebanan optimal dan lebih ekonomis [3]. Hal ini berarti dalam pembangkitan dan penyaluran energi itu harus dilakukan secara ekonomis dan rasional.

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan karakteristik sistem tenaga memungkinkan mesin bergerak serempak dalam sistem pada operasi normal dan dapat kembali dalam keadaan seimbang setelah terjadi gangguan. Secara umum permasalahan stabilitas sistem tenaga listrik terkait dengan kestabilan sudut rotor (*Rotor Angle Stability*) dan kestabilan tegangan (*Voltage Stability*). Berdasarkan rentang waktu dan mekanisme terjadi ketidakstabilan. Kestabilan sudut rotor di klasifikasikan menjadi *Small Signal Stability* dan *Transient Stability*. *Small Signal Stability* adalah kestabilan sistem untuk gangguan-gangguan kecil dalam bentuk osilasi elektromekanik yang tak teredam, sedangkan *transient Stability* dikarenakan kurang sinkron torsi dan diawali oleh gangguan-gangguan besar [4].

Dalam pengoperasian pembebanan jaringan suselbar dilakukan dengan pembagian pembebanan pada pembangkit tenaga listrik (penjadwalan pembebanan) menyuplai beban. Dalam pembagian pembebanan ini kerap kali mengabaikan rugi-rugi pada sistem transmisi. Rugi-rugi pada sistem transmisi (*losses*) menyebabkan sistem transmisi jaringan suselbar menjadi kurang sehingga PT. PLN merencanakan pengembangan jaringan [5].

Untuk mendapatkan sistem transmisi seimbang maka perhitungan momen inersia dan daya pada generator pembangkit sangat diperlukan. Perhitungan ini dapat mengetahui pembangkit yang menyebabkan *losses* tinggi dan pembangkit menyebabkan *losses* rendah dengan membandingkan dua buah pembangkit. Penjadwalan pembebanan dengan rugi saluran transmisi rendah dapat menekan nilai rugi-rugi sistem transmisi. Salah satu teknik solusi untuk penjadwalan pembebanan adalah dengan

menggunakan *Power System Analysis Toolbox* (PSAT). PSAT menyediakan berbagai jenis model komponen statis dan dinamik yang semua dapat dijalankan dengan *graphic interface* (GUI) sehingga memudahkan dalam penggunaannya serta tersedia simulink yang memudahkan dalam mendesain jaringan.

2. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik umum terdiri dari beberapa pembangkit (sistem multi mesin) yang terhubung secara interkoneksi melalui jaringan Transmisi. Tujuan interkoneksi sistem adalah untuk menjamin kelangsungan pasokan daya listrik ke beban. Stabilitas sudut rotor merupakan hal yang sangat vital dalam sistem tenaga listrik, karena berkaitan dengan keandalan dan keamanan sistem, oleh karena itu harus menjadi pertimbangan utama dalam perencanaan maupun pengoperasian. Sistem tenaga listrik modern memiliki banyak peralatan dinamik yang bervariasi, misalnya mesin-mesin sinkron dan beban yang secara terus-menerus rentan terhadap gangguan eksternal maupun internal.

Dalam kondisi demikian sering terjadi osilasi tiap bagian maupun antar bagian pada sistem tenaga listrik sedang terinterkoneksi. Sistem tenaga listrik yang beroperasi dalam keadaan stabil, memiliki keseimbangan antara daya input mekanis (*prime-mover*) dengan daya output listrik. Dalam keadaan ini semua generator berputar dalam kecepatan sinkron, setiap kenaikan atau penurunan beban diikuti dengan perubahan daya mekanis *prime-mover* generator.

Bila daya mekanis tidak dapat menyesuaikan dengan daya beban dan rugi-rugi sistem, maka kecepatan rotor generator dan tegangan akan menyimpang dari keadaan normal. Stabilitas sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu sistem tenaga listrik atau komponennya untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan sistem [6]. Pada keadaan operasional stabil dari sistem tenaga listrik, terdapat keseimbangan antara daya input mekanis pada penggerak mula dengan daya output listrik pada sistem.



Peningkatan dinamik terhadap pemakaian maupun pelepasan secara simultan kebutuhan daya reaktif beban sistem dalam rating daya yang besar (*heavy loading*) menyebabkan fluktuasi tegangan dan frekuensi sistem, jika fluktuasi tegangan melewati batas toleransi nilai tegangan yang ditetapkan yakni +5% dan -10% dapat mempengaruhi kestabilan tegangan sistem.

Permasalahan utama yang terjadi di sistem tenaga adalah operasi sinkron antara tegangan, frekuensi, dan sudut fasa. Operasi ini akan menyatakan keserempakan kerja mesin-mesin sinkron di jaringan dalam rentang waktu tertentu. Dalam jaringan tenaga listrik sistem interkoneksi merupakan hal yang umum dijumpai karena pemanfaatan interkoneksi di jaringan akan meningkatkan keandalan dan dapat memperbesar suplai daya yang dihasilkan. Namun, permasalahan yang mungkin muncul pada sistem interkoneksi adalah tidak seimbang tegangan, frekuensi, dan sudut fasa, sehingga sistem tenaga listrik tidak dapat berjalan serempak atau mengalami ketidakstabilan [7-10].

Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem tenaga yang dapat melayani beban secara kontinyu dengan tegangan dan frekuensi yang konstan. Fluktuasi tegangan dan frekuensi yang terjadi harus berada pada batas toleransi yang diizinkan agar peralatan listrik konsumen dapat bekerja dengan baik dan aman. Kondisi sistem yang benar-benar mantap sebenarnya tidak pernah ada. Perubahan beban selalu terjadi dalam sistem. Penyesuaian oleh pembangkit akan dilakukan melalui *governor* dari penggerak mula dan eksitasi generator.

Perubahan kondisi sistem yang seketika, biasanya terjadi akibat adanya gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, dan pelepasan atau penambahan beban yang benar secara tiba-tiba. Akibat adanya perubahan kondisi kerja dari sistem ini, maka keadaan sistem akan berubah dari keadaan lama ke keadaan baru. Periode singkat di antara kedua keadaan tersebut disebut periode peralihan atau transient. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis sistem tenaga listrik untuk menentukan apakah sistem tersebut stabil atau tidak, jika terjadi gangguan. Stabilitas transient didasarkan pada kondisi kestabilan

ayunan pertama (*first swing*) dengan periode waktu penyelidikan pada detik pertama terjadi gangguan [11-13].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kestabilan suatu sistem tenaga listrik apabila mengalami gangguan adalah metode kriteria sama luas. Walaupun metode ini tidak dapat dipergunakan untuk sistem multi-mesin namun sangatlah membantu untuk memahami faktor-faktor dasar yang mempengaruhi stabilitas transient sistem tenaga listrik.

Metode kriteria sama luas (*Equal Area Criterion*, EAC) merupakan contoh metode langsung untuk memperoleh waktu pemutusan kritis (*Critical Clearing time*), yang mana hanya terbatas untuk satu mesin saja dengan *bus infinite* (*Single Machine Infinite Bus*, SMIB). Kurva ayunan merupakan alat evaluasi suatu kestabilan sistem yang digunakan kestabilan-kestabilan transient sistem tenaga listrik.

Alat bantu dalam studi analisa sistem tenaga listrik adalah komputer, karena peranan komputer dalam analisis sistem tenaga mempunyai keuntungan diantara fleksibel (dapat digunakan untuk menganalisis hampir semua persoalan), teliti, cepat dan ekonomis. Software komputer yang digunakan adalah Matlab, karena Matlab merupakan bahasa canggih untuk komputasi teknik. Matlab merupakan integrasi dari komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah digunakan, karena permasalahan dan pemecahannya dinyatakan dalam notasi matematika biasa.

Sistem tenaga merupakan sistem sangat kompleks dan terdiri dari banyak peralatan listrik yang memiliki karakteristik serta tanggapan masing-masing terhadap perubahan kondisi. Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis dan akan berubah-ubah setiap detiknya. Perubahan beban yang tidak terduga dapat dikategorikan sebagai gangguan yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara pasokan listrik dan permintaan energi listrik. Perubahan tersebut mengharuskan setiap pembangkit menyesuaikan daya keluaran melalui kendali *governor* maupun eksitasi mengikuti perubahan beban. Jika hal ini tidak dilakukan



maka akan menyebabkan keseimbangan daya dalam sistem terganggu dan efisiensi pengoperasian sistem menurun menyebabkan kinerja sistem memburuk.

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan karakteristik sistem tenaga yang memungkinkan mesin bergerak serempak dalam sistem pada operasi normal dan dapat kembali dalam keadaan seimbang setelah terjadi gangguan. Secara umum permasalahan stabilitas sistem tenaga listrik terkait dengan kestabilan sudut rotor (*Rotor Angle Stability*) dan kestabilan tegangan (*Voltage Stability*) [11, 12].

Klasifikasi ini berdasarkan rentang waktu dan mekanisme terjadinya ketidakstabilan. Kestabilan sudut rotor di klasifikasikan menjadi Small Signal Stability dan Transient Stability. Small Signal Stability adalah kestabilan sistem untuk gangguan-gangguan kecil dalam bentuk osilasi elektromekanik yang tak teredam, sedangkan *transient Stability* dikarenakan kurang sinkronnya torsi dan diawali dengan gangguan gangguan besar. Masalah kestabilan biasanya diklasifikasikan menjadi tiga tipe bergantung pada sifat alami dan magnitude gangguan antara lain stabilitas *steady state*, *transient*, dan dinamis [14].

2.1. Penjadwalan Sistem (*System Rescheduling*)

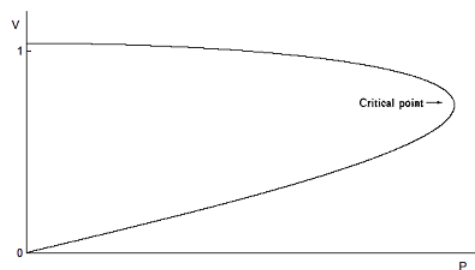
Keputusan rescheduling (penjadwalan ulang) menunjukkan langkah terakhir dalam siklus produksi. Proses produksi dimulai dengan *capacity planning* (langkah 1), diikuti dengan *aggregate planning* (langkah 2), dan diakhiri dengan *operations scheduling* (langkah 3). Fungsi utama dari penjadwalan adalah untuk mengembangkan tugas kerja khusus dan untuk mengorganisir waktunya. *Master Schedule* (Jadwal Induk) sering di pergunakan sebagai input dasar untuk proses penjadwalan operasi. Tujuan dasar dari proses penjadwalan ulang (*System Rescheduling*) adalah merancang urutan kerja optimal yaitu rencana yang menunjukkan *trade off* (pertukaran) terbaik diantara konflik tujuan.

Urutan waktu pekerjaan sering di rumuskan menggunakan aturan keputusan prioritas. Secara spesifik, aturan keputusan prioritas digunakan untuk menentukan pekerjaan diproses ketika sejumlah pekerjaan sedang menunggu. Ke

efektifan relatif dari tiap aturan dapat ditentukan dengan mengamati kinerja dari sistem.

2.2. Continuation Power Flow (CPF)

Salah satu aplikasi penting dari studi aliran daya adalah untuk melacak dan memprediksi respon sistem untuk menjamin tegangan pada sistem tidak *collapse* keandalan, dan pengendalian distribusi energi listrik. Evaluasi *Power-Voltage* atau kurva karakteristik "PV", ditunjukkan pada Gambar 1. memberikan informasi penting, yaitu stabilitas tegangan dan kemampuan batas beban, pada kondisi *steady state*.



Gambar 1. Kurva PV

Di ujung kurva, di mana sistem mencapai titik kritis dari operasi, pada keadaan normal tidak dapat lagi memenuhi permintaan daya reaktif. Dengan demikian, kurva atas merupakan operasi yang stabil, sedangkan kurva bawah adalah wilayah yang tidak stabil.

Metode CPF dilakukan dengan reformulasi persamaan aliran daya melalui penambahan parameter pembebanan, yang diekspresikan sebagai berikut:

$$F(\theta, V) = \lambda K \quad (1)$$

dimana :

θ : vektor dari sudut tegangan bus

V : vektor dari besar tegangan bus

λ : parameter beban

K : vektor yang menggambarkan persentase perubahan beban pada tiap bus

Persamaan 1 merupakan persamaan non linear dengan spesifikasi $0 \leq \lambda \leq \lambda_{critical}$. Dengan $\lambda = 0$ adalah kondisi pembebanan awal, dan $\lambda = \lambda_{critical}$. Saat kondisi pembebanan kritis. Persamaan 1 dapat ditulis kembali sehingga menghasilkan

$$F(\theta, V, \lambda) = 0 \tag{2}$$

Pada *predictor step*, pendekatan linier digunakan untuk menghitung solusi dengan perubahan dari salah satu *state variable* (θ, V, λ) dari Persaman 2, dapat ditulis persamaan linearnya

$$F_\theta d\theta + F_v dV + F_\lambda d\lambda = 0$$

atau

$$\begin{bmatrix} F_\theta & F_v & F_\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\theta \\ dV \\ d\lambda \end{bmatrix} = 0 \tag{3}$$

Dengan penambahan λ pada persamaan aliran daya akan menimbulkan suatu variabel yang tidak diketahui maka perlu penambahan satu lagi persamaan untuk menemukan solusinya. Tangan vektor yang bernilai 1 atau -1 akan ditambahkan, parameter ini sering disebut dengan *continuation parameter*. Persamaan 3 menjadi

$$\begin{bmatrix} F_\theta & F_v & F_\lambda \\ ek \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\theta \\ dV \\ d\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Pada Persamaan 4 di mana *ek*, merupakan vektor baris dengan semua elemen sama dengan no kecuali untuk ke k^{th} yang bernilai 1. Ketika tangan vektor telah didapat, predeksi untuk solusi selanjutnya dituliskan seperti dibawah ini

$$\begin{bmatrix} \theta \\ V \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ V_0 \\ \lambda_0 \end{bmatrix} + \sigma \begin{bmatrix} d\theta \\ dV \\ d\lambda \end{bmatrix} \tag{5}$$

Dengan penanda “0” adalah nilai dari *state variabel* saat memulai *predictor step*. Pada *corrector step*, persamaan $F(\theta, V, \lambda) = 0$ diberi tambahan satu persamaan untuk *state variable* sebagai *continuation parameter*. Maka didapatkan persamaan baru.

$$\begin{bmatrix} F(\theta, V, \lambda) \\ x_k - \eta \end{bmatrix} = [0] \tag{6}$$

Pada Persamaan 6, x_k adalah *state variable* yang dipilih sebagai *continuation parameter* dan η bernilai sama dengan x_k yang diprediksi. Adanya

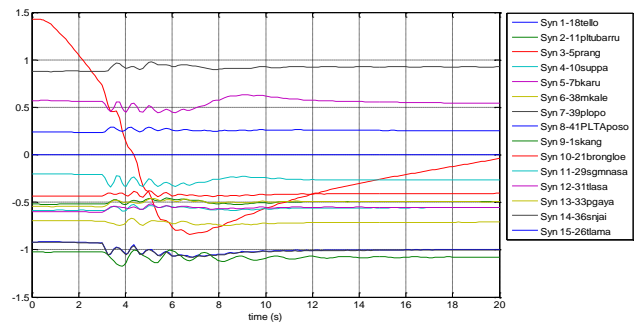
x_k membuat Jacobian tidak singular pada titik kritis operasi, sehingga analisis CPF dapat di lanjutkan.

3. Hasil Penelitian

Dalam simulasi *Rescheduling* pada jaringan Sulsebar, menampilkan simulasi besaran nilai pada setiap bus dan data transmisinya, yang di tunjukkan melalui tabel pada *Power Flow* dan *Line Flow*, nilai ini menunjukkan besaran daya tiap pembangkit yang di gunakan. Perhitungan aliran daya diperlukan untuk mengetahui kondisi normal suatu sistem tenaga.

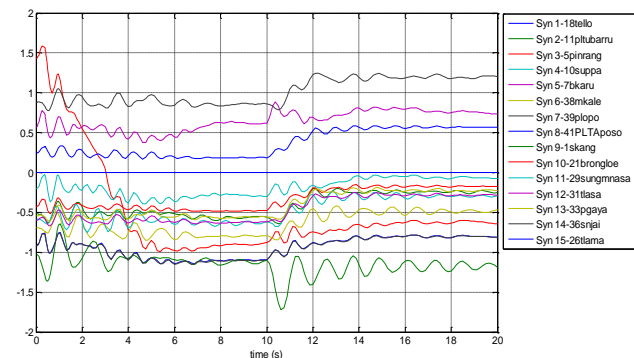
3.1. Simulasi PSAT Keadaan Normal pada Batas 275 kV PLTA Poso

Gambar 2, memperlihatkan kondisi normal rangkaian simulasi Sulsebar dalam keadaan stabil dengn bantuan simulasi pada Matlab menggunakan PSAT.



Gambar 2. Kurva normal dengan *reference angle* 275 kV

3.2. Simulasi PSAT Keadaan Gangguan pada Batas 275 kV PLTA Poso



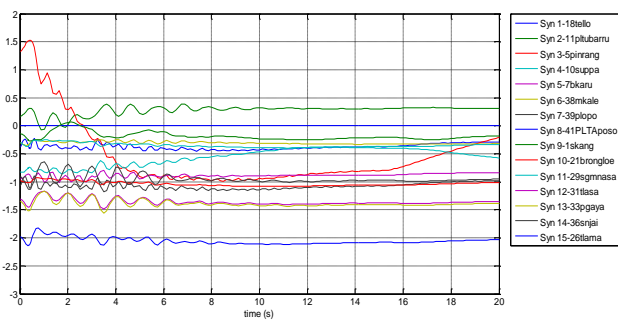
Gambar 3. Kurva gangguan dengan *reference angle* 275 kV



Keadaan gangguan pada rangkaian simulasi Sulselbar di berikan *trouble* hubung singkat bus 15 TNASA, sehingga menghasilkan Gambar 3 grafik yang bergelombang dari 15 pembangkit yang ada melalui simulasi PSAT.

3.3. Simulasi PSAT Keadaan *Rescheduling* pada Batas 275 kV PLTA Poso

Proses *rescheduling* (penjadwalan ulang) berdasarkan simuasi gangguan pada Gambar 4, daya pada momen inersia P.gen (resch) di gunakan untuk menschedule ulang pada gambar rangkaian di Matlab. Dalam artian nilai P.gen (kV) di ubah menjadi P.gen (resch) sesuai data identitas generator pembangkit, dalam perubahan nilai tersebut memperlihatkan grafik resheduling



Gambar 4. Kurva *rescheduling* dengan reference angle 275 Kv

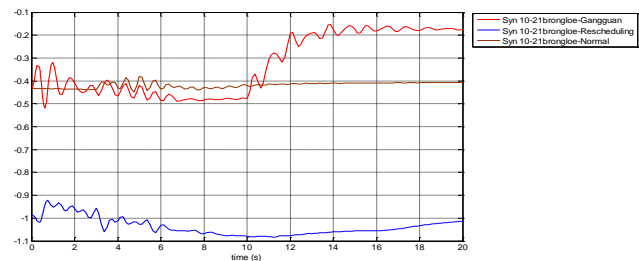
3.4. Analisis Grafik Simulasi Gangguan-*Rescheduling* 275 kV

Percobaan simulasi ini mencoba untuk memberikan gangguan pada salah satu pembangkit untuk mengetahui sejauh mana perbedaan grafik yang muncul dan pada saat di *Reschedule*, di sini dicoba mensimulasikan dari 3 pembangkit yang berbeda yang masing di proses saat gangguan dan *Reschedule*.

3.5. Pembangkit 21 Brongloe

Dalam mensimulasikan proses gangguan pada salah satu generator di SulSelBar (15 Tonasa), terlihat adanya garis grafik yang menonjol pada 21 Brongloe yang di beri tanda garis merah, hal ini menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam peralatan. Tetapi kemudian setelah Di *Rescheduling* maka ada perubahan

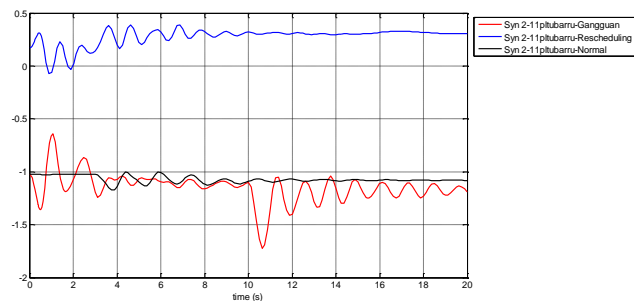
grafik di tandai oleh garis biru, ini menunjukkan keadaan yang mendekati batas normal.



Gambar 5. Kurva gangguan dan *rescheduling* pada pembangkit 21 Brongloe

3.6. Pembangkit 11 PLTU Barru

Pada simulasi pembangkit 11 PLTU Barru ini, ada tiga keadaan yaitu: normal, gangguan dan *Rescheduling*, dalam keadaan gangguan terlihat grafik sangat menonjol memperlihatkan keadaan tidak stabil hal ini di pengaruhi dari kestabilan sistem yang tak teredam, melalui kestabilan tegangan (*voltage stabililty*), Pada tiap daya generator dapat mengurangi gangguan kestabilan peralatan sehingga dapat terlihat garis biru pada Gambar 6 PLTU Barru memperlihatkan adanya penurunan gangguan mendekati batas normal

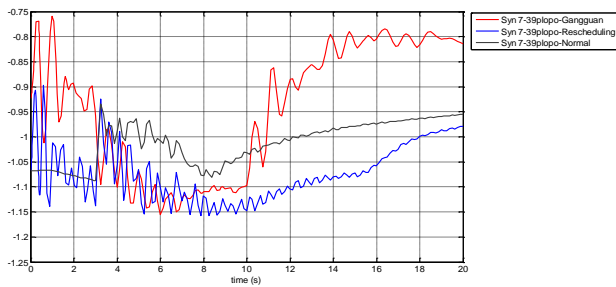


Gambar 6. Kurva gangguan dan *rescheduling* pada pembangkit 11 PLTU Barru

3.7. Pembangkit 39 Palopo

Pada simulasi percobaan pembangkit 39 palopo, juga terlihat adanya perubahan melauai batas gangguan, perubahan ini berdasarkan pada ketidakseimbangan antara pasokan listrik dan permintaan energi listrik, akibatnya keseimbangan mulai terganggu, untuk itu *reschedule* ini pada simulasi pembangkit gen.39 palopo di tandai garis biru pada grafik sudah memperlihatkan adanya penurunan gangguan mendekati batas normal





Gambar 7. Kurva gangguan dan rescheduling pada pembangkit 39 Palopo

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil simulasi pada penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil simulasi MatLab dengan menggunakan PSAT untuk kondisi kestabilan saat terjadi gangguan pada pembangkit sistem Sulsebar melalui pembagian pembebanan pada pembangkit tenaga listrik dengan penjadwalan pembebanan yang akan menyuplai beban, penjadwalan pembebanan / rescheduling dengan rugi saluran transmisi rendah dapat menekan nilai rugi-rugi sistem transmisi.
- Memperbaiki kestabilan sistem saat gangguan dengan menggunakan metode *operation rescheduling* melalui pembangkit momen inerti pada tiap pembangkit (Pinrang 5.94 rad/det) dibagi dengan jumlah total pembangkit momen inerti (67.66 rad/det) dikalikan dengan jumlah total daya generator (903.48 MW) maka menghasilkan daya *rescheduling* (79.318 Resch) pengganti dari daya generator.
- Efek hasil simulasi MatLab menggunakan PSAT dari *operation rescheduling* melalui sudut rotor pada pembangkit dipengaruhi pada *reference angle* semakin besar tegangan pembangkit masukan *reference angle* maka semakin kecil nilai sudut rotornya dan semakin kecil tegangan pembangkit masukan *reference angle* maka semakin besar nilai sudut rotor yang dihasilkan.

Referensi

- [1] Sargi, Hadi Sutanto. 2013. *Pembebanan penjadwalan menggunakan Fator Penalti pada sistem Transmisi 500 kV jawa-bali Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Tembalang: Semarang.
- [2] Dani, Derwan. 2010. *Penjadwalan Proses Sistem Operasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [3] Soeprijanto, dkk. 2009. *Modified Improved Particle Swarm Optimization for optimal Generator Scheduling*. Yogyakarta: SNATI.
- [4] Fadli, Muhammad. 2016. *Nalisis Kestabilan Tegangan Pada Waktu Beban Puncak (WBP) Dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) Pada Interkoneksi sulsebar*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [5] Rencana Usaha Penyediaan Tenaga (RUPTL) PT PLN (Persero) 2015-2024.
- [6] Kundur, P., "*Power System Stability and Control*", McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [7] Soeprijanto, Adi. "Desain Kontroller untuk Kestabilan Dinamik Sistem tenaga Listrik". ITS Press, Surabaya, 2012.
- [8] Gunadin, I. C., A. Soeprijanto and O. Penangsang (2010). "Real Power Generation Scheduling to Improve Steady State Stability Limit in the Java-Bali 500 kV Interconnection Power System." *World Acad. Sci. Eng. Technol* 72: 1-5.
- [9] Siswanto, Agus. Safrizal, Subiyanta, Errfan. *The Voltage Stability of Distribution System using the Distribution Generation Biomass Power Plant*, Proceeding of International Conference on Green Technology ISSN:2355-3456 September 3rd, 2014, Semarang, Indonesia.
- [10] Gunadin, I. C., A. Suprijanto and O. Penangsang (2009). *Study on Effect of STATCOM Installation to Improved Voltage Stability in East Indonesia System*. Proceeding of National Seminar on Applied Technology, Science, and Art (APTECS), Surabaya.
- [11] Kimbark, E. W. (1968). "Power System Stability: SYNCHRONOUS MECHINES." Dover Publications, Inc., New York.
- [12] Saadat, H. (1999). "Power System." McGraw-Hill Inc. USA.
- [13] Said, S. M., S. Manjang, M. W. Tjaronge and M. A. Thaha (2013). "Electrical Energy Consumption Prediction in South-West Sulawesi Electrical Power System." Editorial Committees.
- [14] Dou, X., S. Zhang, L. Chang, Z. Wu, W. Gu, M. Hu and X. Yuan (2017). "An improved CPF for static stability analysis of distribution systems with high DG penetration." *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 86: 177-188.



Pengaruh *Image Engagement* pada Aplikasi Parasit Malaria

Muhammad Irsan Sabir^{*1}, Muhammad Niswar², Indrabayu²

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

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

*Email: muhammadirsansabir@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.06

Abstrak

Parasit nyamuk merupakan sekelompok mikroorganisme bersel tunggal dalam tipe plasmodium yang dapat menyebabkan malaria dengan menyerang sel darah manusia. Dalam penelitian ini, sebuah aplikasi pendeteksi parasit jenis Plasmodium Falciparum pada stadium thropozoit, skizon dan gametosit dirancang dengan menggunakan Android Studio 2.2.2 dan library OpenCV 2.4.9. Proses deteksi citra diawali dengan *preprocessing* citra selanjutnya tahap fitur ekstraksi dan klasifikasi menggunakan metode Haar Cascade Classifier, kemudian tahap terakhir 3 jenis boost dibandingkan, yaitu Gentle Adaboost, Discrete Adaboost, dan Real Adaboost. Image Enhancement merupakan salah satu proses awal dalam preprocessing yang bertujuan untuk memperjelas ciri atau fitur tertentu dari citra agar lebih mudah dianalisa secara teliti pada proses seleksi fitur. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa *image enhancement* dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra agar informasi yang ada pada citra dapat terlihat lebih jelas.

Abstract

Effect of Image Engagement on Malaria Parasite Applications. The mosquito's parasite is a group of single-celled microorganisms in the plasmodium type that can cause malaria by attacking human blood cells. In this study, a parasitic detection application of Plasmodium Falciparum type at thropozoite, scizont and gametocyte stage was designed using Android Studio 2.2.2 and OpenCV 2.4.9 library. Image detection process begins with preprocessing, then feature extraction and classification phase using Haar Cascade Classifier, then the last stage 3 types of boost compared, namely Gentle Adaboost, Discrete Adaboost, and Real Adaboost. Image Enhancement is one of the preliminary processes in preprocessing that aims to clarify certain features or features of the image to be more easily analyzed carefully in the feature selection process. The results of this study prove that image enhancement can be used to improve image quality so that the information available on the image can be seen more clearly.

Kata Kunci: *Android studio, image enhancement, malaria parasites, preprocessing*

1. Pendahuluan

Malaria merupakan jenis penyakit yang diakibatkan oleh parasit dari genus *plasmodium* yang disebabkan oleh gigitan nyamuk anopheles betina dengan menyerang eritrosit atau sel darah merah manusia. Beberapa jenis *plasmodium* yang dapat menyerang tubuh manusia antara lain : *plasmodium vivax* yang menyebabkan malaria tertiana, plasmodium malaria yang menyebabkan malaria kuartana, *plasmodium ovale* menyebabkan malaria ovale, sedangkan *plasmodium falciparum* menyebabkan malaria tropika, jenis *plasmodium* ini dapat menimbulkan berbagai komplikasi di dalam organ-organ tubuh.

Menurut data statistik yang diperoleh Riset Kesehatan Dasar (Riskesda) pada tahun 2010, dinyatakan bahwa spesies parasit malaria terbanyak yang ditemukan di wilayah Indonesia yaitu jenis *plasmodium falciparum* yang dapat mengakibatkan malaria *falciparum*, dengan angka prevalensi sebesar 86,4 % [1].

Berbagai pemeriksaan standar dilakukan oleh para ahli untuk mengenali parasit malaria yang terdapat pada sel darah manusia dengan menggunakan alat mikroskopis. Proses dan waktu yang banyak dibutuhkan dalam sebuah laboratorium untuk mendapatkan hasil dari citra darah mikroskopis. Sebuah sistem diperlukan agar



dapat memberikan kemudahan dalam pendeteksian parasit pada citra darah yang dapat digunakan kapan pun dan di manapun untuk menghemat tenaga dan waktu.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Rakshit dan Bhowmik [2] untuk mendeteksi citra darah yang dengan beberapa bentuk *plasmodium* (*Ring trophozoite*, *merozoite*, *schizont*), dengan menggunakan deteksi tepi sobel dan Harris Corner Point.

Selanjutnya Permata [3], dengan tujuan penelitian membangun sistem klasifikasi fase parasit malaria *plasmodium vivax* menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) dengan hasil akurasi *vivax thropozoit* 91,67%, *vivax schizont* 87,78% dan *vivax gametocyte* 84,44%.

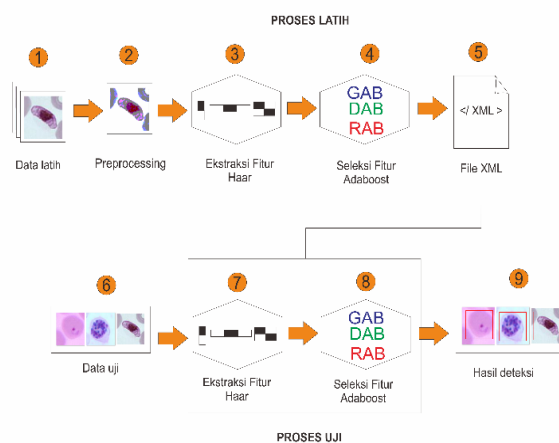
Kemudian, Khatkar dan Kumar [4], melakukan penelitian untuk memperbaiki kualitas citra biomedis dengan menggunakan algoritma SIFT serta wavelet D'Mayer dan Coieplet.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi penyakit malaria jenis *plasmodium falciparum* pada stadium trophozoit, schizont, dan gametosit melalui citra darah dengan melakukan *Image Engagement* pada tahap *preprocessing* dan menggunakan metode *haar cascade classifier* pada tahap klasifikasi parasit.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jaringan Komputer, Universitas Hasanuddin Makassar. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yaitu data berupa citra yang diperoleh dari laboratorium dengan format JPG dan citra *Plasmodium Falciparum* dari phil.CDC.gov. Data latih yang digunakan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu data positif berjumlah 100 citra darah yang terinfeksi parasit malaria dan data negatif berjumlah 200 citra darah normal. Sedangkan untuk data uji menggunakan 70 citra darah yang terindikasi parasit dengan 3 stadium yaitu stadium trophozoit 20 citra, stadium skizon 20 citra, dan stadium gametosit 30 citra. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yaitu data berupa citra yang diperoleh dari laboratorium dengan format JPG dan citra *Plasmodium Falciparum* dari phil.CDC.gov.

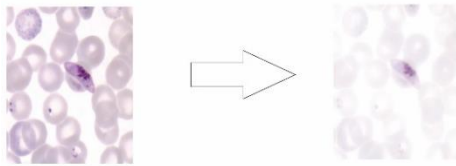
Kemudian data tersebut akan diolah dengan menggunakan perangkat lunak Android Studio dan OpenCV. Data yang akan digunakan terbagi atas 2 bagian, data latih dan data uji. Data sekunder berupa literatur, referensi jurnal ataupun laporan penelitian yang terkait serta sumber lain yang dianggap menunjang penelitian [5]. Perancangan sistem yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem

Secara umum rancangan penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut, tahap awal yang dilakukan adalah mengumpulkan data citra darah manusia yang terinfeksi parasit malaria dan darah yang normal, citra darah tersebut dibagi ke dalam citra darah latih dan citra darah uji. Citra darah latih di bagi menjadi 2 jenis yaitu citra darah positif (terinfeksi parasit) dan citra darah negatif (citra darah tanpa parasit).

Tahap preprocessing dilakukan untuk mengubah kualitas citra dengan memperjelas ciri atau fitur tertentu dari citra agar lebih mudah dianalisa secara teliti pada proses seleksi fitur. Pada tahap ini, citra diproses seperti melakukan *Image Brightness* atau perubahan kecerahan gambar dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari citra atau gambar. Kecerahan gambar dapat diperbaiki dengan menambahkan (atau mengurangi) sebuah konstanta kepada (atau dari) setiap pixel di dalam citra. Akibat dari operasi ini, histogram citra mengalami pergeseran.



Peningkatan kecerahan

Gambar 2. Peningkatan kecerahan citra

Pada tahap selanjutnya, fitur-fitur dari citra diekstraksi untuk menghasilkan sebuah file XML. Tahap selanjutnya adalah menghubungkan data uji dan data latih untuk menghasilkan deteksi citra parasit pada darah yang normal dan terinfeksi parasit. Metode analisis data yang di gunakan yaitu proses perangkat lunak yang sekuensial [6].

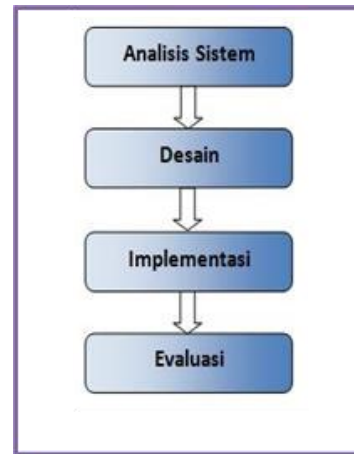
Penelitian ini terdiri atas 2 tahapan, yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian seperti yang di perlihatkan pada Gambar 1, ekstraksi fitur dan pengklasifikasian menggunakan *haar cascade classifier* dan perbandingan 3 jenis adaboost pada proses seleksi fitur. Hasil seleksi fitur tersebut disimpan dalam bentuk file XML. Sampel positif berisi citra objek parasit yang ingin di deteksi dengan ciri seperti pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Ciri dari tiap stadium parasit malaria *Plasmodium Falciparum*

Stadium	Ciri
<i>Trophozoit</i>	Berbentuk seperti cincin Terdapat titik-titik maurer Eritrosit yang terinfeksi tidak membesar
<i>Skizon</i>	Terdapat pigmen menggumpal, merozoit dan titik maurer Eritrosit yang terinfeksi tidak membesar
<i>Gametosit</i>	Berbentuk seperti sosis / pisang Eritrosit yang terinfeksi membesar

Pada tahapan analisis sistem dilakukan dengan melakukan studi awal mengenai stage dan morfologi dari jenis *Plasmodium Falciparum*. Data diambil dengan cara mengamati, wawancara dan mengumpulkan literatur praktikum berupa citra darah manusia, waktu yang digunakan dalam pendeteksian citra serta bahan dan alat yang dibutuhkan dalam proses pengenalan *Plasmodium Falciparum*. Untuk melengkapi tahapan ini

dilakukan pula studi literatur mengenai parasit malaria, perangkat lunak serta metode yang digunakan.



Gambar 3. Tahapan analisis sistem

Pada tahap pengujian, *recall rate* digunakan untuk mendapatkan hasil dari perbandingan ketiga boost pada masing-masing stadium parasit plasmodium falciparum. *Recall rate* adalah rasio jumlah area parasit yang benar terdeteksi sebagai parasit (*true positive*) terhadap jumlah area parasit yang benar terdeteksi sebagai parasit (*true positive*) dan jumlah area parasit yang salah terdeteksi sebagai bukan parasit (*false negative*). Berikut persamaan yang digunakan :

$$\text{Recall Rate} = \frac{RT}{TP + FN} \tag{1}$$

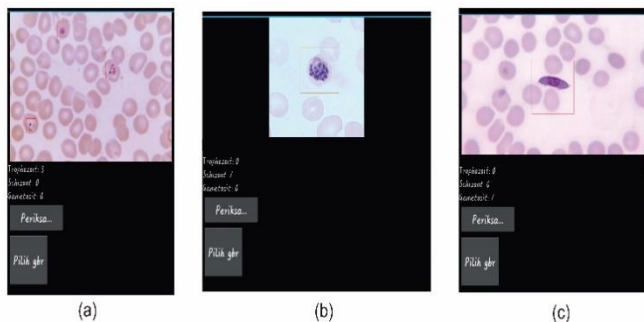
dimana

- TP = jumlah area parasit yang benar terdeteksi sebagai parasit (*true positive*)
- FN = jumlah area parasit yang terdeteksi sebagai bukan parasit (*false negative*)

3. Hasil

Sistem dirancang dengan menggunakan perangkat lunak Android Studio 2.2 dengan library OpenCV 2.4.9. Hasil rancangan aplikasi dijalankan pada sebuah smartphone android. Gambar 4 menunjukkan tampilan aplikasi dari hasil deteksi parasit pada stadium *trophozoit*, *skizon*, dan *gametosit*.





Gambar 4. Tampilan program yang dirancang, (a) Parasit stadium trophozoit, (b) Parasit stadium skizon, (c) Parasit stadium gametosit

Hasil dari proses pengenalan dan klasifikasi stadium parasit malaria jenis *plasmodium falciparum* dilakukan dengan validasi dalam 3 tahap yaitu dengan menggunakan *Gentle Adaboost*, *Discrete Adaboost*, dan *Real Adaboost*. Dalam perancangan sistem, parameter yang digunakan adalah akurasi yang dihasilkan dari recall rate untuk mengetahui boost yang memiliki akurasi paling baik.

Hasil dari proses pengujian recall rate untuk stadium trophozit pada *Gentle Adaboost* (GAB) dihasilkan recall rate sebesar 70%, untuk *Discrete Adaboost* (DAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 75% dan *Real Adaboost* (RAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 70%. Selanjutnya, hasil dari proses pengujian recall rate untuk stadium schizont pada *Gentle Adaboost* (GAB) dihasilkan recall rate sebesar 55%, untuk *Discrete Adaboost* (DAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 85% dan *Real Adaboost* (RAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 85%. Kemudian pada stadium gametosit, hasil pengujian recall rate pada *Gentle Adaboost* (GAB) dihasilkan recall rate sebesar 87%, untuk *Discrete Adaboost* (DAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 70% dan *Real Adaboost* (RAB) dihasilkan nilai recall rate sebesar 60%.

Tabel 2. Hasil pengujian

Recall Rate	Gentle Adaboost	Discrete Adaboost	Real Adaboost
Trophozoit	70 %	75 %	75 %
Skizon	55 %	85 %	85 %
Gametosit	87 %	70 %	60%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengaruh *image engagement* pada aplikasi parasit malaria dapat meningkatkan akurasi pendeteksian parasit pada tiap stadium sehingga membantu para peneliti dalam mengenali parasit malaria jenis *Plasmodium Falciparum* pada tiga stadium yaitu trophozoit, schizont, dan gametosit. Nilai recall rate paling tinggi dihasilkan *Discrete Adaboost* dan *Real Adaboost* dengan recall rate masing-masing 75% pada stadium thropozoit dan 85% pada stadium schizont. Sedangkan pada stadium gametosit, boost yang menghasilkan akurasi paling baik adalah *Gentle Adaboost* dengan recall rate sebesar 87%. Aplikasi ini memberikan peningkatan nilai dan perbedaan waktu pelacakan yang signifikan dibandingkan tanpa menggunakan aplikasi dalam proses identifikasi parasit malaria. Sistem ini dapat bermanfaat untuk digunakan berkelanjutan.

Referensi

- [1] Departemen Kesehatan, 2015. "Rencana Strategis Kementerian Kesehatan 2015-2019", Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.02.02/Menkes/52/2015.
- [2] Rakshit P. & Bhowmik K., 2013. "Detection of presence of Parasites in Human RBC In Case of Diagnosing Malaria Using Image Processing", Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Image Information Processing (ICIIP-2013).
- [3] Permata E, 2013. "Klasifikasi Parasit Malaria Plasmodium Vivax Pada Citra Sel Darah Merah Menggunakan Metode Support Vector Machine One Against All", Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [4] Khatkar & Kumar, 2015. "Biomedical Image Enhancement Using Wavelets", International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence (ICCC-2015).
- [5] Joey S. et al, 2013. "Aplikasi Laboratorium Kimia Virtual Viclab untuk Pelajar SMA Berbasis Android Menggunakan LIBGDX", Binus University Jakarta.
- [6] Kendal, 2008. "Analisis dan Perancangan Sistem Jilid 1 Edisi Kelima", Jakarta. PT. Prehanlindo.



E-learning Automated Essay Scoring System Menggunakan Metode Searching Text Similarity Matching Text

Rahmat Ahmad^{*1}, Wardi¹, Dewiani¹

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

*Email: rahmat.ahmad111185@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.07

Abstrak

E-learning adalah teknologi informasi yang telah banyak diterapkan pada bidang pendidikan berupa website karena dapat diakses tanpa batas waktu dan tempat. Perkembangan *E-learning* ini merupakan hal yang logis karena mengikuti zaman yang mengedepankan teknologi informasi dan komunikasi. Pembelajaran konvensional terkhusus evaluasi pembelajaran bentuk esai, dimana guru memeriksa jawaban esai siswa secara manual yang membutuhkan waktu dan tenaga lebih. *Automated Essay Scoring (AES)* merupakan salah satu fitur *E-learning* yang dapat memudahkan guru dalam mencocokkan jawaban esai siswa dengan kunci jawaban. *Text similarity* adalah metode *searching* pencocokan kata dengan *matching text* berdasarkan kondisi (*term*) yang telah ditentukan. Bahasa yang digunakan pada AES ini adalah bahasa Indonesia yang mempunyai morfologi kata yang berbeda dengan bahasa lainnya. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu penggunaan term frequency (*tf*) lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan inverse dokumen frequency (*idf*) dengan akurasi yang tinggi.

Abstract

E-learning Automated Essay Scoring System using Searching Text Similarity Matching Text Method. E-learning is an information technology that has been widely applied to the field of education in the form of websites because it can be accessed indefinitely and place. The development of E-learning is logical because it follows the age of putting forward information and communication technology. Conventional learning is especially an evaluation of essay form learning, where teachers check students' essay answers that require more time and effort. Automated Essay Scoring (AES) is one of the features of E-learning that can facilitate the teacher in matching the answer of student essay with answer key. Text similarity is a method of matching text that is recall word based on specified condition (*term*). The language used in AES is Indonesian which has a different word morphology with other languages. The results obtained in this study is the Error rate using the term frequency (*tf*) is lower with high accuracy.

Kata Kunci: *Automated essay scoring, e-learning, keyword, searching method, text similarity, term frequency*

1. Pendahuluan

Dunia pendidikan sangatlah penting dalam kehidupan kita. Sejalan dengan itu, proses pembelajaran haruslah mengikuti perkembangan teknologi. Pendidikan yang dikolaborasikan dengan teknologi dapat memberikan suatu efek yang realistis sehingga output yang diharapkan dapat sesuai yang diinginkan yaitu hasil yang maksimal. Mulai dari model pembelajaran konvensional sampai ke model pembelajaran komputerisasi. Kehadiran media komputersisasi akan sangat membantu dalam proses belajar mengajar [1]. Guru diharapkan mampu

mentransfer ilmunya ke siswa dengan maksimal pula.

Salah satu media pembelajaran yang sangat populer adalah *E-learning*, dimana dalam mengakses pelajaran maupun evaluasi pembelajaran dapat dilakukan tanpa ada batas waktu dan tempat. Guru dan siswa dapat dengan mudah berinteraksi melalui sehingga proses transfer ilmu berjalan dengan baik [2]. Interaksi yang dimaksud yaitu guru memberikan evaluasi pembelajaran dalam bentuk soal esai dan siswa menjawab berdasarkan *skill* yang mereka miliki. Esai yang dimaksud adalah esai dalam bahasa Indonesia yang mempunyai banyak variasi



imbunan. Fitur *Automated Essay Scoring (AES)* yang ditambahkan pada *E-learning* ini berfungsi sebagai pemberi nilai akhir siswa sehingga guru dapat mengefisienkan waktu dan tenaga terhadap pemeriksaan jawaban esai siswa [3].

Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan *Automated Essay Scoring (AES)* yaitu penelitian Li Bin, dkk. Tujuan penelitiannya adalah penilaian teks dengan menggunakan metode KNN dengan nilai akurasi sebesar 76% [4]. Penelitian selanjutnya oleh Li Y dan Yan Y. Penelitian ini bertujuan untuk melihat nilai akurasi dalam *AES*. Hasil akurasi yang didapatkan sebesar 86% [5]. Penelitian berikutnya oleh Shehab, dkk., Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil penilaian guru dengan *AES*. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu Penilaian otomatis dengan nilai akurasi sebesar 90% mendekati nilai dari guru [6]. Selanjutnya penelitian tentang perbandingan algoritma stemming Porter dan Nazief & Adriani yang dilakukan oleh Agusta. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan kedua algoritma stemming porter dan nazief & adriani yang mana jika dilihat dari segi kecepatan maka Algoritma Stemming Porter membutuhkan waktu yang lebih sedikit tapi kurang terhadap presentase akurasi sedangkan algoritma Nazief & Adriani membutuhkan waktu lebih lama tapi dalam hal presentase akurasi lebih tinggi [7]. Khusus Stemming bahasa Indonesia berbeda dengan stemming bahasa Inggris. Stemming bahasa Indonesia lebih kompleks, karena untuk mendapat *root word* harus menghilangkan variasi imbuhan yang terdapat pada kata tersebut.

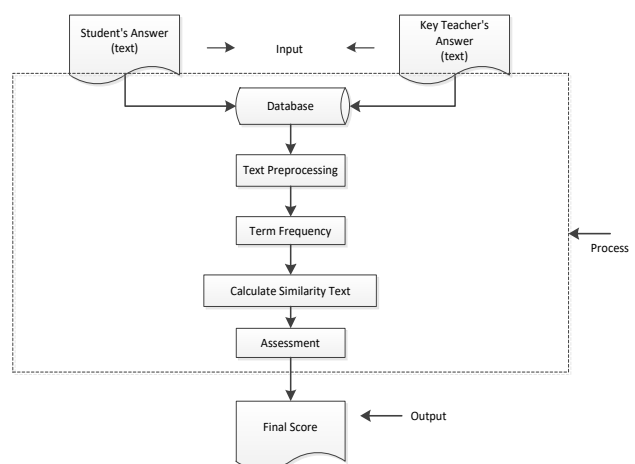
Selain metode yang disebutkan diatas terdapat metode lain yang dapat digunakan untuk melakukan penilaian jawaban esai otomatis yaitu dengan metode *searching text similarity* [8]. Metode digunakan untuk menghitung kesamaan atau kemiripan dari dua buah dokumen. Untuk menyamakan frekuensi setiap kata yang terdapat didalam kalimat yang ada digunakan persamaan *Tf* atau *Term Frequency*, *Term Frequency* merupakan suatu faktor yang menentukan bobot kata yang didasarkan pada jumlah frekuensi kata dalam sebuah dokumen. Nilai jumlah kemunculan suatu kata (*tf*) diperhitungkan dalam pemberian

bobot terhadap suatu kata. Semakin besar jumlah kemunculan suatu kata (*tf* tinggi) dalam dokumen, semakin besar pula bobotnya dalam dokumen atau akan memberikan nilai kesesuaian yang semakin besar [9]. Metode ini bertujuan mencocokkan kedua kalimat pada suatu dokumen yang nantinya akan dibandingkan, kemudian hasil perbandingan akan digunakan sebagai nilai *similarity*.

Berdasarkan uraian di atas maka diperlukan suatu *E-learning AES* yang bertujuan untuk mengefisienkan waktu dan tenaga guru dalam penilaian jawaban esai siswa menggunakan metode *searching text similarity matching text*.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deduktif yang bersifat eksperimen melalui pembuatan aplikasi *E-learning* yang merujuk pada referensi tentang sistem penilaian otomatis menggunakan metode *searching text similarity matching text*. Adapun Gambar 1 desain arsitektur sistem pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Design architecture system AES

2.1. Text Pre-processing

Text pre-processing adalah suatu proses perubahan bentuk data yang belum terstruktur menjadi data yang terstruktur sesuai dengan kebutuhan, untuk proses *mining* yang lebih lanjut (*sentiment analysis*, peringkasan, *clustering* dokumen, dll.) [10]. Cara kerja *text pre-processing* dapat dijelaskan sebagai berikut:



a. Case Folding

Tidak semua dokumen teks konsisten dalam penggunaan huruf kapital. Oleh karena itu, peran *Case Folding* dibutuhkan dalam mengkonversi keseluruhan teks dalam dokumen menjadi suatu bentuk standar (biasanya huruf kecil atau *lowercase*). Sebagai contoh, user yang ingin mendapatkan informasi “KOMPUTER” dan mengetik “KOMPUTER”, “KomPUter”, atau “komputer”, tetap diberikan hasil *retrieval* yang sama yakni “komputer”. *Case folding* adalah mengubah semua huruf dalam dokumen menjadi huruf kecil. Hanya huruf ‘a’ sampai dengan ‘z’ yang diterima. Karakter selain huruf dihilangkan dan dianggap *delimiter*.

b. Tokenizing

Tahap *tokenizing/parsing* adalah tahap pemotongan *string input* berdasarkan tiap kata yang menyusunnya. Selain itu, spasi digunakan untuk memisahkan antar kata tersebut. Sebagai contoh : "saya belajar *Information Retrieval*" maka akan dihasilkan : "saya", "belajar", "information", "*retrieval*".

c. Filtering

Tahap *Filtering* adalah tahap mengambil kata-kata penting dari hasil token. Bisa menggunakan *algoritma stoplist* (membuang kata kurang penting) atau *wordlist* (menyimpan kata penting). *Stoplist/stopword* adalah kata-kata yang tidak deskriptif yang dapat dibuang dalam pendekatan *bag-of-words*. Contoh *stopwords* adalah “yang”, “dan”, “di”, “dari” dan seterusnya.

d. Stemming

Stemming merupakan suatu proses yang terdapat dalam sistem *Information Retrieval (IR)* yang mentransformasi kata-kata yang terdapat dalam suatu dokumen ke kata-kata akarnya (*root word*) dengan menggunakan aturan-aturan tertentu. Proses *stemming* pada teks berbahasa Indonesia berbeda dengan *stemming* pada teks berbahasa Inggris. Pada teks berbahasa Inggris, proses yang diperlukan hanya proses menghilangkan sufiks. Sedangkan pada teks berbahasa Indonesia semua kata imbuhan baik itu sufiks dan prefiks juga dihilangkan. Sebagai contoh kata

“bersama”, “kebersamaan”, “menyamai”, akan distem ke *root word*-nya yaitu “sama”. Namun, seperti halnya *stopping*, kinerja *stemming* juga bervariasi dan sering tergantung pada domain bahasa yang digunakan. Pada penelitian ini, *stemming* akan dilakukan dengan algoritma Nazief-Adriani.

2.2. Term Weight

Term Weight (bobot Kata) merupakan faktor yang menentukan bobot *term* pada suatu dokumen berdasarkan jumlah kemunculannya dalam dokumen tersebut. Pada dokumen yang besar, skema yang paling sukses dan secara luas digunakan untuk pemberian bobot term adalah skema pembobotan atau *Term Weighting TF-IDF*. Kelemahan *scoring* dengan *Jaccard coefficient* adalah tidak disertakannya frekuensi suatu *term* dalam suatu dokumen, maka diperlukan skoring dengan kombinasi *Term Weighting TF-IDF*.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pencarian informasi dari koleksi dokumen yang heterogen adalah pembobotan *term*. *Term* dapat berupa kata, frase atau unit hasil indexing lainnya dalam suatu dokumen yang dapat digunakan untuk mengetahui konteks dari dokumen tersebut, maka untuk setiap kata tersebut diberikan indikator, yaitu *term weight*.

- *Term Frequency (tf)*

Term Frequency (tf) adalah frekuensi dari kemunculan sebuah term dalam dokumen yang bersangkutan. Semakin besar jumlah kemunculan suatu term (*TF* tinggi) dalam dokumen, semakin besar pula bobotnya atau akan memberikan nilai kesesuaian yang semakin besar.

- *Inverse Document Frequency*

Inverse Document Frequency (IDF) merupakan sebuah perhitungan dari bagaimana term didistribusikan secara luas pada koleksi dokumen yang bersangkutan. *IDF* menunjukkan hubungan ketersediaan sebuah term dalam seluruh dokumen. Semakin sedikit jumlah dokumen yang mengandung term yang dimaksud, maka nilai *IDF* semakin besar. Perhitungan *IDF* mengacu pada Persamaan 1 sebagai berikut:

$$idf_j = \log \left(\frac{D}{df_j} \right) \quad (1)$$



dimana

D : jumlah semua dokumen dalam koleksi

df_j : jumlah dokumen yang mengandung term t_j

• **TF-IDF**

Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) merupakan metode penggabungan dua konsep untuk perhitungan bobot, yaitu **Term Frequency (TF)** merupakan frekuensi kemunculan **term (t)** pada dokumen (**d**). dan **Document Frequency (DF)** adalah banyaknya kalimat dimana suatu kata (**t**). Adapun Persamaan 2 merupakan perhitungan umum **TF-IDF**:

$$W_{ij} = tf \times idf \tag{2}$$

dimana

W_{ij} : bobot kata/term ke- j dan dokumen ke- i

2.3. Cosine Similarity

Cosine similarity adalah ukuran kesamaan yang lebih umum digunakan dalam *information retrieval* dan merupakan ukuran sudut antara vektor dokumen D_a (titik (ax, bx)) dan D_b (titik (ay, by)). Tiap vektor tersebut merepresentasikan setiap kata dalam setiap dokumen (teks) yang dibandingkan dan membentuk sebuah segitiga, sehingga dapat diterapkan hukum kosinus untuk menyatakan bahwa:

$$\cos C = \frac{a^x + b^2 - c^2}{2ab} \tag{3}$$

dimana

$$a^2 = a_x^2 + a_y^2, b^2 = b_x^2 + b_y^2 \tag{4}$$

Dan

$$c^2 = (b_x - a_x)^2 + (a_y - b_y)^2 \tag{5}$$

Menggantikan nilai-nilai persamaan di atas untuk a, b dan c , sehingga didapatkan:

$$\cos C = \frac{a_x b_x + a_y b_y}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2} \times \sqrt{b_x^2 + b_y^2}} \tag{6}$$

Ketika dua dokumen identik, sudutnya adalah nol derajat (0°) dan kesamaannya adalah satu (1); dan ketika dua dokumen tidak identik sama sekali, sudutnya adalah 90 derajat (90°) dan kesamaannya adalah (0) [10].

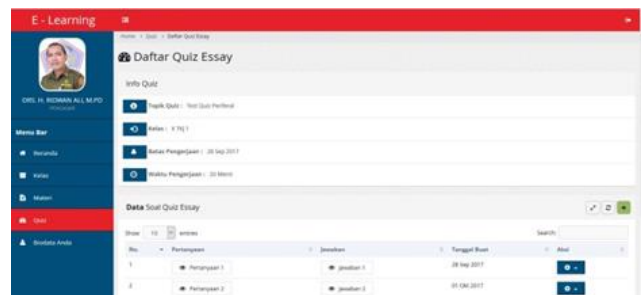
3. Hasil dan Analisis

3.1. Result

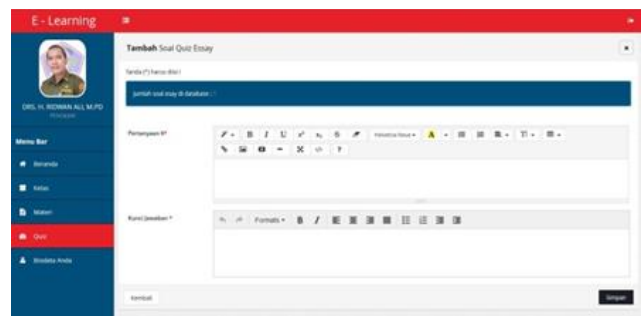
Berdasarkan hasil rancangan sistem yang telah dilakukan maka dihasilkan media pembelajaran elektronik (*E-learning*) dengan fitur penilaian otomatis untuk jawaban esai. Bagian-bagian utama pada hasil penelitian ini sebagai berikut:

3.1.1 Page Teacher

Pada halaman ini pengguna guru bertindak sebagai pembuat soal esai, berupa pertanyaan dan kunci jawaban yang nantinya akan melihat tingkat kemiripan dengan jawaban siswa. Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan hasil daftar dan pembuatan soal.



Gambar 2. Page guru



Gambar 3. Page pembuatan soal kuis

3.1.2 Page Student

Pada halaman ini pengguna siswa bertindak sebagai pemberi jawaban untuk soal esai yang telah dibuat oleh pihak guru, hasil jawaban siswa akan dinilai secara otomatis menggunakan metode cosine similarity dari kunci jawaban guru. Gambar 4 dan 5 memperlihatkan hasil *page* siswa.





Gambar 4. Result Page siswa



Gambar 5. Kuis siswa

3.2. Analisis

Pada bagian ini telah melalui pengujian-pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap aplikasi yang telah dikembangkan. Berikut ini adalah bahan pengujian dengan menggunakan empat teks jawaban siswa:

Soal : Apa yang dimaksud dengan Pertanyaan : *periferal* ?

Kunci Jawaban : kerja komputer sehingga fungsi kerja komputer menjadi maksimal

Jawaban Siswa 1 : Komponen tambahan yang berfungsi untuk mendukung kerja komputer sehingga fungsi kerja komputer menjadi maksimal

Jawaban Siswa 2 : Semua hal yang berkaitan dengan komputer

Jawaban Siswa 3 : Suatu unit yang mempunyai kaitan dengan komputer berdasarkan fungsi tertentu dari komputer

Jawaban Siswa 4 : bagian-bagian komputer yang terdiri dari periferil utama dan

periferil pendukung

Jawaban Siswa 5 : belajar bagian-bagian komputer

Kelima teks di atas telah dilakukan pengujian antara satu dengan yang lainnya menggunakan aplikasi ini dan hasil perbandingannya ditunjukkan pada Tabel 1 pengujian menggunakan *term frequency (tf)*, *inverse document frequency (idf)* dan *tf-idf*. Karena pada metode *text mining* dan penelitian-penelitian sebelumnya perihal pencarian kemiripan kata selalu menggunakan *tf-idf* untuk menghitung bobot kata (*term weight*) tiap dokumen. Selain itu juga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi kemiripan menggunakan metode *text similarity* antara kunci jawaban dari Guru dan jawaban dari Siswa.

Tabel 1. Perbandingan AES dengan human menggunakan *Term Weight*

	Automated Essay Scoring (%)			Human Rates (%)
	tf	idf	tf-idf	
Jawaban Siswa 1	100	89	89	100
Jawaban Siswa 2	39	0	0	40
Jawaban Siswa 3	59	0	0	70
Jawaban Siswa 4	57	32	32	65
Jawaban Siswa 5	39	0	0	40

Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa *error rate* antara penggunaan *term frequency (tf)* lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan *inverse dokumen frequency (idf)* dan *term frequency-inverse document (tf-idf)*. Hal itu terjadi karena pada perhitungan *idf* dan *tf-idf* menggunakan faktor pembagi *n* dari seluruh dokumen dalam perhitungannya

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan bahwa *E-learning AES System* menggunakan metode



searching text Similarity Matching text dapat dipakai sebagai media dalam mengevaluasi hasil jawaban teks siswa terhadap kunci jawaban guru karena mempunyai akurasi yang tinggi dalam pencocokan kesamaan teks. *Error rate* penggunaan *term frequency (tf)* lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan *inverse dokumen frequency (idf)* dan *term frequency-inverse document (tf-idf)*. Pada penelitian kedepannya diharapkan sistem penilaian memperhatikan kata yang memiliki kesamaan arti (sinonim).

Referensi

- [1] Bhavna K Pradeep C and Manmohan S 2013 Comparative Analysis Study of E-Learning and Traditional Learning in Technical Institution (India) International Conference on Communication Systems and Network Technologies.
- [2] Khatri B Chouskey P and Singh M 2013 Comparative Analysis Study of E-Learning and Traditional Learning in Technical Institution (India) International Conference on Communication Systems and Network Technologies Comparative P 770-773.
- [3] Astutik S Cahyani A D and Sophan M K 2012 Sistem Penilaian Esai Otomatis Pada E-Learning dengan Algoritma Winnowing vol 12 no 2 (Indonesia) Jurnal Informatika P 47-52.
- [4] Bin L Jun L Min Y J and Ming Z Q 2008 Automated Essay Scoring Using the KNN Algorithm (China) International Conference on Computer Science and Software Engineering Automated P 735-738.
- [5] Li Y and Yan Y 2012 An effective automated essay scoring system using support vector regression Yali (China) Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation P 65-68.
- [6] Shehab A Elhoseny M and Hassanien A E 2016 A Hybrid Scheme for Automated Essay Grading Based on LVQ and NLP Techniques (Egypt: IEEE Journal) P 65-75.
- [7] Agusta L 2009 Perbandingan Algoritma Stemming Porter Dengan Algoritma Nazief & Adriani Untuk Stemming Dokumen Teks Bahasa Indonesia (Bali) Konferensi Nasional Sistem dan Informatika KNS&I P 196-201.
- [8] Ewees A A Eisa M Refaat M M 2014 Comparison of cosine similarity and k-NN for automated essays scoring vol 3 Issue 12 (Egypt) International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering P 8669-8673.
- [9] Yates B and Neto R 1999 Modern Information Retrieval (USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc).
- [10] Konchady M 2006 Text Mining Application Programming (Boston: Charles River Media).



Optimasi Seleksi Fitur dengan Teknik Reduksi Dimensi pada Klasifikasi Abstrak Jurnal

Syukriyanto Latif^{*1}, Indrabayu², Intan Sari Areni¹

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

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

*Email: syukriyanto24@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.08

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai parameter reduksi dimensi pada seleksi fitur sehingga dapat meningkatkan akurasi dan mengurangi waktu komputasi. Sistem ini menggunakan teknologi text mining yang mengekstraksi data berupa teks untuk mencari informasi dari sekumpulan dokumen. Pembobotan kata (*Term Weighting*) dan teknik reduksi dimensi *Term Frequency Thresholding* digunakan pada proses seleksi fitur, sedangkan pada proses klasifikasi menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Abstrak jurnal dikategorikan menjadi 3 yaitu *Data Mining (DM)*, *Intelligent Transport System (ITS)* dan *Multimedia (MM)*. Jumlah seluruh data uji dan data latih sebesar 150 data. Hasil klasifikasi terbaik diperoleh saat nilai parameter reduksi dimensi 30%. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai akurasi rata-rata sebesar 87,33% dengan waktu komputasi 4 menit 12 detik.

Abstract

Feature Selection Optimization with Dimensional Reduction Techniques in Abstract Journal Classification. The purpose of this research is to know dimension reduction parameter value at feature selection so as to improve accuracy and reduce computation time. This system uses text mining technology that extracts text data to find information from a set of documents. Word weighting and term reduction technique the term Frequency Thresholding is used in the feature selection process, while in the classification process using the Naive Bayes algorithm. The abstract of the journal is categorized into 3 namely Data Mining (DM), Intelligent Transport System (ITS) and Multimedia (MM). The total number of test data and training data is 150 data. The best classification results are obtained when the dimension reduction parameter value is 30%. At that condition obtained an average accuracy of 87.33% with a computation time of 4 minutes 12 seconds.

Kata Kunci: Klasifikasi, naive bayes, reduksi dimensi, term weighting

1. Pendahuluan

Text mining merupakan suatu proses mencari informasi dimana seorang *user* berinteraksi dengan sekumpulan dokumen. Namun kebanyakan dokumen tidak diklasifikasi atau dikelompokkan sesuai dengan kelompoknya sehingga dokumen-dokumen yang berhubungan sulit untuk ditemukan.

Pemilihan fitur sangatlah penting dalam penelitian klasifikasi text. Karena pada tahap ini seluruh kata pada dokumen akan di seleksi berdasarkan kemunculan kata yang terdapat pada suatu dokumen. Namun dengan melimpahnya data yang akan diolah sering mengalami *over*

looping pada proses klasifikasinya. Oleh karena itu penerapan *term weighting* dan teknik reduksi dimensi dapat mengurangi waktu komputasi dan mereduksi fitur-fitur yang non-informatif. Sehingga proses klasifikasi mendapatkan hasil yang baik.

Bharti dkk. pada tahun 2015 melakukan penelitian mengenai teknik reduksi dimensi pada klasifikasi dokumen menggunakan teknik hybrid reduksi dimensi *Principal Component Analysis (PCA)*. Dalam penelitian ini digunakan sebuah teknik reduksi dimensi dengan menggunakan *Term Varians (TV)* dan dokumen frekuensi (DF) untuk fitur perhitungan nilai relevansi. Kemudian menggunakan metode *k-means* dalam proses



pengelompokannya. Hasil dari ujicoba yang dilakukan pada parameter $C1$ dan $C2$ mencapai akurasi 20% dan 80% pada kondisi jumlah fitur kata 3131 dengan reduksi dimensi 50% [1].

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan Fajar Rohman Hariri dkk. pada tahun 2015 juga melakukan penelitian klasifikasi abstrak tesis menggunakan metode *learning vector quantization* dengan membagi 3 kategori bidang yaitu SIRPL (Sistem Informasi Rekayasa Perangkat Lunak), CAI (*Computation – Artificial Intelligence*) dan Multimedia, dalam penelitian *feature selection* yang digunakan yaitu reduksi dimensi sehingga dapat menambah akurasi dalam proses validasinya. Akurasi 100% yang didapat pada bidang SIRPL dan CAI, 70% untuk bidang minat Multimedia, sehingga rata-rata keseluruhan akurasi yang di dapat 90%, kondisi terbaik di dapatkan dengan parameter reduksi dimensi 20% [2].

Amalia Anjani dkk. pada tahun 2015 juga menerapkan Algoritma NBC (*Naive Bayes Classifier*) dengan *Confix Stripping Stemmer* sebagai klasifikasi artikel berita bahasa Indonesia. Berdasarkan hasil validasi menggunakan 10 *Cross validation* NBC mencapai akurasi terbaik sebesar 86,97% [3]. I Gusti A Socrates dkk. pada tahun 2016 melakukan penelitian menggunakan metode NBC dengan menerapkan pemilihan fitur pembobotan *Gain Ratio* dalam mengklasifikasi teks bahasa Indonesia, tingkat akurasi NBC mencapai 91% [4].

Penelitian selanjutnya oleh Mohamed K. Elhadad dkk. tahun 2017 juga melakukan penelitian klasifikasi dokumen web dengan menerapkan teknik reduksi dimensi dengan *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF) dan metode ekstraksi *Principal Component Analysis* (PCA) pada proses seleksi fiturnya. Beberapa metode klasifikasi yang diuji dalam penelitian ini yaitu *Naive Bayes* (NB), J48, JRip dan *Support Vector Machine* (SVM), SVM mencapai akurasi tertinggi dari yang lainnya dengan 85,15%, J48 81%, JRip 75.70% dan NB 75.30% [5].

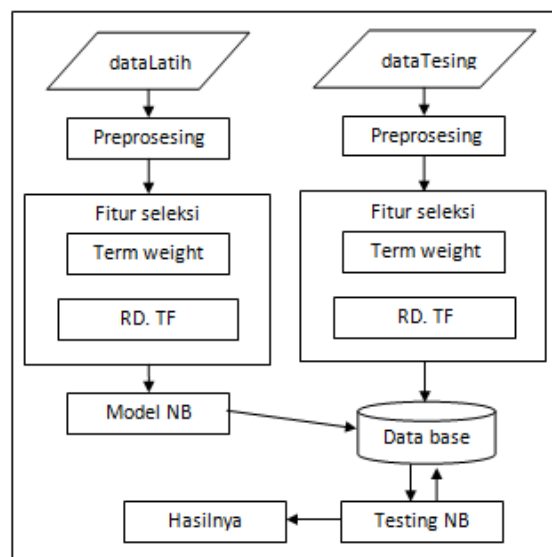
Dari beberapa penelitian tersebut maka penulis mengusulkan untuk menggunakan *Term Weighting* dan teknik reduksi dimensi pada

seleksi fitur sehingga akurasi sistem klasifikasi dapat ditingkatkan.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menerapkan *term weighting* dan teknik reduksi dimensi pada proses seleksi fitur juga algoritma NB dalam klasifikasinya.. Data konten Abstrak didapat pada laman www.computer.org. dari 3 kategori, yaitu *Data mining* (DM), *Intelligent Transport System* (ITS) dan Multimedia (MM). Data file abstrak jurnal yang digunakan sebanyak 150 dengan ekstensi pdf. Untuk analisis data dari dokumen abstrak yang diperoleh akan dilakukan analisis percobaan dengan 9 ujicoba reduksi dimensi yang berbeda-beda.

Perancangan sistem yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem

2.1. Preprocessing

Ada beberapa tahap yang perlu dilakukan dalam proses ini, yaitu:

- a. *Case folding*
Pada bagian ini mengubah seluruh huruf yang terdapat di dalam dokumen menjadi huruf kecil (*lowercase*).
- b. *Tokenizing*
Tahap ini pemotongan *string input* berdasarkan tiap kata yang menyusunnya.

c. *Filtering*

Tahap ini mengambil kata-kata penting dari hasil token dengan menggunakan algoritma *stoplist* (membuang kata yang kurang penting) atau *wordlist* (menyimpan kata penting).

d. *Stemming*

Tahap ini mencari *root* kata atau kata dasar dari tiap kata hasil filtering. *Stemming* merupakan suatu proses yang terdapat dalam sistem IR yang mentransformasikan kata-kata yang terdapat dalam suatu dokumen ke kata-kata akar atau dasarnya (*root word*) dengan menggunakan aturan-aturan tertentu.

2.2. *Feature Selection*

Dalam tahap ini ada 2 proses yang akan dilakukan, yaitu:

a. *Term Weighting*

Pemberian bobot kata (*term*) yang muncul pada setiap abstrak jurnal

b. Teknik reduksi dimensi

Mengecilkan dimensi data sehingga waktu komputasi dibutuhkan lebih sedikit. Namun proses reduksi dimensi harus memperhatikan karakteristik data, karena dimensi yang hilang bisa jadi juga menghilangkan karakteristik data. Jumlah kejadian dari kata / jumlah kata dalam dokumen dihitung dan menghapus kata-kata yang kurang berpengaruh dan jarang muncul. Pada penelitian sebelumnya digunakan teknik *Term Frequency (TF) thresholding* dengan cara kata yang memiliki $TF < 2$ akan dihapus [6]. Namun, pada penelitian ini menggunakan *TF thresholding* dengan cara kata yang memiliki $TF < \text{Nilai persentase kemunculan kata yang ditentukan}$ maka akan dihapus. Dengan memberikan nilai persentase pada reduksi dimensi diharapkan dapat memberikan peningkatan akurasi dan kecepatan komputasi yang lebih baik.

Dari 150 data abstrak jurnal setelah melewati proses *preprocessing* menghasilkan 6.640 *term* (kata). Hasil jumlah term yang dihasilkan setelah dilakukan proses reduksi dimensi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil jumlah kata reduksi dimensi *Term Frequency Thresholding* pada tiap kategori

Nilai Reduksi Dimensi	Jumlah kata DM	Jumlah kata ITS	Jumlah kata MM
10%	168	156	130
20%	136	120	116
30%	117	115	97
40%	87	81	62
50%	69	59	50
60%	42	38	31
70%	30	29	19
80%	20	18	11
90%	13	10	8

2.3. *Klasifikasi*

Klasifikasi merupakan salah satu tugas penting dalam *data mining*. Sebuah data akan masuk ke dalam kelompok tertentu yang sebelumnya telah ditentukan. Setiap hari, jumlah dokumen semakin bertambah. Diantara berbagai bentuk informasi digital, diperkirakan 80% dokumen digital adalah dalam bentuk teks. Tingginya volume dokumen teks ini dikarenakan aktivitas yang terus meningkat dari berbagai sumber berita dan aktivitas penulisan dokumen akademis dari kegiatan riset, konferensi dan pertemuan-pertemuan ilmiah [7].

Dari hasil pembobotan *Term Weighting* dan teknik reduksi dimensi yang dilakukan selanjutnya akan digunakan sebagai data latih dan data uji pada proses *Naive Bayes*. Proses *Naive Bayes* meliputi 2 tahapan yaitu tahapan latih dan tahapan *testing*. *Naive Bayes Classifier* merupakan model penyederhanaan dari algoritma Bayes yang cocok dalam pengklasifikasian text atau dokumen seperti pada persamaan berikut.

$$P(C_i | W_k) = \frac{P(C_i | W_k) \times P(C_i)}{P(W_k)} \quad (1)$$

dimana

- $P(C_i | W_k)$ adalah probabilitas kemunculan kategori C_i dengan kata W_k
- $P(W_k)$ "konstan" untuk semua kategori sehingga hanya terbentuk $P(W_k | C_i) \times P(C_i)$ yang perlu dimaksimumkan



- C_i adalah kategori yang tersedia (C_1, C_2, \dots, C_i)
- $P(C_i)$ adalah probabilitas kemunculan kategori C_i
- $P(W_k | C_i)$ adalah probabilitas kemunculan kata W_k pada kategori C_i

Sehingga persamaan untuk menyelesaikan permasalahan ini sebagai berikut:

$$P(kata|kategori) = \frac{P(kata|kategori) \times P(kategori)}{P(kategori)} \quad (2)$$

a. Proses latih

Pada tahap pelatihan dilakukan proses analisis terhadap sampel dokumen berupa pemilihan *vocabulary*, yaitu kata yang mungkin muncul dalam koleksi dokumen sampel yang sedapat mungkin merepresentasikan dokumen, juga pembentukan kelas dan sebagai acuan bagaimana konten abstrak akan diklasifikasikan. Untuk memodelkan probabilitas proses latih digunakan persamaan berikut.

$$P(c_i) = \frac{fd(c_i)}{|D|}$$

$$P(W_k | C_i) = \frac{n_k + 1}{n + |vocabulary|} \quad (3)$$

dimana

- $P(c_i)$ adalah jumlah konten abstrak yang memiliki kategori c_i
- $|D|$ adalah jumlah seluruh training konten abstrak.
- n_k nilai kemunculan kata pada tiap kategori c_i
- n adalah jumlah keseluruhan kata pada kategori c_i
- $|vocabulary|$ adalah jumlah keseluruhan kata.

Sehingga persamaan untuk memodelkan probabilitas proses latih digunakan persamaan berikut.

$$P(kategori) = \frac{J \cdot \text{Konten abstrak dalam kategori}}{j \cdot \text{seluruh data latih konten abstrak}} \quad (4)$$

$$P(kata|kategori) = \frac{\text{Nilai kemunculan kata pada tiap Kategori} + 1}{J \cdot \text{semua kata pada kategori} + j \cdot \text{semua kata latih data}} \quad (5)$$

b. Proses *testing*

Tahapan ini sebagai inti dalam *Naive Bayes* yaitu untuk mengetahui keakuratan model yang dibangun pada proses *training* untuk memprediksi label kelas yang belum diketahui.

- Hasilkan probabilitas untuk masing-masing kelas sesuai dengan persamaan (1) dengan menggunakan $P(kategori)$ dan $P(kata | kategori)$ yang telah diperoleh dari pelatihan.
- Nilai probabilitas kelas maksimum adalah kategori kelas terpilih sebagai hasil klasifikasi.

3. Hasil

Setelah dilakukan proses reduksi dimensi, selanjutnya dilakukan proses pelatihan menggunakan *Naive Bayes* (NB). Dari bobot akhir yang dihasilkan, kemudian diprediksi dengan cara menghitung probabilitas kemunculan kata ditahap testing pada metode NB. Dengan 100% data digunakan sebagai data testing dan data training dengan 9 kali uji coba reduksi dimensi yang berbeda menghasilkan akurasi dan waktu komputasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil akurasi dan waktu komputasi pada skenario reduksi dimensi

Nilai Reduksi Dimensi	Akurasi (%)	Waktu komputasi (time)
10%	74	0:05:30
20%	81.33	0:04:58
30%	87.33	0:04:12
40%	72	0:03:55
50%	56	0:03:20
60%	47.33	0:02:43
70%	47.33	0:02:43
80%	47.33	0:02:43
90%	47.33	0:02:43



Dari Tabel 2 dapat diketahui pada nilai reduksi dimensi 60%-90% memperoleh waktu komputasi yang lebih cepat namun hanya menghasilkan akurasi 47.33%, dan yang menghasilkan nilai akurasi terbaik adalah saat dilakukan reduksi dimensi 30% dengan nilai akurasi mencapai 87.33% dengan waktu komputasi 4 menit 12 detik. Dengan rincian pengenalan untuk masing-masing kategori pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rincian akurasi pengenalan reduksi dimensi 30%

Kategori	Jumlah konten abstrak	Jumlah berhasil diklasifikasi	akurasi
DM	50	45	90%
ITS	50	46	92%
MM	50	40	80%

Dari Tabel 3 diketahui bahwa metode NB paling baik dalam mengklasifikasikan abstrak untuk kategori DM dengan perhitungan akurasi mencapai 90% berhasil mengenali 45 abstrak jurnal, 46 abstrak jurnal pada kategori ITS dengan akurasi 92% dan MM hanya berhasil mengenali 40 dari 50 abstrak jurnal dan menghasilkan nilai akurasi sebesar 80%.

4. Kesimpulan

Optimasi seleksi fitur dengan teknik reduksi pada klasifikasi abstrak jurnal berbahasa Inggris telah dilakukan pada penelitian ini dengan jumlah konten sebesar 150 data. Tahapan klasifikasi abstrak jurnal menggunakan metode teknik

reduksi dimensi untuk ekstraksi fitur dan *Naive Bayes* pada proses klasifikasi. Dari hasil penelitian terlihat bahwa teknik reduksi dimensi sebesar 30% dapat meningkatkan hasil akurasi NB dengan rata-rata 87.33% dengan waktu komputasi 4 menit 12 detik.

Referensi

- [1] K. K. Bharti and P. K. Singh, "Hybrid dimension reduction by integrating feature selection with feature extraction method for text clustering," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, p. 3105–3114, 2015.
- [2] Fajar hariri R. Ema Utami, and Armadyah Amborowati, 2015, *Learning Vector Quantization for abstract thesis classification*. (Citec Journal), vol. 2, No. 2, Februari 2015 – April 2015 ISSN: 2354-5771.
- [3] Amalia Anjani A. Arif Djunaidy, Renny P. Kusumawardani, 2015. Classification Articles News On The Net Based Naive Bayes Classifier Using Confix-Stripping Stemmer, (ITS-Undergraduate)-38449-5210100106.
- [4] I Gusti. A. Socrates, Afrizal L. Akbar, dan M. Sonhaji Akbar, 2016. Optimization of Naive Bayes with Feature Selection and Weighted Gain Ratio.,(Lontar komputer) vol 7, No.1, April 2016.
- [5] Mohamed K. Elhadad, Khaled M. Badran, and Gouda I. Salama, 2017. A Novel Approach for Ontology-based Dimensionality Reduction for web Text Document Classification. 978-1-5090-5507-4/17/\$31.00 ©2017 IEEE ICIS 2017, May 24-26, 2017, Wuhan, China.
- [6] Muflikhah, Lailil, dan Baharudin, Baharum, 2009, *Document Clustering using Concept Space and Cosine Similarity Measurement*, 2009 IEEE InternationalConference on Computer Technology and Development.
- [7] Yang, Y., Pedersen, J. O., 1997, A Comparative Study on Feature Selection in Text Categorization, (Proceedings of the Fourteenth International Conference on Machine Learning) Nashville, Tennessee, USA, 8-12 Juli 1997.



Analisis Reverberation Time Terhadap Kenyamanan Audial pada Ruang Auditorium Menara Pinisi UNM

Zainatun*¹, Muhammad Ramli Rahim¹, Asniawaty Kusno¹

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

*Email: atunarifinpasinringi@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.09

Abstrak

Ruang auditorium merupakan salah satu fungsi bangunan yang harus didukung akan kenyamanan akustik. Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi kenyamanan audial pada ruang auditorium menurut pendapat pengguna ruang dan mengetahui nilai *reverberation time* yang ada pada ruang tersebut. Penelitian ini menggunakan dua metode yakni metode kualitatif dan kuantitatif. Penerapan metode kualitatif dilakukan dengan membagikan kuesioner, wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. Hasil kuesioner dianalisis dengan menggunakan SPSS versi 22. Sementara metode kuantitatif, yakni pengukuran nilai tingkat tekanan bunyi dengan menggunakan alat *sound level meter* (SLM) dan menghitung nilai *reverberation time* (RT) dengan menggunakan persamaan Sabine. Kemudian, disimulasi dengan menggunakan *Software Ecotect*. Hasil penelitian berdasarkan pembagian kuesioner terhadap pengguna ruang didapatkan hasil menurut tempat duduk terhadap usia tua ada 44.3% yang merasa sangat nyaman terhadap penyebaran distribusi suara dalam ruangan, sedang 41.3% merasa sangat tidak nyaman. Sementara untuk usia muda ada 48.3% yang merasa sangat tidak nyaman dengan posisi tempat duduk dan bunyi yang didapatkan, sedangkan ada 2.0% yang merasa sangat nyaman terhadap penyebaran distribusi suara dalam ruangan. Sementara dari hasil pengukuran nilai tingkat tekanan bunyi yang tertinggi pada titik ukur 31 yaitu 94.0 dB dan yang terendah pada titik 22 yaitu 60.8 dB. Hasil perhitungan RT pada auditorium baik saat ruangan kosong berkisar pada 0.45-0.40 detik pada frekuensi 500hz.

Abstract

Reverberation Time Analysis of Audial Comfort at the UNM Pinisi Tower Auditorium. Auditorium space is one of the building functions that must be supported will be acoustic comfort. This research aimed (1) to determine the condition of auditory comfort in the auditorium space according to the opinion of the space users; (2) to investigate the value of the existing reverberation time in the space. The research used two methods, namely the qualitative and quantitative methods; the qualitative method was conducted by distributing questionnaires, interviews and direct observation in the field. The results of the questionnaires were analyzed using SPSS version 22, while the quantitative method was conducted by measuring the sound pressure level using the Sound Level Meter (SLM) and calculation of the Reverberation Time (RT) by using the Sabine Equation and the simulation was conducted using the Ecotect Software. The research results indicated that, based on the questionnaires distribution to the space user, and according to the seat position, 44.3% of the older users felt comfortable about the spread of sound in the space, while 41.3% did not feel comfortable with the position of the seats and the sound they received, and only 2.0% felt very comfortable with the distribution spread of sound in the space. Meanwhile, the results of the measurement of the highest Level of Sound Pressure showed that at the measuring point of 31 was 94.0 dB and the lowest at point of 22 was 60.8 dB. The results of the RT calculation at the auditorium when the auditorium was empty was about 0.45-0.40 seconds at the frequency of 500hz.

Kata Kunci : *Kenyamanan audial, tingkat tekanan bunyi, reverberation time, simulasi ecotect*

1. Pendahuluan

Universitas Negeri Makassar merupakan salah satu Perguruan Tinggi Negeri berupaya menjadi perguruan tinggi yang terbaik dan unggul dalam bidang kependidikan dan non kependidikan. Menjadi yang terbaik tidaklah mudah, untuk itu

diperlukan sumber daya manusia yang unggul serta didukung dengan fasilitas yang memadai. Ruang auditorium merupakan salah satu fungsi bangunan yang harus didukung akan kenyamanan akustik [1].

Kata auditorium sebenarnya terdiri dari kata *audiens* yang berarti penonton atau peserta



aktivitas dan riium yang berarti tempat. Sehingga ruangan yang digunakan untuk menampung aktivitas dimana ada penyaji/narasumber dan penonton atau peserta dapat disebut sebagai auditorium. Ruangan tersebut dipilih karena merupakan ruang pertunjukan dengan berkapasitas penonton + 722 pengunjung.

Adanya perbedaan aktivitas dalam setiap jenis auditorium menyebabkan tingkat pantulan bunyi untuk tiap-tiap jenis auditorium juga berbeda-beda, utamanya pada perhitungan waktu dengung [2]. Waktu dengung (*Reverberation Time*) adalah waktu yang dibutuhkan bunyi untuk berkurang 60 dB (dihitung dalam detik) hingga tidak terdengar [3]. Ada beberapa titik tempat duduk yang mana penyebaran suara tidak merata sehingga pengunjung yang berada di titik tersebut tidak dapat menangkap bunyi dengan baik. Walaupun lantai penonton yang dirancang bertrap serta dinding dan plafon yang dirancang bergerigi, namun kualitas akustik dari aspek *reverberation time* tidak selalu dapat dicapai dari elemen perancangan tersebut [4].

2. Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui kondisi kenyamanan audial pada ruang auditorium menurut pendapat pengguna ruang.
- Mengetahui nilai tingkat tekanan bunyi yang ada pada ruang tersebut.

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di ruang auditorium yang terletak di lantai 3 Gedung A Menara Pinisi Universitas Negeri Makassar, Jalan Andi Pangeran Pettarani, Makassar. Waktu penelitian yaitu pada bulan Oktober, November 2016 dan Januari 2017.

3.2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data-data yang diperoleh dari hasil pembagian kuesioner, observasi, wawancara, pengukuran dan simulasi menggunakan *software Ecotect*.

3.3. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pembagian kuesioner dengan tiga acara yang berbeda pada saat acara berlangsung sehingga apa yang pengguna rasakan dapat mereka jelaskan melalui lembar kuesioner tersebut. Pada saat pengumpulan kuesioner nantinya di selingi dengan wawancara langsung akan tanggapan mereka selama mengikuti acara tersebut. Dari hasil pembagian kuesioner diperoleh data survei kemudian diolah dengan menggunakan SPSS Versi 22. Kemudian melakukan pengukuran tingkat tekanan bunyi dengan menggunakan SLM (*sound level meter*) di tigapuluh satu titik dan di simulasi dengan menggunakan *software ecotect*.

3.4. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah pengguna ruang auditorium, antara lain; mahasiswa, dosen, pegawai dan tamu dari luar.

4. Metode Analisis Data

- Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif.
- Metode kualitatif dilakukan penyebaran kuesioner, wawancara dan observasi di lapangan.
- Metode kuantitatif yakni metode pengukuran nilai RT dengan menggunakan rumus Sabine dan pengukuran tingkat kebisingan yang diterapkan untuk mengukur tingkat kebisingan pada ruangan tersebut: keadaan ruang auditorium teater yang diukur berada dalam keadaan tidak terisi atau kosong.
- Pengukuran tingkat tekanan bunyi, yang mana menggunakan untuk pengukuran SLM (*sound level meter*) yang dapat menginterasikan rata-rata ukuran.
- Jumlah titik ukur yang gunakan sebanyak tiga puluh satu titik.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Analisis Tingkat Kenyamanan Audial Pada Ruang Auditorium Menara Pinisi UNM

Berdasarkan hasil kuesioner yang dibagikan terhadap responden berdasarkan posisi tempat



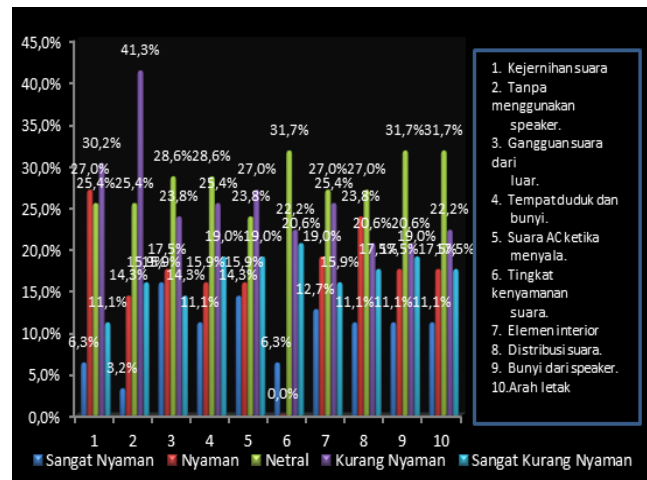
duduk dan usia tua ada 41.3% responden yang merasa sangat tidak nyaman mendengarkan suara dari sumbernya tanpa menggunakan speaker, sementara 3.2% responden yang merasa sangat nyaman dengan mendengar suara langsung dari sumbernya jika tanpa menggunakan speaker. Sementara untuk posisi tempat duduk usia muda didapatkan hasil bahwa sebanyak 2.0% responden yang merasa sangat nyaman terhadap tingkat kejernihan suara (inteligitas), sementara pada bunyi yang dihasilkan oleh speaker ada sekitar 46.0% responden yang merasa sangat tidak nyaman.



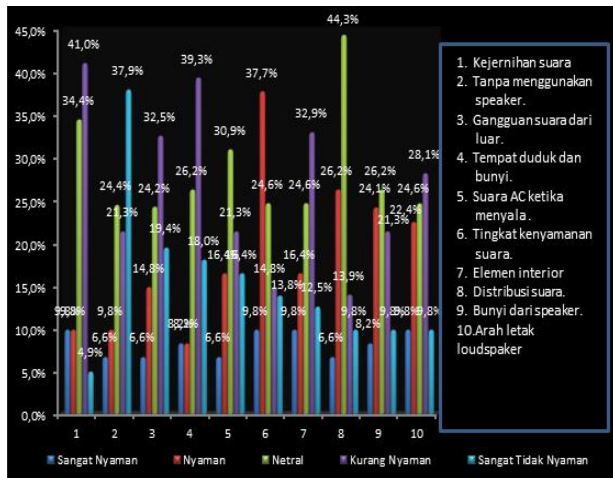
Gambar 1. Titik pengambilan data kuesioner baris depan



Gambar 3. Titik pengambilan data kuesioner baris tengah



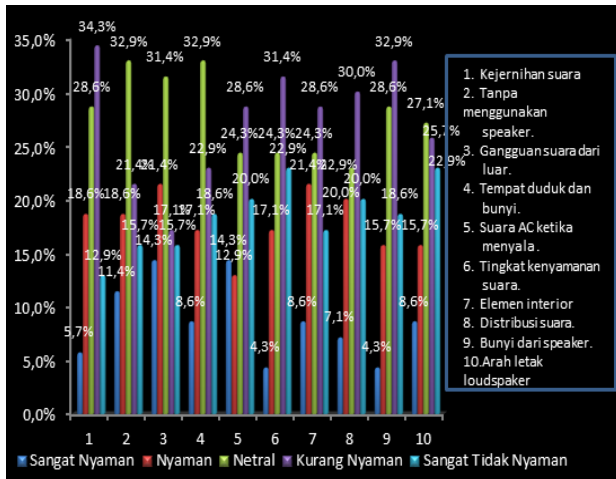
Gambar 4. Keadaan responden baris tengah



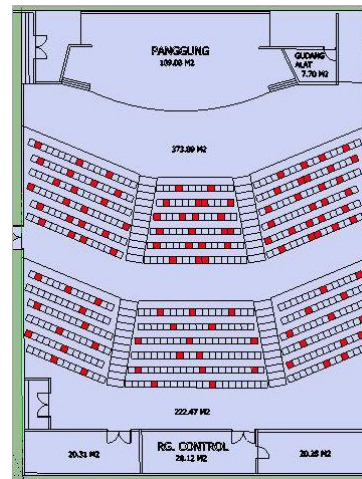
Gambar 2. Keadaan responden baris depan



Gambar 5. Titik pengambilan data kuesioner baris belakang



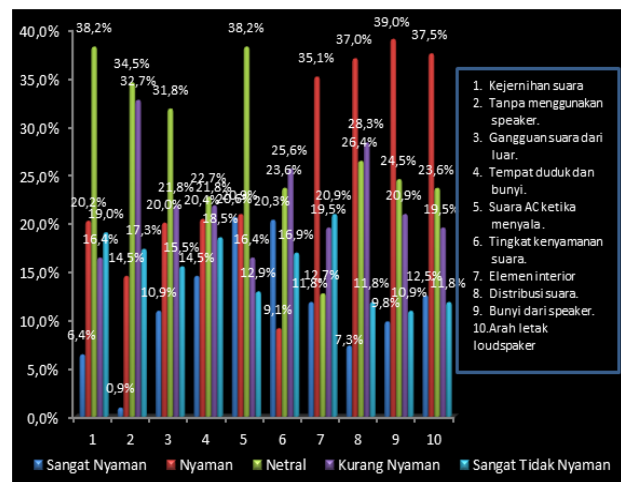
Gambar 6. Keadaan responden baris belakang



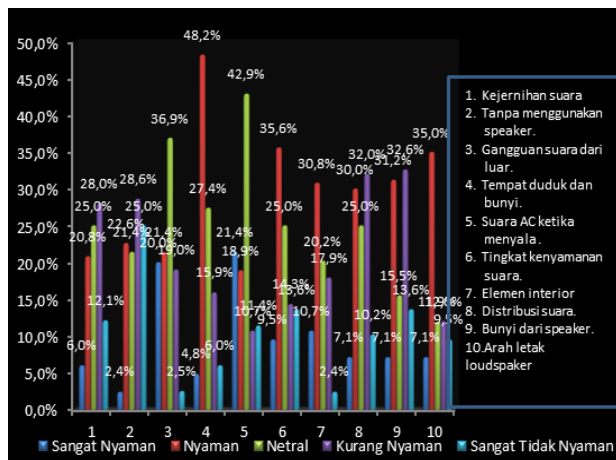
Gambar 9. Titik pengambilan data wanita



Gambar 7. Titik pengambilan data pria



Gambar 10. Titik pengambilan data wanita



Gambar 8. Keadaan responden pria

Sedangkan berdasarkan hasil kuesioner menurut gender ada 31,0% responden yang merasa sangat tidak terganggu atau sangat nyaman dengan adanya suara lain yang dihasilkan AC (*air conditioner*) ketika menyala. Sedangkan ada 1,2% responden sangat tidak nyaman dengan tingkat kejernihan suara dari sumbernya dengan menggunakan speaker.

5.2. Analisis Pengukuran Nilai RT Menggunakan Rumus Sabine

Persamaan Sabine yang di gunakan:

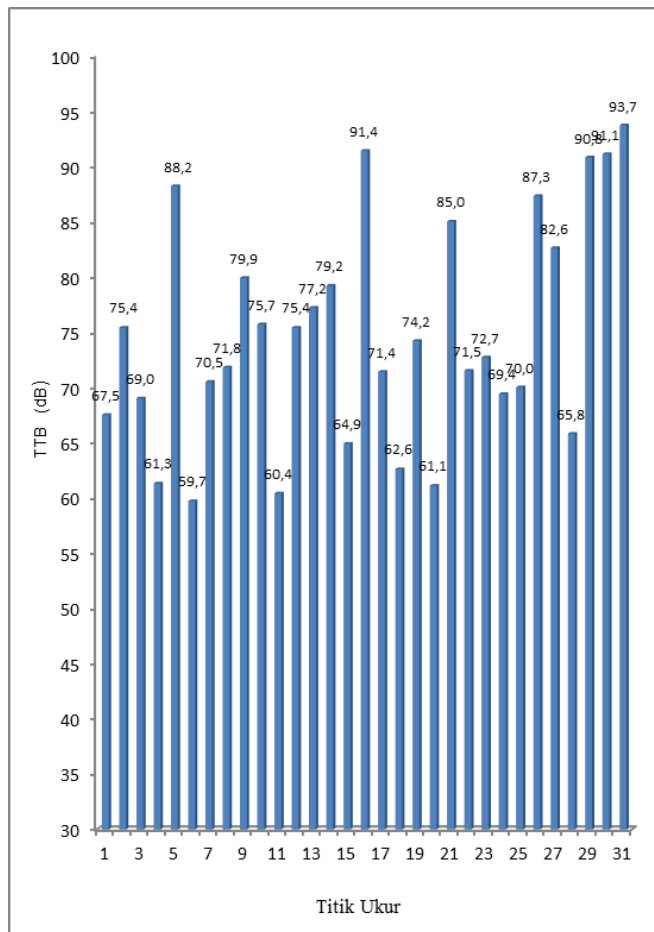
$$t = \frac{0.16V}{A} \quad (1)$$



Perhitungan manual menggunakan rumus Sabine diperoleh nilai RT pada frekuensi tengah sebesar 1.37 s - 1.19 s, nilai ini dapat disimpulkan berada pada batas maksimal dari yang dipersyaratkan yakni, dalam kisaran 0.5 s – 1 s.

5.3. Analisis Pengukuran Menggunakan *Sound Level Meter*

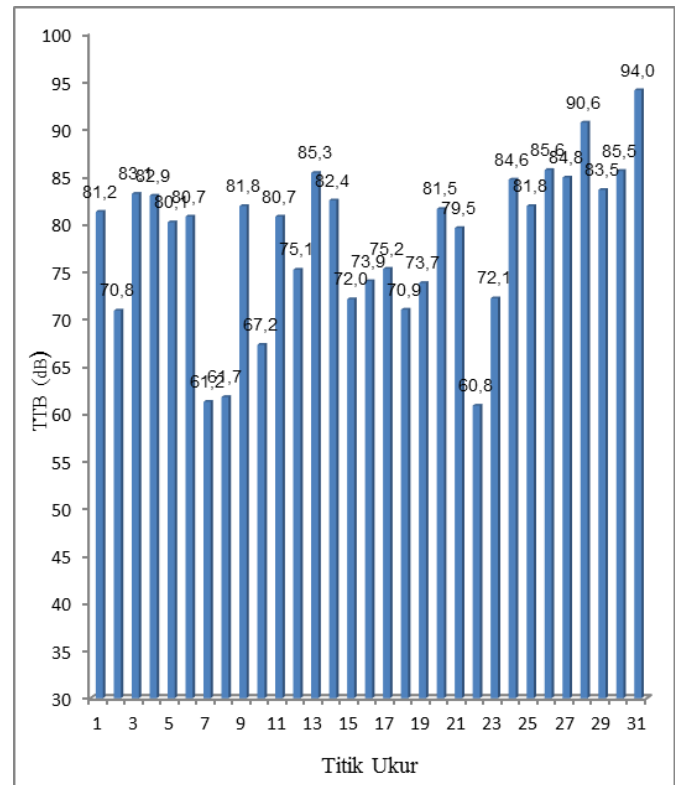
Pengukuran tingkat tekanan bunyi pada ruang auditorium dilakukan pada dua kondisi, yakni pada saat *AC Off* (tidak menyala) dan *AC On* (menyala). Pengukuran dilakukan di tiga puluh satu titik ukur yang memiliki jarak berbeda-beda.



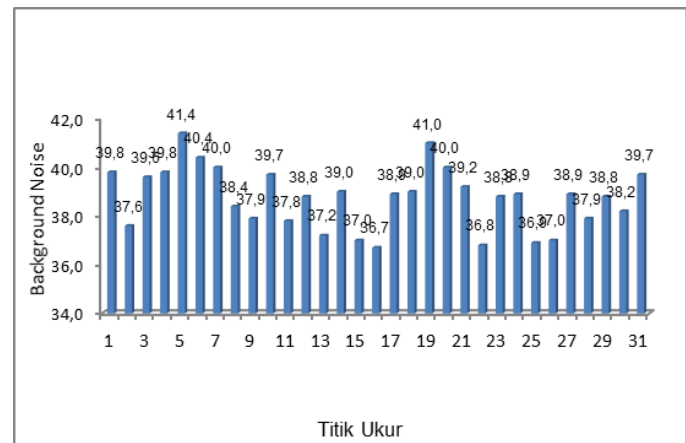
Gambar 11. Tingkat tekanan bunyi kondisi *AC Off*

Pada titik ukur 6 merupakan nilai yang terendah dengan nilai 59.7 dB untuk kondisi pengukuran *AC Off* dan tertinggi ada pada titik 31 dengan nilai 93.7 dB. Sedangkan pada kondisi pengukuran *AC On* menunjukkan tingkat tekanan bunyi paling tertinggi ada pada titik ukur 31 yaitu 94.0 dB dan yang terendah ada pada titik ukur 22

dengan nilai 60.8 dB. Sementara pengukuran *background noise* dengan kondisi *AC Off* menunjukkan nilai yang tertinggi ada pada titik ukur 5 dengan nilai 41.1 dB. Dan yang terendah ada pada titik ukur 16 dengan nilai 36.7 dB. Sedangkan pada kondisi *AC On* menunjukkan nilai yang tertinggi ada pada titik ukur 1 dengan nilai 46.7 dB, dan yang terendah ada pada titik 8 dengan nilai 41.1 dB.

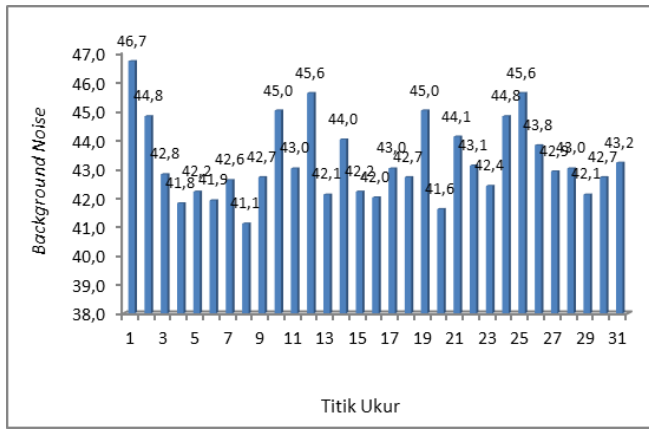


Gambar 12. Tingkat tekanan bunyi kondisi *AC On*



Gambar 13. *Background noise* kondisi *AC Off*



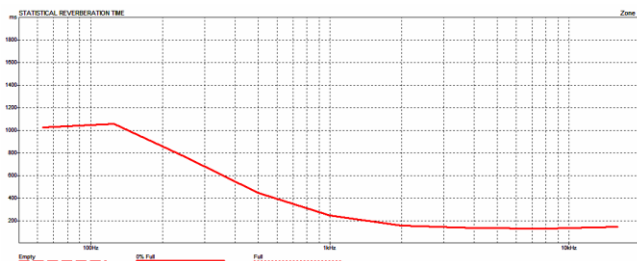


Gambar 14. Background noise kondisi AC On

5.4. Analisis Simulasi Menggunakan Software Ecotect

Perhitungan *reverberation time* dengan memanfaatkan *software ecotect* dilakukan dengan beberapa variasi kepenuhan ruang. Hal ini sengaja dilakukan, karena tingkat *reverberation time* suatu ruangan juga sangat dipengaruhi dengan jumlah *audiens* yang ada di dalamnya.

5.4.1 Simulasi Nilai RT dengan Kondisi Ruangan Saat Kosong (Tanpa Audiens)



Gambar 15. Nilai RT kondisi ruangan saat kosong

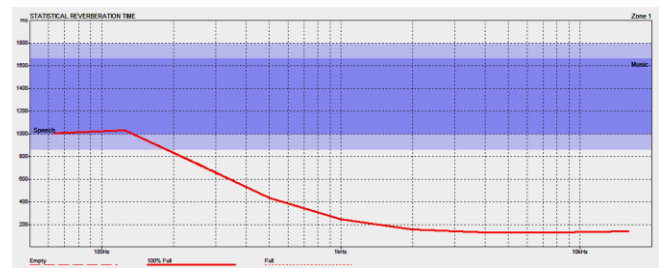
Tabel 1. Nilai RT kondisi ruangan saat kosong

Frekuensi	Total Absorption	Full RT (60)
125 Hz	6426.909	1.06
250 Hz	6322.044	0.76
500 Hz	6276.336	0.45
1000 Hz	6302.520	0.25
2000 Hz	6358.052	0.16

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini seluruh nilai RT dari frekuensi 125 – 2000 Hz menunjukkan nilai diatas 1 detik (s). Nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0.16 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 125 Hz yaitu 1.06

detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan nilai 0.45 detik (s).

5.4.2. Simulasi Nilai RT Kondisi Ruangan Saat Terisi 100 Orang



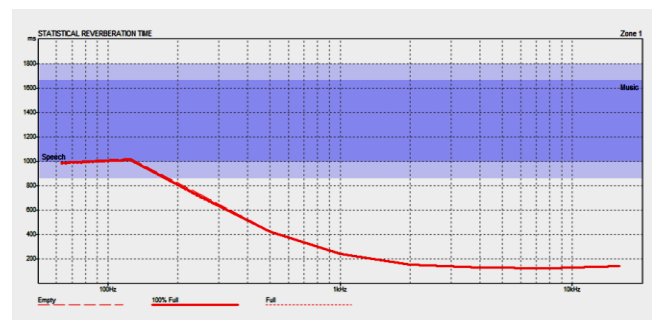
Gambar 16. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 100 orang

Tabel 2. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 100 orang

Frekuensi	Total Absorption	100 RT (60)
125 Hz	6426.909	1.03
250 Hz	6322.044	0.73
500 Hz	6276.336	0.44
1000 Hz	6302.520	0.24
2000 Hz	6358.052	0.15

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0.15 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 125 Hz yaitu 1.03 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT yang mendapatkan hasil 0.44 detik (s).

5.4.3. Simulasi Nilai RT Kondisi Ruangan Saat Terisi 200 Orang



Gambar 17. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 200 orang

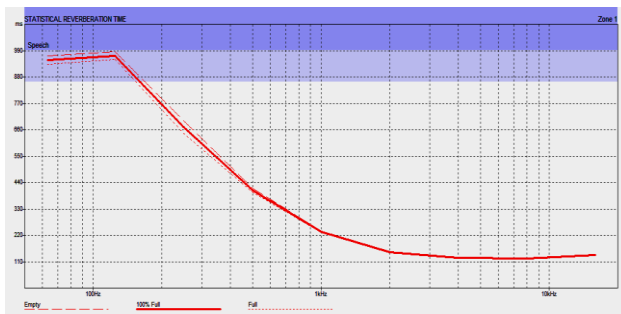
Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0.15 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 125 Hz yaitu 1.00

detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0.42 detik (s).

Tabel 3. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 200 orang

Frekuensi	Total Absorption	200 RT (60)
125 Hz	6426.909	1.00
250 Hz	6322.044	0.70
500 Hz	6276.336	0.42
1000 Hz	6302.520	0.24
2000 Hz	6358.052	0.15

5.4.4. Simulasi Nilai RT Kondisi Ruangan Saat Berisi 400 Orang



Gambar 18. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 400 orang

Tabel 4. Nilai RT kondisi ruangan saat berisi 400 orang

Frekuensi	Total Absorption	400 RT (60)
125 Hz	6426.909	0.95
250 Hz	6322.044	0.65
500 Hz	6276.336	0.40
1000 Hz	6302.520	0.23
2000 HZ	6358.052	0.15

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000Hz yaitu 0.15 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 125Hz yaitu 0.95 detik (s). Pada frekuensi 500Hz nilai RT mendapatkan 0.40 detik (s).

6. Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan hasil analisa tingkat kenyamanan audial terhadap ruang auditorium pada posisi tempat duduk pada baris tengah baik usia tua maupun di usia muda merasakan sangat tidak nyaman dengan tingkat kejernihan suara (intelligitas) dan mendengarkan suara dari sumbernya tanpa menggunakan speaker. Sedangkan menurut gender menyatakan bahwa

mereka sangat nyaman atau tidak merasa terganggu dengan adanya suara yang dihasilkan AC ketika menyala. Alasan sangat tidak nyaman ruang auditorium dikarenakan peralatan yang ada kurang terawat dengan baik dan juga suara yang didengarkan di dalam ruangan masih terdengar kurang jelas, berdengung, pecah serta penyebaran distribusi suara yang dihasilkan masih kurang merata.

Untuk hasil pengukuran nilai RT dengan menggunakan rumus Sabine diperoleh nilai RT pada frekuensi tengah sebesar 1.37 s - 1.19 s, nilai ini dapat disimpulkan berada pada batas maksimal dari yang dipersyaratkan yakni, dalam kisaran 0.5 s - 1 s.

Nilai titik ukur untuk tingkat tekanan bunyi seimbang dengan posisi pembagian kueisoner yang mana pada titik ukur 6, 22, 16 dan 18 merupakan titik ukur yang sangat rendah akan nilai tingkat tekanan bunyi akan tetapi sangat tinggi akan nilai background noisanya. Sementara pada titik ukur 31, 5 dan 1 nilai tingkat tekanan bunyinya sangat tinggi tetapi nilai background noisanya sangat rendah. Untuk nilai EDT rata-rata 70 dB untuk secara keseluruhan, dan nilai *Clarity* 0.05 detik (s).

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan yakni didapati bahwa ruang auditorium memiliki kenyamanan audial yang sangat tidak nyaman, ada sekitar 87.3% responden yang merasa sangat tidak nyaman menurut posisi tempat duduk sementara yang merasa sangat nyaman hanya berkisar 12.7% responden. Sedangkan menurut gender yang merasa sangat nyaman ada sekitar 35.4% responden yang merasa sangat tidak nyaman 64.6%. Hasil pengujian atau perhitungan RT dengan menggunakan *software Ecotect* berdasarkan data-data lapangan yang ada menunjukkan bahwa ruang auditorium memiliki nilai di atas rata-rata untuk aktivitas speech (percakapan). Demikian juga halnya dengan nilai EDT dan *Clarity*. Sementara untuk hasil simulasi didapatkan bahan pelapis ruangan yang ada sekarang sudah sangat ideal sehingga tidak perlu lagi diganti atau di renovasi.



Referensi

- [1] Gani, C. A. (2012). Evaluasi Kualitas Akustik Teater Pertunjukkan Musik Tradisional di Indonesia. Depok.
- [2] Febrita, Y. (2011). Analisis Kinerja Akustik Pada Ruang Auditorium Mono-Fungsi (Studi Kasus Ruang Jelantik Jurusan Arsitektur ITS). *INTEKNA*, 119-126.
- [3] Mediastika, C. E. (2009). Material Akustik: Pengendalian Kualitas Bunyi Pada Bangunan. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta.
- [4] Zuyyinati, I. B., Thojib, J., & Sujudwijono, N. (2010). Penerapan Elemen-Elemen Akustika Ruang Dalam Pada Perancangan Auditorium Mono-Fungsi. *Dimensi Interior*, 11-2.



Kekuatan Batas Lambung Kapal dalam Menahan Momen Lentur Vertikal

Azhar Aras Mubarak^{1*}, Ganding Sitepu¹, Muhammad Zubair Muis Alie¹

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

*Email: arasmubarak28@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.10

Abstrak

Dalam perjalanannya, kapal akan terus-menerus mendapat beban struktur yang diakibatkan oleh beban eksternal dari gelombang dan beban internal dari muatan kapal dan struktur itu sendiri yang kemudian mencapai kekuatan batas (*ultimate strength*) pada struktur tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan batas lambung kapal akibat momen lentur vertikal sehingga struktur kapal dapat dijamin keamanannya. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan memodelkan struktur penampang kapal tanker yang dimodifikasi berdasarkan dari bentuk *box girder* sehingga didapatkan model yang lebih sederhana. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan software ANSYS 17. Perhitungan struktur kapal disimulasi berdasarkan dua model yang ada yakni model *box girder* dan model tanker yang telah dimodifikasi. Pada model *box girder*, kekuatan batas diperoleh $6,311 \times 10^8$ Nmm pada kondisi *hogging* dan $-6,311 \times 10^8$ Nmm pada kondisi *sagging*. Sedangkan pada model tanker, kekuatan batas yang diperoleh adalah $-8,99 \times 10^{12}$ Nmm pada kondisi *sagging* dan $10,277 \times 10^{12}$ Nmm pada kondisi *hogging*.

Abstract

Ultimate Strength of Hull Structure due to Vertical Bending Moment. On the life, the ship will constantly get the structural load caused by the external load of the internal waves and loads of the ship's load and the structure itself which then reaches the ultimate strength of the structure. This study aims to determine the strength of the boundary of the hull due to the vertical bending moment so that the ship structure can be guaranteed security. The analysis was done by using finite element method (FEM) by modeling the structure of the tanker section modified based on the shape of the girder box so that a simpler model is obtained. This calculation is done by using ANSYS 17 software. The calculation of vessel structure is simulated based on two existing models namely girder box model and modified tanker model. In the girder box model, ultimate strength is obtained at $6,311 \times 10^8$ Nmm for hogging conditions and -6.311×10^8 Nmm for sagging conditions. While on the tanker model, the ultimate strength obtained is -8.99×10^{12} Nmm for sagging conditions and $10,277 \times 10^{12}$ Nmm for hogging conditions.

Kata Kunci: Metode elemen hingga, kondisi hogging-sagging, ultimate strength

1. Pendahuluan

Pada dasarnya kapal adalah suatu alat transportasi yang beroperasi dilaut dengan sistem yang sangat kompleks. Kapal didesain sedemikian rupa sehingga mampu menjamin keselamatan dalam pelayaran. Dalam operasinya, kapal sering mengalami kegagalan struktur baik disebabkan dari faktor luar seperti cuaca, lingkungan dan sebagainya, maupun dari struktur kapal itu sendiri seperti deformasi awal, korosi, tekanan sisa dan lain-lain serta kegagalan struktur yang disebabkan oleh *human error* (kesalahan manusia).

Kemudian hal yang sangat penting dalam analisis suatu struktur kapal adalah melakukan analisis atas kemampuan suatu struktur tersebut untuk memenuhi tujuan desain yang telah ditetapkan, termasuk disini adalah bahwa struktur tidak akan mengalami kegagalan dalam pengoperasian kapal nantinya. Karena konsep perancangan struktur yang baik adalah struktur tersebut harus memberikan keamanan terhadap kemungkinan kegagalan yang terjadi selama masa operasi dari struktur tersebut.

Struktur kapal pada arah longitudinal umumnya memiliki komponen-komponen yang



saling berhubungan dan memperkuat satu sama lainnya yang ditemukan pada konstruksi sisi, konstruksi geladak dan konstruksi *bottom*. Konstruksi tersebut diperkuat oleh pelat kapal, senta lambung, *stiffener*, balok geladak, *center girder*, *side girder*, penumpu geladak, *sheer strake*, dan lain-lain. Semua konstruksi sisi, *bottom*, dan geladak mendapat bending, momen di arah vertikal, momen horizontal serta puntiran (torsi). Semua struktur tersebut memiliki batas kekuatan, sehingga ketika struktur tersebut terus menerus mendapat beban baik itu beban eksternal dari gelombang dan beban internal dari muatan kapal dan struktur itu sendiri maka akan mencapai kekuatan batas (*Ultimate Strength*) pada struktur tersebut.

Sistem kerangka/konstruksi kapal (*framing system*) dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang (*transverse framing system*) dan sistem membujur atau memanjang (*longitudinal framing system*). Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi (*combination/mixed framing system*) yang merupakan gabungan antara keduanya [1].

Pemilihan jenis sistem untuk suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran kapal dan jenis/fungsi kapal juga menjadi dasar pertimbangan [1], dijelaskan:

a. Sistem Konstruksi Melintang

Dalam sistem ini gading-gading (*frame*) dipasang vertikal (mengikuti bentuk *body plan*) dengan jarak antara (*spacing*), ke arah memanjang kapal, satu sama lain yang rapat (sekitar antara 500 mm – 1000 mm, tergantung panjang kapal). Pada geladak, baik geladak kekuatan maupun geladak-geladak lainnya, dipasang balok-balok geladak (*deck beam*) dengan jarak antara yang sama seperti jarak antara gading-gading. Ujung masing-masing balok geladak ditumpu oleh gading-gading yang terletak pada vertikal yang sama. Pada alas dipasang *wrang* dengan jarak yang sama pula dengan jarak antara gading-gading sedemikian rupa sehingga masing-masing *wrang*, gading-gading dan balok geladak membentuk sebuah rangkaian yang saling berhubungan dan terletak pada satu bidang vertikal sesuai penampang melintang kapal pada tempat yang bersangkutan.

b. Sistem Konstruksi Membujur

Dalam sistem ini gading-gading utama tidak dipasang vertikal, tetapi dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, diukur ke arah vertikal, sekitar 700 mm-1000 mm. gading-gading ini (pada sisi) dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3-5 m) dipasang gading-gading besar, sebagaimana gading-gading besar pada sistem melintang, yang disebut pelintang sisi (*side transverse*). Pada alas, dan alas dalam, juga dipasang pembujur-pembujur seperti pembujur-pembujur sisi tersebut di atas dengan jarak antara yang sama pula seperti jarak antara pembujur-pembujur sisi. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur-pembujur alas (*bottom longitudinal*) dan, pada alas dalam, pembujur alas dalam (*inner bottom longitudinal*). Pada alas juga dipasang wrang-wrang, dan dihubungkan pada pelintang-pelintang sisi. Tetapi umumnya tidak pada tiap pelintang sisi; yaitu setiap dua, atau lebih, pelintang sisi. Wrang-wrang pada sistem membujur juga dinamakan pelintang alas (*bottom transverse*). Penumpu tengah dan penumpu samping sama halnya seperti pada sistem melintang.

c. Sistem Konstruksi Kombinasi

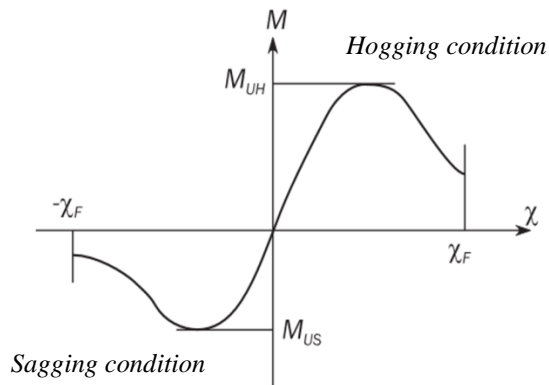
Sistem kombinasi ini diartikan bahwa sistem melintang dan sistem membujur dipakai bersama-sama dalam badan kapal. Dalam sistem ini geladak dan alas dibuat menurut sistem membujur sedangkan sisinya menurut sistem melintang. Jadi, sisi-sisinya diperkuat dengan gading-gading melintang dengan jarak antara yang rapat seperti halnya dalam sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya diperkuat dengan pembujur-pembujur. Dengan demikian maka dalam mengikuti peraturan klasifikasi (*rules*) sisi-sisi kapal tunduk pada ketentuan yang berlaku untuk sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya mengikuti ketentuan yang berlaku untuk sistem membujur, untuk hal-hal yang memang diperlukan secara terpisah.

Kekuatan-batas kapal (M_U) harus dihitung dengan metode NLFEA atau metode *buckling* dan harus memenuhi kriteria seperti persamaan di bawah ini [2].



$$\gamma_R \leq \frac{M_U}{M_t}$$

dimana M_t adalah momen lentur-batas total vertikal dan γ_R adalah faktor keamanan untuk kekuatan-batas lentur vertikal (1,1 untuk kondisi *sagging* dan 1,21 untuk kondisi *hogging*).



Gambar 1. Grafik kekuatan momen lentur dan kelengkungan [2]

Hubungan antara kekuatan-batas momen lentur dan kelengkungan ditunjukkan pada Gambar 1. Nilai kelengkungan yang positif menunjukkan kondisi *hogging* dan nilai kelengkungan yang negatif menunjukkan kondisi *sagging*.

Tegangan lentur maksimum (σ_{max}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

dimana S adalah modulus penampang.

Tegangan didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada suatu satuan luas. Secara matematis definisi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

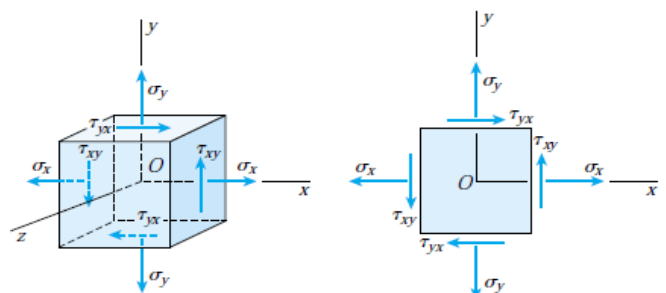
dimana :

- σ = tegangan (N/mm²)
- F = gaya yang bekerja atau beban (N)
- A = luas penampang (mm²)

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa suatu bidang yang dikenai suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang tersebut, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap bidang sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan bidang [3]. Komponen-komponen tegangan bidang bekerja dalam dua arah saja (tidak pada arah sumbu z) dan tegangan geser xy sama dengan tegangan yx .

$$\sigma_z = \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$



Gambar 2. Tegangan yang bekerja pada suatu bidang xy [3]

keterangan :

- σ_x = tegangan normal yang bekerja pada bidang x
- σ_y = tegangan normal yang bekerja pada bidang y
- τ_{xy} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal x dalam arah y

Tegangan izin adalah tegangan yang mengakibatkan suatu konstruksi mengalami lendutan yang besar dimana lendutan tersebut adalah batas sebuah konstruksi masih aman dalam mengatasi beban yang terjadi atau yang bekerja padanya. Apabila tegangan izin dari konstruksi bersangkutan lebih kecil dari tegangan maksimum yang terjadi, maka konstruksi tersebut tidak aman. Secara khusus ditentukan oleh, bahwa tegangan izin yang bekerja tidak boleh melewati [4] :



Tegangan Ekuivalen = $\frac{180}{k}$ [N/mm²], dengan k = faktor baja

Baja struktur lambung adalah baja yang mempunyai nominal nilai luluh atas minimal (*yield point*) R_{EH} 235 N/mm² dan kekuatan tarik (*tensile strenght*) R_m 400 - 520 N/mm².

Dengan masalah yang begitu kompleks tersebut, sangat diperlukan analisis terlebih dahulu untuk mengetahui respon struktur pada kapal sehingga, analisis kekuatan batas longitudinal lambung kapal dalam menahan momen lentur vertikal sangat penting untuk dilakukan.

2. Metode

Jenis penelitian ini yaitu penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimen numerik. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan pengambilan data pada penelitian sebelumnya [5].

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini, data primer yang dikumpulkan berupa konfigurasi penampang kapal tanker yang digunakan. Data sekunder diperoleh dari tulisan seperti buku teori, peraturan-peraturan dan dokumen hasil kajian literatur yang berhubungan dengan kajian kekuatan kekuatan batas struktur kapal.

Pada tahap pertama data awal dikumpulkan berupa ukuran utama kapal dan konfigurasi penampang konstruksi kapal. Bersamaan dengan proses pengumpulan data, studi literatur dilakukan untuk mengetahui kekuatan batas struktur kapal. Studi yang dimaksud adalah studi literatur untuk mengetahui besar beban dinamis yang bekerja pada konstruksi kapal yaitu beban gelombang yang mengakibatkan kondisi *sagging* dan *hogging*. Setelah data awal dan data hasil olahan pada studi literatur didapatkan, data diolah kembali dengan menggunakan eksperimen numerik dengan menggunakan bantuan perangkat komputer dengan piranti lunak (*software*) yang mengadopsi metode elemen hingga pada sistem pemogramannya. *Software* yang akan digunakan

mampu mengeluarkan nilai kekuatan batas dan tegangan yang terjadi pada struktur setelah diberikan beban eksternal.

Pada tahap ini kapal akan dimodelkan kedalam bentuk gambar tiga dimensi pada komputer sesuai dengan data awal yang didapatkan. Simulasi model akan dilakukan dengan melakukan analisa kepada *box girder* terlebih dahulu untuk mendapatkan kekuatan batas dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [6].

Grafik yang telah ditemukan mempunyai kesesuaian dengan grafik penelitian terdahulu. Kemudian dilakukan analisis kekuatan batas terhadap kapal tanker yang telah dimodifikasi. Grafik yang dihasilkan adalah perbandingan antara momen dan *curvature* serta grafik perbandingan momen dengan *displacement*. Besaran nilai kekuatan batas yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan perhitungan rumus empiris yang dihitung berdasarkan persamaan sehingga didapatkan berapa besar faktor keamanan struktur tersebut [6].

3. Pembahasan

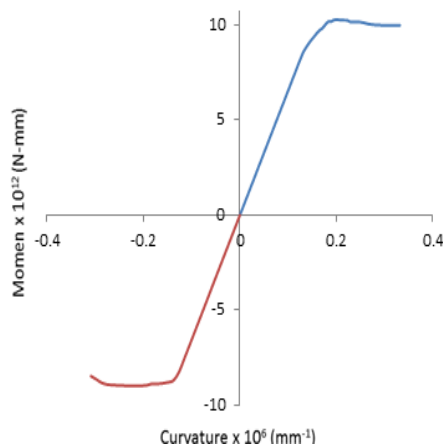
Penelitian ini menunjukkan hasil perhitungan kekuatan didapatkan menggunakan NLFEA pada *box girder* dan kapal tanker pada kondisi *hogging* dan *sagging*. Untuk menganalisis kapal tanker yang menjadi objek penelitian, diawali dengan memodifikasi kapal tanker menjadi kotak sehingga menjadi lebih sederhana. Pada kondisi *hogging*, penampang bagian *deck* akan mengalami tarik dan dibagian *bottom* akan mengalami tekan. Sedangkan pada kondisi *sagging*, penampang bagian *deck* akan mengalami tekan dan bagian *bottom* akan mengalami tarik. Ini disebabkan oleh proses *control moment* yang dilakukan. Adanya bentuk kondisi *sagging* dan *hogging* mengakibatkan deformasi pada bagian *deck* dan *bottom* mengalami perubahan bentuk, dimana *stiffener* dan pelat yang terdapat pada bagian tersebut mengalami tekuk.

Analisis perbandingan kekuatan batas kapal tanker dan referensi *rules* yang digunakan menunjukkan bahwa struktur kapal tersebut telah memenuhi persyaratan keamanan yang dikeluarkan oleh DNV GL. Penelitian yang



dilakukan sebelumnya di referensi [6] juga menunjukkan adanya kesesuaian grafik yang dihasilkan yaitu grafik antara momen dan *curvature* serta grafik antara momen dan *displacement*.

Hasil analisis kekuatan batas momen lentur vertikal *box girder* dengan metode NLFEA menggunakan *software* ANSYS diperoleh nilai kekuatan batas *box girder* ketika mengalami *hogging* sebesar $6,311 \times 10^8$ Nmm dan pada saat *sagging* sebesar $-6,311 \times 10^8$ Nmm. Sedangkan Hasil analisis kekuatan batas momen lentur vertikal kapal tanker dengan metode NLFEA diperoleh nilai kekuatan batas kapal tanker ketika mengalami *hogging* sebesar $10,2 \times 10^{12}$ Nmm dan pada saat *sagging* sebesar $-8,99 \times 10^{12}$ Nmm. Adapun hubungan antara nilai kekuatan batas dan *curvature*/kelengkungan dengan menggunakan metode NLFEA di ansys dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Momen kelengkungan kapal tanker

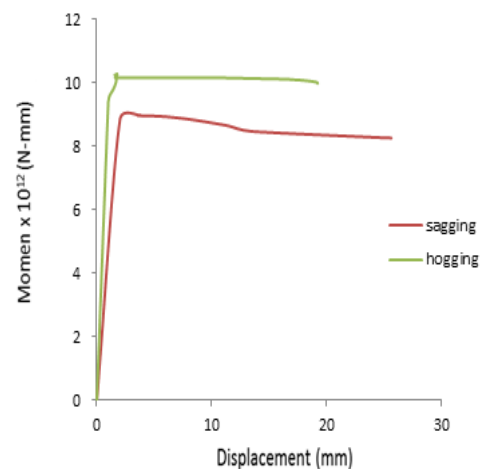
Pada kondisi *hogging*, Gambar 3 menjelaskan tentang momen lentur-batas vertikal dari 0 Nmm sampai $9,24 \times 10^{12}$ Nmm kapal tanker dalam kondisi masih linear, selanjutnya $9,24 \times 10^{12}$ Nmm sampai $9,95 \times 10^{12}$ Nmm kapal tanker sudah berada pada kondisi tidak linear. Ketika kapal tanker dengan besar momen lentur $1,02 \times 10^{13}$ Nmm telah mencapai momen *ultimate* yang membuat struktur mengalami *buckling*.

Pada kondisi *sagging* momen lentur-batas vertikal dari 0 Nmm sampai $-8,26 \times 10^{12}$ Nmm kapal tanker dalam kondisi masih linear, selanjutnya $-8,27 \times 10^{12}$ Nmm sampai $-8,85 \times 10^{12}$

Nmm kapal tanker sudah berada pada kondisi tidak linear. Ketika kapal tanker dengan besar momen lentur $-8,98 \times 10^{12}$ Nmm telah mencapai momen *ultimate* yang membuat struktur mengalami *buckling*.

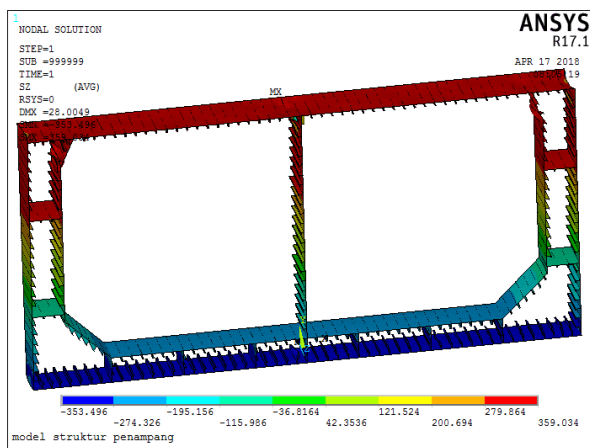
Adapun grafik hubungan antara momen lentur dengan *displacement* yang terjadi pada struktur dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa pada kondisi *hogging*, momen lentur-batas vertikal dari 0 Nmm sampai $9,41 \times 10^{12}$ Nmm, *displacement* kapal tanker dalam kondisi masih linear, selanjutnya $9,42 \times 10^{12}$ Nmm sampai $1,01 \times 10^{12}$ Nmm kapal tanker sudah berada pada kondisi tidak linear. Ketika kapal tanker dengan besar momen lentur $1,02 \times 10^{13}$ Nmm telah mencapai momen *ultimate* yang membuat struktur menuju tak terhingga.

Pada kondisi *sagging*, momen lentur-batas vertikal dari 0 Nmm sampai $-8,5 \times 10^{12}$ Nmm, *displacement* kapal tanker dalam kondisi masih linear, selanjutnya $-8,6 \times 10^{12}$ Nmm sampai $-8,8 \times 10^{12}$ Nmm kapal tanker sudah berada pada kondisi tidak linear. Ketika kapal tanker dengan besar momen lentur $-8,99 \times 10^{12}$ Nmm telah mencapai momen *ultimate* yang membuat struktur menuju tak terhingga.



Gambar 4. Momen lentur – *displacement* pada kapal tanker

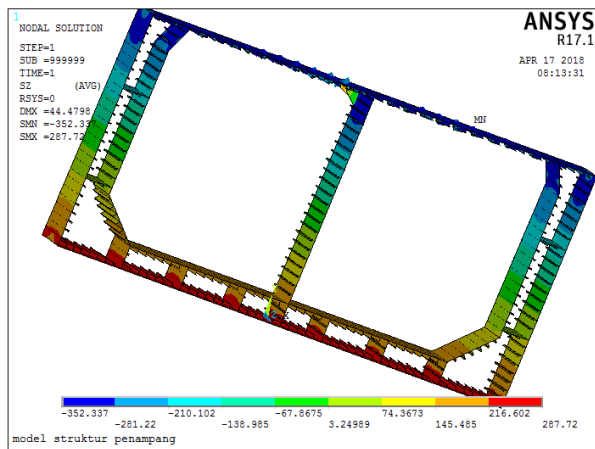
Tegangan kerja yang terjadi pada kapal tanker pada saat *hogging* adalah sebesar $-353,49$ N/mm² di *bottom* dan $359,03$ N/mm² di *deck* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi tegangan akibat kondisi hogging

Pada kondisi *hogging*, penampang bagian *deck* akan mengalami tarik dan dibagian *bottom* akan mengalami tekan. Sehingga besaran nilai tegangan yang terjadi akan berbeda. Ini dikarenakan proses *control moment* yang dilakukan. Pada Gambar 5 juga menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada struktur berupa terjadinya *buckling* terhadap beberapa bagian pada *deck* dan *bottom*.

Adapun tegangan kerja yang terjadi pada kapal tanker pada kondisi *sagging* adalah pada *bottom* sebesar $-352,337 \text{ N/mm}^2$ dan pada *deck* sebesar $287,72 \text{ N/mm}^2$ seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Distribusi tegangan akibat kondisi sagging

Pada kondisi *sagging*, penampang bagian *deck* akan mengalami tekan dan dibagian *bottom* akan mengalami tarik. Sehingga besaran nilai tegangan yang terjadi akan berbeda. Ini juga

disebabkan oleh proses *control mement* yang dilakukan. Pada gambar juga menunjukkan bentuk deformasi pada bagian *deck* mengalami perubahan bentuk, dimana *stiffener* dan pelat yang terdapat pada bagian tersebut mengalami tekuk.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan metode *nonlinear finite element analysis* (NLFEA) untuk menginvestigasi kekuatan-batas momen lentur dan tegangan kerja pada *box girder* dan kapal tanker. Dari hasil metode NLFEA yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kekuatan-batas momen lentur untuk *box girder* sebesar $6,311 \times 10^8 \text{ Nmm}$ kondisi *hogging* dan $-6,311 \times 10^8 \text{ Nmm}$ kondisi *sagging*. Sedangkan kekuatan batas kapal tanker dengan besar momen lentur $10,2 \times 10^{12} \text{ Nmm}$ telah mencapai momen *ultimate* pada kondisi *hogging* dan $-8,98 \times 10^{12} \text{ Nmm}$ telah mencapai momen *ultimate* pada kondisi *sagging* yang membuat struktur mengalami *buckling*.

Hasil ini memberikan gambaran hubungan antara kekuatan batas dan *curvature* serta kekuatan batas dan *displacement*. Grafik yang muncul menunjukkan batas daerah plastis dan elastis sehingga dapat mengetahui batas keamanan material struktur tersebut.

Referensi

- [1] Djaya, Indra Kusna, 2008, Teknik konstruksi kapal, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- [2] DNV GL. 2017a. *Rules for Classification: Ships, Pt.3 Ch.4. Loads*. Norway.
- [3] Gere, James M. 2004. *Mechanics of Materials*, Edisi keenam. Thomson Learning, Inc. USA.
- [4] Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). 2017. Volume II. Part 5. Seagoing Ships. Schodek L. D. 1998. *Struktur*. PT Rafika Aditama. Bandung.
- [5] Muis Alie, M. Z. et al. 2012. *Residual Longitudinal Strength Analysis of Ship's Hull Girder with Damages*. Proceedings 22nd International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE, Rhodes, Greece, Vol 4: 831-838.
- [6] Y Bai, E Bendiksen, P Terndrup Pedersen. 1993. *Collapse Analysis of Ship Hulls*. Departement of ocean Engineering, The Technical University of Denmark.

Analisis Keselamatan Pelayaran di Area Terminal Khusus Kayu Hutan Tanaman Industri Sungai Sesayap Sepala Dalung Kalimantan Utara

Muhammad Isradi Zainal^{*1}, Mislihah Idrus¹, Sabaruddin Rahman¹

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

*Email: isradizainal@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.11

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui aspek keselamatan pelayaran dengan menganalisis dimensi alur pelayaran dan kolam pelabuhan yang dibutuhkan kapal/ tongkang 300 feet dan menganalisis kedalaman, lebar, pasang surut, dan arus Sungai Sesayap di area terminal khusus kayu hutan tanaman industri Sepala Dalung Kalimantan Utara. Metode yang digunakan adalah dengan rumus empiris dan analisis batimetri serta hidrografi untuk memperoleh kedalaman, lebar, pasang surut, arus alur pelayaran. Hasil penelitian menunjukkan dimensi alur pelayaran yang dibutuhkan kapal/ tongkang 300 feet adalah kedalaman alur pelayaran 7 meter, lebar alur pelayaran adalah 249,6 m, luas kolam pelabuhan 34345,9 m². Dimensi sungai sesayap pada area terminal memiliki kedalaman maksimal mencapai 16 m pada kondisi muka air rata – rata atau 13,9 m LLWL, Lebar sungai 1-2,1 km, Tunggang pasang surut (*tidal range*) terbesar adalah sekitar 3,56 meter. Kecepatan arus tertinggi adalah 0,633 m/detik dengan dengan total debit sungai yang lewat adalah 4263.73 m³/detik, arah arus dalam pengukuran selama 25 jam menunjukkan pola aliran dalam dua arah, mengikuti pola pasang surut dengan kategori lemah menuju sedang. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kebutuhan alur pelayaran dan kolam pelabuhan untuk kapal/ tongkang 300 feet lebih kecil dari dimensi sungai dan alur pelayaran yang ada sehingga kapal/tongkang 300 feet dapat berlayar, bermanuver, berputar, memuat dan menambat dengan aman dan selamat atau memenuhi aspek keselamatan pelayaran di area terminal khusus kayu hutan tanaman industri di Sungai Sesayap Sepala Dalung Kalimantan Utara..

Abstract

Shipping Safety Analysis in the Special Terminal Area of the Forest Timber of Industrial Plantation in Sesayap River Sepala Dalung North Kalimantan. The purpose of this research is to know the shipping safety aspect by analyzing the dimension of the inland waterway and the harbor pool required by the barge/ ship of 300 feet and analyzing the depth, width, tidal, and current of Sesayap River in the special terminal area of industrial timber forest of Sepala Dalung North Kalimantan. The method used is by using the empirical formula to obtain the dimension needed by the ship/ barge 300 feet and bathymetry and hydrographic analysis to obtain depth, width, tidal, and current of Sesayap River. The result of the research shows that the dimension of the inland waterway required by the ship / barge of 300 feet are the depth is 7 meter, the width is 249,6 m, the port pool area is 34345.9 m². The dimension of the Sesayap River in the area has a maximum depth of 16 m at an average water level or 13.9 m LLWL. The largest tidal range is about 3.56 meters. The highest current velocity is 0.633 m/sec with the total passage of the passing stream is 4263.73 m³ / sec, the direction of the current in the measurement for 25 hours shows the flow pattern in two directions, following the tidal pattern. In general it can be concluded that the dimension of the inland waterway needed by the barge/ ship of 300 feet is less than the dimension of the Sesayap River and the existing inland waterway so that the barge/ship of 300 feet can sail, maneuver, rotate, load and anchorage safely or meet the safety aspect of the shipping in the special terminal area of industrial timber forest in Sesayap River Sepala Dalung North Kalimantan.

Kata Kunci: Alur pelayaran, batimetri, hidrografi, kapal/tongkang, keselamatan pelayaran, terminal khusus,

1. Pendahuluan

Keselamatan pelayaran adalah hal yang paling diutamakan dalam kegiatan transportasi. Alur pelayaran di pelabuhan sungai tidak dapat terlepas dari pekerjaan survei hidrografi. Oleh karena itu,

kedalaman, panjang, dan lebar alur pelayaran menjadi salah satu persyaratan navigasi yang penting, hal ini tentu saja dipengaruhi oleh kondisi fisik alam (kondisi sungai, iklim, cuaca, dan karakteristik sungai). Agar alur pelayaran sungai dapat berfungsi dengan baik dan aman, maka



diperlukan sebuah kegiatan pemeliharaan secara berkala yang diperlukan karena kedalaman sungai cenderung berubah-ubah [1].

Alur pelayaran menjadi objek vital dari sebuah pelabuhan yang pembangunan maupun pengelolannya harus dilakukan atas pertimbangan aspek pelayaran khususnya dalam menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran. Penyelenggaraan alur pelayaran di Indonesia menjadi tanggung jawab pemerintah yang pelaksanaannya harus dilakukan sebaik mungkin dalam rangka menjamin kelancaran dan efektifitas operasional pelabuhan secara menyeluruh. Pemerintah sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku harus membangun dan memelihara alur pelayaran yang dalam pelaksanaannya dilakukan oleh penyelenggara pelabuhan. Alur pelayaran di perairan Indonesia sangat bervariasi ditinjau kedalaman dan lebar alurnya. Kapal yang melewati perairan yang dangkal dan sempit membatasi kemampuan manuver yang baik dalam rangka meningkatkan keselamatan kapal khususnya kapal yang berlayar pada area yang dangkal dan sempit [2].

Terminal Khusus adalah terminal yang terletak di luar Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan terdekat untuk melayani kepentingan sendiri. Terminal untuk Kepentingan Sendiri adalah terminal yang terletak di dalam Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya [3].

Terminal khusus kayu hutan tanaman industri yang berlokasi di Sungai Sesayap Sepala Dalung Kalimantan Utara merupakan terminal (Pelabuhan) khusus untuk mengangkut kayu hutan dengan menggunakan Kapal Tongkang ukuran 300 *feet*. Pembuatan Terminal Khusus ini didasarkan pada kebutuhan dari Perusahaan pemegang hak kayu hutan tanaman Industri untuk mengangkut kayu ke wilayah yang membutuhkan. Suatu hal yang tidak boleh ditinggal dalam proses pembangunan suatu pelabuhan adalah ketersediaan alur pelayaran. Alur pelayaran merupakan bagian dari perairan yang alami

maupun buatan yang dari segi kedalaman, lebar, dan hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari dan berfungsi untuk mengarahkan kapal-kapal yang akan keluar/masuk ke pelabuhan. Alur pelayaran harus mempunyai kedalaman dan lebar yang cukup atau sesuai dengan draft kapal yang sesuai untuk bisa dilalui kapal-kapal yang menggunakan pelabuhan [4].

Sungai memiliki peranan yang sangat penting dalam peningkatan perekonomian suatu negara jika dikelola dengan baik, akan tetapi sungai yang ada di Indonesia memiliki berbagai permasalahan, di antaranya kecelakaan kapal, barang, penumpang, erosi dan sedimentasi, salah satu yang mengalaminya adalah Sungai Sesayap [5].

Sungai Sesayap yang berlokasi di Sepala Dalung Tanah Tidung Kalimantan Utara memiliki struktur yang unik karena jika tidak hapal jalur yang harus dilalui, speed boat ataupun kapal bisa tersangkut di gusung. Kecelakaan kapalnya sering terjadi di Sungai ini.

Pada November 2015, sebuah kapal jenis Landing Craft-Tank (LCT) yang mengangkut tiga truk bermuatan sawit, tenggelam di perairan sungai Sesayap Sepalang Dalung Kalimantan Utara. Kejadian bermula ketika kapal yang mengangkut tiga truk sawit dengan beban 24 ton sawit memuat di luar kapasitas beban truk tersebut dan mengalami cuaca buruk, berangkat dari dermaga perkebunan sawit di wilayah Kecamatan Sesayap Hilir, menuju ke lokasi pabrik PT TUM. Akibat tak tahan dengan kondisi ini, kapal jenis LCT yang dinakhodai Nasir (51), Warga Desa Sembakung, Kecamatan Sesayap Hilir, beserta dua ABK, Herman (27) dan Bobi (34), tenggelam.

Selanjutnya pada Juni 2016 sebuah speedboat bermesin 200 PK mengalami kecelakaan di Sungai Sesayap, Desa Sepala Dalung, Kecamatan Sesayap, Kalimantan Utara. Diketahui, speed naas dalam perjalanan dari pelabuhan Sesayap ini menabrak sebuah papan kayu.

Pada tahun 2017 speed boat Sesayap Indah tujuan KTT-Tarakan terbalik disungai Sesayap karena menabrak kayu. Di bulan Januari 2018 kapal pengangkut barang Bintang Timur dikabarkan tenggelam di dermaga Tideng Pale, Kabupaten Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara. Kapal Bintang Timur yang bersandar di



dermaga tersebut bagian lambungnya terkena benda tumpul saat kondisi air sedang surut hingga menyebabkan kebocoran. Ketika tiba, diduga kapal terbentur kayu di sekitar dermaga, dikarenakan air Sungai Sesayap masih surut. Kondisi ini menyebabkan kapal bocor dan miring

Untuk menjawab permasalahan di atas maka diperlukan analisis keselamatan pelayaran yang meliputi analisis kebutuhan dimensi alur pelayaran, dimensi kolam pelabuhan (terminal khusus, dan analisis dimensi Sungai yang meliputi kedalaman, lebar, pasang surut, arus dengan survey hidrografi dan batimetri die area alur pelayaran terminal khusus (kolam pelabuhan) kayu hutan tanaman industri.

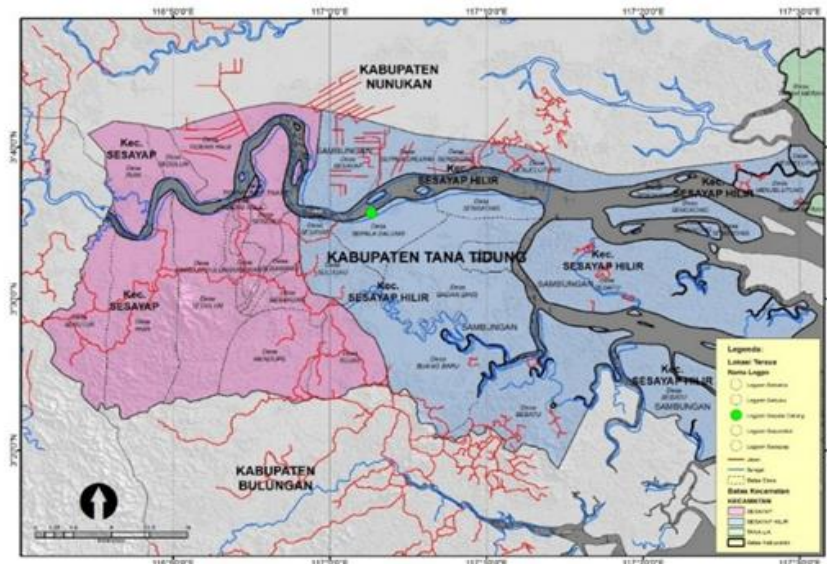
2. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka angka dan analisis [5]. Metode kuantitatif menghasilkan nilai yang tertera pada peta

kedalaman atau batimetri dan hasil perhitungan Penelitian ini.

Pengolahan data pasang surut untuk mendapatkan komponen pasang surut dengan menggunakan metode admiralty, sedangkan koreksi antara kedalaman dan pasang surut menggunakan *HYDROpro 2.3* dan di modelkan dengan *Terramodel 10.3*. [6]. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Pebruari-september 2017 pada area terminal khusus hutan kayu tanaman industri yang berada di Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Sesayap, Desa Sepala Dalung, Kecamatan Sesayap Hilir, Kabupaten Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara.

- Titik Hilir Terminal Khusus : 03° 35' 38,168'' LU/ 117° 02' 37,785'' BT
- Titik BM Terminal Khusus : 03° 35' 39,703'' LU/ 117° 02' 40,485'' BT
- Titik Hulu Terminal Khusus : 03° 35' 42,221'' LU/ 117° 02' 45,580'' BT



Gambar 1. Peta lokasi rencana pembangunan terminal khusus kayu hutan tanaman industri

3. Pembahasan

Untuk melakukan analisis keselamatan alur pelayaran di area Sungai Sesayap terminal khusus kayu hutan tanaman industri, maka perlu penentuan jenis kapal yang direncanakan beroperasi di area terminal tersebut. Berdasarkan jenis kapal rencana tersebut akan dilakukan

perhitungan terhadap kebutuhan fasilitas yang dibutuhkan untuk operasional kapal di terminal tersebut [7].

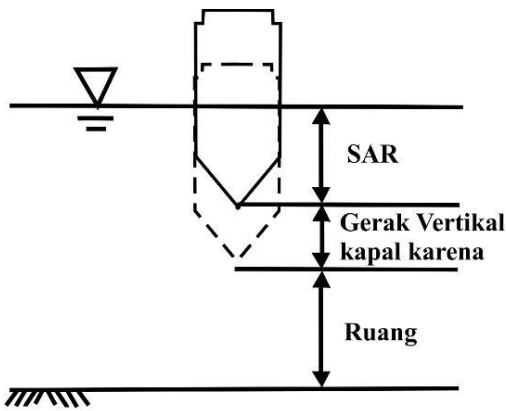
3.1. Analisis Dimensi Alur Pelayaran dan Kolam Pelabuhan untuk Kapal/Tongkang 300 feet

Kapal/tongkang yang direncanakan beroperasi di terminal khusus kayu hutan tanaman industri

tersebut adalah Tongkang dengan ukuran 300 feet. Karakteristik kapal rencana tersebut adalah sebagai berikut:

- Panjang (L) = 91,44 meter
- Lebar (B) = 24,34 meter
- Sarat (D) = 5,48 meter

- Kedalaman alur pelayaran untuk kapal 300 feet
 Kedalaman alur pelayaran di hitung pada saat surut terendah. Kedalaman alur yang dibutuhkan adalah sarat maksimum kapal ditambah dengan jarak keamanan (*clearance*). Jarak keamanan adalah jarak vertikal kapal karena gelombang dan squat ditambah ruang bebas. *Squat* adalah pertambahan sarat kapal terhadap muka air yang disebabkan oleh kecepatan kapal. Sedangkan ruang kebebasan bersih adalah ruang minimum tersisa antara sisi terbawah kapal dan elevasi dasar alur kapal pada kondisi kapal bergerak dengan kecepatan penuh serta diperhitungkan pada kondisi terburuk yaitu saat gelombang dan angin terbesar. Ruang kebebasan bersih minimum adalah 0,5 m untuk dasar laut berpasir dan 1.00 untuk dasar karang.



Gambar 2. Kedalaman alur pelayaran

Kedalaman alur pelayaran yang dibutuhkan kapal dapat dihitung dengan :

$$D = d + \frac{H}{2} + S + C$$

dimana:

- D = kedalaman Alur
- d = draft kapal = 5,48 m
- H = tinggi gelombang maksimum
- S = *squat*
- C = ruang kebebasan bersih :0,8-1,0

Besar *squat* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S = 2,4 \frac{\Delta}{Lpp^2} \frac{Fr^2}{\sqrt{1 - Fr^2}}$$

dimana:

- S = *squat*
- Δ = volume air yang dipindahkan (m³)
- Lpp = panjang kapal (m)
- Fr = angka Froude
- V = kecepatan (m/detik)
- g = percepatan gravitasi
- h = kedalaman air (m)

Untuk dapat melayani kapal rencana dengan kapasitas kapal 300 feet sebagai pengangkut hutan kayu tanaman industri maka harus disediakan kolam pelabuhan yang memenuhi persyaratan. Kebutuhan kedalaman kolam pelabuhan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$D = d + \frac{H}{2} + S + C$$

$$D = 5.48 + 0.6 \frac{H}{2} + 0 + 0.8$$

$$D = 6.58M \sim 7M$$

Untuk keselamatan operasional pelabuhan maka pada areal perputaran kapal dan di dermaga kedalaman minimum saat surut terendah adalah 12 meter.

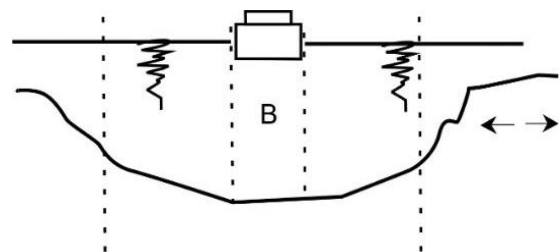
- lebar alur pelayaran kapal/tongkang 300 feet
 Kebutuhan lebar alur pelayaran untuk 1 (satu) kapal dengan lebar kapal rencana B = 24,34 meter.

Lebar lebar alur

$$= 1,5B + (1,2 - 1,5B) + 1,5B$$

$$= 1,5(24,34) + 1,5(24,34) + 1,5(24,34)$$

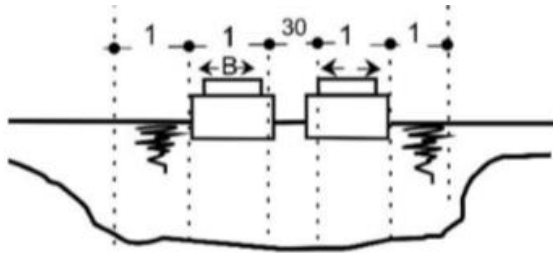
$$= 109,53 = 110 \text{ meter}$$



Gambar 3. Lebar alur untuk satu kapal

Kebutuhan lebar alur pelayaran untuk 2 (dua) kapal dengan lebar kapal rencana $B = 24,34$ meter.

$$\begin{aligned} \text{Lebar alur} &= 1,5B + (1,2 - 1,5B) + 30 + 1,5B \\ &= 1,5(24,34) + 1,5(24,34) + 30 + 1,5(24,34) \\ &= 139,53 = 140 \text{ meter} \end{aligned}$$

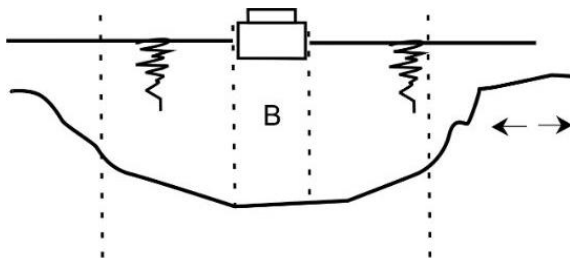


Gambar 4. Lebar alur untuk dua kapal

Kebutuhan alur keluar-masuk kapal ke kolam pelabuhan dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Lebar alur (W)} &= 9B + 30 = 9(24,34)30 \\ &= 249,06 \text{ meter} \end{aligned}$$

jadi lebar alur keluar-masuk kapal ke kolam pelabuhan dibutuhkan 249,06 m.



Gambar 5. Lebar keluar masuk alur pelabuhan

- Analisis dimensi kolam pelabuhan (terminal khusus yang dibutuhkan untuk kapal/tongkang 300 feet

Dengan data yang telah ditetapkan berupa kapasitas kapal sebesar 300 feet dengan panjang (L) = 91,44 m, lebar (B) = 24,38 m dan draft (d) = 5,49 m.

Luas kolam pendaratan, kolam perbekalan, kolam tambat.

$$A1 = 2(1,15xL)(1,15xB)$$

$$A1 = 2(1,15x91,44)(1,15x24,38) = 7691 \text{ m}^2$$

Luas minimal perairan untuk manuver.

$$W = 2xL = 2x91,44$$

$$W = 183 \text{ m}^2$$

$$A2 = 2x183 = 366 \text{ m}^2$$

Luas kolam putar ditentukan berdasar kapal terbesar yang menggunakan pelabuhan:

$$R \text{ Kolam} = 2xL = 2x91,44 = 183 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolam putar (Ap)} &= \frac{\pi}{4} R^2 = \frac{\pi}{4} (183)^2 \\ &= 26288,9 \text{ m}^2 \approx 26,3 \text{ ha} \end{aligned}$$

Luas kolam pelabuhan adalah jumlah luas dari seluruh kolam.

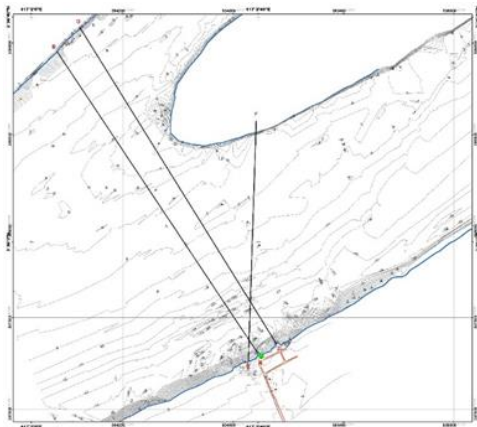
$$\begin{aligned} \text{Luas kolam pelabuhan (A)} &= A1 + A2 + Ap \\ &= 7691 + 366 + 26288,9 = 34345,9 \text{ m}^2 \approx 34,3 \text{ ha} \end{aligned}$$

3.2. Analisis Dimensi Sungai Sesayap, Pasang Surut dan Arus di Area Terminal Khusus Kayu Hutan Tanaman Industri

Kedalaman merupakan salah satu komponen geomorfologi yang berpengaruh terhadap aktifitas di sungai, selain itu kedalaman menggambarkan bentuk relief /profil dasar sungai. Bentuk alur sungai yang melewati Sepala Dalung merupakan alur sungai yang menikung dan letak lokasi studi yakni Sepala Dalung berada di sisi tepi sungai bagian selatan.

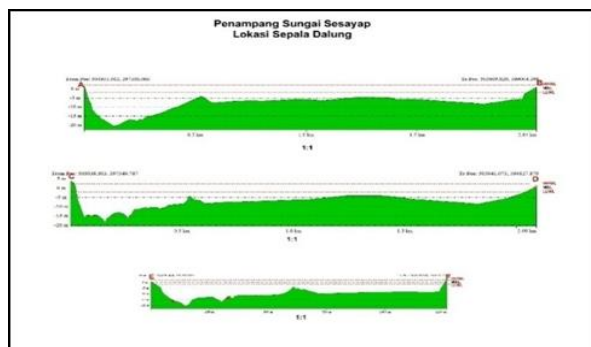
Kedalaman alur di Sungai Sesayap Sepala Dalung Kalimantan Utara bervariasi dari tepi sungai hingga ke tepi sungai sebelumnya yakni berkisar antara 1 – 16 meter pada kondisi muka air rata-rata. Kedalaman akan berkurang seiring dengan turunnya permukaan pada posisi air surut terendah yakni mencapai 13,9 meter. Kedalaman maksimum sungai pada areal yang mencapai 16 meter pada kondisi muka air rata – rata atau 13,9 meter *LLWL* (pada kondisi air surut terendah) yang membentuk sebuah lubang cekungan menyerupai mangkok di dasar sungai. Jarak kedalaman tersebut dari tepi sungai adalah sekitar 76 meter dari tepi sungai. Sedangkan kedalaman 7,5 meter

MSL atau sekitar 5,2 meter LLWL berada pada jarak yang berkisar antara 51 meter dari tepi sungai

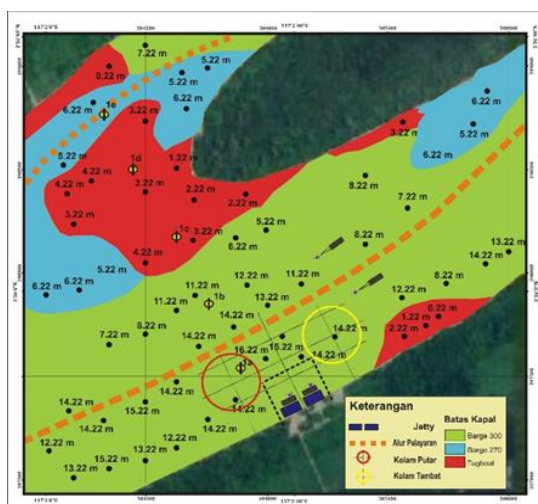


Gambar 6. Peta batimetri sungai sesayap

Bentuk relief dasar sungai daerah rencana diperlihatkan pada keadaan profil melintang sungai sebagaimana pada Gambar 6.



Gambar 7. Profil dan dasar alur sungai sesayap



Gambar 8. Plot peta alur pelayaran dan kolam pelabuhan peta batimetri lokasi terminal khusus kayu hutan tanaman industri pada kondisi surut

Data pasang surut merupakan salah satu parameter yang penting dalam menentukan dimensi bangunan seperti pemecah gelombang, dermaga, pelampung penambat, kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan, dan sebagainya. Elevasi puncak bangunan didasarkan pada elevasi muka air pasang, sedang kedalaman alur dan perairan pelabuhan berdasar muka air surut. Elevasi muka air rencana ditetapkan berdasar pengukuran pasang surut dalam periode waktu yang panjang. Informasi pasang surut yang diperoleh mengacu pada hasil pengukuran pasang surut di Sungai Sesayap Sepala Dalung berupa kondisi tipe pasang surut, dan keadaan muka air rata – rata harian, selain itu keadaan pasang surut untuk perairan laut yakni di perairan Tarakan yang diperoleh dari Badan informasi Geospasial pada bulan Februari 2017 sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis konstanta pasut

	So	M2	S2	N2	K1	01	M4	MS4	K2	P1
A	165	87	55	15	21	15	1	2	15	7
G		174	200	145	265	268	217	231	200	265

Berdasarkan konstanta harmonik pasang surut di atas, karakteristik pasang surut baik tipe maupun tunggang pasang surut dan elevasi muka air laut maksimum, rata-rata saat pasang purnama dan rata-rata saat pasang perbani dapat diketahui.

Hasil analisa Formzahl tersebut di atas, diperoleh nilai F dari pasang surut adalah 0,26, yang berarti tipe pasang surutnya adalah cenderung ke harian ganda (semi diurnal), yang dicirikan dengan terjadinya air pasang dan surut dominan dua kali sehari.

Tunggang pasang surut (*tidal range*) terbesar adalah sekitar 3,56 meter, tunggang pasang surut rata-rata saat pasang purnama adalah 2,84 meter, dan saat pasang perbani adalah 0,63 meter. Hasil pengukuran pasang surut selama 30 hari di sungai Sesayap menunjukkan adanya persamaan tipe pasang surut namun perbedaannya adalah pada tunggang pasang surut. Selisih tunggang pasang surut mengecil seiring mendekati air pasang besar. Perlambatan kenaikan pasang surut di sungai sekitar 2 jam terhadap laut, dengan perbedaan

ketinggian pasang surut rata-rata 100 cm. Perbedaan tunggang pasut yang disertai dengan waktu kenaikan air dipengaruhi oleh adanya massa air laut yang memasuki sungai bertemu dengan debit air sungai dan menyebabkan gerak air laut melambat dan gerak air sungai yang tertahan sehingga meningkatkan ketinggian massa air akibat penambahan massa air dari sungai [8].

Untuk mengetahui rata-rata kecepatan arus dari setiap pengukuran di 3 strata (lapisan) sungai yaitu bagian permukaan, bagian tengah dan bagian dasar sungai dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$Va = \frac{(Vs + Vm + Vb)}{3}$$

dimana:

- Va = kecepatan arus rata-rata
- Vs = kecepatan arus permukaan
- Vm = kecepatan arus bagian tengah perairan
- Vb = kecepatan arus bagian dasar perairan

Secara keseluruhan, kecepatan arus sungai hasil pengukuran di lapangan mulai dari permukaan hingga dasar sungai berkisar antara 0,2 sampai 0,7 m/det, 0,2 sampai 0,6 m/det dan 0,2 sampai 0,6 m/det secara berturut-turut. Keadaan kecepatan arus tersebut, menunjukkan kisaran kecepatan antara strata kedalaman dalam range yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan Tabel kategori kekuatan arus yang disajikan di bawah ini, kecepatan arus hasil pengukuran di sekitar lokasi studi termasuk arus yang berkekuatan ‘Lemah hingga sedang’.

Tabel 2. Kategori kekuatan arus berdasarkan kecepatan arus dalam meter per detik

No	Kecepatan arus (m/det)	Kategori Arus
1	0 - 0,50	Lemah
2	0,51 - < 1,00	Sedang
3	>1,00 -> 2,00	Kuat

Dilihat dari data Tabel di atas dan untuk menilai di bagian sungai mana kecepatan arus yang terkuat diantara strata kolom sungai yang diukur (bagian permukaan, tengah dan dasar sungai), menurut angka kisaran tersebut di atas menunjukkan kurang lebih sama. Begitu pun, jika dilihat dari kecepatan arus yang tinggi, ketiga

bagian tersebut menunjukkan hampir sama. Walaupun angka kecepatan arus disemua kolom sungai kurang lebih sama, namun jika dilihat secara rinci, arus yang terendah terjadi di kolom sungai bagian tengah. Berdasarkan tabel kecepatan arus hasil pengukuran di sekitar lokasi rencana pembangunan terminal khusus di Sungai Sesayap yang berada di Desa Sepala Dalung Tana Tidung, Kalimantan Utara termasuk arus yang berkekuatan “Lemah hingga Sedang”.

Arah arus dalam pengukuran selama 25 jam menunjukkan pola aliran dalam dua arah yang mengikut pola pasang surut. Dalam beberapa waktu yang berurutan menunjukkan kecenderungan arah arus yang tidak jauh berbeda. Pada kondisi air menuju surut yang terjadi dua kali sehari memperlihatkan kecenderungan arah arus menuju timur laut (23° - 24°). Pada kondisi air menuju pasang terjadi arus cenderung menuju ke barat daya (203° - 204°).

Keadaan kecepatan arus dalam setiap waktunya menunjukkan fluktuasi sesuai dengan keadaan pasang surut pula. Kecepatan arus meningkat saat keadaan saat air menuju pasang dan saat menuju surut dengan kecepatan berkisar antara 0,25 – 0,64 meter/detik. Dan saat air pasang dan surut, kecepatan arus menurun 0,05 – 0,15 meter/detik.

Berdasarkan arah dan kecepatan arus tersebut memperlihatkan kecenderungan mengikuti pola pasang surut dengan fluktuasi kecepatan arus di setiap jamnya. Hal ini disebabkan oleh perairan di lokasi studi merupakan sungai yang masih dipengaruhi pasang surut [9].

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil Analisis Keselamatan alur pelayaran pada area terminal khusus Sungai Sesayap yang berada di Desa Sepala Dalung, Kecamatan Sesayap Hilir, Kabupaten Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Dimensi alur pelayaran dan kolam pelabuhan yang dibutuhkan untuk kapal/tongkang ukuran 300 ft adalah sebagai berikut :
 - Kedalaman alur pelayaran adalah 7 meter
 - Lebar alur pelayaran = 140 m
 - Lebar keluar masuk alur pelayaran = 249,6 m



- Luas kolam pendaratan, perbekalan dan tambat = 7691 m²
 - Luas minimal perairan untuk manuver = 366 m²
 - Luas kolam putar = 26288 m²
 - Luas kolam pelabuhan = 34345,9 m²
- b. Dimensi Sungai Sesayap dan kaitannya dengan keselamatan pelayaran untuk kapal/tongkang 300 feet :
- Kedalaman sungai yang mencapai 16 m pada kondisi muka air rata – rata atau 13,9 m LLWL (pada kondisi air surut terendah), lebar sungai yang berkisar antara 1 km sd 2,1 km dan lebar keluar masuk alur pelayaran sebesar 250 m memungkinkan kapal tongkang ukuran 300 feet untuk berlayar, bermanuver, mendarat, berputar dan menambat kapal dengan aman.
 - Tunggang pasang surut (*tidal range*) sekitar 3,56 meter, tunggang pasang surut rata-rata saat pasang purnama sebesar 2,84 meter, dan pasang perbani sebesar 0,63 meter tidak berpengaruh secara signifikan bagi kapal tongkang 300 feet untuk berlayar, bermanuver, mendarat, berputar dan menambat kapal dengan aman.
 - Kecepatan arus tertinggi yang mencapai 0,633 m/detik dan melewati debit sungai sebesar 717.25 m³/det, kecepatan arus terendah yang mencapai 0,200 m/detik dan

melewatkan debit sungai sebesar 449.23 m³/detik dikategorikan sebagai arus sungai yang berkekuatan “Lemah hingga Sedang”. Arus seperti ini tidak akan menyebabkan tongkang atau kapal terganggu selama berlayar, bermanuver, mendarat, berputar dan menambat kapal.

Referensi

- [1] Kramadibrata, Soedjono. 2002. Perencanaan Pelabuhan.
- [2] Hidayat, Arif Rahmad. 2010, Perancangan Sistem Monitoring pada Alur Pelayaran Kapal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
- [3] Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 20 Tahun 2017 Tentang Terminal Khusus dan Terminal Untuk Kepentingan Sendiri.
- [4] Supriadi, Agus dkk, 2014. Pemetaan Batimetri untuk Alur Pelayaran Pelabuhan Penyeberangan Mojokerto Kabupaten Kendal, JOC, Undip.
- [5] Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif. Alfabeta, Bandung.
- [6] Poerbandono dan Djunarsjah (2005), Survey hidrografi, riefka adhitama, Bandung.
- [7] Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 20 tahun 2015 tentang standar keselamatan pelayaran.
- [8] Soeprapto., 1993. Pasang Surut Laut dan Chart Datum, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [9] BSN. 2010. Standar Nasional Indonesia (SNI) Survei Hidrografi menggunakan Singlebeam.



Analisis Perbandingan Biaya Pengangkutan Peti Kemas Menggunakan Moda Truk, Kereta Api dan Kapal Provinsi Sulawesi Selatan

Rifkah Fitriah^{1*}, Misliah Idrus¹, Andi Sitti Chairunnisa¹

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

*Email: rifkahlulfitriah@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.12

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis asal dan tujuan peti kemas di Sulawesi Selatan, membandingkan biaya yang digunakan untuk distribusi peti kemas menggunakan moda truk, kereta api dan kapal dan menganalisis jarak peralihan moda untuk truk, kereta api dan kapal di Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian terletak di Provinsi Sulawesi Selatan dengan pengumpulan data primer melalui instansi terkait yaitu Dinas Perhubungan Makassar dan Perusahaan Pelayaran serta data sekunder dari studi pustaka terkait. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan biaya tetap dan biaya variabel masing-masing moda hingga mengeluarkan grafik peralihan moda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralihan moda terjadi pada jarak 50 km, pendistribusian peti kemas menggunakan truk dapat beralih menggunakan moda kereta api. Pada jarak 150 km, pendistribusian peti kemas jalur darat menggunakan moda truk dapat beralih ke jalur laut menggunakan kapal. Sedangkan pada jarak 250 km, pendistribusian peti kemas jalur darat menggunakan moda kereta api dapat beralih ke moda kapal.

Abstract

Cost Comparison Analysis of Container Transport Using Truck, Rail And Sea Transport Modes in South Sulawesi. This research purposed are: (1) to analyze the origin and destination of containers in South Sulawesi, (2) to compare the costs used for the distribution of containers using truck, rail and ship modes and (3) to analyze the distance of mode transition for truck, rail and ship in South Sulawesi. The research was conducted in South Sulawesi Province. The primary data were collected through related institution, Makassar Transportation Department and Shipping Company. The secondary data were collected from related literature study. The method used in this research is the calculation of fixed costs and variable costs of each mode to issue a transition graph of modes. The results show that the mode transition occurs at 50 km of distance, the distribution of containers using truck can switch using rail mode. At 150 km of distance, the distribution of containers using truck mode can switch to sea routes by ship. While at 250 km of distance, the distribution of container on land routes using rail mode can switch to ship mode.

Kata Kunci: Biaya pengangkutan peti kemas, peralihan moda, pendistribusian peti kemas

1. Pendahuluan

Sulawesi Selatan memiliki peranan yang sangat besar dalam perekonomian Pulau Sulawesi. Hal ini disebabkan karena salah satu pelabuhan utama yang menunjang pergerakan Pulau Sulawesi ini terletak di Kota Makassar yang merupakan ibukota dari provinsi Sulawesi Selatan. Pelabuhan Soekarno Hatta sebagai pelabuhan yang memegang peranan penting dalam mendukung aktivitas ekspor impor dan menunjang penguatan perekonomian dari Sulawesi. Namun, salah satu

faktor yang menyebabkan belum optimalnya performa pelabuhan pada umumnya adalah kondisi infrastruktur dan suprastruktur pelabuhan yang tidak sebanding dengan *demand* yang tinggi sehingga *dwelling time* di pelabuhan menjadi sangat lama. Hal ini dapat dilihat pada realisasi arus barang dan kunjungan kapal di pelabuhan ini, dimana aktivitasnya khususnya peti kemas telah melampaui prediksi sesuai yang tercantum dari Rencana Induk Pelabuhan [1].

Manajemen PT. Terminal Petikemas Makassar (TPM) menyampaikan bahwa adanya arus peti



kemas 600 ribu Twenty-foot equivalent unit (TEUs) pada akhir tahun 2016. Angka ini tumbuh sekitar 10 persen dibandingkan angka sebelumnya sekitar 558 ribu TEUs pada tahun 2015. Data arus

peti kemas dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Arus kunjungan peti kemas pelabuhan utama Soekarno-Hatta

CABANG	SATUAN	REALISASI					RATA-RATA
		TAHUN 2011	TAHUN 2012	TAHUN 2013	TAHUN 2014	TAHUN 2015	PERTUMBUHAN
Terminal	Unit	394.991	459.387	473.387	480.878	474.894	5%
Petikemas	Teus	450.567	529.316	550.916	562.046	558.957	6%
Makassar	Ton	7.107.851	8.059.389	8.474.572	8.983.350	8.300.816	4%

(sumber: Pelindo IV)

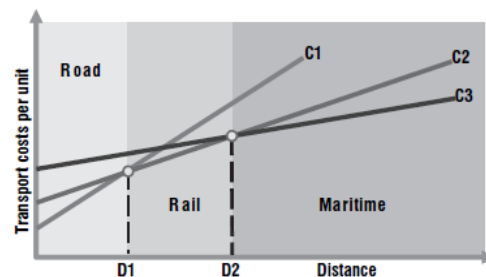
Pelabuhan muatan petikemas pada terminal Sukarno-Hatta sebagai pelabuhan utama satu-satunya merupakan asal dan tujuan muatan dalam kemasan petikemas ke seluruh wilayah di Sulawesi Selatan. Pendistribusian petikemas ini melalui moda transportasi darat dengan jaringan jalan terbatas, kapasitas jaringan terbatas, Jarak relatif jauh, dan kualitas fisik jalan rendah. Dampak pengangkutan petikemas jarak jauh dan berada di pusat kota Makassar dapat memicu kemacetan, meningkatkan kecelakaan di jalan raya, kurang efisien dan efektif karena biaya dan waktu pendistribusian menjadi besar, meningkatkan biaya pemeliharaan fisik jalan raya akibat frekuensi dan beban muatan truk yang mengangkut petikemas semakin meningkat.

Pembangunan rel kereta api trans Sulawesi merupakan salah satu upaya pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan dan pemerintah pusat dalam mengatasi kemacetan dan untuk menghubungkan wilayah atau perkotaan yang mempunyai potensi angkutan penumpang dan barang atau komoditas berskala besar, berkecepatan tinggi, dengan tingkat konsumsi energi yang rendah dan mendukung perkembangan perkotaan terpadu melalui integrasi perkotaan di wilayah pesisir, baik industri maupun pariwisata serta agropolitan baik kehutanan, pertanian maupun perkebunan. Pembangunan rel ini sepanjang 2000 km dari Makassar-Manado dengan tahap pertama rute Makassar-Parepare sepanjang 144 km. Jalur kereta api akan dibangun dengan lebar rel 1,435 mm dengan kecepatan maksimal mencapai 200 km/jam [2].

Biaya merupakan faktor yang sangat menentukan dalam kegiatan transportasi dalam penetapan tarif, dan alat kontrol agar dalam

pengoperasian mencapai tingkat yang seefisien dan seefektif mungkin. Beberapa biaya yang termasuk dalam biaya transportasi meliputi biaya modal (*capital costs*), biaya operasional (*operational costs*), biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variabel cost*), biaya kendaraan (*automobile cost*), biaya gabungan (*joint cost*), biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*), biaya unit (*unit cost*), biaya rata-rata (*average cost*) dan biaya pelayanan (*cost of service*) [3].

Setiap moda memiliki biaya sendiri/kinerja, persaingan aktual antara moda tergantung jarak tempuh, muatan yang diangkut dan nilai barang. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1, moda transportasi yang berbeda memiliki fungsi biaya yang berbeda. Jalan, kereta api dan transportasi laut memiliki masing-masing C1, C2 dan C3 biaya fungsi. Sementara jalan memiliki fungsi biaya lebih rendah untuk jarak pendek, fungsi biaya naik lebih cepat daripada fungsi biaya rel dan laut. Pada jarak D1, menjadi lebih menguntungkan untuk menggunakan transportasi kereta api daripada transportasi jalan sementara dari jarak D2, transportasi laut menjadi lebih menguntungkan. Titik D1 umumnya terletak antara 500 dan 750 km dari titik keberangkatan sementara D2 sekitar 1.500 km [4].



Gambar 1. Jarak, pilihan moda dan biaya transportasi



Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis asal dan tujuan peti kemas di Sulawesi Selatan, membandingkan biaya yang digunakan untuk distribusi peti kemas menggunakan moda truk, kereta api dan kapal dan menganalisis jarak peralihan moda untuk truk, kereta api dan kapal di Sulawesi Selatan.

Data yang dianalisis adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi : a) asal dan tujuan peti kemas yang dapat dilalui dengan moda darat dan laut di Sulawesi Selatan, b) kapasitas kendaraan darat dan laut yang digunakan.
2. Menghitung jumlah muatan peti kemas yang diangkut dan jumlah frekuensi pengangkutan yang dibutuhkan.
3. Menghitung biaya kendaraan darat dan laut yang terdiri atas biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap merupakan fungsi dari kapasitas kendaraan dan biaya variabel merupakan fungsi dari jarak dan frekuensi.
4. Mengeluarkan grafik perpotongan peralihan moda truk, kereta api dan kapal.

2. Pembahasan

Di Provinsi Sulawesi Selatan, kabupaten yang muatannya dapat didistribusikan melalui jalur darat dan laut ada 5 kabupaten yaitu Pangkep, Barru, Parepare, Bone dan yang paling terjauh adalah Palopo. Berdasarkan hasil analisa data Asosiasi Logistik Forwarding Indonesia, pergerakan peti kemas tertinggi ke wilayah Palopo dengan jumlah perminggunya dapat mencapai 600 box dengan jumlah harian 60 unit. Urutan kedua oleh Kotamadya Parepare dengan jumlah maksimum 255 box perminggunya [5].

Tabel 2. Jumlah maksimum distribusi peti kemas di beberapa wilayah kabupaten

Daerah Tujuan	Ukuran	Waktu	Jumlah Perminggu
Parepare	20 Ft	2 hari	175 box
	40 Ft		80 box
Palopo	20 Ft	3 hari	500 box
	40 Ft		100 box
Bone	20 Ft	3 hari	50 box
	40 Ft		30 box
Garongkong	20 Ft	2 hari	2 box
	40 Ft		2 box

2.1. Biaya Transportasi Kapal

Kapal yang digunakan untuk mengangkut peti kemas dari pelabuhan asal Makassar ke pelabuhan tujuan Pangkep, Barru, Parepare, Bone dan Palopo digunakan kapal yang sama yaitu kapal KM Mentari Express 2993 GT. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan biaya tetap dan biaya variabel untuk moda kapal. Rekapitulasi biaya kapal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi biaya kapal

Uraian	Biaya (Rp/Tahun)	Biaya (Rp/km ton)
Biaya Tetap		
Biaya Penyusutan	8,588,000,000	547.34
Bunga Modal	8,483,475,000	540.68
Premi asuransi kapal	3,390,000,000	216.06
Biaya ABK	1,716,000,000	109.37
Biaya RMS	6,780,000,000	432.11
Biaya Gemuk	2,280,000	0.15
Jumlah	28,959,755,000	1,845.70
Biaya Tidak Tetap		
Biaya BBM	599,723,397	35.67
Biaya Pelumas	231,135,774	14.73
Biaya Air Tawar	30,909,081	1.97
Biaya Pelabuhan Palopo	158,630,328	10.11
Biaya Pelabuhan Makassar	123,289,204	7.86
Jumlah	821,768,252	70.34

2.2. Biaya Transportasi Truk

Jenis truk yang digunakan untuk pengangkutan peti kemas 20 ft adalah truk merk HINO FL260JT dengan harga truk sebesar Rp. 687.000.000. Frekuensi pengangkutan peti kemas dilakukan 30 kali dalam sebulan atau setiap hari. Berikut adalah tabel rekapitulasi perhitungan biaya tetap dan biaya variabel untuk moda truk. Rekapitulasi biaya truk dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi biaya truk

Uraian	Biaya (Rp/Tahun)	Biaya (Rp/km ton)
Biaya Tetap		
Biaya Bunga Modal	25,788,263	8.62
Penyusunan	9,457,040	3.16
Perizinan	3,150,000	1.05
Asuransi	9,618,000	3.22
Uang Saku	378,000,000	126.36
Total Biaya Tetap	426,013,303	142.41
Biaya Tidak Tetap		
BBM	232,368,000	77.68
Tol	14,400,000	4.81
Total Biaya Tidak Tetap	246,768,000	82.49



2.3. Biaya Transportasi Kereta Api Barang

Biaya investasi atau harga kereta api sebesar Rp. 29.000.000.000 referensi harga kereta api tersebut berdasarkan sumber data PT. KAI DAOP VII Madiun dimana kereta tersebut merupakan kereta buatan PT. INKA dengan masa pemakaian 30 tahun, dengan kapasitas 20 gerbong dan frekuensi 10 kali pengangkutan dalam sebulan. Rekapitulasi biaya kereta api dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi biaya kereta api

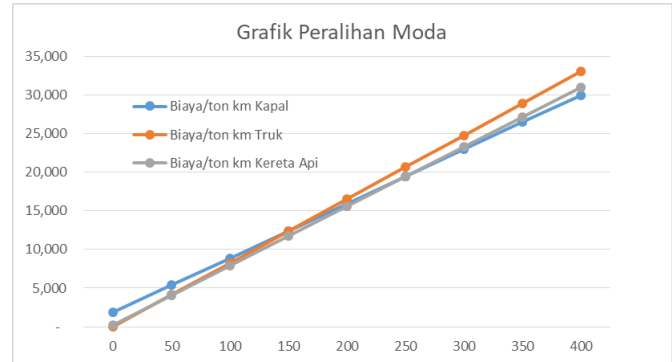
Uraian	Biaya (Rp/Tahun)	Biaya (Rp/km ton)
Biaya Tetap		
Biaya Bunga Modal	2,550,235,613	127.88
Biaya Penyusunan	400,371,034	20.08
Biaya Pegawai Awak Saran KAI	131,224,860	6.58
Biaya Penggunaan Sarana	96,000,000	4.81
Asuransi	435,000,000	21.81
Prasarana milik PT KAI	1,160,000,000	58.17
Biaya Perawatan	200,000,000	10.03
Tunjangan Kerja Operasi Awak Sarana KAI	224,859,000	11.28
Penelitian dan Pengembangan Litbang	369,960	0.02
Pengembangan SDM	986,760	0.05
On Training Cleaning	31,590,000	1.58
Cucian Sarana	29,160,000	1.46
Biaya Pemasaran	51,000,000	2.56
	5,310,797,227	266.30
Biaya Tidak Tetap		
BBM	1,373,904,000	68.89
Pelumas	15,898,500	0.80
	1,389,802,500	69.69

Tabel 6. Biaya/ton km masing-masing moda dikalikan jarak

Jarak	Biaya/ton km Kapal	Biaya/ton km Truk	Biaya/ton km Kereta Api
0	1,846	16	266
50	5,363	4,141	4,109
100	8,880	8,265	7,953
150	12,397	12,390	11,796
200	15,914	16,514	15,639
250	19,431	20,639	19,482
300	22,948	24,763	23,325
350	26,465	28,888	27,168
400	29,982	33,012	31,012

2.4. Peralihan Moda Truk, Kereta Api dan Kapal

Setelah mendapatkan biaya tetap dan variabel dalam ton km untuk setiap moda maka biaya tersebut dikalikan dengan jarak 0 – 400 km. Biaya ton/km untuk masing-masing moda dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 2. Grafik peralihan moda

Peralihan moda pengangkutan peti kemas dari Makassar menuju kabupaten tujuan di Sulawesi Selatan berdasarkan grafik di atas adalah

1. Dengan jarak sekitar 50 km, pengangkutan peti kemas menggunakan truk dapat beralih menggunakan moda kereta api.
2. Dengan jarak sekitar 150 km, pengangkutan peti kemas menggunakan truk dapat beralih ke moda kapal.
3. Dengan jarak 250 km, pengangkutan peti kemas menggunakan kereta api dapat beralih ke moda kapal.

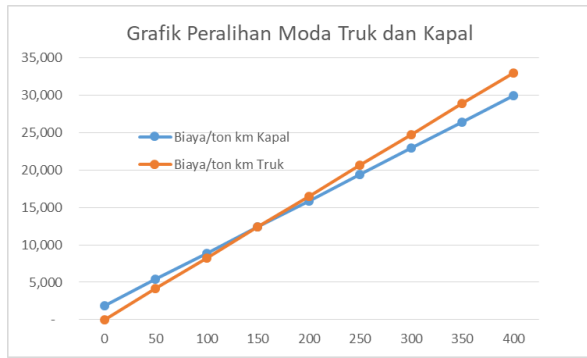
Untuk melihat lebih jelas titik potong grafik biaya moda dengan jarak, maka grafik dipecah menjadi 3 bagian sebagai berikut.

2.5. Peralihan Moda Truk dengan Kapal

Tabel 7. Biaya/ton km moda kapal dan truk dikalikan jarak

Jarak	Biaya/ton km Kapal	Biaya/ton km Truk
0	1,846	16
50	5,363	4,141
100	8,880	8,265
150	12,397	12,390
200	15,914	16,514
250	19,431	20,639
300	22,948	24,763
350	26,465	28,888
400	29,982	33,012





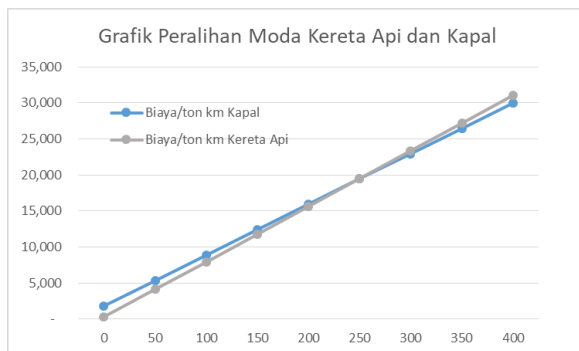
Gambar 3. Peralihan moda truk dengan kapal

Berdasarkan grafik di atas terlihat perpotongan grafik biaya dan jarak antara moda truk dan kapal pada jarak sekitar 150 km. Hal ini menunjukkan peralihan moda dari truk ke kapal berada di titik 150 km. Dengan kapasitas kapal 160 box peti kemas dalam satu kali perjalanan lebih menguntungkan memakai moda kapal dibandingkan dengan truk yang mengangkut peti kemas dengan kapasitas 1 box peti kemas tiap harinya.

2.6. Peralihan Moda Kereta Api dengan Kapal

Tabel 8. Biaya/ton km moda kapal dan kereta api dikalikan jarak

Jarak	Biaya/ton km Kapal	Biaya/ton km Kereta Api
0	1,846	266
50	5,363	4,109
100	8,880	7,953
150	12,397	11,796
200	15,914	15,639
250	19,431	19,482
300	22,948	23,325
350	26,465	27,168
400	29,982	31,012



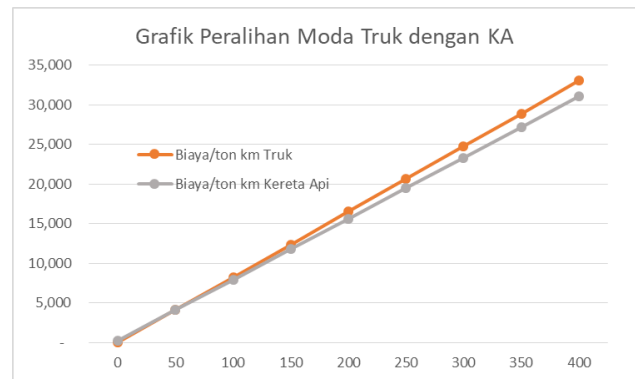
Gambar 4. Peralihan moda kereta api dengan kapal

Berdasarkan grafik di atas terlihat perpotongan grafik biaya dan jarak antara moda kereta api dan kapal pada jarak 250 km. Hal ini menunjukkan peralihan moda dari kereta api ke kapal berada di titik 250 km. Dengan kapasitas kapal 160 box peti kemas dalam satu kali perjalanan lebih menguntungkan memakai moda kapal dibandingkan dengan kereta api yang mengangkut peti kemas dengan kapasitas 20 gerbong atau untuk 20 box peti kemas dalam sekali perjalanan.

2.7. Peralihan Moda Truk dengan Kereta Api

Tabel 9. Biaya/ton km moda truk dan kereta api dikalikan jarak

Jarak	Biaya/ton km Truk	Biaya/ton km Kereta Api
0	16	266
50	4,141	4,109
100	8,265	7,953
150	12,390	11,796
200	16,514	15,639
250	20,639	19,482
300	24,763	23,325
350	28,888	27,168
400	33,012	31,012



Gambar 5. Peralihan moda kereta api dengan kapal

Berdasarkan grafik di atas terlihat perpotongan grafik biaya dan jarak antara moda truk dan pada jarak sekitar 50 km. Hal ini menunjukkan peralihan moda dari kereta api ke truk berada di titik 50 km. Dengan kapasitas 20 gerbong atau untuk 20 box peti kemas dalam sekali perjalanan lebih menguntungkan pada jarak ini dibandingkan dengan menggunakan truk untuk mengangkut 1 box peti kemas dalam sekali perjalanan.



3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendistribusian peti kemas di Sulawesi Selatan dengan Makassar sebagai pelabuhan asal mempunyai 5 kabupaten tujuan pendistribusian yang dapat dilalui dengan jalur darat maupun laut yaitu Pangkep, Barru, Parepare, Bone dan yang paling terjauh adalah Palopo.
2. Peralihan moda terjadi pada jarak 50 km, yaitu pendistribusian peti kemas menggunakan truk dapat beralih menggunakan moda kereta api. Pada jarak 150 km, pendistribusian peti kemas jalur darat menggunakan moda truk dapat beralih ke jalur laut menggunakan kapal. Sedangkan pada jarak 250 km, pendistribusian peti kemas jalur darat menggunakan moda kereta api dapat beralih ke moda kapal.

Referensi

- [1] Apriani, Nini. 2015. *Pengembangan Potensi Lokasi Penerapan Dry Port Dalam Wilayah Sulawesi Selatan*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [2] Dewa, Syarifuddin. 2015. *Pengembangan Jaringan Distribusi Angkutan Peti Kemas di Sulawesi Selatan*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [3] Suwandi, Arief. 2016. *Biaya, Tarif Angkutan dan Pembentukan Harga*.
- [4] Rodrigue, Jean-Paul. 2006. *The Geography of Transport Systems*. Routledge, New York.
- [5] Nurbaya. 2015. *Peluang Pengangkutan Peti Kemas Melalui Laut dengan Pelabuhan Makassar Sebagai Pusat Distribusi*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.



Analisa Kapasitas Optimal Lapangan Penumpukan di Pangkalan Lontangnge Pelabuhan Parepare

Anugrah Amaliah^{1*}, Syarifuddin Dewa¹, Misliah Idrus¹

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

*Email: anugrahamaliah.inaport4@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.13

Abstrak

Perencanaan pelabuhan yang tidak tepat dapat mengakibatkan pelayanan pelabuhan yang kurang efisien. Optimasi digunakan untuk menemukan sebuah kondisi yang diperlukan untuk mencapai hasil terbaik dari situasi yang ada. Hal ini dicapai dengan menyeimbangkan antara biaya pelayanan yang ada dengan biaya tunggu yang diakibatkan oleh pelayanan yang ada. Biaya pelayanan tergabung dalam pengoperasian fasilitas sedang biaya tunggu menyatakan biaya menunggu bagi pelanggan. Menambah ataupun meningkatkan pelayanan berarti dapat mengurangi waktu tunggu pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas optimal Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge Pelabuhan Parepare untuk jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang, serta menentukan dimensi ukuran dari Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge Pelabuhan Parepare. Analisa dilakukan dengan menggunakan teori antrian, dimana teori ini membantu dalam menghitung biaya-biaya akibat pelayanan yang menunggu. Perhitungan ini dilakukan dengan menganalisa data muatan bongkar-muat (B/M) petikemas dan data barang pada petikemas untuk memperoleh biaya yang ada. Selain itu, dilakukan pula perhitungan daya dukung tanah untuk menentukan tinggi tumpukan petikemas dan kapasitas lapangan. Pada hasil penelitian ini, diperoleh untuk Jangka Pendek biaya optimum untuk Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge Pelabuhan Parepare adalah Rp. 27,479,774,886.03 dengan luas dimensi lapangan adalah 4700 m². Sedangkan untuk Jangka Menengah dan Jangka Panjang adalah Rp. 36,690,983,344.01 dengan luas dimensi lapangan adalah 25000 m².

Abstract

Optimal Capacity Analysis of Stacking Fields at Lontangnge Base, Parepare Port. Improper port planning results in less efficient port services. Optimization is used to find the one condition to find the best outcome of the situation. This is achieved by balancing the cost of existing services with the waiting costs caused by existing services. Service charges are incorporated in the operation of the facility while the waiting costs state the waiting costs for customers. Adding or improving services means reducing customer waiting times. The aim of this research is to analyze the optimal capacity of Lontangnge Container Yard Port of Parepare, medium and long term, and to determine the dimension of container yard's size. The analysis is done by using queuing theory, where the costs of waiting service can be calculated. This calculation is done by analyzing data of loading-discharging payload and goods data on container to obtain cost. In addition, the calculation of soil bearing capacity is also determined the height of container pile and Container Yard (CY) capacity. In the results of this study, obtained for the short-term optimum cost for the Lontangnge Parcel Container Parepare Field is Rp. 27,479,774,886.03 with the width of field dimension is 4700 m². While for the Medium Term and Long Term is Rp. 36,690,983,344,01 with the field dimension is 25000 m².

Kata Kunci: Kapasitas lapangan, muatan B/M, optimasi

1. Pendahuluan

Dalam rangka implementasi Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran dan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009 tentang Kepelabuhanan, setiap pelabuhan wajib memiliki Rencana Induk Pelabuhan, serta untuk penyelenggaraan pelabuhan yang efektif dan efisien perlu disusun Daerah Lingkungan Kerja

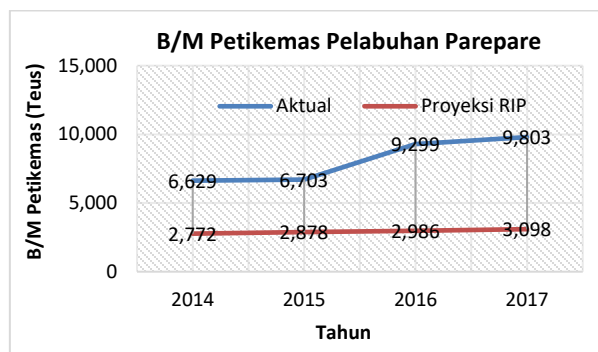
Pelabuhan (DLKr) dan Daerah Lingkungan Kepentingan Pelabuhan (DLKp). Untuk menyongsong realisasi RIP yang telah disusun oleh setiap pelabuhan, tentunya akan ada perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan perkembangan pelabuhan terkait [1].

Untuk melaksanakan kegiatan kontainerisasi tersebut, PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero)



Cabang Parepare ditunjang oleh fasilitas pelabuhan yang mendukung yaitu berupa dermaga, terminal penumpang, lapangan penumpukan dan fasilitas pendukung lainnya. Dalam rangka menguatkan daya dukung fasilitas, maka PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Cabang Parepare kini telah mulai membangun sistem operasional petikemas.

Tingkat pemanfaatan fasilitas pelabuhan merupakan salah satu jenis kinerja pelabuhan yang berfungsi sebagai alat analisis penting bagi manajemen didalam mengelola pelabuhan, menentukan perencanaan dan pengembangan serta menetapkan kebijakan-kebijakan [2].



Gambar 1. Perbandingan nilai arus B/M petikemas secara aktual dengan nilai hasil proyeksi RIP.

Dalam perencanaan pengembangan fasilitas kepelabuhanan khususnya fasilitas pelayanan petikemas, tentunya diharapkan untuk sejalan dengan RIP yang telah ditetapkan, untuk itu RIP telah menyajikan proyeksi Arus B/M Petikemas dan memprediksi luas lapangan penumpukan yang dibutuhkan.

Gambar 1 menunjukkan proyeksi RIP yang meningkat dari 2.772 teus menjadi 3.098 teus atau dapat dikatakan proyeksi tingkat pertumbuhan rata-rata dari tahun 2014 hingga tahun 2017 adalah 3.64%. Sedangkan realisasi aktual menunjukkan peningkatan dari 6.629 teus menjadi 9.803 teus atau dapat dikatakan proyeksi tingkat pertumbuhan rata-rata dari tahun 2014 hingga tahun 2017 adalah 11.39% [3].

Perbedaan nilai antara proyeksi RIP dan realisasi terkini belum memberikan nilai yang pasti untuk dipedomani dalam melaksanakan perencanaan dan pengembangan CY yang sesuai dengan arus B/M petikemas. Baik luas lahan yang

tersedia maupun yang diprediksikan oleh RIP belum menunjukkan nilai yang optimal bagi pengguna dan operator kegiatan petikemas di Pelabuhan Parepare. Hal ini menarik perhatian peneliti untuk mengkaji lebih lanjut.

2. Metode

2.1. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data primer diperoleh dari hasil observasi lapangan saat kegiatan operasional petikemas di Pelabuhan Parepare, komunikasi dan berdialog langsung terhadap pengguna dan operator kegiatan operasional petikemas di CY Lontangnge. Selain itu dilakukan pula pemeriksaan CBR tanah dasar lapangan untuk menghitung besarnya kekuatan tanah dalam menopang beban petikemas.

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban. Pelaksanaan pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) [4]. Pemeriksaan CBR diperlukan sebagai bahan analisa perhitungan tinggi maksimum tumpukan petikemas yang digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas lapangan.

Data sekunder penulis peroleh melalui laporan rutin SIMOPEL dan ALPRO PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Cabang Parepare, Manifest PT Mentari Sejati Perkasa, Nota Tagihan PT Pelindo IV (Persero) Cabang Parepare serta studi pustaka atau studi literatur yang berkaitan dengan kegiatan operasional petikemas. Data lainnya yang didapatkan oleh penulis yaitu berupa Dokumen Rencana Induk Pelabuhan Kota Parepare yang berisikan masterplan Pelabuhan Parepare hingga tahun 2025 meliputi Kompilasi Data, Analisis dan Prediksi, Rencana Pembangunan dan Pengembangan, Dokumen Peta-Peta dan Ringkasan Eksklusif.

2.2. Teknik Pengumpulan dan Metode Analisis Data

Observasi yang dilakukan dengan mengamati secara langsung fenomena atau karakteristik parameter yang ditinjau. Teknik Dokumentasi



cara mengumpulkan data sekunder yang telah terdokumentasi, berupa arsip dan termasuk buku-buku tentang pendapat, teori dan dalil yang berhubungan dengan masalah penelitian.

Untuk analisis optimasi yaitu dengan melihat data yang telah terkumpul sebagai acuan faktor yang dapat menunjang pelabuhan peti kemas seperti:

- Realisasi muatan B/M petikemas;
- Realisasi arus kunjungan kapal petikemas;
- Luas lokasi untuk lapangan petikemas;
- Dwelling Time.

Model optimasi tingkat pemakaian lapangan penumpukan petikemas dapat dinyatakan melalui fungsi berikut.

$$Y = f(X_1, X_2) \quad (1)$$

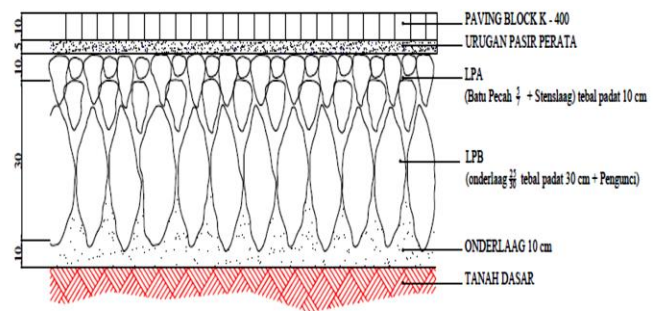
$$X_1 = f(Z_1, Z_2) \quad (2)$$

Dimana Y adalah Tingkat pemakaian lapangan penumpukan petikemas optimum. X_1 adalah Kapasitas lapangan penumpukan petikemas. X_2 adalah muatan B/M. Z_1 adalah luas lapangan penumpukan. Z_2 adalah *dwelling time* [5].

3. Pembahasan

Melalui hasil pemeriksaan tanah menggunakan alat DCP diperoleh nilai CBR sebesar 30.02%. Dengan menggunakan struktur perkerasan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, maka diperoleh hasil bahwa tanah dasar Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge mampu menahan beban sebesar 112.72 ton. Jika beban sebuah petikemas full adalah 24.000 kg maka kemampuan tanah dimaksud dapat menahan petikemas dengan tinggi tumpukan 4 (empat) tier. Hal ini tentu saja sangat mempengaruhi besarnya kapasitas lapangan.

Sampai dengan tahun 2017, luas aktual Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge adalah 5.276 m². Fasilitas lapangan dilengkapi dengan pagar pembatas/pengaman dan lampu penerangan. Alat yang beroperasi di lapangan adalah 2 (dua) buah forklift yaitu forklift 7 ton dan forklit 38 ton.



Gambar 2. Gambar desain struktur lapis perkerasan lapangan penumpukan petikemas Lontangnge

Berdasarkan hasil perhitungan biaya user dan operator yang dilakukan dalam penelitian ini, maka tingkat pemanfaatan lapangan penumpukan optimum dapat ditentukan.

Adapun perhitungan biaya yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Biaya Investasi Lapangan.
Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangnge hingga saat ini telah dilakukan beberapa investasi dengan tujuan, pembangunan, penerangan, pengamanan asset dan pemeliharaan sebagaimana rekapitulasi nilai kontrak pekerjaan yang telah diprogramkan oleh PT. Pelindo IV (Persero) Cabang Parepare.

- Biaya Menunggu Akibat Fasilitas Tidak Tersedia.

Biaya menunggu terdiri atas biaya kapal dan nilai barang pada petikemas. Untuk nilai barang petikemas terdiri atas komponen barang ekspor dan impor. Nilai barang ekspor untuk perhitungan tahun 2017, didekati melalui nilai beras yang diklaim pihak PT. Mentari Sejati Perkasa saat terjadi banjir di Parepare. Barang impor Pelabuhan Parepare sebagian besar merupakan barang-barang produk PT. Wings Surya Indonesia yang berasal dari kota Surabaya. Nilai barang impor untuk perhitungan ini didekati melalui jenis-jenis produk dan komposisi prosentase masing-masing produk dalam suatu kapal, data ini diperoleh melalui Cargo Manifest Muatan PT. Mentari Sejati Perkasa Cabang Parepare.

Tabel 1. Rekapitulasi tingkat pertumbuhan B/M lapangan petikemas lontangge

Interval Waktu	Tahun	Proyeksi B/M Petikemas (Teus)
Jangka Pendek	2017	9,803 (Aktual)
Jangka Menengah	2022	54,581.87
Jangka Panjang	2027	72,866.89

Berikut adalah penentuan optimum lapangan untuk jangka pendek (5 tahun), jangka menengah (10 tahun) dan jangka panjang (15 tahun). Adapun tingkat pertumbuhan B/M Petikemas Lapangan Penumpukan Petikemas Lontangge Terhadap B/M Petikemas adalah sebagaimana Tabel 1.

3.1. Jangka Pendek (Tahun 2017)

Rekapitulasi pemanfaatan lapangan penumpukan optimum pada Jangka Pendek (Tahun 2017) digambarkan pada Tabel 2, dimana muatan B/M petikemasnya merupakan angka aktual yang datanya diperoleh hingga 31 Desember 2017.

Pada Tabel 2 diperoleh nilai optimum berada pada luasan lapangan 4700 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 9,803 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 35,333 teus/tahun, besar YOR yaitu 27.74%.

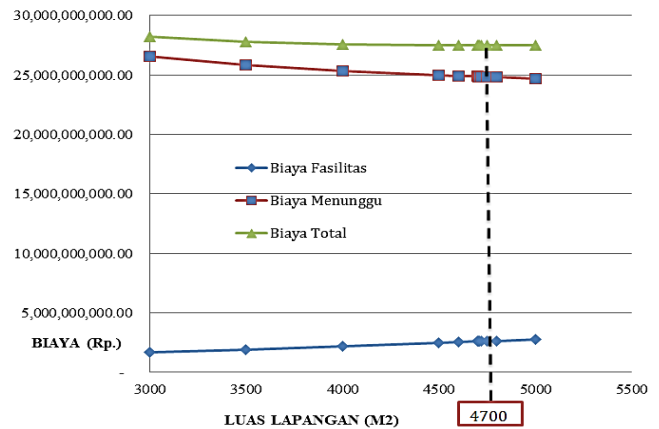
Biaya optimum user dan operator adalah Rp. 27,479,774,886.03, nilai ini dianggap optimum dengan melihat total biaya yang terus meningkat sebanding dengan meningkatnya luas lapangan.

Tabel 2. Rekapitulasi tingkat pertumbuhan B/M lapangan petikemas lontangge pada jangka pendek

Luas Lap. (m ²)	Muatan B/M (Teus/Tahun)	Kap. (Teus/Tahun)	YOR (%)	Total Biaya Operator dan User (Rp)
3000	9,803	22,553	43.47	28,236,012,808.02
3500	9,803	26,312	37.26	27,779,754,234.48
4000	9,803	30,071	32.60	27,562,892,385.94
4500	9,803	33,830	28.98	27,484,641,182.16
4600	9,803	34,581	28.35	27,480,629,163.08
4700	9,803	35,333	27.74	27,479,774,886.03
4800	9,803	36,085	27.17	27,481,833,117.65
5000	9,803	37,588	26.08	27,493,826,890.46

Namun pada luasan 4700 m² total biaya yang terus meningkat kemudian turun dan kembali naik

pada luasan 4800 m². Untuk grafik Jangka Pendek (Tahun 2017) dapat digambarkan melalui Gambar 3.



Gambar 3. Biaya optimum jangka pendek (tahun 2017)

3.2. Jangka Menengah (Tahun 2022)

Rekapitulasi pemanfaatan lapangan penumpukan optimum pada Jangka Menengah (Tahun 2022) digambarkan pada Tabel 3 yaitu data pertumbuhan petikemasnya diambil dari hasil proyeksi pertumbuhan B/M petikemas yang meningkat hingga 82.04% terhadap tahun 2017.

Tabel 3. Rekapitulasi tingkat pertumbuhan B/M lapangan petikemas lontangge pada jangka menengah

Luas Lap. (m ²)	Muatan B/M (Teus/Tahun)	Kap. (Teus/Tahun)	YOR (%)	Total Biaya Operator dan User (Rp)
10,000	54,582	75,177	72.60	29,210,960,198.29
15,000	54,582	112,765	48.40	31,676,775,115.83
20,000	54,582	150,354	36.30	34,302,158,826.04
24,000	54,582	180,424	30.25	36,447,613,426.90
24,500	54,582	184,183	29.63	36,717,479,328.00
25,000	54,582	187,942	29.04	36,690,983,344.01
25,500	54,582	191,701	28.47	37,258,082,454.82
26,000	54,582	195,460	27.92	37,528,784,915.07
30,000	54,582	225,531	24.20	39,456,710,599.58

Pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai optimum berada pada luasan lapangan 25,000 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 54,582 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 187,942 teus/tahun, besar YOR yaitu 29.04%. Biaya optimum user dan operator adalah Rp. 36,690,983,344.01, nilai ini dianggap optimum dengan melihat total biaya yang terus meningkat sebanding dengan meningkatnya luas lapangan.



Namun pada luasan 25.000 m² total biaya yang terus meningkat kemudian turun dan kembali naik pada luasan 25.500 m².

3.3. Jangka Panjang (Tahun 2027)

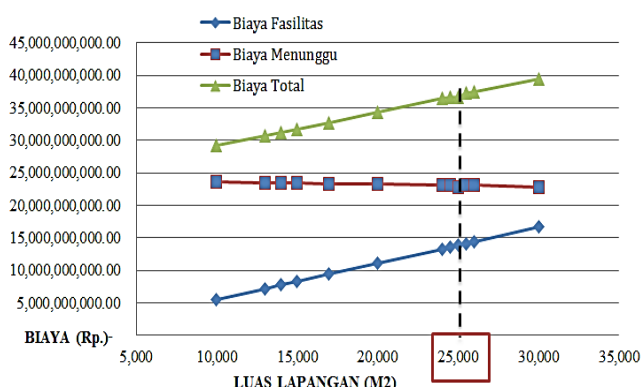
Rekapitulasi pemanfaatan lapangan penumpukan optimum pada jangka menengah (tahun 2022) digambarkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi tingkat pertumbuhan B/M lapangan petikemas Lontangnge pada jangka panjang

Luas Lap. (m ²)	Muatan B/M (Teus/Tahun)	Kap. (Teus/Tahun)	YOR (%)	Total Biaya Operator dan User (Rp)
10,000	72,867	75,177	96.93	29,210,960,198.29
15,000	72,867	112,765	64.62	31,676,775,115.83
20,000	72,867	150,354	48.46	34,302,158,826.04
24,000	72,867	180,424	40.39	36,447,613,426.90
24,500	72,867	184,183	39.56	36,717,479,328.00
25,000	72,867	187,942	38.77	36,690,983,344.01
25,500	72,867	191,701	38.01	37,258,082,454.82
26,000	72,867	195,460	37.28	37,528,784,915.07
30,000	72,867	225,531	32.31	39,456,710,599.58

Untuk jangka menengah (tahun 2022) muatan B/M petikemasnya diambil dari hasil proyeksi pertumbuhan B/M petikemas yang meningkat hingga 86.55% terhadap tahun 2017.

Pada Tabel 4 diketahui bahwa nilai optimum masih berada pada luasan lapangan 25,000 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 72,867 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 187,942 teus/tahun, besar YOR yaitu 38.77% serta biaya optimum user dan operator adalah Rp. 36,690,983,344.01.



Gambar 4. Biaya optimum jangka menengah (tahun 2022)

Untuk grafik jangka panjang (tahun 2027) dan grafik jangka menengah (tahun 2022) memiliki luas lapangan optimum yang sama sehingga dapat digambarkan melalui Gambar 4.

4. Kesimpulan

Jangka pendek (tahun 2017) diperoleh nilai optimum berada pada luasan lapangan 4700 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 9,803 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 35,333 teus/tahun, besar YOR yaitu 27.74% serta biaya optimum user dan operator adalah Rp. 27,479,774,886.03.

Jangka menengah (tahun 2022) diperoleh nilai optimum berada pada luasan lapangan 25,000 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 54,582 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 187,942 teus/tahun, besar YOR yaitu 29.04% serta biaya optimum user dan operator adalah Rp. 36,690,983,344.01.

Jangka panjang (tahun 2027) diperoleh nilai optimum masih berada pada luasan lapangan 25,000 m² dimana jumlah kedatangan petikemas adalah 72,867 teus/tahun, kapasitas pelayanan petikemas adalah 187,942 teus/tahun, besar YOR yaitu 38.77% serta biaya optimum user dan operator adalah Rp. 36,690,983,344.01.

Referensi

- [1] Draft RIP Parepare, 2015.
- [2] Misliah, 2012, *Optimasi Pemanfaatan Lapangan Penumpukan Petikemas di Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Ditinjau Dari Kepentingan Operator dan Pengguna*, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- [3] PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero), 2017, *Sistem Informasi Manajemen dan Operasional Pelabuhan (SIMOPEL)*. Parepare.
- [4] ASTM D6951-03, *Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, www.astm.org.
- [5] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., McGee, V.E., 1983. *Forecasting*. John Wiley & Sons, Inc, Hanover.



Analisis Gangguan Tiga Fasa Seimbang Menggunakan Pendekatan Metode *Radial Equivalent Independent DIMO* pada Sistem Interkoneksi Sulbagsel

Andi Nurtrimarini Karim^{*1}, Sri Mawar Said¹, Indar Chaerah Gunadin¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

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

*Email: andinurtrimarini@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.14

Abstrak

Makalah ini menyajikan analisis gangguan *transient* tiga fasa seimbang pada sistem interkoneksi Sulawesi Bagian Selatan (Sulbagsel). Sistem interkoneksi Sulbagsel yang multi mesin dan sangat kompleks tentu sangat berpengaruh pada perubahan-perubahan kondisi pada sistem, baik itu saat terjadinya hubung singkat maupun perubahan beban yang tiba-tiba pada sistem. Melalui pendekatan Metode *Radial Equivalent Independent Dimo* (REI-Dimo) maka akan dilakukan studi analisis sistem interkoneksi Sulbagsel yang terdiri dari 44 bus, 15 generator, 47 line, dan 34 beban yang selanjutnya akan di reduksi untuk mendapatkan bus generator terlemah serta arus gangguan terbesar pada bus. Hasil analisis diperoleh bahwa saat dilakukan simulasi hubung singkat didapatkan bus terlemah berada pada bus generator 2 (Pinrang) dengan nilai tegangan rata-rata selama gangguan sebesar 0.6492 pu. Sementara untuk arus gangguan terbesar terjadi pada bus 12 (Sengkang) yakni sebesar 29.9189 pu.

Abstract

Analysis of Balanced Three Phase Fault Using Radial Equivalent Independent (REI) Dimo Approach in Sulbagsel Interconnection System. This paper presents a three-phase transient disturbance analysis in South Sulawesi interconnection system (Sulbagsel). Sulbagsel multi-machine and highly complex interconnection system is certainly very influential on changes in the condition of the system, whether during short circuit or sudden changes in the system load. Through the approach of Radial Equivalent Independent Dimo (REI-Dimo) method, we will analyze the interconnection system of Sulbagsel system consisting of 44 bus, 15 generator, 47 line, and 34 load which will be reduced to get the weakest generator bus and the biggest disturbance flow bus. The result of analysis shows that when simulation of short circuit is obtained the weakest bus is on bus generator 2 (Pinrang) with average voltage value during interruption of 0.6492 pu. While for the biggest interference flow occurs in bus 12 (Sengkang) which amounted to 29.9189 pu.

Kata Kunci: Hubung singkat, REI-Dimo, sulbagsel, transient stability

1. Pendahuluan

Sistem tenaga listrik secara umum terdiri dari unit-unit pembangkit yang terhubung dengan saluran untuk melayani beban [1]. Sistem tenaga listrik yang memiliki banyak mesin biasanya menyalurkan daya ke beban melalui saluran interkoneksi [2, 3]. Tujuan utama dari sistem saluran interkoneksi adalah untuk menjaga kontinuitas dan ketersediaan tenaga listrik terhadap kebutuhan beban yang terus meningkat. Semakin berkembang sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan lemahnya performansi sistem ketika mengalami gangguan dan sangat berpengaruh pada kestabilan sistem [4].

Kestabilan sendiri terbagi atas tiga bagian besar yakni *steady state stability*, *dynamic stability* dan *transient stability* [5]. Penelitian ini akan menitik beratkan pada pembahasan *stability transient* pada sistem kelistrikan Sulawesi Bagian Selatan (Sulbagsel).

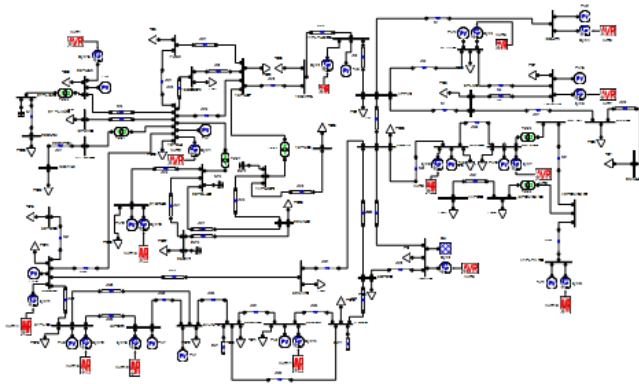
Berubahnya topologi jaringan berdampak pada aliran daya yang akan berpengaruh pada stabilitas saat terjadinya gangguan *transient* pada sistem. Sistem yang besar dan kompleks serta perubahan kondisi sistem yang seketika [6], biasanya terjadi akibat adanya gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, dan pelepasan atau penambahan beban yang besar secara tiba-tiba.



Akibat adanya perubahan kondisi kerja dari sistem ini, maka keadaan sistem akan berubah dari keadaan lama ke keadaan baru. Periode singkat di antara kedua keadaan tersebut disebut periode paralihan atau *transient*. Stabilitas *transient* didasarkan pada kondisi kestabilan ayunan pertama (*first swing*) dengan periode waktu penyelidikan pada detik pertama terjadi gangguan. Untuk menganalisis hal tersebut maka digunakan metode *Radial Equivalent Independent Dimo* atau yang biasa dikenal dengan istilah REI-Dimo.

2. Penentuan *Steady State* dan *Transient Stability*

Dalam menganalisa suatu sistem tenaga listrik biasa digunakan beberapa metode. Metode kriteria sama luas (*Equal Area Criterion* atau EAC) merupakan contoh metode langsung untuk memperoleh waktu pemutusan kritis (*Critical Clearing Time*). Tapi metode ini terbatas untuk satu mesin saja dengan bus infinite (*Single Machine Infinite Bus*). Metode ini tidak cocok dipakai untuk menganalisa sistem yang sangat kompleks.



Gambar 1. *Single line* jaringan 44 bus Sulbagesel

Metode aliran daya (*load flow*) biasanya digunakan untuk menghitung total pembebanan dengan cara menambah pembebanan sampai proses *load flow* menjadi tidak konvergen. Metode ini biasanya menggunakan metode *newton-rapshon* yang merupakan pengembangan dari metode *gauss-seidel* yang diperluas dan disempurnakan. Metode ini dibentuk berdasarkan matriks admitansi (Y_{bus}).

Ada juga yang disebut metode *continuation power flow* (CPF) yang digunakan untuk menentukan hubungan antara *loading* parameter terhadap tegangan pada bus. Metode CPF dilakukan dengan reformulasi persamaan aliran daya (*load flow*) dengan menambahkan parameter pembebanan, yang diekspresikan sebagai berikut :

$$F(\theta, V) = \lambda k \quad (1)$$

dimana:

λ = parameter beban

θ = vektor dari sudut tegangan bus

V = vektor dari besar tegangan bus

K = vektor yang menggambarkan presentase perubahan beban pada tiap bus

Metode Newton Rapshon

Metode Newton Rapshon digunakan dalam penyelesaian masalah aliran daya merupakan pengembangan dari deret Taylor untuk suatu fungsi dua variabel atau lebih. Untuk memahami metode ini dimulai dengan suatu pembahasan tentang penyelesaian suatu persoalan yang hanya terdiri dari dua persamaan dan dua variabel. Kemudian melihat bagaimana pengembangan analisis ini untuk penyelesaian persamaan-persamaan aliran daya

Untuk menerapkan metode Newton-Rapshon pada penyelesaian persamaan-persamaan aliran daya dapat dipilih untuk menyatakan tegangan pada bus dan admitansi tiap saluran dalam bentuk polar. Bus *slack* tidak disertakan dalam penyelesaian iterasi untuk menentukan tegangan, karena besarnya sudah ditetapkan. Untuk menghitung nilai P dan Q kita dari masing-masing variabel maka di tuliskan contoh persamaan matriks untuk suatu sistem yang hanya terdiri dari tiga bus. Jika bus nomor 1 adalah bus *slack*, maka perhitungan dimulai dari bus nomor 2 karena besar dan sudut untuk bus *slack* sudah ditentukan.

Dalam bentuk matriks dapat dilihat:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Elemen-elemen Jacobian diperoleh dengan membuat turunan parsial dari rumus-rumus P dan Q dan mensubstitusi tegangan-tegangan perkiraan untuk iterasi pertama atau iterasi sebelumnya. Jacobian dibuat untuk memperjelas adanya bermacam-macam jenis umum turunan parsial yang muncul pada masing-masing submatriks.

Persamaan-persamaan umum turunan parsial diatas dapat dituliskan :

$$H : \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = |V_i V_j V_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (3)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = \sum_{m=1}^N |V_i V_j V_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_m) \quad (4)$$

$$N : \frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (5)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \quad (6)$$

$$\sum_{m=1}^N |V_i Y_{im}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_m)$$

$$M : \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = |V_i V_j V_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (7)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = \sum_{m=1}^N |V_i V_j V_{im}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_m) \quad (8)$$

$$N : \frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = |V_i Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (9)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \quad (10)$$

$$\sum_{n \neq i}^N |V_i Y_{in}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{in})$$

Proses perhitungan aliran daya dengan metode Newton-Rapshon dapat diringkaskan dengan langkah-langkah berikut:

1. Menentukan nilai-nilai P_{calc} dan Q_{calc} yang mengalir kedalam sistem pada setiap bus untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan pada iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir pada iterasi berikutnya.
2. Menghitung ΔP pada setiap bus.
3. Menghitung nilai jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan besar dan sudut tegangan.
4. Membalikkan (invers) jacobian itu dan menghitung koreksi-koreksi $\Delta \delta_i$ dan $\Delta |V_i|$ pada tiap bus.
5. Menghitung nilai δ_i dan $|V_i|$ yang baru dengan menambahkan $\Delta \delta_i$ dan $\Delta |V_i|$ pada nilai sebelumnya.
6. Kembali ke langkah 1 dan mengulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang baru didapatkan sampai semua nilai ΔP dan ΔQ lebih kecil dari suatu indeks ketelitian yang dipilih.

Jumlah iterasi yang diperlukan dalam metode Newton-Rapshon yang menggunakan admitansi bus praktis tidak tergantung pada jumlah bus. Di sisi lain, perhitungan elemen-elemen jacobian dan waktu yang diperlukan untuk tiap iterasi cenderung lebih panjang. Keuntungan dalam waktu computer yang lebih pendek untuk suatu penyelesaian dengan ketelitian yang sama menyebabkan metode Newton-Rapshon lebih banyak dipilih untuk senua sistem, kecuali yang sangat kecil.

3. Metodologi penelitian

3.1. Area Studi

Dalam melakukan penelitian *Transient Stability* tiga fasa seimbang pada sistem multi mesin dilakukan dengan cara memberikan gangguan pada setiap bus hasil reduksi. Penelitian yang dilakukan guna mengkaji *transient stability* menerapkan metode REI-DIMO yang kemudian diterapkan pada proses komputasi dan pengolahan data pada software perangkat lunak *Matrix Laboratory* (MATLAB). Studi kasus yang



dijadikan *test case* yaitu sistem interkoneksi Sulbagsel terdiri dari 15 generator, 44 bus, 47 line dan 34 beban yang tersebar yang akan diteliti, dengan variasi tegangan dari 30 kV, 70 kV, 150 kV dan 275 kV [7].

Tabel 1. Nilai impedansi generator

No	Bus Generator	X'd (p.u)	ra	Inersia H
1	Bakaru	0.3950	0	1.02
2	Pinrang	0.2000	0	6.26
3	Suppa	0.4080	0	2.61
4	PLTU Barru	0.3680	0	5.41
5	Tello150	0.3680	0	2.97
6	Borongloe	0.3950	0	5.56
7	Tellolama 150	0.3950	0	5.56
8	Sugguminasa	0.3680	0	2.97
9	Tallasa	0.2000	0	6.26
10	Punagaya	0.4080	0	7.32
11	Sinjai	0.3680	0	5.41
12	Sengkang	0.3680	0	5.41
13	Makale	0.3950	0	5.56
14	Palopo	0.3680	0	2.97
15	PLTA Poso	0.3950	0	5.56

Prosedur untuk menyelesaikan penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* penelitian Gambar 2. Langkah pertama dimulai dengan melakukan studi literatur, mengumpulkan data untuk semua parameter mulai dari pembangkit, transmisi sampai data beban.

Setelah data sistem diperoleh maka dilakukan analisa *power flow* [8] untuk melihat respon tegangan dan aliran daya. Kemudian system direduksi menggunakan pendekatan *Radial Equivalent Independent* yang dikenal dengan Metode REI-Dimo. Selanjutnya dilakukan studi stabilitas dan *transient stability*

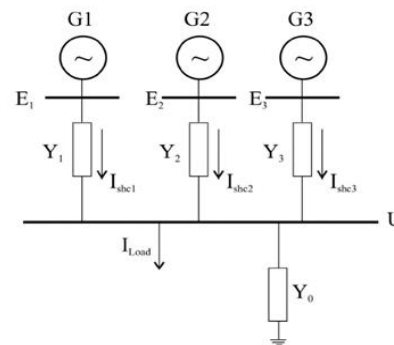
3.2. Konsep Metode REI-Dimo

Menurut Indar Chaerah Gunadin [9]. Salah satu metode untuk menentukan batas *steady state* adalah metode REI Dimo yang dikembangkan oleh Paul Dimo. Analisis tegangan dan *steady state* menurut Paul Dimo didasarkan pada konsep berikut :

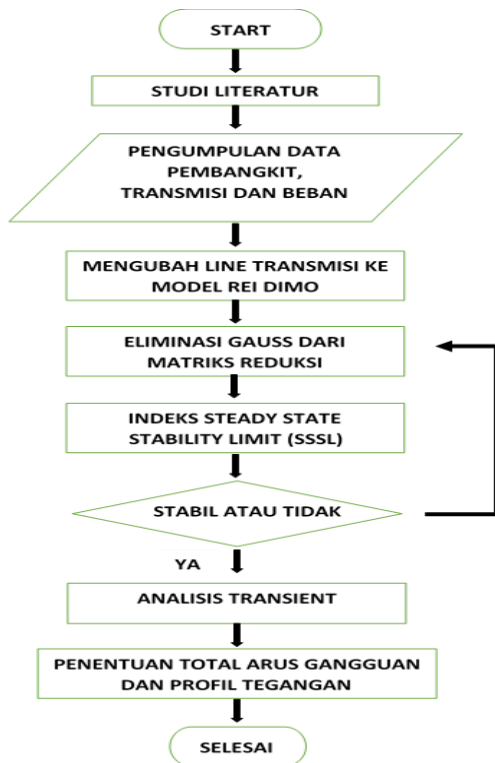
- a. Menyederhanakan model sistem tenaga listrik – REI Net (*Radial Equivalent and Independent Net*).
- b. Menggambarakan vektor dari *short circuit* – *Nodal Image*.
- c. Menggunakan kriteria stabilitas untuk evaluasi tegangan dan *steady state stability*.
- d. Terjadinya ketidakstabilan – *case worsening procedure*.

1. REI net atau REI Bus

Model sederhana dari sistem tenaga REI net memungkinkan untuk memeriksa setiap generator yang dilihat dari bus pada sistem. Bus generator dapat mewakili mesin sinkron nyata pada sistem tenaga.



Gambar 3. REI net

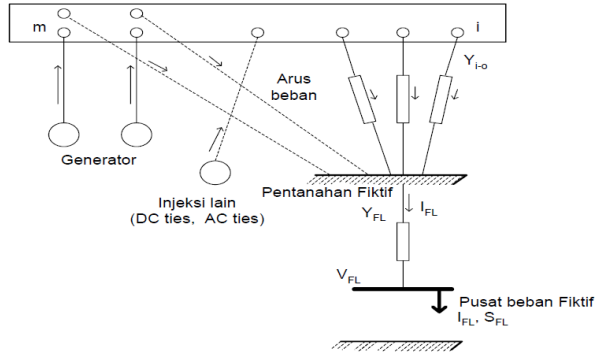


Gambar 2. Flowchart penelitian

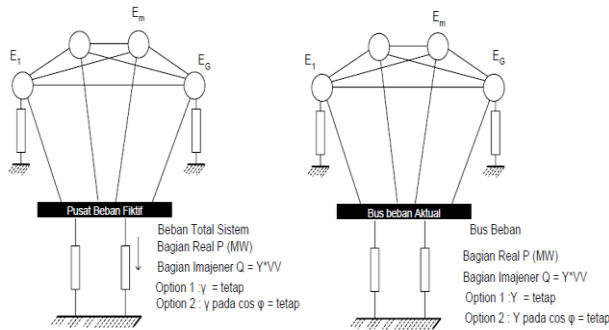


2. Persamaan REI Dimo

Metodologi REI-Dimo menggantikan jaringan transmisi dengan admitansi konstan, kemudian diterapkan ke bus fiktif. Jaringan ini disebut *zero power balance network* dan mewakili konsep utama dalam REI-Dimo.



Gambar 4. Zero power balance network



Gambar 5. REI bus beban fiktif dan Actual

3. Prosedur REI-Dimo

Menurut Rusilawati [10], Prosedur reduksi jaringan sistem tenaga listrik yang diterapkan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Menyiapkan data sistem tenaga listrik (dalam hal ini data sistem Sulbagsel)
- Menjalankan *load flow* untuk mendapatkan tegangan dan sudut tegangan
- Menentukan bus beban
- Menentukan bus netral fiktif
- Menghubungkan bus beban ke bus netral fiktif dengan admitansi Y bus konstan. Persamaan Y bus konstan adalah :

$$Y_{bus} = \frac{P + jQ}{V^2} \quad (11)$$

- Menentukan arus I dari bus beban ke bus netral fiktif dengan persamaan:

$$I = \left(\frac{S^* in}{Ei - jFi} \right) \quad (12)$$

- Menentukan bus *load center*
- Menentukan arus yang mengalir ke bus *load center* dengan menggunakan hukum Kirchoff
- Menghitung daya yang menuju ke bus netral fiktif
- Menentukan nilai impedansi Z_{lc} dari bus netral fiktif ke bus *load center* dengan persamaan:

$$R_{lc} + jX_{lc} = \left(\frac{P + jQ}{I_{lc}^*} \right) \quad (13)$$

- Mengubah impedansi Z_{lc} kedalam bentuk admitansi Y_{lc}
- Menentukan tegangan pada *load center* dengan persamaan:

$$V_{lc} = \frac{S_{lc}}{I_{lc}^*} \quad (14)$$

- Menjalankan load flow untuk menghasilkan admitansi Y bus yang baru
- Mereduksi matriks Y dengan Gaussian
- Mengubah nilai admitansi Y menjadi impedansi ekivalen Z
- Menganalisa batas aman *steady state stability*.
- Menganalisa *Transient Stability*.

4. Hasil dan Pembahasan

Menggunakan metode REI-Dimo maka Admitansi Konstan dan Arus Beban disetiap busnya diketahui. Tabel 2 dibawah memperlihatkan hasil komputasi berdasarkan metode REI-Dimo guna mendapatkan nilai admitansi konstan dan arus beban pada setiap busnya.

Tabel 2. Admitansi konstan dan arus beban

No	Nama Bus	Voltage	G [pu]	B [pu]	I [pu]
1	Bakaru	1.030	0.033	-0.002	0.034
2	Polmas	0.998	0.172	-0.041	0.171
3	Majene	0.990	0.238	-0.038	0.235
4	Mamuju	0.983	0.099	-0.050	0.098
5	Pinrang	1.000	0.244	-0.062	0.244
6	Parepare	0.998	0.188	-0.047	0.187
7	Suppa	1.000	0.000	0.000	0.000
8	Sidrap	0.985	0.273	-0.106	0.269
9	Pltubarru	1.000	0.000	0.000	0.000



No	Nama Bus	Voltage	G [pu]	B [pu]	I [pu]
10	Barru	0.946	0.113	-0.027	0.107
11	Pangkep150	0.936	0.252	-0.091	0.236
12	Pangkep70	0.939	0.000	0.000	0.000
13	Tonasa	0.909	0.229	-0.128	0.208
14	Bosowa	0.930	0.382	-0.178	0.356
15	Kima	0.934	0.206	-0.066	0.193
16	Tello150	0.970	0.673	-0.194	0.653
17	Panakukang	0.950	0.757	-0.196	0.719
18	Tello70	0.972	0.000	0.212	0.000
19	Borongloe	1.000	0.114	0.000	0.114
20	Mandai	0.942	0.274	-0.029	0.258
21	Daya	0.948	0.507	-0.031	0.480
22	Tello30	0.970	0.000	0.000	0.000
23	Barawaja	0.971	0.000	0.000	0.000
24	Tellolama150	0.970	0.209	-0.050	0.203
25	Tellolama70	0.944	0.000	0.000	0.000
26	Bontoala	0.926	0.309	-0.090	0.286
27	Sungguminasa	0.980	0.163	-0.037	0.160
28	Tanjungbunga	0.947	0.615	-0.186	0.583
29	Tallasa	0.990	0.210	-0.048	0.208
30	Maros	0.963	0.201	-0.059	0.193
31	Punagaya	1.000	0.000	0.000	0.000
32	Jeneponto	0.979	0.182	-0.035	0.178
33	Bulukumba	0.988	0.278	-0.067	0.274
34	Sinjai	1.000	0.219	-0.046	0.219
35	Bone	0.994	0.325	-0.083	0.323
36	Soppeng	0.987	0.145	-0.035	0.143
37	Sengkang	1.020	0.273	-0.111	0.278
38	Makale	1.020	0.114	-0.014	0.117
39	Palopo	1.000	0.492	0.000	0.492
40	Latuppa	0.972	0.000	0.000	0.000
41	Pltaposo	1.000	0.000	0.000	0.000
42	Pamona275	0.993	0.000	0.000	0.000
43	Pamona150	0.989	0.050	-0.005	0.050
44	Poso	0.986	0.113	-0.019	0.112
Total Arus			8.38		

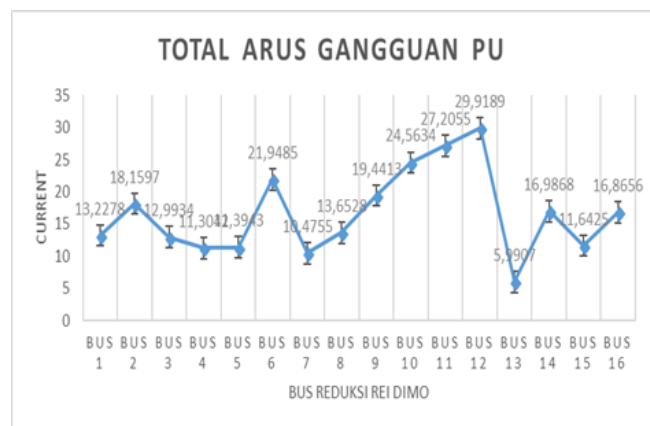
Tabel 2 menunjukkan bahwa arus yang mengalir dari bus beban ke bus netral fiktif sebesar 8.381 pu. Dengan menggunakan hukum Kirchoff kemudian digunakan untuk menghitung besar arus yang mengalir dari bus netral fiktif ke bus *load center*.

Menentukan nilai impedansi Z_{lc} dari bus netral fiktif ke bus *load center* dengan menggunakan

Persamaan 13 sehingga didapat nilai $Z_{lc} = 0.1101 + j0.0246$. Tegangan pada bus *load center* dihitung menggunakan Persamaan 14 sehingga menghasilkan tegangan (V_{lc}) sebesar 0.9691 pu dengan sudut tegangan sebesar 0.0013° .

Setelah admitansi konstan dan arus setiap bus didapat, maka terlebih dahulu kita mengurutkan ulang penomoran bus dari 1 sampai 61. Bus 1 sampai bus 15 diisi dengan bus generator, bus 16 dengan bus *load center*, bus 17 dengan bus netral fiktif, bus 18 sampai bus 48 dengan bus beban, dan bus 49 sampai bus 61 dengan bus impedansi generator, sehingga nantinya akan terbentuk matriks 61 x 61. Eliminasi Gauss-Seidel diterapkan untuk mereduksi matriks 61 x 61 menjadi matriks 16 x 16. Admitansi konstan kemudian diubah menjadi impedansi untuk dipakai sebagai inputan nilai impedansi ekivalen dalam menjalankan *load flow* dengan 16 bus yang sudah direduksi, maka didapatkan indeks kestabilan sistem sebesar -6.8779 pu, yang menyatakan sistem dalam keadaan stabil.

Selanjutnya dilakukan analisis transient pada 16 bus hasil reduksi menggunakan pendekatan metode REI-Dimo sehingga didapatkan bus terlemah pada sistem, tegangan rata-rata dan arus gangguan terbesar saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa.



Gambar 6. Grafik radiasi di jeneponto

Gambar 6 memperlihatkan grafik total arus gangguan yang terjadi di 16 bus hasil reduksi REI-Dimo. Bus 13 (Makale) adalah bus yang memiliki arus total gangguan terkecil, disusul bus 7 (Tello Lama 150) di susul kemudian bus 4 (PLTU Barru), bus 5 (Tello 150), bus 15 (PLTU Poso) dan bus 3

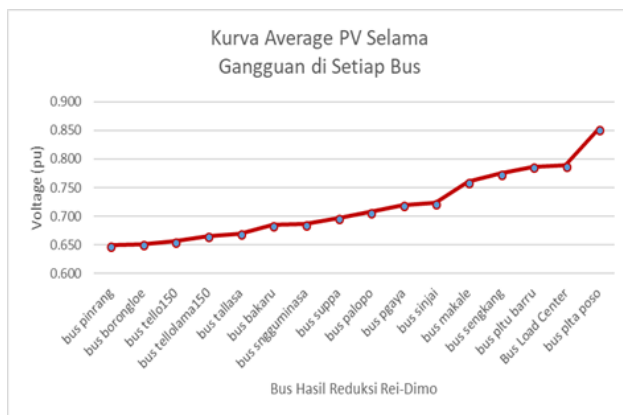


(bus Suppa). Sementara total arus gangguan tertinggi berada pada bus 12 (Sengkang).

Tabel 3. Total arus gangguan

No Bus	Nama Bus	Curent Foul Total
1	bus bakaru	13.2278
2	bus pinrang	18.1597
3	bus suppa	12.9934
4	bus pltu barru	11.3042
5	bus tello150	11.3943
6	bus borongloe	21.9485
7	bus tellolama150	10.4755
8	bus sungguminasa	13.6528
9	bus tallasa	19.4413
10	bus p gaya	24.5634
11	bus sinjai	27.2055
12	bus sengkang	29.9189
13	bus makale	5.9907
14	bus palopo	16.9868
15	bus plta poso	11.6425
16	Bus Load Center	16.8656

Tabel 3 menunjukkan total arus gangguan pada setiap busnya selama terjadi gangguan di bus tersebut. Ada 16 bus hasil reduksi yang di uji. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa arus gangguan terbesar terjadi pada bus 12 (Sengkang) yakni sebesar 29.9189 pu.



Gambar 7. Grafik profil tegangan setiap bus

Dari Gambar 7 dapat kita amati nilai degradasi profil tegangan, dan berdasarkan kurva tersebut penurunan tegangan tertinggi berada pada bus Pinrang disusul bus Borongloe, Tello 150, Tello

Lama 150, Tallasa, Bakaru, Sungguminasa, Suppa, Palopo, Punagaya, Sinjai, Makale, Sengkang, PLTU Barru, bus *Load Center* dan terakhir bus PLTA Poso. Nilai dari rata-rata tegangan selama gangguan meyakini bus Pinrang memiliki pengaruh signifikan ketika terjadi gangguan dengan nilai rata-rata degradasi tegangan sebesar 0.6492 pu.

5. Kesimpulan

Hasil dari analisis transient menggunakan pendekatan *Radial Equivalent independent* atau yang dikenal dengan Metode *REI-Dimo* menunjukkan arus total gagguan terbesar saat terjadinya gangguan di setiap bus-nya setelah mengalami proses reduksi menggunakan pendekatan REI-Dimo maka diperoleh bus generator 12-Sengkang memiliki nilai arus gangguan terbesar yakni 29.9189 pu, disusul bus generator 11-Sinjai 27.2055 pu dan bus generator 10-Punagaya-24.5634 pu.

Dengan menggunakan pendekatan *REI-Dimo* pula didapatkan 3 bus generator yang memiliki profil tegangan terendah selama gangguan. Masing-masing adalah bus generator 2-Pinrang 0.6492 pu disusul bus generator 6-Borongloe 0.6513 pu dan bus generator 5-Tello150 sebesar 0.6566 pu. Sementara 4 bus dengan profil tegangan terbesar yakni bus generator 15-PLTA Poso 0.8521 pu, bus 16-Load Center 0.884 pu, bus generator 4-PLTU Barru 0.7865 pu, serta bus generator 12-Sengkang 0.7746 pu.

Referensi

- [1] Anju G Pillai, Thomas PC., Sreerenjini K., Sarin baby., Sasidhran Sreedharan., 2013. *Transient stability analysis of wind integrated power systems with storage using central area controller BT - 2013 Annual International Conference on Emerging Research Areas, AICERA 2013 and 2013 International Conference on Microelectronics, Communicatio*. Int. J. Sci. Eng. Res., vol. 4, no. 8, p. Amal Jyothi College of Engineering; Defence Resear, 2013.
- [2] Indar C.G, Soeprijanto, A., and Penangsang, O., 2012. *Steady State Stability Assessment Using Extreme Learning Machine Based on Modal Analysis*. International Review of Electrical Engineering, June 2012.
- [3] Gamit M.G., Jigar, S.,S., 2015. *Transient Stability Analysis on a Multi-Machine System in Psat*. Int. J. Res.



- Eng. Technol., vol. 4, no. 3, pp. 604–613.
- [4] Indar C.G., Sri, M.S., and Muhammad, I., 2016. *Determination of stability index of electrical power system using REI-Dimo methods*. J. Theor. Appl. Inf. Technol., vol. 90, no. 1, pp. 161–167.
- [5] N. Anil Kumar, K. Ramesh., 2007. *Transient stability improvement using upfc and svc 1*. vol. 2, no. 3, pp. 38–45.
- [6] Federico, M., 2005. *An Open Source Power System Analysis Toolbox*. vol. 20, IEEE Transaction On Power Systems, pp. 1199–1206, Vol. 20, No. 3.
- [7] Ardiaty, A & Muhammad B.N., 2016. *Voltage Drop Simulation at Southern Sulawesi Power System Considering Composite Load Model*. In ICITACEE. pp. 169–172.
- [8] Wilson R., Rakibuzzaman S., Dkk., 2014. *Expanding Power System Analysis Toolbox (PSAT) Functionalities for Better Result Interpretation*. Australasian Universities Power Engineering Conference, (October), pp.1–6.
- [9] Chaerah Gunadin, Indar, dkk., 2011. *Steady-State Stability Assesment Using Neural Network Based on Network Equivalent*. TELKOMNIKA, Vol.9, No.3, pp. 411-422.
- [10] Rusilawati., 2015. *Penentuan Batas Kestabilan Steady State Generator dengan Konsep REI-Dimo*. Seminar Nasional Inovasi dalam Desain dan Teknologi”-IDeaTech, pp.9-17.



Model Pengaruh *Dwelling Time* Terhadap Biaya Logistik di Terminal Petikemas Makassar

Milwan Kamil*¹, Misliah Idrus¹, Syarifuddin Dewa¹

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

*Email: milwan.sblmks@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052018.15

Abstrak

Pelabuhan berperan penting dalam sistem transportasi maritim internasional dan logistik suatu negara karena apabila kinerja operasional pelabuhan tidak optimal seperti waktu tunggu sandar dan *dwelling time* yang masih lama, fasilitas terminal dan tenaga kerja bongkar muat kurang memadai dapat menghambat proses distribusi barang di pelabuhan. Terminal Petikemas Makassar sebagai bagian dari Pelabuhan Makassar merupakan pusat pelayaran kawasan Timur Indonesia yang didukung oleh *hinterland* Sulawesi Selatan yang potensial. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan dan membuat model hubungan antara *dwelling time* dengan biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar. Biaya logistik dalam penelitian ini adalah biaya tunggu modal dan *container port charges* yaitu biaya-biaya yang dikeluarkan dalam pengurusan peti kemas di Terminal Petikemas Makassar. *Dwelling time* adalah jarak waktu dari mulai suatu peti kemas dibongkar dan diangkat dari kapal sampai peti kemas tersebut meninggalkan terminal melalui pintu utama. Penelitian ini menggunakan metode regresi dengan menggunakan software GMDH Shell untuk pemodelan hubungan antara *dwelling time* dan biaya logistik. Komoditi ekspor dan impor terbesar dijadikan sampel dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat korelasi, pengaruh *dwelling time* terhadap total biaya logistik baik untuk komoditi ekspor dan impor di Terminal Petikemas Makassar sebesar 100% dengan model hubungan $TLC = 733400 + 211700 DT + P + 0,5006 BM$ untuk komoditi ekspor dan $TLC = 733400 + 119700 DT + P + 0,507 BM + GE$ untuk komoditi impor.

Abstract

Model of Effect of Dwelling Time on Logistics Costs at Makassar Container Terminal. The port plays an important role in the international maritime transport and logistic system on a country because if the port's operational performance is not optimal as the waiting time, the dwelling time is long, terminal facilities and unloading of inadequate work can hamper the process on distribution of the container at the port. Makassar Container Terminal as a part of Makassar Port is an East Indonesia shipping center is supported by a potential South Sulawesi hinterland. This study aimed to explain and make a model of the relationship between dwelling time and logistics costs in Makassar Container Terminal. Logistics costs in this study are waiting capital cost and container port charges, which is expenses incurred in container handling at Makassar Container Terminal. Dwelling time is the time from when the cargo is unloaded from a vessel to when it leaves the gates of the port. This study was conducted by regression method using GMDH Shell software to modeling the relationship between dwelling time and logistic cost. The biggest commodities value in export and import are taken as the sample in this study. The results show that the correlations and influence levels of dwelling time to total logistic costs both export and import comodities in Makassar Container Terminal are 100% with the models of relations are $TLC = 733400 + 211700 DT + P + 0,5006 BM$ for export comodity and $TLC = 733400 + 119700 DT + P + 0,507 BM + GE$ for import comodity.

Kata Kunci: Biaya logistik, *dwelling time*, petikemas, regresi, terminal

1. Pendahuluan

Kinerja logistik suatu negara dalam mendukung perdagangan, baik domestik maupun internasional sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan daya saing karena dengan kinerja logistik yang baik dan efisien dapat menjadi faktor kunci dari pertumbuhan ekonomi yang

berkelanjutan [1]. Negara-negara dengan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita yang rendah cenderung mempunyai kinerja logistik yang rendah dan masih memerlukan perbaikan pada aspek pembentuk kinerja logistik dalam *Logistics Performance Index* [2]. Indonesia saat ini menghadapi tantangan berupa tingginya biaya logistik serta lamanya waktu yang dibutuhkan



untuk melakukan aktivitas di bidang logistik. Hal ini juga diperkuat dengan studi Bank Dunia [3] menyatakan bahwa rata-rata biaya logistik Indonesia adalah 25,7% terhadap PDB, lebih besar dari Thailand dan Malaysia, masing-masing sebesar 13,2% dan 13%.

Pelabuhan berperan sangat penting dalam sistem transportasi maritim internasional dan sistem logistik suatu negara karena apabila kinerja operasional pelabuhan tidak optimal seperti waktu tunggu sandar dan *dwelling time* yang masih lama, fasilitas terminal dan tenaga kerja bongkar muat yang kurang memadai dapat menghambat proses distribusi barang di pelabuhan [4]. Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan kebijakan untuk meningkatkan kinerja rantai logistik yaitu dengan menurunkan *dwelling time* secara bertahap pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2020, dari 5-6 hari di tahun 2015 hingga 3-4 hari di tahun 2019 [5].

Terminal peti kemas sebagai bagian dari pelabuhan harus memiliki kinerja yang baik sebagai indikator yang dibutuhkan untuk menilai kelancaran operasional terminal peti kemas dalam melayani kegiatan transportasi barang dan pengembangannya [6]. Kriteria kinerja terminal peti kemas salah satunya dapat dilihat dari produktivitas alat bongkar muat. Kemampuan alat bongkar muat yang dimiliki oleh terminal peti kemas harus dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk melakukan kegiatan bongkar muat peti kemas yang keluar masuk terminal [7].

Propinsi Sulawesi Selatan sebagai salah satu pintu gerbang Indonesia harus memiliki kapasitas sarana dan prasarana transportasi yang memadai dan harus ditunjang dengan kinerja transportasi yang optimal [8]. Terminal Petikemas Makassar sebagai bagian dari Pelabuhan Makassar merupakan pusat pelayanan kawasan Timur Indonesia yang didukung oleh *hinterland* Sulawesi Selatan yang potensial dengan beberapa komoditi ekspor dan impor unggulan seperti kopi, coklat, rumput laut dan lain-lain. Hal ini dibuktikan dengan semakin meningkatnya pertumbuhan arus peti kemas ekspor dan impor tahun 2010-2016 seperti pada Tabel 1 yang menunjukkan bahwa *hinterland* terminal ini

memiliki volume komoditas yang cukup besar dan sangat kompetitif [9].

Namun jumlah peralatan bongkar muat yang kurang dan adanya kerusakan alat pada Terminal Petikemas Makassar dapat mengakibatkan terhambatnya distribusi barang dan tingginya biaya logistik sebagai bentuk dari lamanya penanganan kapal dan kontainer di pelabuhan. Hal lainnya adalah perijinan dari instansi yang terkait seperti BPOM, Karantina dan Bea Cukai [10].

Tabel 1. Arus peti kemas

Tahun	Volume	Pertumbuhan
2010	442.553	-
2011	450.567	2%
2012	529.316	17%
2013	550.916	4%
2014	562.046	2%
2015	558.957	-1%
2016	612.208	10%

2. Metode

2.1. Biaya Logistik

Biaya logistik dalam penelitian ini adalah semua biaya pelayanan dan biaya tunggu selama peti kemas berada di Terminal Petikemas Makassar. Untuk komoditi ekspor, total biaya logistik yaitu seperti Persamaan 1 dan untuk komoditi impor seperti pada Persamaan 2:

$$TLC = THC + LO + P + BM \quad (1)$$

$$TLC = THC + LO + P + GE + BM \quad (2)$$

dimana *TLC* adalah total biaya logistik, *THC* adalah biaya penanganan peti kemas, *LO* adalah biaya lift off/lift on, *P* adalah biaya penumpukan, *GE* adalah biaya ekstra dan *BM* adalah biaya tunggu modal komoditi yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$BM = \frac{NB \times i}{365} \quad (3)$$

dimana *NB* adalah nilai modal barang dan *i* adalah tingkat suku bunga.

2.2. Dwelling Time

Dwelling time (*DT*) adalah jarak waktu dari mulai suatu peti kemas dibongkar dan diangkat



dari kapal sampai peti kemas tersebut meninggalkan terminal melalui pintu utama [11]. *Dwelling time* dihitung dengan Persamaan 4 [12].

$$DT = \frac{\sum(n \times t)}{\sum n} \quad (4)$$

dimana n adalah jumlah teus tiap party barang, t adalah lama hari penumpukan tiap party dan $\sum n$ adalah jumlah teus barang yang ditumpuk pada periode bersangkutan.

2.3. Regresi Linear

Penelitian ini menggunakan *explanatory research* dengan pendekatan kuantitatif. *Explanatory research* merupakan penelitian yang bertujuan untuk menelaah kausalitas antar variabel yang menjelaskan suatu fenomena tertentu [11]. Analisis yang digunakan adalah analisis regresi linier sederhana untuk memprediksikan seberapa jauh hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen [13]. Analisis regresi linear sederhana, selain digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel, juga dapat menunjukkan arah hubungan antara satu variabel dependen dan satu variabel independen [14]. Persamaan umum

regresi linier sederhana dalam penelitian ini adalah:

$$Y = a + bx + e \quad (5)$$

dimana Y adalah subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan, a adalah konstanta, yaitu besarnya nilai Y ketika nilai $X = 0$, b adalah perubahan nilai Y apabila terjadi perubahan nilai X , X adalah variabel independen dan e adalah kesalahan prediksi (error).

3. Hasil dan Pembahasan

Arus peti kemas di Terminal Petikemas Makassar terdiri atas dua komoditi, yaitu komoditi ekspor dan komoditi impor. Komoditi ekspor yaitu rumput laut, kopi, coklat, biji mente, *plywood*, oleo pine resin, carrageenan, *coffee bean*, *marble tiles* dan terigu. Komoditi impor terdiri dari keramik, sirup gula jagung, furniture sofa, pakan ternak dan elektronik [9]. Tabel 2 menunjukkan perhitungan biaya tunggu modal per hari per komoditi ekspor dan komoditi impor. Rumput laut memiliki volume terbesar untuk komoditi ekspor dengan biaya tunggu modal Rp. 423.922,- per hari. Pada komoditi impor, keramik memiliki volume terbesar dengan biaya tunggu modal sebesar Rp. 242.892 per hari [9]. Dua komoditi ini diambil sebagai sampel penelitian.

Tabel 2. Biaya modal per komoditi

Komoditi	Jumlah Kontainer	Berat Kotor	Nilai Barang	Suku Bunga	Biaya Tunggu Modal per hari
EKSPOR					
Rumput laut	4	81360	Rp. 561.384.000	10,25%	Rp. 423.922
Kopi	1	19200	Rp. 1.669.248.000	10,25%	Rp. 5.042.044
Cokelat	1	20400	Rp. 2.138.420.400	10,25%	Rp. 6.459.201
Biji mente	1	16783	Rp. 2.364.478.200	10,25%	Rp. 7.142.020
Plywood	2	46345	Rp. 564.420.000	10,25%	Rp. 852.429
Oleo pine resin	2	35230	Rp. 434.948.400	10,25%	Rp. 656.891
Carrageenan	1	20000	Rp. 276.000.000	10,25%	Rp. 833.671
Coffee bean	1	18000	Rp. 1.608.735.000	10,25%	Rp. 4.859.261
Marble tiles	1	19330	Rp. 151.951.800	10,25%	Rp. 458.978
Terigu	5	115000	Rp. 475.479.000	10,25%	Rp. 287.241
IMPOR					
Keramik	2	55800	Rp. 160.826.342	10,25%	Rp. 242.892
Sirup gula jagung	2	46420	Rp. 230.877.053	10,25%	Rp. 348.688
Furniture sofa	1	4167	Rp. 170.466.711	10,25%	Rp. 514.903
Pakan ternak	3	57434	Rp. 444.508.145	10,25%	Rp. 447.553
Elektronik	1	3762	Rp. 201.699.820	10,25%	Rp. 609.244



Tabel 3. Biaya logistik komoditi ekspor dan impor pada hari pertama

Komoditi	THC	LO	P*	GE**	BM	TLC
Ekspor						
Rumput laut	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 423.922,-	Rp. 1.175.322,-
Kopi	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 5.042.044,-	Rp. 5.793.444,-
Cokelat	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 6.459.201,-	Rp. 7.210.601,-
Biji mente	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 7.142.020,-	Rp. 7.893.420,-
Plywood	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 852.429,-	Rp. 1.603.830,-
Oleo pine resin	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 656.891,-	Rp. 1.408.291,-
Carrageenan	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 833.671,-	Rp. 1.585.071,-
Coffee bean	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 4.859.261,-	Rp. 5.610.661,-
Marble tiles	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 458.978,-	Rp. 1.210.378,-
Terigu	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-		Rp. 287.241,-	Rp. 1.038.641,-
Impor						
Keramik	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 0,-	Rp. 242.892,-	Rp. 994.292,-
Sirup jagung	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 0,-	Rp. 348.688,-	Rp. 1.448.775,-
Furniture sofa	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 0,-	Rp. 514.903,-	Rp. 1.266.303,-
Pakan ternak	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 0,-	Rp. 447.553,-	Rp. 1.198.953,-
Elektronik	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 0,-	Rp. 609.244,-	Rp. 1.360.644,-

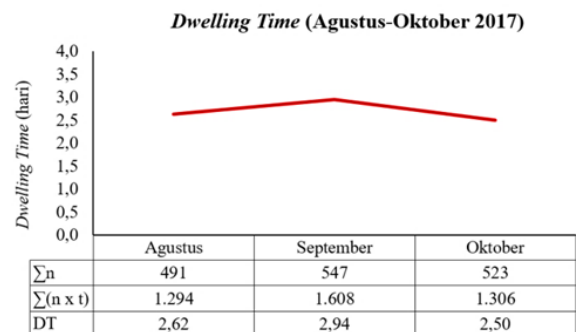
* biaya penumpukan (P) hari ke 1-5 Rp. 18.000,- dan hari ke 6 dst. ditambah kelipatan Rp. 18.000,-/hari [15]

** biaya gerakan ekstra (GE) **hanya dikenakan untuk komoditi impor**. Pada hari ke 1-2 tidak dikenakan biaya, tetapi pada hari ke 3 dst. dikenakan biaya sebesar Rp. 302.800,-/hari [15]

Tabel 3 menunjukkan total biaya logistik komoditi ekspor dan impor pada hari pertama di Terminal Petikemas Makassar. Komoditi ekspor tidak dikenakan biaya gerakan ekstra. Komponen biaya konstan terdiri dari biaya THC, LO dan GE tetapi biaya GE baru dikenakan pada hari ketiga. Biaya penumpukan (P) pada hari pertama sampai hari kelima biayanya konstan sebesar Rp. 18.000/hari, tetapi pada hari ke 6 ditambah Rp. 18.000/hari. Demikian juga dengan biaya tunggu modal (BM), yang dihitung berdasarkan Persamaan 3 dan berkelipatan berdasarkan lama hari barang di terminal.

Dwelling time di Terminal Petikemas Makassar berdasarkan data pada bulan Agustus–Oktober tahun 2017 [9] seperti pada Gambar 1 menunjukkan nilai *dwelling time* yang fluktuatif tiap bulan. Pada bulan Agustus, *dwelling time* sebesar 2,62 hari naik sebesar 12,21% menjadi 2,94 hari pada bulan September dan turun sebesar 14,97% menjadi 2,50 hari pada bulan Oktober. Jumlah teus peti kemas yang ditumpuk pada periode Agustus 491 Teus menjadi 547 Teus pada bulan September dan 523 Teus pada bulan Oktober cukup berpengaruh pada *dwelling time*, tetapi pada bulan Oktober menunjukkan adanya peningkatan kinerja operasional Terminal Petikemas Makassar yang lebih baik dari bulan

Agustus dimana jumlah teus peti kemas yang ditumpuk yang lebih besar pada bulan Oktober tetapi nilai *dwelling time* yang lebih kecil daripada *dwelling time* pada bulan Agustus.



Gambar 1. *Dwelling time* di terminal petikemas makassar

Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi total biaya logistik untuk komoditi rumput laut berdasarkan nilai *dwelling time* di Terminal Petikemas Makassar. Berdasarkan data tersebut, kemudian dilakukan regresi linear menggunakan aplikasi GMDH Shell untuk menguji hubungan antara *dwelling time* dengan total biaya logistik untuk komoditi rumput laut (ekspor). Hasil regresi linear yang diperoleh menunjukkan nilai korelasi dan besarnya pengaruh *dwelling time* dengan total biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar

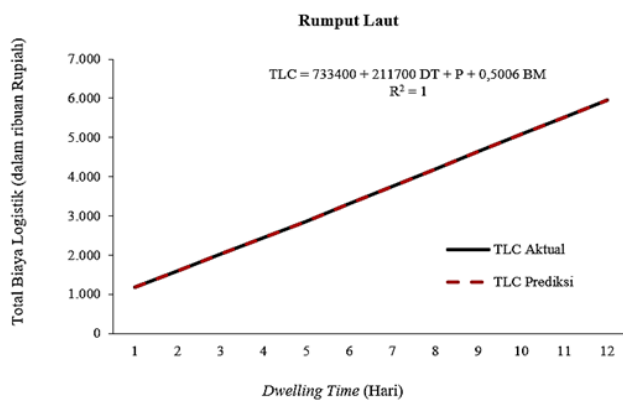


yaitu sebesar 100%. Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara *dwelling time* dan total biaya logistik komoditi ekspor rumput laut di

Terminal Petikemas Makassar dengan bentuk persamaan hasil regresi linear yaitu $TLC = 733400 + 211700 DT + P + 0,5006 BM$.

Tabel 4. Tabel total biaya logistik komoditi ekspor rumput laut

DT	THC	LO	P	BM	TLC
1	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 423.922,-	Rp. 1.175.322,-
2	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 847.844,-	Rp. 1.599.244,-
3	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 1.271.765,-	Rp. 2.023.165,-
4	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 1.695.687,-	Rp. 2.447.087,-
5	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 2.119.609,-	Rp. 2.871.009,-
6	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 36.000,-	Rp. 2.543.531,-	Rp. 3.312.931,-
7	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 54.000,-	Rp. 2.967.453,-	Rp. 3.754.853,-
8	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 72.000,-	Rp. 3.391.375,-	Rp. 4.196.775,-
9	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 90.000,-	Rp. 3.815.296,-	Rp. 4.638.696,-
10	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 108.000,-	Rp. 4.239.218,-	Rp. 5.080.618,-
11	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 126.000,-	Rp. 4.663.140,-	Rp. 5.522.540,-
12	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 144.000,-	Rp. 5.087.062,-	Rp. 5.964.462,-
13	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 162.000,-	Rp. 5.510.984,-	Rp. 6.406.384,-
14	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 180.000,-	Rp. 5.934.906,-	Rp. 6.848.306,-
15	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 198.000,-	Rp. 6.358.827,-	Rp. 7.290.227,-



Gambar 2. Hubungan *dwelling time* dengan total biaya logistik komoditi rumput laut (ekspor)

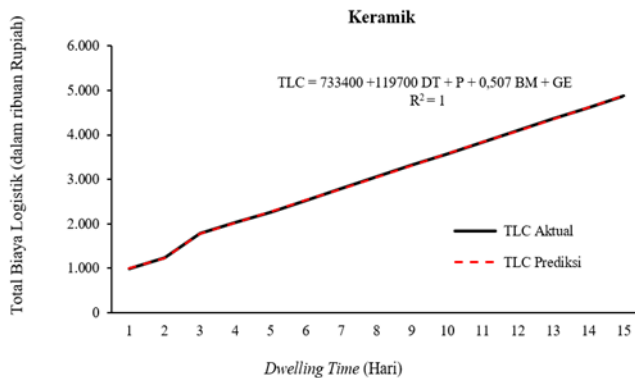
Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi total biaya logistik untuk komoditi impor keramik berdasarkan nilai *dwelling time* di Terminal Petikemas Makassar. Berdasarkan data tersebut, kemudian dilakukan regresi linear menggunakan aplikasi GMDH Shell untuk menguji hubungan antara *dwelling time* dengan total biaya logistik untuk komoditi impor keramik. Hasil regresi linear yang diperoleh menunjukkan nilai korelasi dan besarnya pengaruh *dwelling time* dengan total biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar yaitu sebesar 100%.

Tabel 5. Tabel total biaya logistik komoditi impor keramik

DT	THC	LO	P	GE	BM	TLC
1	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp.	Rp. 242.892,-	Rp. 994.292,-
2	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp.	Rp. 485.784,-	Rp. 1.237.184,-
3	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 728.676,-	Rp. 1.782.876,-
4	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 971.567,-	Rp. 2.025.767,-
5	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 18.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 1.214.351,-	Rp. 2.268.659,-
6	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 36.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 1.457.351,-	Rp. 2.529.551,-
7	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 54.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 1.700.243,-	Rp. 2.790.443,-
8	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 72.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 1.943.135,-	Rp. 3.051.335,-
9	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 90.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 2.186.027,-	Rp. 3.312.227,-
10	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 108.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 2.428.918,-	Rp. 3.573.118,-
11	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 126.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 2.671.810,-	Rp. 3.834.010,-
12	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 144.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 2.914.702,-	Rp. 4.094.902,-
13	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 162.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 3.157.594,-	Rp. 4.355.794,-
14	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 180.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 3.400.486,-	Rp. 4.616.686,-
15	Rp. 623.000,-	Rp. 110.400,-	Rp. 198.000,-	Rp. 302.800,-	Rp. 3.643.378,-	Rp. 4.877.578,-



Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara *dwelling time* dan total biaya logistik komoditi ekspor rumput laut di Terminal Petikemas Makassar dengan bentuk persamaan hasil regresi linear yaitu $TLC = 733400 + 119700 DT + P + 0,507 BM + GE$.



Gambar 3. Hubungan *dwelling time* dengan total biaya logistik komoditi keramik (impor)

4. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan analisa regresi linear dengan software GMDH Shell untuk menjelaskan dan membuat model hubungan pengaruh *dwelling time* dengan biaya logistik dengan *dwelling time* sebagai variabel bebas (X) dan total biaya logistik sebagai variabel terikat (Y). Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *dwelling time* memiliki pengaruh terhadap peningkatan biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar sebesar 100% untuk komoditi ekspor dan impor. Model hubungan antara *dwelling time* dan total biaya logistik di Terminal Petikemas Makassar dapat digambarkan melalui persamaan $TLC = 733400 + 211700 DT + P + 0,5006 BM$ untuk komoditi ekspor dan $TLC = 733400 + 119700 DT + P + 0,507 BM + GE$ untuk komoditi impor. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama *dwelling time* maka semakin mahal biaya logistik yang terjadi di Terminal Petikemas Makassar.

Referensi

- [1] Havenga, Jan, 2010, "Logistic Costs in South Africa-The Case of Macroeconomic Measurement", South African Journal of Economic. Vol. 78.
- [2] Popescu, A. C., & Sipos C., 2014, "Logistic Performance and Economic Development-The Comparison within the European Union", Proceeding of MAC-EMM 2014, ISBN 978-80-905442-8-4.
- [3] The World Bank, ITB, Asosiasi Logistik Indonesia & STC-Group, 2015, "State of Logistics Indonesia 2015", Jakarta.
- [4] 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.
- [5] BAPPENAS, 2015, "Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019".
- [6] Fourgeaud, P., 2000, "Measuring Port Performance", The World Bank Group.
- [7] Sudjatmiko, F. D. C., 2006, "Sitem Angkutan Peti Kemas", Janiku Pustaka, Jakarta.
- [8] Menhub bakal jadikan sulsel pintu gerbang RI diakses di: <https://m.liputan6.com/bisnis/read/3143875/menhub-bakal-jadikan-sulsel-pintu-gerbang-ri/>.
- [9] PT. Terminal Petikemas Makassar, 2017, "Annual Report 2016".
- [10] Karantina ikan lama apiki minta BKIPM percepat layanan diakses di: <https://m.bisnis.com/industri/read/20170127/karantina-ikan-lama-apiki-minta-BKIPM-percepat-layanan>
- [11] Zulganef, 2008, "Metode Penelitian Sosial dan Bisnis", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [12] DITJENHUBLA, "Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut No. HK.103/2/18/DJPL-16 tentang Standar Kinerja Pelayanan Operational Pelabuhan yang diusahakan secara Komersial".
- [13] Sugiyono, 2009, "Metode Penelitian Bisnis", Alfabeta, Bandung.
- [14] Misliah, 2012, "Optimasi Pemanfaatan Lapangan Penumpukan Petikemas di Pelabuhan Indonesia IV ditinjau dari Kepentingan Operator dan Pengguna", Disertasi Pascasarjana UNHAS, Makassar.
- [15] KEMENHUB, "Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 23 Tahun 2017 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 116 Tahun 2016 tentang Pemindahan Barang yang Melewati Batas Waktu Penumpukan (Long Stay) di Pelabuhan Utama Belawan, Pelabuhan Utama Tanjung Priok, Pelabuhan Utama Tanjung Perak dan Pelabuhan Utama Makassar".

