



Hak cipta© 2017, Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT)  
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

ISSN 1411-6243

Penggandaan atau penerjemahan sebagian atau 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](mailto:jpe@unhas.ac.id)  
Website : [www.cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe](http://www.cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe)  
Telp/Fax : (0411) 586015





## 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. Kitano	UPN, Indonesia
Dr. Arifudin Idrus	UGM, Indonesia
Prof. Akirai Imai, Ph.D	Akita University, Japan
Dr. Bambang Priadi	ITB, Indonesia
Prof. Prio Suprobo	ITS, Indonesia
Ir. Ekaputra, M.Eng., Ph.D	UGM, Indonesia
Prof. Gunawan Tjahyono, Ph.D	UI, Indonesia
Dr. Jumain Appe, M.Sc	BPPT, Indonesia
Prof. Sofia W. Alisyahbana	Universitas Bakrie, Indonesia
Prof. Dr. Daniel M. Rosyid	ITS, Indonesia
Prof. Dr. I Ketut B. Aryana	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Adi Maimun	UTM, Malaysia
Prof. Dr. Soenaryo	UI, Indonesia
Prof. Dr.-Ing. Nandy S.J. Putra	UI, Indonesia
Prof. Dr. Imam Reksowardoyo	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Keigo Watanabe	Okayama University, Japan
Prof. Dr. Okamura Mitsu	Ehime University, Japan
Prof. Satrio S. Brodjonegoro	ITB, Indonesia





## **Kata Pengantar Redaksi**

*Assalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.*

Salam hormat,

Tim redaksi Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE) kembali mengucapkan syukur kehadiran Tuhan YME atas kembali terbitnya JPE Volume 21 Nomor 2, bulan November tahun 2017 ini. Terbitan ini merupakan terbitan yang kedua dan yang terakhir untuk tahun 2017. Terbitan ini juga merupakan terbitan kedua yang telah dilengkapi dengan nomor identifikasi unik yang disebut dengan DOI (digital object identifier). Terbitan pertama dari jurnal ini yang telah dilengkapi dengan nomor DOI adalah JPE Vol. 21 No. 1, bulan Mei tahun 2017. Selain itu, pada edisi ini, jumlah makalah yang diproses dengan menggunakan open journal system (OJS) juga semakin banyak. Diharapkan kedepan, semua makalah akan dapat diproses dengan menggunakan OJS tersebut sehingga efektivitas pengelolaan dan kualitas makalah dapat ditingkatkan.

Kami dari tim redaksi terus berbenah dan berusaha meningkatkan kualitas jurnal ini dimasa yang akan datang. Semoga hasil-hasil riset inovatif yang diterbitkan ini bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi serta umat manusia. Kami terutama dari Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT), Fakultas Teknik UNHAS berterima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan telah membantu terbitnya edisi ini.

Salam Hangat

Tim Redaksi





## DAFTAR ISI

<b>Kajian Kelayakan Penempatan <i>Solar Pond</i> sebagai Sumber Energi Terbarukan di Jeneponto</b>	<b>100</b>
<i>Nur Fadliah Baso, Indar Chaerah Gunadin, Yusran</i>	
<b>Efek Penurunan Tahanan Pembumian Tower 150 kV Terhadap Sistem Penyaluran Petir</b>	<b>105</b>
<i>Naomi Lembang, Salama Manjang, Ikhlas Kitta</i>	
<b>Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya</b>	<b>114</b>
<i>Asma Ainuddin, Salama Manjang, Faizal Arya Samman</i>	
<b>Penerapan Mobile GIS pada Peta Panduan Jalur Angkutan Umum Berbasis Android dengan Metode Optimasi Rute <i>Ant Colony Optimization</i></b>	<b>124</b>
<i>Salmiati, Salama Manjang, Ingrid Nurtanio</i>	
<b>Implementasi <i>Progressive Web Application</i> pada Sistem Monitoring Keluhan Sampah Kota Makassar</b>	<b>133</b>
<i>Awal Kurniawan, Intan Sari Areni, Andani Achmad</i>	
<b><i>Ultrasonic Cleaner</i> Berbasis Field Programable Gate Array (FPGA)</b>	<b>138</b>
<i>Achmad Zubair, Andani Achmad, Faizal Arya Samman</i>	
<b>Pengembangan Media Proxy untuk Mendukung Komunikasi <i>Real Time</i> Berbasis Web (WebRTC)</b>	<b>144</b>
<i>Iqra Aswad, Muhammad Niswar, Amil Ahmad Ilham</i>	
<b>Akses Internet di Wilayah Laut dan Kepulauan Menggunakan <i>WiFi Long Range</i></b>	<b>151</b>
<i>Yurika Nantan, Zahir Zainuddin, Wardi</i>	
<b>Simulasi <i>Under-Voltage Load Shedding</i> dengan Masuknya Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin</b>	<b>157</b>
<i>Wisna Saputri Alfira WS, Muhammad Bachtiar Nappu, Ardiaty Arief</i>	
<b>Desain dan Analisis Inverter Tiga Fasa untuk Aplikasi Sistem PLTS Terhubung Grid PLN sebagai Referensi</b>	<b>165</b>
<i>M. Yasin, Faizal Arya Samman, Rhiza S.Sadjud</i>	
<b>Perubahan Pola Permukiman Akibat Akulturasi di Kampung Kuper Kabupaten Merauke</b>	<b>172</b>
<i>Yosi Valentina Simorangkir, Triyatni Martosenjoyo, Mimi Arifin</i>	
<b>Rancangan <i>DC-DC Converter</i> untuk Penguatan Tegangan</b>	<b>177</b>
<i>Herman Buntulayuk, Faizal Arya Samman, Yusran</i>	
<b>Pengembangan Perumahan Produktif Berbasis Wisata di Kawasan Industri Phinisi Kabupaten Bulukumba</b>	<b>182</b>
<i>Andi Ahmad Fauzan Bachtiar, Shirly Wunas, Mimi Arifin</i>	
<b>Desain Perangkat Medis dengan Konsumsi Daya Rendah untuk Mengukur Tanda Vital Pasien</b>	<b>190</b>
<i>Muhammad Nur, Muhammad Niswar, Amil Ahmad Ilham</i>	





# Kajian Kelayakan Penempatan *Solar Pond* sebagai Sumber Energi Terbarukan di Jeneponto

Nur Fadliah Baso\*<sup>1</sup>, Indar Chaerah Gunadin<sup>1</sup>, Yusran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,  
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171

\*Email: nfadliahb@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.01

## Abstrak

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia yang sangat penting karena selain berfungsi dalam penerangan, energi listrik juga sangat berperan dalam berbagai aktivitas manusia lainnya. Dengan seiring waktu, bahan baku pembangkit tenaga listrik dari fosil juga semakin menipis. Sudah selayaknya kebutuhan energi yang memanfaatkan energi fosil berganti menjadi energi terbarukan. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia adalah energi berasal dari energi laut yang dinamakan *solar pond*. Energi dari *solar pond* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu salinitas, temperatur udara dan radiasi matahari. Penelitian ini akan difokuskan untuk mencari potensi *solar pond* di Jeneponto yang memiliki curah matahari cukup besar dan ketersediaan bahan baku air garam yang melimpah. Metode yang digunakan yaitu dengan menganalisa nilai dari model matematis radiasi matahari horizontal harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban relatif, dan tekanan atmosfer selama 22 tahun terakhir yang diselesaikan dengan menggunakan MATLAB. Hasil penelitian ini akan menunjukkan potensi untuk penerapan *solar pond* di Jeneponto yang dapat di aplikasikan di berbagai bidang seperti pembangkit energi listrik, proses pemanasan industri, desalinasi dan pemanasan konversi biomass.

## Abstract

**Feasibility Study of Solar Pond Placement as a Renewable Energy Source in Jeneponto.** Electrical energy is one of the important human needs because in addition to function in lighting, electrical energy also plays important role in various human activities. With times, the raw materials for power generation from fossils also decreases. It is now considered the time to switch to renewable energy. One of the renewable energy utilization with high potency in Indonesia is the energy derived from oceanic energy called Solar Pond. Energy from Solar Pond is highly influenced by several factors including salinity, air temperature and solar radiation. This study will be focused to find potentials of Solar Pond in Jeneponto, a region with fairly high solar radiation intensity and abundant salt water availability. Method used in this study was by analyzing the values of the mathematical model of daily horizontal solar radiation, air temperature, wind speed, relative humidity, and atmospheric pressure for the last 22 years which were finalized using MATLAB. These study findings will indicate the potential for solar pond application in Jeneponto which can be applied in various fields including power generation, industrial heating process, desalination and heating for biomass conversion.

**Kata Kunci :** Energi terbarukan, potensi, solar pond

## 1. Pendahuluan

Wilayah laut Indonesia mempunyai luas tiga kali lebih besar dari luas daratan, namun kegiatan pemanfaatan energi laut belum berkembang. Potensi dari energi laut yang masih belum begitu dikembangkan di Indonesia yaitu sumber energi yang berasal dari *solar pond*. Salah satu cara untuk menangkap energi matahari adalah dengan menggunakan teknologi *solar pond*, dibandingkan dengan yang lainnya, metode penggunaan energi panas matahari untuk

pembangkit tenaga listrik dinilai lebih efisien [1]. *Solar pond* merupakan kolam air garam yang mampu menyimpan radiasi matahari dan energi panas untuk selang waktu yang lama [2]. *Solar pond* telah diusulkan sebagai teknologi yang sederhana dan ekonomis dalam mengumpulkan dan menyimpan energi panas dalam skala besar [3]. Umumnya *solar pond* memiliki luas 2000 m<sup>2</sup> sampai 250.000 m<sup>2</sup> dengan kedalaman 4 m. Penerapan *solar pond* dapat di aplikasikan di berbagai bidang seperti pembangkit energi



listrik, proses pemanasan industri, desalinasi dan pemanasan konversi biomass.

Untuk pembangkit tenaga listrik, teknologi ini sudah lama di gunakan di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Israel dan Australia. Di Amerika Serikat memiliki *El Paso solar pond* yang beroperasi pada tahun 1986 dengan luas 3200 m<sup>2</sup> yang menghasilkan 70 kW. Di Israel memiliki *Beit Haarava solar pond* beroperasi pada tahun 1987 dengan luas 250.000 m<sup>2</sup> yang menghasilkan 5 MW. Di Australia memiliki *Alice Spring pond* yang beroperasi pada tahun 1983 dengan luas 2000 m<sup>2</sup> yang menghasilkan 20 kW.

Sedangkan untuk proses pemanasan industri di India memiliki *Bhuj solar pond* yang beroperasi pada tahun 1993 dengan luas 6000 m<sup>2</sup> yang menyuplai 80.000 liter air panas per hari. Pemanfaatan energi yang berasal dari *solar pond* tentunya merupakan aset jangka panjang di Indonesia.

Pada penelitian ini penulis melakukan analisa tentang data rata-rata; radiasi matahari horizontal harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban relatif, dan tekanan atmosfer selama 22 tahun terakhir yang bersumber dari situs web NASA. Data yang diperoleh kemudian diolah lagi untuk mendapatkan nilai temperatur *storage zone* (LCZ) pada *solar pond*. Pemanfaatan energi panas LCZ dilakukan setelah temperatur pada LCZ telah mencapai temperatur 70 °C. Nilai temperatur ini yang kemudian dapat digunakan diberbagai bidang seperti pembangkit tenaga listrik, proses pemanasan industri, desalinasi dan pemanasan konversi biomass. Teknologi ini sangat di usulkan untuk daerah-daerah tropis yang berada di pesisir pantai karena selain praktis, teknologi ini juga merupakan teknologi yang murah dan ramah lingkungan. Dari pertimbangan tersebut sehingga penulis memilih daerah Jeneponto di Sulawesi Selatan untuk melakukan riset penelitian.

Struktur penulisan penelitian ini terbagi atas beberapa bagian. Pada bagian pertama membahas tentang pendahuluan, bagian kedua menjelaskan tentang teori dasar *solar pond*, bagian ketiga membahas tentang metodologi penelitian, bagian keempat menjabarkan hasil

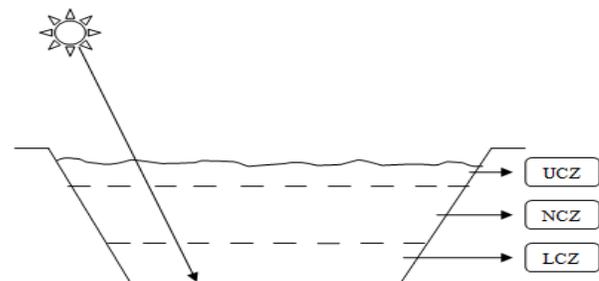
dan pembahasan, dan bagian kelima menyimpulkan inti dari hasil penelitian dari penelitian yang telah dilakukan.

## 2. Solar Pond

*Solar pond* merupakan kolam air garam yang berfungsi untuk mengumpulkan energi panas matahari yang akan dikonversikan lagi kedalam bentuk energi listrik. Teknologi ini merupakan teknologi mendasar dan sangat mudah digunakan dengan lahan yang cukup dan desain yang tepat. Ukurannya pun bervariasi tergantung dari kebutuhannya.

Pada dasarnya air dibawah terik matahari dapat menyerap panas matahari secara alami. Ketika energi panas matahari masuk kedalam air, air akan menjadi panas dan bagian air yang panas densitasnya akan turun karena terjadi pemuaian pada air sehingga air yang panas akan naik ke permukaan dan air yang lebih dingin akan berada didasar. Akibat adanya kontak antara air panas dan udara permukaan terjadi pelepasan kalor secara konduksi dan konveksi pada air panas sehingga kalor pada air terbang sia-sia.

Agar panas didalam air tadi tidak terbang sia-sia maka dimasukkan garam kedalam air. Ketika air yang diberi garam dipanaskan, garam mudah larut didalam air sehingga air panas yang tadinya ringan menjadi lebih berat karena larutan garam membuat densitas air menjadi lebih berat dan air yang lebih dingin naik ke permukaan karena lebih ringan.



Gambar 1. Pemodelan layer *solar pond*

Dalam pemodelan layer *solar pond*, terbagi atas 3 bagian yaitu :

- a. *Upper Convective Zone* (UCZ) / *Upper Zone* memiliki kedalaman 0,3 – 0,5 m, menerima radiasi matahari secara langsung, memiliki

salinitas dan temperatur rendah yang merata pada seluruh kedalamannya.

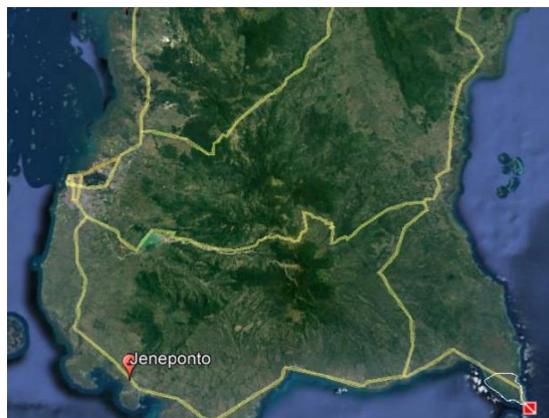
- b. *Non-Convective Zone (NCZ) / Gradient Zone* memiliki kedalaman 1 - 1,5 m, memiliki distribusi salinitas dan temperatur yang bervariasi sebagai fungsi kedalaman. Semakin meningkat kedalaman pada NCZ semakin besar nilai salinitas dan temperturnya.
- c. *Lower Convective Zone (LCZ) / Storage Zone* memiliki kedalaman 1,5 - 2 m, memiliki nilai salinitas dan temperatur yang konstan serta merata pada seluruh kedalamannya. Daerah ini berfungsi sebagai zona penyimpanan panas dari *solar pond*, dimana temperatur LCZ dapat dimanfaatkan sesuai keperluannya.

Energi yang dihasilkan *solar pond* sangat tergantung pada salinitas, temperatur udara dan juga radiasi matahari.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Studi Area

Pemilihan wilayah berada di Sulawesi Selatan yakni Jeneponto pada lintang 5°35'17.5"S 119°33'53.9"E karena daerah tersebut merupakan daerah penghasil garam dan memiliki potensi panas untuk dieksplorasi. Salinitas merupakan salah satu parameter penting yang berfungsi untuk menangkap panas dalam *solar pond*. Semakin tinggi nilai salinitas dalam *solar pond* maka semakin besar panas yang dihasilkan [4, 5]. Pada Gambar 2 menunjukkan peta daerah Jeneponto di Sulawesi Selatan.



Gambar 2. Peta daerah jeneponto.

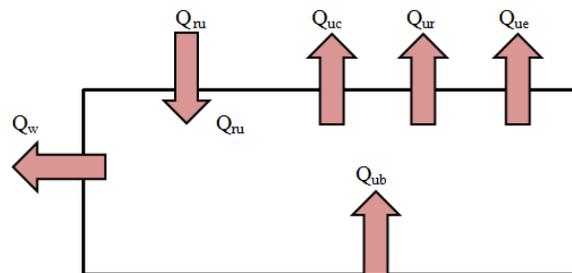
Sumber data diperoleh dari situs web NASA yang merekam data rata-rata; radiasi matahari horizontal harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban relatif, dan tekanan atmosfer selama 22 tahun terakhir [6]. Data yang diperoleh kemudian diolah lagi untuk mendapatkan nilai temperatur *storage zone* dalam *solar pond*.

Tabel 1. Nilai parameter di jeneponto

Bulan	Radiasi Matahari Harian (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Temperatur Udara (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Relatif (%)	Tekanan Atmosfir (kPa)
Januari	4.57	26.4	4.36	81.1	100
Februari	4.84	26.3	4.43	80.3	100
Maret	5.75	26.4	3.29	81.5	100
April	5.91	26.6	3.36	80.9	100
Mei	5.97	26.6	4.76	79.4	100
Juni	5.67	26.1	5.46	79.0	100
Juli	5.95	25.7	5.92	76.6	100
Agustus	6.70	25.8	6.09	72.7	100
September	7.22	26.3	5.59	71.5	100
Oktober	7.05	26.7	4.25	73.7	100
November	6.09	26.7	3.09	78.6	100
Desember	4.75	26.5	3.46	80.4	100

#### 3.2 Model Matematis

Rugi panas merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi kinerja *solar pond*. Rugi panas dapat termasuk rugi konvektif, rugi radiasi, penguapan dan rugi sisi [7]. Pada Gambar 3 menunjukkan keseimbangan panas di *upper zone*.



Gambar 3. Keseimbangan panas di *upper zone*

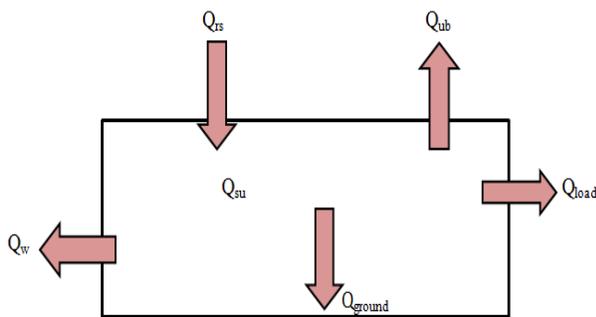
Persamaan untuk keseimbangan panas pada *upper zone* dapat ditulis sebagai :

$$\rho_u C_{pu} A_u X_u \frac{dT_u}{dt} = Q_{ru} + Q_{ub} - Q_{uc} - Q_{ur} - Q_{ue} - Q_w \quad (1)$$

Sisi kiri persamaan (1) mewakili akumulasi panas di zona konvektif bagian atas. Untuk sisi kanan persamaan,  $Q_w$  adalah rugi panas melalui dinding kolam. Dalam penelitian ini  $Q_w = 0$  (misalkan tembok itu terisolasi dengan baik) [8]. Persamaan (1) yang mewakili konservasi energi di UCZ dapat ditulis ulang sebagai:

$$\rho_u C_{pu} A_u X_u \frac{dT_u}{dt} = A_u \left[ Q_{rs} + \frac{[T_s - T_u]}{\frac{1}{h_1} + \frac{X_{NCZ}}{K_w} + \frac{1}{h_2}} - \left\{ (5.7 + 3.8v)[T_u - T_a] \right\} - 4.708 \times 10^{-8} \{ T_u^4 - [0.0552(T_a)1.5]4 \} - \left[ \lambda h_c (P_u - P_a) / [(1.6c_s P_{am})] \right] \right] \quad (2)$$

Rugi panas yang terjadi di *storage zone* berasal dari perpindahan panas secara konduksi. Isolasi yang tepat dapat digunakan untuk sisi samping dan bagian bawah *storage zone* guna memperbaiki kinerja *storage zone*. *Gradient zone* juga dapat mempengaruhi kinerja dengan menghalangi hilangnya panas ke atas dari *storage zone* ke *upper zone*. Pada Gambar 4 menunjukkan keseimbangan panas di *storage zone*.



Gambar 4. Keseimbangan panas di *storage zone*

Persamaan untuk keseimbangan panas pada *storage zone* dapat ditulis sebagai :

$$\rho_l C_{pl} Al Xl \frac{dT_s}{dt} = Q_{rs} - Q_{ub} - Q_{ground} - Q_{load} - Q_w \quad (3)$$

Hal ini diasumsikan bahwa pemanasan pada *solar pond* dimulai dengan tidak ada beban  $Q_{load} = 0$ . Sebagai tambahan, diasumsikan bahwa  $Q_w = 0$ . Persamaan (3) yang mewakili konservasi energi di LCZ dapat ditulis ulang sebagai:

$$\rho_l C_{pl} Al Xl \frac{dT_s}{dt} = A_l \left[ Q_{rs} - \frac{[T_s - T_u]}{\frac{1}{h_1} + \frac{X_{NCZ}}{K_w} + \frac{1}{h_2}} - \frac{A_b [T_s - T_g]}{\frac{1}{h_3} + \frac{X_g}{K_g} + \frac{1}{h_4}} \right] \quad (4)$$

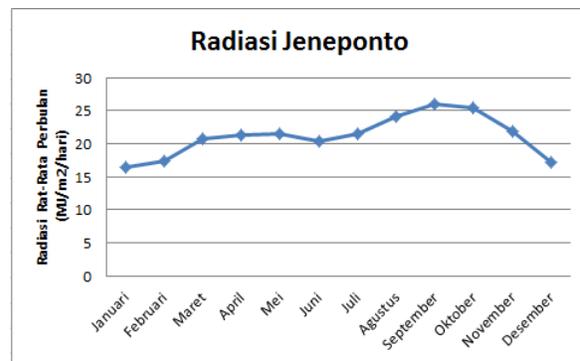
Rincian lebih lanjut untuk setiap parameter dalam Persamaan (2) dan Persamaan (4) diberikan oleh Jerome, Ahmed, Wongsakorn [7] dan Assad, Hazim, Alasdir [8].

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data NASA, Jenepono memiliki radiasi yang baik. Dari pengamatan yang dilakukan maka data radiasi di Jenepono dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Data radiasi jenepono

Bulan	Radiasi Jenepono (MJ/m <sup>2</sup> /hari)
Januari	16.452
Februari	17.424
Maret	20.700
April	21.276
Mei	21.492
Juni	20.412
Juli	21.420
Agustus	24.120
September	25.992
Oktober	25.380
November	21.924
Desember	17.100



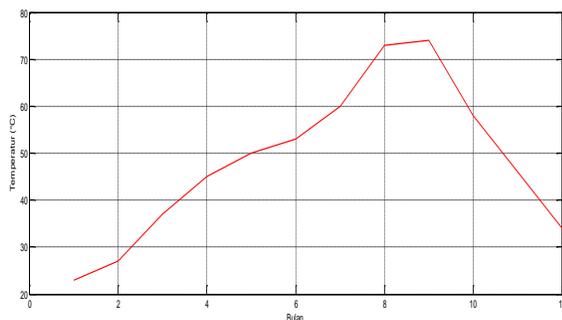
Gambar 5. Grafik radiasi di jenepono



Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada daerah Jeneponto memiliki nilai radiasi paling tinggi di bulan September yaitu mencapai 25.992 MJ/m<sup>2</sup>/hari dan nilai radiasi paling rendah di bulan Januari yaitu mencapai 16.452 MJ/m<sup>2</sup>/hari.

Persamaan (2) dan (4) telah diselesaikan dengan menggunakan MATLAB. Persamaan (2) dan (4) dapat dipecahkan tergantung pada nilai awal dari temperatur yang tidak diketahui  $T_u$  dan  $T_s$ . Nilai awal ini berbeda dengan lokasi kolam dan waktu dari tahun ketika *solar pond* mulai bekerja. Nilai konstanta yang digunakan dalam model adalah sebagai berikut;  $\rho_u = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_l = 1200 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_{pu} = 4180 \text{ J/kg K}$ ,  $c_{pl} = 3300 \text{ J/kg K}$ ,  $A_u = A_l = A_b = 1 \text{ m}^2$ ,  $h_1 = 56.58$ ,  $h_2 = 48.279$ ,  $h_3 = 78.12$ ,  $h_4 = 185$  (dengan satuan nilai W/m<sup>2</sup> K) dan  $k_w = 0.596 \text{ W/m K}$ ,  $T_g = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Untuk nilai  $x_g$  and  $k_g$  tergantung pada sifat tanah dibawah kolam [8].

Pada Gambar 6 menunjukkan temperatur *storage zone* selama setahun di daerah Jeneponto.



**Gambar 6. Grafik temperatur *storage zone* di jeneponto**

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa temperatur maksimum pada *storage zone* (LCZ) untuk daerah Jeneponto berada di bulan Agustus sampai September yang berkisar 73 °C sampai 74 °C. Sedangkan suhu minimum pada *storage zone* (LCZ) berada di bulan Januari sampai Februari yang berkisar antara 23 °C sampai 27 °C. Dengan suhu *storage zone* (LCZ) yang berada diatas 70 °C maka *solar pond* tersebut sudah bisa digunakan sesuai pemanfaatannya.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini menyoroti lokasi di Sulawesi Selatan tepatnya di Jeneponto yang merupakan

daerah penghasil garam dan memiliki potensi panas untuk dieksplorasi. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa daerah Jeneponto memiliki potensi yang baik sebagai penempatan dari *solar pond*. Jeneponto memiliki nilai rata-rata maksimum *irradiance* 25.992 MJ/m<sup>2</sup>/hari dan suhu pada *storage zone* mencapai 74°C. Dengan demikian panas yang dihasilkan tersebut dapat digunakan di berbagai bidang seperti pembangkit energi listrik, proses pemanasan industri, desalinasi dan pemanasan konversi biomass.

## Referensi

- [1] Ahmad Aizaz, Rizwan Yousaf. *Construction and Analysis of a Salt Gradien Solar Pond for Hot Water Supply*, European Scientific Journal Edition, Vol. 9, No. 36, 2013.
- [2] Khaterin I, Bambang I. W, Ridho H. M, M. Awan E. S. *Studi Pemanfaatan Closed Cycle Salt Gradien Solar Pond (CCSGSP) untuk Pembangkit Listrik di Pesisir Kabupaten Gresik*, Institut Teknologi Sepuluh November, 2013.
- [3] Jerome Godwin Egbe, Ahmed Hasan Khan, Wongsakorn Wisatesajja. *Design of Solar Pond calculation and Technique in Africa*, IOSR-JMCE Vol. 6, pp. 22-32. 2013.
- [4] Sura Tundee, Narong Srihajong, Suparerak Charmongkolpradit. *Electric Power Generation from Solar Pond Using Combination of Thermosyphon and Thermoelectric Modules*. ScienceDirect Publisher. Energy Procedia 48, pp. 453-463. 2014.
- [5] M. M. O Dah, M. Ouni, A. Guizani, A. Belghith. *Study of Temperature and Salinity Profiles Development of Solar Pond in Laboratory*, ScienceDirect Publisher. Desalination 183, pp. 179-185. 2005.
- [6] NASA, "Data NASA untuk Kabupaten Jeneponto" [diunduh 14 Agustus 2017] melalui [https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=300085&lat=-5.588&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=w\\_wongsakorn@hotmail.com&p=grid\\_id&p=swdwncook&p=swv\\_dwn&p=T10M&p=TSKIN&p=wspd50m&p=RH10M&p=PS&step=2&lon=119.565](https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=300085&lat=-5.588&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=w_wongsakorn@hotmail.com&p=grid_id&p=swdwncook&p=swv_dwn&p=T10M&p=TSKIN&p=wspd50m&p=RH10M&p=PS&step=2&lon=119.565).
- [7] Assad H. Sayer, Hazim Al-Hussaini, Alasdir N. Campbell. *New Theoretical Modelling of Heat Transfer in Solar Pond*. ScienceDirect Publisher. Solar Energy 125, pp. 207-218, 2016.
- [8] Safwan Kanan, Jonathan Dewsbury, Gregory F. Lane-Serfff, Muhammad Asim. *The Effect of Ground Conditions Under a Solar Pond on the Performance of a Solar Air-Conditioning System*. ScienceDirect Publisher. Energy Procedia 91, pp. 777-784, 2016.



# Efek Penurunan Tahanan Pembumian Tower 150 kV Terhadap Sistem Penyaluran Petir

Naomi Lembang\*<sup>1</sup>, Salama Manjang<sup>1</sup>, Ikhlas Kitta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: naomi\_lembang@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.02

## Abstrak

Telah terjadi gangguan di sistem transmisi SULSELBAR mengakibatkan terjadinya *black out* pada hari Selasa 19 Januari 2016 pukul 14.13 WITA. Gangguan tersebut terjadi bersamaan dengan hujan dan angin kencang disertai petir yang begitu keras menyebabkan lepasnya beban sebesar 746 MW menimbulkan kerugian PLN sebesar Rp. 8.355.200.000. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa dampak terjadinya *back flashover* yang mempengaruhi jaringan 150 kV akibat surja petir di lingkungan tropis, mengetahui dan menganalisa besar tegangan impuls di jaringan transmisi 150 kV akibat *back flashover*, dan mengetahui solusi yang paling efektif mengurangi surja petir. Dari hasil penelitian ini efek nilai pentanahan akibat sambaran petir di sistem jaringan transmisi 150 kV khususnya di sepanjang line transmisi GI Sungguminasa – GI Tallasa berdampak pada kerusakan peralatan gardu induk dan pemadaman meluas. Untuk menganalisis hal tersebut digunakan metode simulasi ATPdraw, metode gelombang berjalan dan metode paralelisasi guna menemukan dampak *back flashover* pada setiap nilai pentanahan tower. Respon terhadap nilai pentanahan tiap tower, terdapat 41 tower berdampak terjadi loncatan api balik sudah melebihi BIL isolator. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan nilai pentanahan metode paralelisasi menggunakan tembaga penambahan arang dan garam dapat mereduksi besarnya nilai pentanahan senilai 0,78 ohm, dapat mempengaruhi kestabilan sistem saat terjadi sambaran petir.

## Abstract

**The Effect of Grounding Resistance Decrease of 150 kV Tower due to Lightning.** There has been a disturbance in the transmission system SULSELBAR resulted in the black out on Tuesday, January 19, 2016 at 14:13 WITA. The disruption occurred along with the rain and strong winds accompanied by lightning so loud that the burden of 746 MW caused PLN losses of Rp. 8,355,200,000. This study aims to determine and analyze the impact of back flashover affecting 150 kV network due to lightning surge in tropical environment, to know and analyze the impulse voltage in 150 kV transmission due to back flashover, and to know the most effective solution to reduce lightning surge. From the results of this study the effect of the grounding value due to lightning strikes in the transmission network system of 150 Kv especially along the transmission line GI Sungguminasa - GI Tallasa affect the damage of substation equipment and widespread black out. To analyse the metter, ATPdraw simulation method, current wave method, and parallelization method were used to find out the back flashover impact of every tower grounding value. Response to the grounding value of every tower. There are 41 towers affected by the fire flip having exceeded BIL isolator. The research result indicates that the grounding value decrease of the parallelization method using the charcoal additional copper and salt can reduce the grounding value magnitude of 0.78 ohm and can influence the system stability during the lightning strike occurrence.

**Kata Kunci:** ATPdraw, *back flashover*, gelombang berjalan, metode paralelisasi, pentanahan

## 1. Pendahuluan

Sambaran petir merupakan ancaman yang sangat serius dalam sistem tenaga listrik di mana jaringannya tersebar luas gangguan bagi transmisi yang mengakibatkan kerugian besar pada penyedia layanan kelistrikan [1]. Pada

jaringan saluran transmisi 150 kV, gardu induk Indonesia terdapat permasalahan kerusakan peralatan akibat sambaran petir yang langsung menyambar kawat tanah dan menara. Pada saat tegangan melebihi atau sama dengan tegangan batas kristis lompatan api pada isolator sehingga terjadi fenomena BFO (*Back Flash Over*).



Sehingga menimbulkan bentuk gelombang impuls karena naiknya tegangan pada jaringan transmisi sampai ke ujung jaringan pada gardu induk yang dapat merusak isolasi. Oleh karena itu yang perlu dilakukan adalah penelitian tentang kinerja jaringan transmisi 150 kV akibat sambaran petir menggunakan ATPDraw. ATP telah digunakan untuk mempelajari kinerja jalur transmisi petir [2]. Untuk memperoleh profil tegangan akibat tegangan lebih atau sama dari batas kritis lompatan api pada isolator, atau hasil arus menggunakan perangkat ATPDraw, hasil kondisi titik BFO yang terjadi pada suatu menara transmisi 150 kV Sungguminasa-Tallasa dan menggunakan teori gelombang berjalan untuk menghitung gangguan kilat pada menara, yaitu gangguan karena lompatan api balik (*back flashover*). Karena pantulan gelombang berjalan yang terbentuk oleh sambaran petir, di mana pantulan dari dasar menara akan tiba lebih cepat di menara atas kemudian refleksi dari menara yang berdekatan [3].

Agar mengurangi kemungkinan terjadinya pemadaman dan kerusakan peralatan transmisi akibat BFO, maka dilakukan dengan cara menurunkan nilai pentanahan yang kondisi ketahanannya dalam waktu jangka panjang. Dilakukan pada titik terjadinya BFO pada menara transmisi Sungguminasa-Tallasa.

Untuk menurunkan nilai pentanahan maka digunakan batangan tembaga pentanahan (*arde*) dengan ditanahkan di bawah permukaan tanah sedalam 4.20 meter dengan metode paralelisasi dekat tiang menara dan penambahan NaCl+C (garam+arang) dengan mengukur pentanahan menggunakan metode paralelisasi. penghubung konduktor Sistem grounding dari saluran listrik ke air garam bisa mengurangi secara simultan *grounding impedance*. Kenaikan tegangan melebihi batas keamanan bisa dikembangkan sebuah kontra terus-menerus, terhubung ke air asin bisa menstabilkan potensial profil [4].

Perbandingan penambahan garam dan bentonit terhadap nilai pentanahan menggunakan tipe rod untuk menurunkan nilai pentanahan [5].

Sehingga hasil pengaruh besaran pembumian ini kedepannya diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk mengurangi

kerusakan peralatan saluran transmisi pada gardu induk 150 kV akibat dari sambaran surja petir.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Tegangan Impuls

Tegangan impuls di definisikan sebagai suatu gelombang yang berbentuk eksponensial ganda yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$(t) = V_0 e^{-at} - e^{-bt} \quad (1)$$

Di sisi lain, sekitar 30 m dari dasar menara (yaitu terkonsentrasi sistem grounding menara), impedansi *grounding* menara hanya menunjukkan ketergantungan saat ini, yang dapat dimodelkan sesuai dengan pedoman yang diberikan [6] dan diterapkan pada perangkat lunak EMTP-ATP Paket dengan menggunakan model bahasa.

Model analisa sambaran petir line transmisi 150 kV disimulasikan dengan menggunakan *software* ATPDraw. Pemodelan line transmisi yang digunakan pada simulasi ini adalah dengan menggunakan data historikal gangguan sambaran petir yang pernah terjadi pada saluran transmisi 150 kV khususnya di line transmisi GI Sungguminasa dan GI Tallasa pada tanggal 19 Januari 2016.

Saluran transmisi sistem kelistrikan khususnya di Tragi Bulukumba membawahi GI Sungguminasa, GI Takalar, GI Jeneponto dan GI Bulukumba yang terinterkoneksi terletak di jalur antara laut dan gunung yang memiliki banyak awan cumulonimbus yang menghasilkan petir. tulisan ini menyajikan analisis sensitivitas petir kinerja transmisi dengan menggunakan ATP [7].

Sumber tegangan dimodelkan oleh ATP model AC3ph (sumber 3 fasa). Sumber tegangan AC dalam *software* ATPDraw digunakan puncak amplitudo sistem tegangan [8]. Pemodelan sumber tegangan AC dapat dilakukan dengan mengkonversi sistem tegangan 150 kV<sub>L-L</sub>(RMS) ke puncak tegangan  $V_{peak} = \sqrt{2} / \sqrt{3} \times V_{L-L}(RMS)$ .

Transformator dimodelkan oleh komponen trafo *ideal* 3 fasa dengan perbandingan tegangan primer dan sekunder 150 kV/20 kV = 7,5. Sesuai yang terpasang di lapangan, grup transformator



Yy Beban 20 kV yang terhubung ke masing-masing trafo dimodelkan dalam software ATPDraw menggunakan komponen RLCY3. Berikut ini adalah rata-rata presentase beban setiap tranformator yang terpasang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Kapasitas dan beban transformator terpasang pada line transmisi tragi Bulukumba**

No.	Gardu Induk	Kapasitas Terpasang (MVA)	Beban %
1	Sungguminasa	60	46
2	Tallasa	20	12
3		30	16
4		20	8
5	Jeneponto	30	12
6	Bulukumba	20	17
7		30	26

Beban pada simulasi ini dimodelkan dengan menggunakan komponen RLCY3 dengan menggunakan Persamaan:

$$R = \sqrt{3} \frac{V^2}{P} \tag{2}$$

$$L = \sqrt{3} \frac{V^2}{(2\pi fQ)} \tag{3}$$

### 2.2. Tegangan pada gangguan (BFO)

Sambaran pada kawat tanah atau menara menyebabkan terjadinya kenaikan tegangan yang dapat menyebabkan terjadinya BFO (*Back Flashover*) pada isolator tower, dengan Persamaan:

$$V_L = i \times R\epsilon + L \frac{di}{dt} + V_M \tag{4}$$

### 2.3. Gangguan kilat pada menara

Untuk menghitung gangguan kilat pada menara, yaitu gangguan karena lompatan api balik (*back flashover*), digunakan teori gelombang berjalan, dengan Persamaan (9):

### 2.4. Menghitung kemungkinan jumlah lompatan api

$$V_{50\%} \mu \det = \left( K_1 + \frac{K_2}{\epsilon 0.75} \right) \times 10^3 k \tag{5}$$

Menghitung Impedansi Surja Kawat Tanah dan Faktor Gandengan Radius korona kawat tanah :

$$R \ln \left( \frac{2h}{R} \right) = \frac{V}{E_o} \tag{6}$$

### 2.5. Impedansi surja satu kawat tanah :

$$Z_{11} = Z_{22} = 60 \sqrt{\ln \frac{2h}{r} \ln \frac{2h}{R}} \tag{7}$$

Koefisien pantulan pada dasar menara untuk R

$$d = \frac{R - Z_t}{R + Z_t} \tag{8}$$

**Tabel 2. Salah satu data tower dan resistansi pentanahan pada tragi Bulukumba GI Sugguminasa – GI Tallasa**

No	Tower	Pentanahan (Ohm) = Rε
1	T. 39	5.4
2	T. 40	5.3
3	T. 46	4.6
4	T. 112	0.8
5	T. 114	0.6
6	T.113	0.4

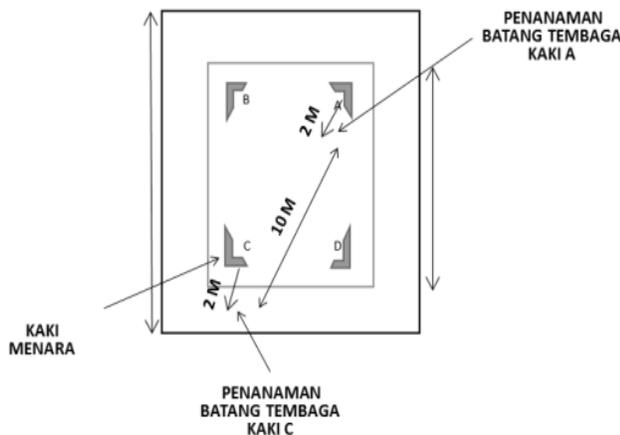
### 2.6. Tegangan pada isolator

Perhitungan ini dilakukan untuk semua besar arus kilat yaitu 60 kA dan muka gelombang kilat yang diberikan 1μ.

$$V_i = e_o \left\{ (1 - K)T + d \left[ \left\{ T - 2 \left( \frac{h_t}{c} - \frac{x_1}{c} \right) \right\} + (b - Ka) \left( T - \frac{2h_t}{c} \right) \right] + d^2 b \left[ \left\{ T - 2 \left( \frac{2h_t}{c} - \frac{x_1}{c} \right) \right\} + (b - Ka) \left( T - \frac{2h_t}{c} \right) \right] + d^3 b \left[ \left\{ T - 2 \left( \frac{3h_t}{c} - \frac{x_1}{c} \right) \right\} + (b - Ka) \left( T - \frac{6h_t}{c} \right) \right] \right\} \tag{9}$$



Implementasi sistem pentanahan ini dilakukan pada tower SUTT 150 kV antara gardu Sungguminasa dengan gardu induk Tallasa tepatnya pada tower 39 yang berlokasi kecamatan Pallangga yang dilaksanakan pada tanggal 4 Mei 2017. Dalam implementasi sistem paralelisasi pentanahan ini menanam 2 batang tembaga pada jarak 2 meter dari masing- masing kaki tower A dan C dengan penambahan arang dan garam. Pemberian arang dan garam diturunkan bertahap seperti terlihat pada Gambar 1 di lakukan pengukuran paralelisasi.



Gambar 1. Konstruksi pentanahan menara transmisi 150 kV (tampak atas)

Tahanan kaki menara 10 Ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pengetanahan (*ground rod*) dan atau sistem *counterpoise*. Penambahan *counterpoise* dikombinasikan dengan efek air laut yang dapat membantu mengurangi kenaikan tegangan serta meningkat tahanan pentanahan di masing- masing menara [10]. Pemilihan penggunaan batang pengetanahan dan/atau sistem *counterpoise* tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara transmisi tersebut berada. Menggunakan satu batang pengetanahan tahanan kaki menara dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut [11] :

$$R = \left( \frac{\rho}{2\pi L} \right) \ln \left( \frac{2L}{d} \right) - 1 \quad (10)$$

Pengukuran 2 Batang Konduktor Tembaga Dengan Model Paralelisasi Harga A adalah kelipatan batang pengtanahan, dua batang diletakkan di mana saja. di beri garam, ke tiga beri [11].

$$A = \sqrt{ar} \quad (11)$$

Jenis-jenis tanah.

Tabel 3. Tahanan jenis tanah

No	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah Rawa	10 s.d. 40
2	Tanah liat dan lading	20 s.d. 100
3	Pasir basah	50 s.d 200
4	Kerikil basah	200 s.d. 3000
5	Pasir dan kerikil kering	<10.000
6	Tanah berbatu	2000 s.d. 3000
7	Air laut dan tawar	10 s.d. 100

Sumber : PUIL, 2000

### 3. Hasil dan Pembahasan

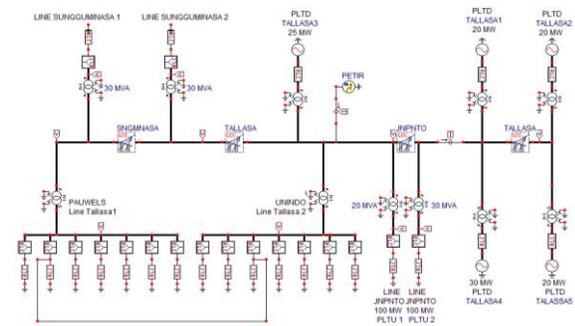
#### 3.1. Hasil Penelitian

Dalam analisis BFOR, perhatian khusus diberikan pada pengaruh yang berasal dari karakteristik penyatuan isolator *flashover* dan statistik petir. Model dapat diterapkan ke saluran transmisi secara keseluruhan atau sebagian dari propertinya, misalnya Beberapa menara pertama yang berasal dari gardu induk atau beberapa menara yang melintasi tebing gunung [12]. Model analisa disaluran transmisi 150 kV khususnya di sepanjang line transmisi terdapat 81 tower berjarak 26,43 km pada GI Sungguminasa dan GI Tallasa. Pemodelan single diagram Tragi Bulukumba pada ATPDraw. Tabel 4 adalah Hasil Perhitungan Kapasitas Trafo pada Line Transmisi Sungguminasa –Tallasa

Tabel 4. Kapasitas trafo yang terpasang pada gardu induk

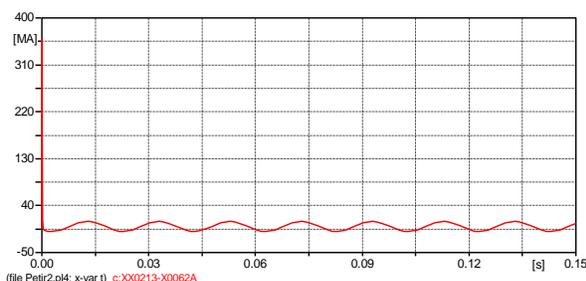
No	S (MVA)	P (MW)	Q (MVAR)	R (Ohm)	L (mH)
1	46	37	27,72	18,745	79,597
2	12	10	7,44	69,841	296,564
3	16	13	9,54	54,467	231,282
4	8	7	5,04	103,098	437,785
5	12	9	7,02	74,019	314,307
6	17	14	10,44	49,772	211,344
	26	20	15,3	33,962	144,211

- **Pemodelan single diagram Tragi Bulukumba yang menghubungkan GI Sungguminasa – GI Tallasa**



Gambar 2. Model simulasi single diagram tragi Bulukumba yang menghubungkan GI Sungguminasa – GI Tallasa setelah terjadi sambaran petir

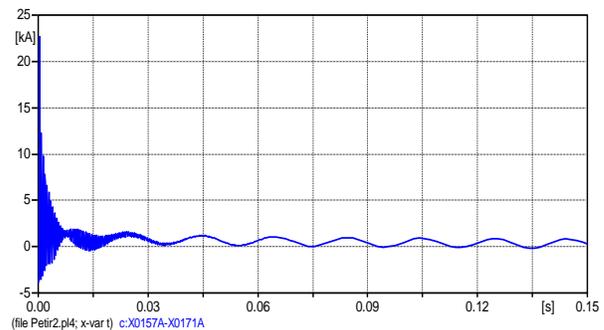
Bentuk hasil simulasi gelombang waktu muka dan waktu ekor petir adalah 0.15 s atau 1/50  $\mu$ s. nilai arus puncak petir mencapai 359,89 MA, sehingga terjadi gangguan pada sistem kelistrikan yang mengakibatkan timbulnya tegangan impuls pada busbar dan *back flash over* (BFO), Kinerja *backflashover* diperkirakan dengan beberapa model *flashover*. Mereka tampil berbeda tergantung pada bentuk gelombang petir dan menara yang diteliti [13].



Gambar 3. Model Dari Arus Petir Tipe Heidler

- **Analisis dampak terjadinya *back flashover* (BFO) yang mempengaruhi saluran transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa akibat sambaran petir**

Dari hasil simulasi untuk arus pada Saluran Transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa adalah sebesar 22,65 kA dan bentuk gelombang dalam waktu  $T = 50 \mu$ s.



Gambar 4. Arus pada sistem kelistrikan line tragi Bulukumba

Tabel 5 merupakan data tower dan resistansi pentanahan pada tragi Bulukumba membawahi GI Sungguminasa, GI Takalar, GI Jeneponto dan GI Bulukumba yang terinterkoneksi terdapat beberapa tower yang mempunyai nilai resistansi pentanahan yang besar sehingga dapat berdampak terjadinya (BFO) Analisis dampak terjadinya BFO di dapatkan hasil peling tertinggi yaitu 1042,31 kV berada pada tower 39.

Tabel 5. Data tower dan besar resistansi pentanahan yang mengakibatkan terjadinya BFO

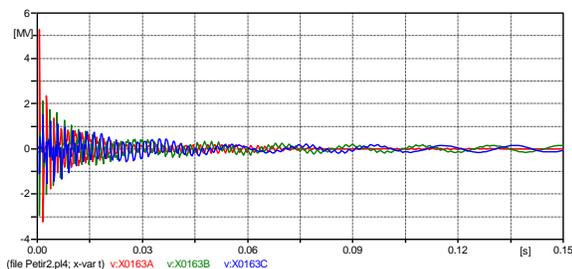
No	Tower	Pentanahan (Ohm) = $R_{\epsilon}$	Hasil Pengukuran (kV)
1	T.38	5.2	1037.78
2	T.39	5.4	1042.31
3	T.40	5.3	1040.05
4	T.41	5	1033.25
5	T.42	5	1033.25
6	T.43	5.2	1037.78
7	T.44	4.2	1015.13
8	T.45	4.4	1019.66
9	T.46	4.6	1024.19
10	T.47	4.6	1024.19
11	T.48	4.4	1019.66
12	T.49	4.4	1019.66
13	T.50	3.6	1001.54
14	T.51	3.6	1001.54
15	T.52	3.8	1006.07



No	Tower	Pentanahan (Ohm) = Rε	Hasil Pengukuran (kV)
16	T.53	3.6	1001.54
17	T.60	3.6	1001.54
18	T.61	3.6	1001.54
19	T.62	3.8	1006.07
20	T.64	3.8	1006.07
21	T.65	3.8	1006.07
22	T.66	3.6	1001.54
23	T.68	3.6	1001.54
24	T.69	4.6	1024.19
25	T.70	4.6	1024.19
26	T.71	4.2	1015.13
27	T.72	4	1010.60
28	T.73	3.8	1006.07
29	T.74	3.8	1006.07
30	T.75	3.8	1006.07
31	T.76	4	1010.60
32	T.77	4.2	1015.13
33	T.78	3.8	1006.07
34	T.79	4.8	1028.72
35	T.80	4.6	1024.19
36	T.81	4.2	1015.13
37	T.82	4	1010.60
38	T.90	3.6	1001.54
39	T.93	3.6	1001.54
40	T.94	3.6	1001.54
41	T.96	3.6	1001.54
42	T.97	3.6	1001.54
43	T.99	3.8	1006.07
44	T.104	3.6	1001.54

• Analisis besar tegangan impuls pada saluran transmisi 150 kV akibat *back flashover* (BFO)

Hasil simulasi Gambar 5 menunjukkan nilai tegangan impuls akibat sambaran petir di GI Sungguminasa – GI Tallasa.



Gambar 5. Tegangan impuls akibat sambaran petir di line transmisi GI Sungguminasa – GI Tallasa

Hasil simulasi pada line tragi Bukulumba, arus petir yang terlalu tinggi sangat mempengaruhi tegangan pada sistem kelistrikan.

Jadi peran penting dalam mengatasi sambaran petir adalah resistansi pentanahan pada setiap tower, rata-rata terdapat besar resistansi pentanahan pada beberapa tower sepanjang GI Sungguminasa – GI Tallasa sehingga tegangan *back flashover* (BFO) sangat berdampak terjadi gangguan pada sistem kelistrikan. Jadi kesimpulannya arus petir yang sangat tinggi pada sistem kelistrikan GI Sungguminasa – GI Tallasa membuat fasa R menjadi tidak stabil yaitu naik sebesar 5,271 MV kemudian pada masa peralihannya turun menjadi 190,59 kV dan pada waktu ekor turun drastic menjadi 3595 V. Arus puncak petir yang digunakan adalah arus simulasi sebesar 22,65 kA dan pentanahan sebesar 0,3 ohm sehingga tegangan yang berada pada kawat fasa yaitu :

$$V = \frac{Z \cdot I}{2} = \frac{0.4 \Omega \cdot 22,65 \text{ kA}}{2} = 4,530 \text{ MV}$$

Tegangan impuls yang didapatkan dari perhitungan yaitu sebesar 5,271 MV mendekati dari hasil simulasi ATPDraw yaitu 4,530 MV. Jika dilihat dari hasil perhitungan tegangan impuls maka sudah melebihi BIL isolator yaitu 750 kV. Hal ini menunjukkan bahwa akan menyebabkan *flashover*, sehingga merambat pada ke dua arah yang berlawanan pada saluran menuju GI ke kedua sisi line transmisi. sehingga relay akan berkerja membaca gangguan dan mentrip PMT/ CB di kedua sisi gardu induk.

• Analisis dampak terjadinya gangguan kilat pada menara yang mengakibatkan gangguan *back flaschover* (BFO) dengan teori gelombang berjalan yang mempengaruhi saluran transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa akibat sambaran petir

Pada metode ini diasumsikan bahwa fasa yang paling bawah yang akan mengalami lompatan api paling dahulu akibat sambaran kilat pada menara. Pada perhitungan ini dilakukan sampai 1 μdet karena pada waktu itu gelombang pantulan negatif dari menara yang berdekatan (panjang gawang rata-rata diambil 300 meter) sudah sampai pada menara yang disambar kilat

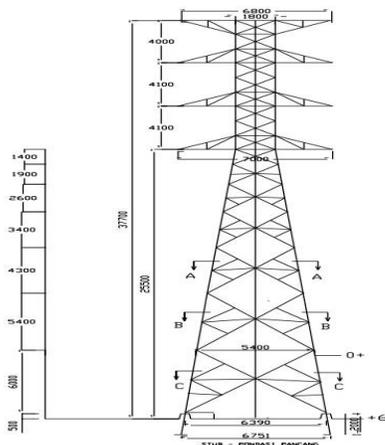


dan gelombang ini akan memperkecil tegangan pada menara. Beberapa model telah diajukan untuk mewakili menara [14], [15], [16]. Yang paling sederhana satu didasarkan pada konduktor tunggal didistribusikan parameter. Menara gelombang impedansi nilai berkisar dari 100 sampai 300 ohms [17].

Saluran yang akan dihitung merupakan saluran yang dimiliki oleh PLN, yakni saluran Sungguminasa-Tallasa. Saluran ini merupakan saluran transmisi udara ganda 150 kV dengan konfigurasi kawat dan menara seperti diberikan pada Gambar 6. Data-data kawat dan isolator adalah:

Radius kawat tanah:	0,45 cm
Radius sub-konduktor kawat fasa:	1,45 cm
Jumlah sub-konduktor:	2
Jarak antara subkonduktor:	45,7 cm
Tinggi kawat tanah pada menara:	37,7 m
Tinggi kawat fasa C atau A pada menara:	25,5 m
Besar andongan kawat tanah dan kawat fasa:	7 cm
Panjang renteng isolator:	6,43 m

Perhitungan ini akan melihat pengaruh besarnya tahanan pentanahan terhadap tegangan yang dihasilkan gangguan kilat pada isolator. Oleh karena itu akan digunakan beberapa nilai pentanahan yang didapatkan dari data PLN, yakni tahanan 5,4 Ω, 5,3 Ω, 4,6 Ω, 0,8 Ω, 0,6 Ω, dan 0,4 Ω. Perhitungan ini secara bertahap dan tahapannya ditunjukkan oleh nomor yang diberikan di depannya.



Gambar 6. Konfigurasi kawat dan menara

Tabel 6. Hasil-hasil perhitungan gangguan kilat pada Menara (perhitungan untuk fasa C atau A)

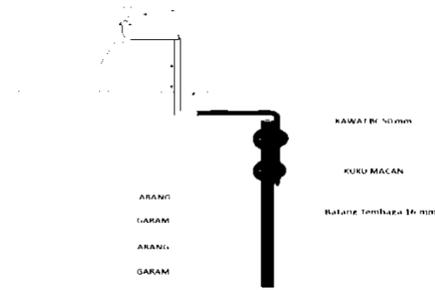
<i>T</i> (μdet)	<i>I<sub>o</sub></i> (kA)	<i>R</i> (Ω)	<i>d</i>	<i>V<sub>i</sub></i> (kV)
1	60	5,4	-0,937	957,036
		5,3	-0,938	954,967
		4,6	-0,946	937,819
		0,8	-0,99	842,694
		0,6	-0,993	838,454
		0,4	-0,995	834,238

Dari hasil perhitungan nilai tegangan paling tertinggi berada pada tower 39. Koefisien pantulan adalah -0,937 dan tegangan pada isolator adalah 957,036 kV, semakin besar nilai pentanahan pada tower tersebut, maka akan memperbesar nilai koefisien pantul yang berarti kemungkinan untuk terjadi *back flashover* juga akan semakin besar. Hal ini akan menyebabkan nilai tegangan pada isolator juga akan semakin besar. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan berupa perbaikan nilai tahanan pentanahan kaki tower dengan membuat model paralelisasi batang pengetanahan dengan penambahan arang dan garam. Hal ini dimaksudkan untuk memperkecil nilai pentanahan kaki tower serta memebanyak titik pembuangan petir. Penambahan titik pentanahan berdampak yang sangat maksimal.

- **Pentanahan kaki menara dan analisis pengetanahan dua batang tembaga di menara transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa pada Tower 39.**

Perlindungan saluran transmisi terhadap gangguan petir menggunakan kawat tanah pada kaki menara untuk mengurangi resistansi kaki menara, Untuk memperoleh tahanan kaki menara kurang dari 5 ohm. Maka dilakukan penerapan pentanahan 2 batang tembaga dengan metode paralelisasi dengan penambahan arang dan garam, dengan jarak pentanahan dua meter dari kaki tower A dan C seperti Gambar 1. Pemasangan tembaga dilakukan di tower yang berbentuk bujur sangkar pada sisi 10 m. Dua Batang tembaga dipasang ditanam sedalam 420 cm dari kaki menara A dan C dihubungkan menggunakan kawat BC 50 mm di kopel pada kaki tower, jenis tanah tower 39 adalah tanah

pasir basah. Hasil uji lapangan korosi di Polandia menunjukkan bukti adanya perlindungan korosi yang lebih baik oleh elektroda tembaga berlapis baja bumi dibandingkan dengan seng lapisan dibuat menggunakan teknologi yang berbeda [18].



Gambar 7. Memperlihatkan *ground rod* pentanahan dari samping

Tabel 7. Hasil pengukuran pentanahan pada tower transmisi 39

Data PLN	Kaki tower (tanpa tembaga arang dan garam)		Pentanahan 1 tembaga (menara terhubung)		Paralelisasi Menara terhubung penambahan arang dan garam
	Kaki tower A	Kaki tower B	Kaki tower A	Kaki tower B	Kaki tower A dan B
5 ohm	12,22 ohm	9,97 ohm	1,24 ohm	1,74 ohm	0,78 ohm

Tabel 8. Hasil perhitungan batang pengetanahan

1 batang tembaga	2 batang tembaga
2,6071 Ω	0,0864 Ω

Hasil perhitungan dua buah batang tembaga dengan model paralelisasi yang ditanam tegak lurus kedalam tanah adalah 0,0864 Ohm. Jadi perhitungan telah memenuhi persyaratan yang berlaku yaitu dibawah 5 Ohm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konfigurasi pengetanahan elektroda batang dengan penambahan arang dan garam yaitu 0,78 mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan, artinya semakin banyaknya elektroda ditanam dalam tanah maka semakin kecil nilai resistansi pentanahan, semakin panjang tembaga pentanahan ke tanah menyentuh air maka semakin bagus penurunan nilai pentanahannya, dan penambahan arang dan garam mempengaruhi penurunan nilai pentanahan karna arang dan garam mengandung zat-zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan. Untuk memperoleh penurunan resistansi pentanahan yang efektif yaitu dengan mentanahkan tembaga lebih dalam sampai mencapai dimana larutan garam dan arang terkena air atau keadaan basah. Tujuan memperkecil nilai resistansi pentanahan kaki tower serta memebanyak titik pembuangan petir,

agar kontinuitas pelayanan listrik tidak terjadi blackout pada saat musim penghujan akibat sambaran petir dan dapat melindungi peralatan transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menampilkan nilai resistansi pentanahan tinggi pada jaringan transmisi 150 kV Gi Sungguminasa – GI Tallasa saat terkena sambaran petir dapat membuat jaringan kelistrikan menjadi tidak stabil. Dengan penerapan metode paralelisasi yang telah dilakukan di lapangan dapat menurunkan nilai pentanahan mampu menghindari terjadinya *back flashover* Pemasangan ini tujuan memperkecil nilai pentanahan kaki tower serta memebanyak titik pembuangan petir, agar kontinuitas pelayanan listrik tidak terjadi *black out* pada saat musim penghujan akibat sambaran petir dan dapat melindungi peralatan transmisi 150 kV GI Sungguminasa – GI Tallasa. Diharapkan penelitian kandungan penggunaan arang perlu penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh tiap jenis-jenis tanah

#### Referensi

[1] Z. Reynaldo, P. Y. Eko, *Lightning Performance of Extra High Voltage 500 Kv Lines at East Java – Indonesia*, IPTEK, *The Journal for Technology and*



- Science, Vol. 19, No. 4, November 2008, 100.
- [2] J. A. Martinez, Member, IEE, and F. Castro-Aranda, *Lightning Performance Analysis of Transmission Lines Using the EMTP*, Barcelona, Spain, IEEE, 2003.
- [3] P. Sarajcev, J. Vasilj, D. Jakus, *Method for estimating backflashover rates on HV transmissions lines based on EMTP-ATP and curve of limiting parameters*, University of Split, FESB, Department of Power Engineering, R. Boskovicca 32, HR-21000 Split, Croatia, Elsevier, *Electrical Power and Energy systems* 78, 127-137, 129, 2016.
- [4] S. W. Georges, Member, IEEE, F. H. Slaoui, P. J. Lagace, Member, IEEE, X. D. Do, Senior Member, IEEE and J. Forth, Member, IEEE, *Evaluation of Grounding System Impedance of a Near Sea Water HV Electric Power Installation*, 1591, 2003.
- [5] I. Janardana. *Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Terhadap nilai Tahanan Pentanahan Pada Sistem Pentanahan*, Vol. 4, No. 1, 24, 2005.
- [6] IEEE WG, *Modeling guidelines for fast front transients*. IEEE Trans. Power Deliv. 11 (1), 493-506, 1996.
- [7] H. W. Dommel, *Electromagnetic Transients Program*, Portland, Reference Manual, *Bonneville Power Administration*, 1986.
- [8] J.L. Prikler, H.K. Hoidalen, *ATPDRAW version 5.6 for Windows 9x/NT/2000/XP/Vista: User's Manual*, Norwegian University of Technology. Trondheim, Norway, 2009.
- [9] T.S. Hutauruk, *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*, Jakarta, Erlangga, 132, 1991.
- [10] S. Georges, F. Slaoui, P. J. Lagac X.D. Do, Senior Member IEEE J. Fortin, Member IEEE, *Evaluation Of The Effect Of Salt Water And A Counterpoise On The Voltage Profile Of A HV Power Transmissions Line Grounding System In A Two Layer With High Resistivity Soil*, Montreal, Canada, , 1020, 1999.
- [11] T.S. Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta, Erlangga, 141, 1991.
- [12] Sarajcev Petar, *Monte Carlo method for estimating back flashover rates on high voltage transmission lines*. University of Split, FESB, Department of Power Engineering, R. Boskovicca 32, HR-21000 Split, Croatia, Elsevier, *Electric Power Systems Research* 119, 247-257, 2015.
- [13] Mackow, A., Kizilcay, M, *Mitigation methods to improve the lightning performance of hybrid transmission line*. Sigen, Germany, The work was supported by German TSO, Amprion.
- [14] W.A. Chisholm and Y.L. Chow, *Lightning surge response of transmission towers*, i *IEEE Trans, on Power Apparatus and Systems*, vol. 102, nc. 9, pp. 3232-3242, 1983.
- [15] M. Ishii et al, *i Multistory transmission tower model for lightning surge analysis*, i *IEEE Trans, on Power Delivery*, vol. 6, no. 3, pp. 1327-1335, 1991.
- [16] A. R. Hileman, *Insulation Coordination for Power Systems*, Marcel Dekker, 1999.
- [17] A. Imece, Chairman, *I Modeling guidelines for fast transients*, *IEEE Trans, on Power Delivery*, vol. 11, no. 1, 1996.
- [18] M. Robert, L. Marek, N. Radoslaw, *Influence of Climatic Conditions in China on Reliability of Power Earthing System*, IEEE, 1546, 2010.



# Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Asma Ainuddin\*<sup>1</sup>, Salama Manjang<sup>1</sup>, Faizal Arya Samman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan 90245

\*Email: asmaainuddin11@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.03

## Abstrak

Kerusakan baterai merupakan permasalahan yang sering terjadi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Beberapa penyebabnya yaitu keadaan pengisian yang berlebih, tegangan terlampau rendah dan suhu baterai yang terlalu panas. Pemanfaatan sistem kendali pengisian baterai merupakan solusi terbaik. Selain berfungsi untuk mempertahankan tegangan luaran panel surya pada level tegangan baterai, sistem ini juga mengendalikan waktu pengisian. Pada paper ini, sistem pengisian baterai dibangun dari rangkaian DC ke DC konverter menggunakan *charge pump*, rangkaian kendali menggunakan Arduino Mega, dan rangkaian pengisian baterai. Tahap perancangan terdiri dari simulasi, pembuatan perangkat keras, dan perangkat lunak. Simulasi karakteristik *charge pump* menggunakan PSpice dengan konfigurasi dioda dan Mosfet sebagai komponen pensaklaran. Karakteristik yang didapatkan berupa penguatan tegangan maksimum sebesar 2.44x, rekuensi kerja 10 kHz hingga 250 kHz, dan nilai tahanan beban antara 1 Ohm hingga 5 kOhm. Berdasarkan hasil tersebut diketahui pula bahwa penggunaan dioda lebih baik dibanding penggunaan Mosfet, oleh karena itu perangkat keras *charge pump* dirancang dengan menggunakan dioda. Pengetesan rangkaian dilakukan dengan menghubungkan panel surya ke masukan sistem kendali, hasil akhir menunjukkan sistem kendali pengisian baterai mampu mempertahankan kondisi tegangan pada level baterai yaitu sebesar 12 V walaupun tegangan panel surya bervariasi pada nilai 6 V hingga 10 V.

## Abstract

**Battery Charging Control System of a Solar Power Plant.** The battery fault is a problem that occurs in Solar Power Plant. It happens because over-charging, undervoltage and over-temperature. Used battery charging control system is the best solution. In addition to maintaining the output voltage of the solar panel at the battery voltage level, this system also controls the charging time. In this paper, the battery charging system is built from DC to DC converter circuit using charge pump, control circuit using Arduino Mega, and battery charging circuit. The design stage consists of simulation, hardware-design, and software-design. Simulation of charge pump characteristics using Pspice with diode configuration and Mosfet as switching component. Characteristics obtained in the form of maximum voltage gain of 2.44x, working frequency of 10 kHz up to 250 kHz, and load resistance value between 1 Ohm to 5 kOhm. Based on these results, the circuit with diodes is better than Mosfets, therefore the charge pump hardware is designed using diodes. The circuit testing by connecting the solar panel to the control system input, the final result shows that the battery charging control system is able to maintain the voltage condition at the battery level of 12 V although the solar panel voltage varies from 9 V to 10 V.

**Kata Kunci:** Energi terbarukan, konverter DC/DC, kontroler PID

## 1. Pendahuluan

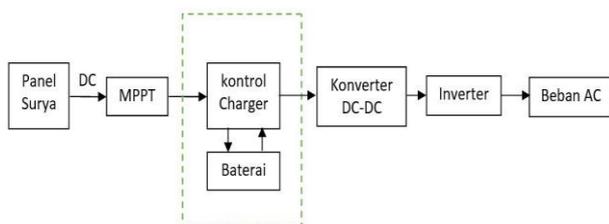
Permintaan energi dunia terus meningkat sepanjang sejarah peradaban umat manusia. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Tampaknya masalah energi akan tetap menjadi topik yang harus dicari solusinya secara bersama-sama. Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber

daya minyak bumi. Pemanfaatan minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama jika pola pemakaian seperti sekarang ini yang justru semakin meningkat dengan meningkatnya industri maupun transportasi [1]. Permintaan listrik di Indonesia tumbuh dari 90 terawatt-hours (TWh) di tahun 2003 menjadi 190 TWh di tahun 2013. Namun, jumlah pasokan tidak dapat mengejar laju permintaan yang mengakibatkan terjadinya pemadaman. Solusi saat ini masih bergantung pada bahan bakar minyak dimana kurang lebih 13 persen dari listrik Indonesia masih



dihasilkan dari bahan bakar minyak. Biaya untuk menghasilkan listrik dari bahan bakar minyak tidak murah, yaitu dikisaran harga 0,18 sen/kWh dibandingkan dengan 0,05 sen/kWh jika menggunakan batu bara. Hanya 1 GW dari potensi geotermal Indonesia yang dikembangkan. Kekurangan sumber daya listrik yang handal dan murah menjadi penghambat bagi pertumbuhan industri dan pembangunan sektor manufaktur di Indonesia untuk terus tumbuh mencapai skala yang sama dengan negara-negara tetangganya [2]. Krisis energi yang terjadi dapat diatasi dengan memanfaatkan potensi energi lain yang terbarukan, misalnya energi surya.

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar, didukung dengan letak geografis dan iklim yang ada. Indonesia yang berada dalam wilayah khatulistiwa rata-rata setiap harinya mendapatkan intensitas penyinaran selama 10 sampai 12 jam [3].



Gambar 1. Bagian-bagian PLTS

Terlihat pada Gambar 1 bagian-bagian pada PLTS diantaranya panel surya, MPPT, kontrol charger, baterai, DC-DC converter, inverter, dan beban AC. Energi surya dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya atau fotovoltaik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke beban dan sebagian disimpan dalam sebuah baterai. Baterai merupakan komponen penting pada pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sehingga listrik tetap dapat digunakan pada malam hari. Kontrol charger digunakan sebagai kendali pengisian baterai dan menjaga level tegangan baterai pada kondisi normal. DC-DC converter mampu mengubah nilai keluaran baterai menjadi nilai tertentu sehingga dapat digunakan langsung untuk beban DC. Sedangkan inverter digunakan untuk mengubah tegangan keluaran

baterai menjadi tegangan AC agar dapat digunakan oleh beban AC.

Tahun 2011, Shi-cheng Zheng dan Liang-yu Wang melakukan penelitian dengan judul *Research on Charging Control for Battery in Photovoltaik System*. Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah rentan hidup baterai yang belum optimal, yang merupakan kendala pada perkembangan industri panel surya. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi untuk menganalisa arus, tegangan, dan temperature baterai. Metode pengisian tiga tahap digunakan untuk mempertahankan kondisi baterai dalam sistem ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengisian membutuhkan waktu yang singkat dan peningkatan tingkat akurasi pengisian pada tegangan konstan dan *out-charge* sehingga rentan hidup baterai dapat lebih panjang [4].

Tahun 2013, Kevin O. Davis, dkk melakukan penelitian dengan judul *Novel Cascaded Battery Charging Architecture for Photovoltaik System*. Dalam karya ini, arsitektur pengisian baterai yang diusulkan dan divalidasi menggunakan energi fotovoltaik optimal untuk melakukan pengisian baterai dengan cepat dan aman. Menggunakan *charge controller* bertujuan untuk memperpanjang hidup baterai melalui pemantauan karakteristik baterai, dan kemudian menentukan proses pengisian baterai yang tepat, cepat dan efisien. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi, dimana panel surya disusun secara *array* dengan MPPT menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) untuk mencari daya output maksimum yang terintegrasi dengan sistem pengisian baterai [5].

Tahun 2015, Florin Biziiu melakukan penelitian dengan judul *Dickson Charge Pump Regulation Mecanism Optimized for EMC Performance*. Pada penelitiannya, ditambahkan kontrol adaptif pada tegangan sumber *Dickson charge pump* sehingga mampu meningkatkan efisiensi daya [6].

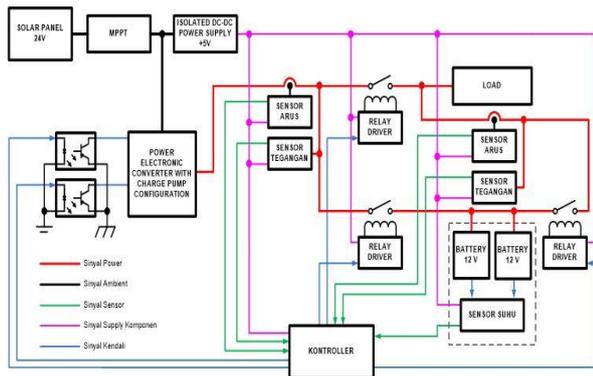
## 2. Deskripsi Permasalahan

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada PLTS yaitu kerusakan baterai. Keadaan *over charging*, *under voltage* dan temperatur baterai yang terlalu panas sering menjadi pemicu kerusakan pada baterai. Oleh karena itu

dibutuhkan sebuah Sistem Pengendali Pengendali Pengisian Baterai pada PLTS sebagai topik penelitian pada paper ini, sehingga kondisi baterai dapat diketahui secara real time. Dengan sistem kontrol ini, usia penggunaan baterai dapat diperpanjang.

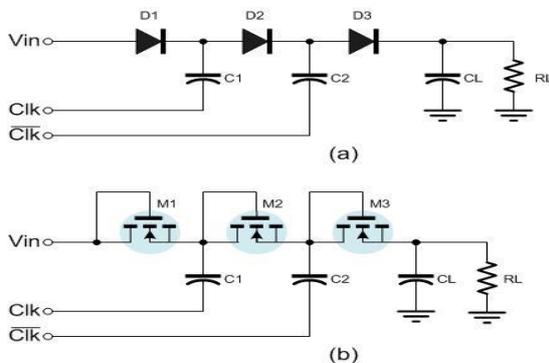
### 3. Perancangan

Blok diagram pengisian baterai diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem pengendali kontrol charging baterai

Sistem menggunakan rangkaian DC ke DC konverter. Tipe konverter yang digunakan yaitu *Charge Pump*, CP (pompa muatan). CP menggunakan kapasitor sebagai elemen penyimpanan energi untuk membuat sumber daya tegangan menjadi tinggi atau rendah. CP digunakan dalam banyak aplikasi seperti Power IC, CMOS [7], *time filters*, dan EEPROM, karena tegangan yang lebih tinggi dari catu daya sering dibutuhkan. Rangkaian CP yang digunakan dalam penelitian yaitu CP 2 tahap dengan dioda.



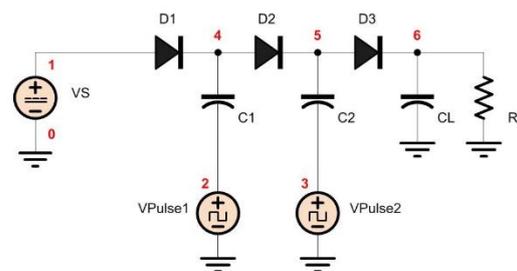
Gambar 3. Model simulasi CP: (a) dioda; (b) Mosfet

Gambar 3 menunjukkan skema rangkaian dengan mengganti saklar dengan konfigurasi dioda (a) dan Mosfet (b). Keuntungan utama yang diberikan oleh dioda adalah tidak adanya sinyal kontrol saklar. Kelemahannya adalah pengurangan voltase keluaran CP karena ketika sebuah dioda dibias maju, hal itu menyebabkan kehilangan tegangan sama dengan voltase maju dioda [8]. Sistem yang dirancang menggunakan Arduino Mega sebagai kontroler utama. Arduino beroperasi berdasarkan program yang disematkan di dalam memori mikrokontrolernya. Perintah yang disematkan termasuk pembacaan sensor tegangan dan pembangkitan pulsa untuk mengatur waktu pensaklaran CP [9].

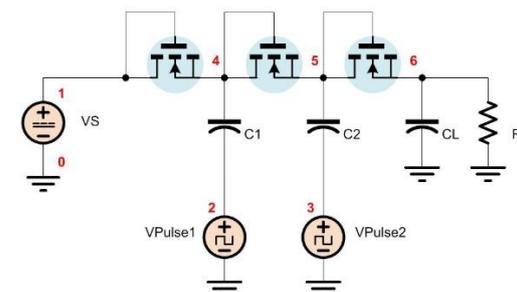
#### 3.1. Pemodelan PSpice

Pemodelan simulasi CP dengan dioda terdiri dari tiga skenario yaitu simulasi CP terhadap tegangan masukan bervariasi dengan tahanan beban dan frekuensi tetap, simulasi CP terhadap frekuensi yang bervariasi dengan tegangan masukan dan tahanan beban yang tetap, dan simulasi CP terhadap tahanan beban bervariasi dengan tegangan masukan dan frekuensi yang tetap.

Model rangkaian CP menggunakan dioda sebagai komponen pensaklaran pada ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan CP menggunakan Mosfet pada Gambar 5.



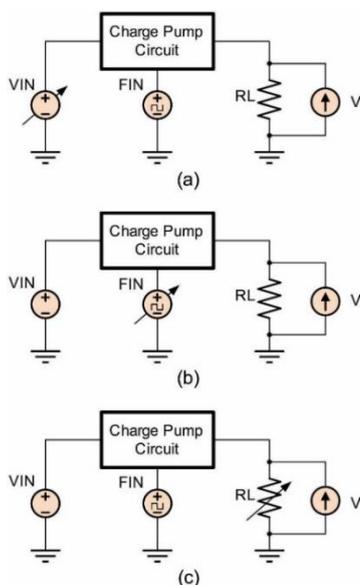
Gambar 4. Model Rangkaian simulasi CP dioda



Gambar 5. Model rangkaian simulasi CP Mosfet

### 3.2. Skenario Simulasi

Gambar 6 (a) adalah diagram pengukuran pada simulasi CP terhadap tegangan masukan bervariasi dengan tahanan beban dan frekuensi tetap. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat karakteristik CP terhadap perubahan tegangan masukan. Parameter tegangan masukan akan diatur bervariasi tanpa mengubah tahanan beban RL dan frekuensi pulse. Tegangan masukan maksimum yang diberikan sesuai dengan spesifikasi *solar cell* yaitu sebesar 36 V. Tegangan minimum yang diberikan yaitu 6 V.



**Gambar 6. Diagram pengukuran tanpa sistem kendali: (a) Tegangan masukan berubah; (b) Frekuensi Pulse Berubah; (c) Tahanan beban berubah**

Gambar 6 (b) adalah diagram pengukuran pada simulasi CP terhadap frekuensi yang bervariasi dengan tegangan masukan dan tahanan beban yang tetap. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat karakteristik CP terhadap perubahan frekuensi pulse dan mengamati frekuensi maksimum dan minimum yang dapat diberikan pada CP. Parameter frekuensi pulse akan diatur bervariasi tanpa mengubah resistansi beban RL dan tegangan masukan. Frekuensi pulse yang diberikan yaitu sebesar 1 Hz hingga 260 kHz. Tegangan masukan yang diberikan yaitu 12V dengan resistor beban 10 Ohm.

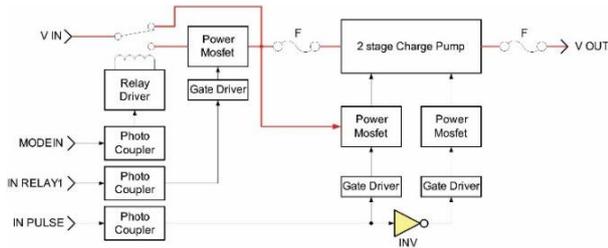
Gambar 6(c) adalah diagram pengukuran simulasi CP terhadap tahanan beban bervariasi dengan tegangan masukan dan frekuensi yang

tetap. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat karakteristik CP terhadap perubahan tahanan beban dan mengamati nilai tahanan maksimum dan minimum yang dapat diberikan pada CP. Parameter tahanan akan diatur bervariasi tanpa mengubah frekuensi pulse dan tegangan masukan. Tahanan beban yang diberikan yaitu sebesar 10 Ohm hingga 20 kΩ. Tegangan masukan yang diberikan yaitu 12V dengan frekuensi pulse sebesar 100 kHz.

### 3.3. Perangkat keras

Gambar 7 memperlihatkan blok dari sistem kendali pengisian baterai yang dibuat. Fungsi dari masing-masing blok yaitu :

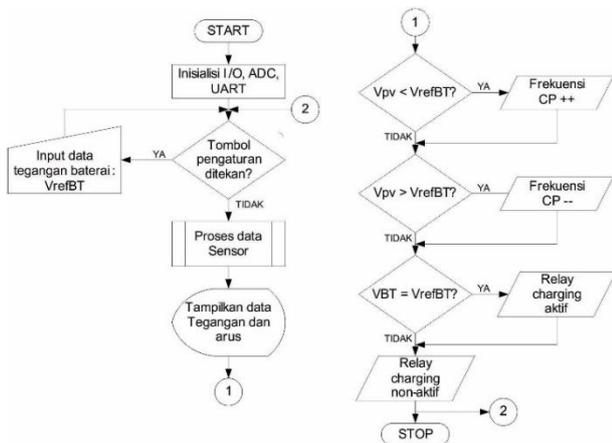
- *Photo coupler*. Blok ini berfungsi untuk memisahkan jalur tegangan power dan kontrol. Terdiri dari komponen photo coupler sebagai pemisah dan resistor sebagai pembatas arus dan pull up.
- *Relay driver*. Blok ini berfungsi sebagai penggerak relay. Menggunakan transistor sebagai saklar elektronik dan resistor pembatas arus. Kerja dari relay tergantung dari sinyal yang di umpankan pada basis transistor.
- *Gate Driver*. Blok ini merupakan penggerak Power Mosfet. Terdiri dari transistor dan resistor. Masukan sinyal didapat dari *Photo coupler*, luaran dari blok ini terhubung dengan *gate* Power Mosfet.
- *Power Mosfet*. Merupakan rangkaian daya yang berfungsi menguatkan sinyal pulsa yang akan umpankan ke blok *2 stage charge pump*.
- *2 stage charge pump*. Bagian ini merupakan rangkaian DC-DC konverter. Rangkaian ini menggunakan dioda sebagai komponen pensaklaran dan kapasitor yang berfungsi sebagai kapasitor transfer dan kapasitor beban.



Gambar 7. Diagram blok perancangan sistem kendali pengisian baterai

Gambar 8 menunjukkan diagram alir dari sistem kendali yang dibuat. Kendali yang digunakan merupakan sistem kendali sederhana yang disematkan pada rangkaian kontrol Arduino Mega Sistem akan membandingkan nilai pembacaan keluaran dengan nominal keluaran yang telah ditetapkan.

Jika nilai luaran lebih besar dari nilai yang ditetapkan, maka sistem akan memberikan isyarat pada rangkaian CP untuk mengurangi penguatan. Sedangkan saat nilai luaran kurang dari nilai yang ditetapkan, maka sistem kendali akan memberikan isyarat untuk menambah penguatan pada CP.

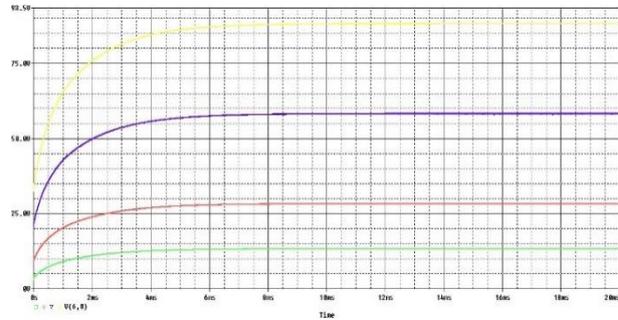


Gambar 8. Diagram alir sistem kendali

#### 4. Hasil Simulasi dan Perancangan

##### 4.1. CP Dioda variasi tegangan masukan

Berdasarkan Gambar 9 dan Tabel 1, hubungan antara tegangan luaran dan masukan CP saat tegangan masukan berubah yaitu nilai tegangan luaran berbanding lurus dengan tegangan masukan. Semakin besar nilai masukan, maka nilai luaran akan semakin besar. Penguatan tegangan yang terjadi yaitu sekitar 2.20× hingga 2.44×.



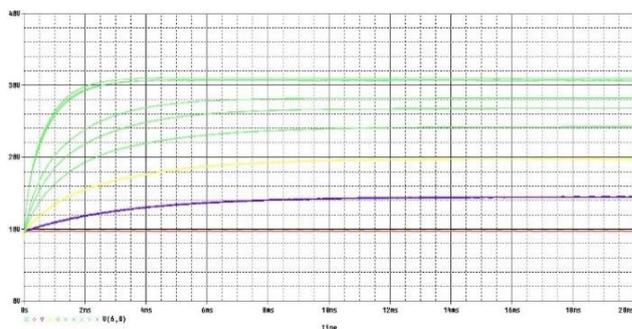
Gambar 9. Hasil Simulasi CP Dioda dengan variasi tegangan masukan

Tabel 1. Nilai tegangan CP Dioda dengan variasi tegangan masukan

Tegangan Masukan	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
6 V	13.213 V	2.20×
12 V	28.201 V	2.35×
24 V	58.176 V	2.42×
36 V	88.152 V	2.44×

##### 4.2. CP Dioda variasi frekuensi pulse

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 2, penguatan tegangan akan naik pada frekuensi 10kHz dengan nilai penguatan sebesar 1.18×. Nilai maksimum penguatan yang dapat dicapai yaitu 2.59× pada frekuensi 250 kHz, frekuensi yang lebih dari 250 kHz akan mengakibatkan penguatan turun. Sehingga frekuensi yang dapat diberikan pada pulse CP yaitu antara 10 kHz hingga 250 kHz.



Gambar 10. Hasil Simulasi CP Dioda dengan variasi frekuensi pulse

Hubungan antara frekuensi pulse dan penguatan tegangan yaitu semakin besar frekuensi pulse, maka penguatan tegangan akan semakin besar. Semakin kecil frekuensi pulse, maka penguatan tegangan akan semakin kecil.

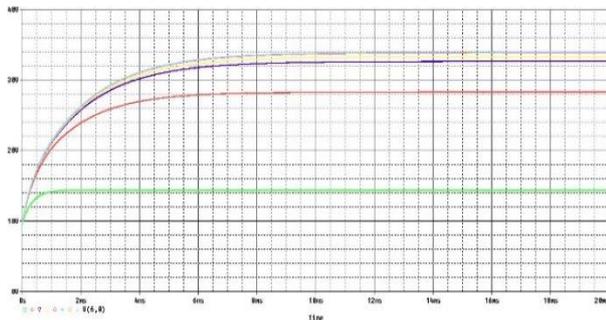


**Tabel 2. Nilai tegangan CP Dioda dengan variasi frekuensi pulse**

Frekuensi Pulse	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
1 Hz	9.653 V	0.80×
1 kHz	9.755 V	0.81×
10kHz	14.192 V	1.18×
25 kHz	19.495 V	1.62×
50 kHz	23.964 V	1.99×
75 kHz	26.644 V	2.22×
100 kHz	28.201 V	2.35×
250 kHz	31.026 V	2.59×
255 kHz	30.670 V	2.56×
260 kHz	30.776 V	3.56×

4.3. CP Dioda variasi tahanan beban

Berdasarkan Gambar 11 dan Tabel 3, nilai maksimum penguatan yang dapat dicapai yaitu 2.810× pada tahanan beban 5 kΩ. Penguatan tegangan akan turun mencapai nilai 1.194× saat tahanan beban 1 Ω. Sehingga hubungan antara tahanan beban dan penguatan tegangan yaitu semakin besar tahanan beban, maka penguatan tegangan akan semakin besar. Semakin kecil tahanan beban, maka penguatan tegangan akan semakin kecil.

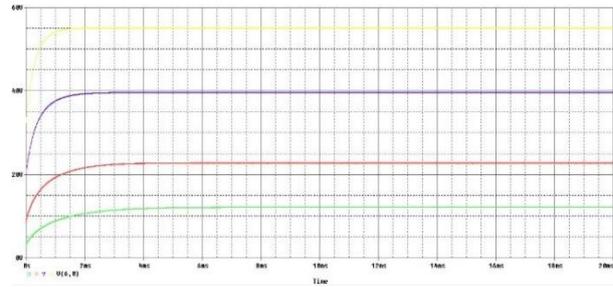


**Gambar 11. Hasil Simulasi CP Dioda dengan variasi tahanan beban**

**Tabel 3. Nilai tegangan CP Dioda dengan variasi tahanan beban**

Tahanan	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
1 Ω	14.328 V	1.194
10 Ω	28.190 V	2.349
50 Ω	32.462 V	2.705
100 Ω	33.085 V	2.757
1 kΩ	33.666 V	2.806
5 kΩ	33.718 V	2.810
10 kΩ	33.725 V	2.810
20 kΩ	33.728 V	2.810

4.4. CP Mosfet variasi tegangan masukan



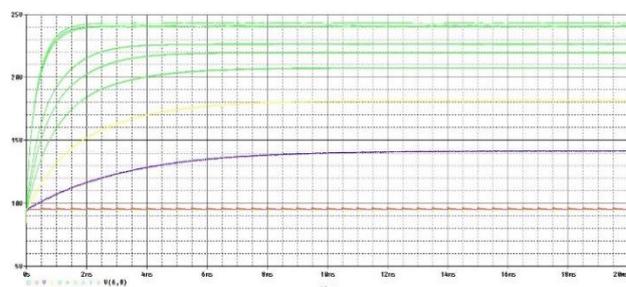
**Gambar 12. Hasil Simulasi CP Mosfet dengan variasi tegangan masukan**

Berdasarkan Gambar 12 dan Tabel 4, hubungan antara tegangan luaran dan masukan CP saat tegangan masukan berubah yaitu nilai tegangan luaran berbanding lurus dengan tegangan masukan. Semakin besar nilai masukan, maka nilai luaran akan semakin besar. Penguatan tegangan yang terjadi yaitu sekitar 2.01× hingga 1.88×.

**Tabel 4. Nilai tegangan CP Mosfet dengan variasi tegangan masukan**

Tegangan Masukan	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
6V	12.082V	2.01×
12V	22.619V	1.88×
24V	39.555V	1.65×
36V	54.950V	1.53×

4.5. CP Mosfet variasi frekuensi pulse



**Gambar 13. Hasil Simulasi CP Mosfet dengan variasi frekuensi pulse**

Berdasarkan Gambar 13 dan Tabel 5, penguatan tegangan akan naik pada frekuensi 10 kHz dengan nilai penguatan sebesar 1.16×. Nilai maksimum penguatan yang dapat dicapai yaitu 2.03× pada frekuensi 250 kHz, frekuensi yang lebih dari 250 kHz akan mengakibatkan penguatan turun. Sehingga frekuensi yang dapat diberikan pada pulse CP yaitu antara 10 kHz hingga 250 kHz. Hubungan antara



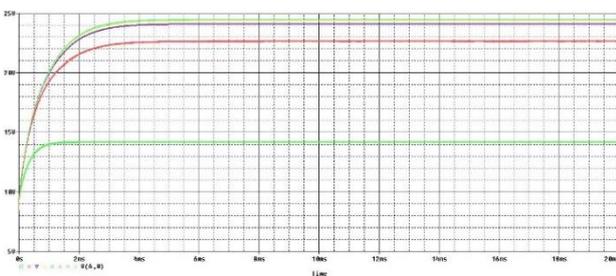
frekuensi pulse dan penguatan tegangan yaitu semakin besar frekuensi pulse, maka penguatan tegangan akan semakin besar. Semakin kecil frekuensi pulse, maka penguatan tegangan akan semakin kecil.

**Tabel 5. Nilai tegangan CP Mosfet dengan variasi frekuensi pulse**

Frekuensi Pulse	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
1 Hz	9.503 V	0.79×
1 kHz	9.503 V	0.79×
10 kHz	13.963 V	1.16×
25 kHz	18.089 V	1.51×
50 kHz	20.739 V	1.73×
75 kHz	21.973 V	1.83×
100 kHz	22.647 V	1.89×
250 kHz	24.310 V	2.03×
255 kHz	24.107 V	2.01×
260 kHz	24.060 V	2.01×

**4.6. CP Mosfet variasi tahanan beban**

Berdasarkan Gambar 14 dan Tabel 6, nilai maksimum penguatan yang dapat dicapai yaitu 2.041× pada tahanan beban 5 kΩ. Penguatan tegangan akan turun mencapai nilai 1.142× saat tahanan beban 1 Ω. Sehingga hubungan antara tahanan beban dan penguatan tegangan yaitu semakin besar tahanan beban, maka penguatan tegangan akan semakin besar. Semakin kecil tahanan beban, maka penguatan tegangan akan semakin kecil.



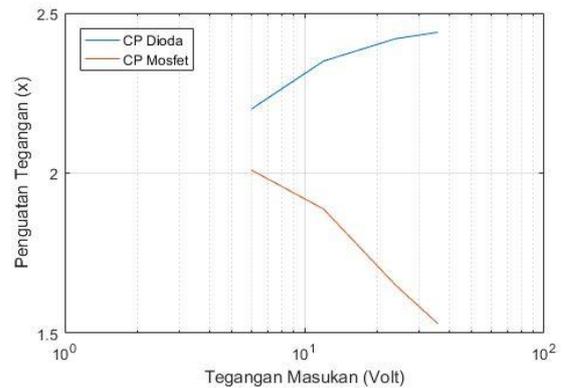
**Gambar 14. Hasil Simulasi CP Mosfet dengan variasi tahanan beban**

**Tabel 6. Nilai tegangan CP Mosfet dengan variasi tahanan beban**

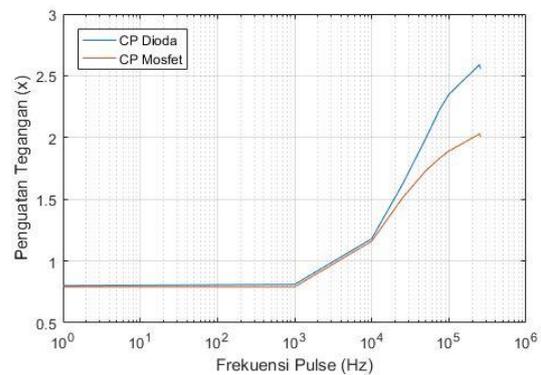
Tahanan	Tegangan Luaran	Penguatan Tegangan
1Ω	14.142V	1.142×
10Ω	22.647V	1.887×
50Ω	24.134V	2.011×
100Ω	24.320V	2.026×
1kΩ	24.488V	2.040×
5kΩ	24.503V	2.041×
10kΩ	24.504V	2.041×
20kΩ	24.506V	2.041×

**4.7. Perbandingan CP Dioda dan Mosfet**

Gambar 15 memperlihatkan karakteristik penguatan tegangan terhadap tegangan masukan yang berubah antara CP Dioda dan Mosfet. CP Dioda memiliki penguatan tegangan yang naik seiring dengan naiknya tegangan masukan, sedangkan penguatan tegangan pada CP Mosfet akan menurun seiring dengan bertambahnya tegangan masukan.



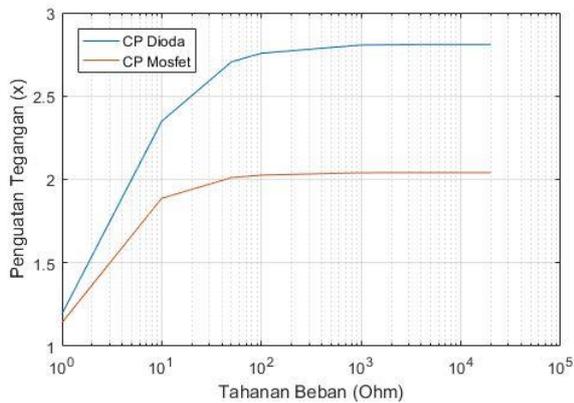
**Gambar 15. Grafik perbandingan karakteristik CP Dioda dan CP Mosfet terhadap perubahan nilai Tegangan masukan**



**Gambar 16. Grafik perbandingan karakteristik CP Dioda dan CP Mosfet terhadap perubahan nilai Frekuensi Pulse**

Gambar 16 memperlihatkan karakteristik penguatan tegangan terhadap frekuensi pulse yang berubah antara CP Dioda dan Mosfet. CP Dioda dan CP Mosfet keduanya memiliki penguatan tegangan yang naik seiring dengan naiknya frekuensi pulse, tetapi nilai penguatan tegangan CP dioda lebih besar dibandingkan penguatan tegangan pada CP Mosfet pada frekuensi pulse yang sama. Rentang frekuensi pulse yang memberikan penguatan tegangan pada CP Dioda dan CP Mosfet relatif sama yaitu antara 10 kHz hingga 255 kHz.



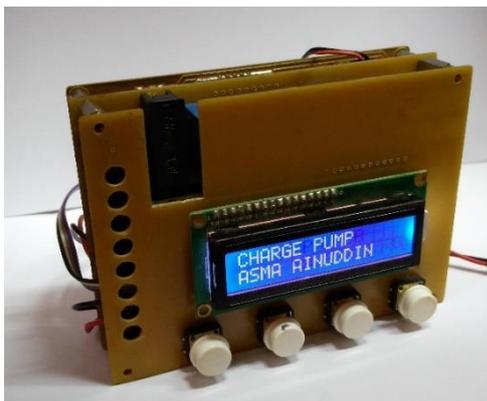


**Gambar 17. Grafik perbandingan karakteristik CP Dioda dan CP Mosfet terhadap perubahan nilai tahanan beban**

Gambar 17 memperlihatkan karakteristik penguatan tegangan terhadap nilai tahanan beban yang berubah antara CP Dioda dan Mosfet. CP Dioda dan CP Mosfet keduanya memiliki penguatan tegangan yang naik seiring dengan naiknya nilai tahanan beban, tetapi nilai penguatan tegangan CP diode lebih besar dibandingkan penguatan tegangan pada CP Mosfet pada nilai tahanan yang sama.

4.8. Hasil Perancangan

Gambar 18 menunjukkan hasil rancangan perangkat keras. Terdapat display LCD untuk menampilkan pembacaan tegangan dan arus rangkaian serta tombol untuk melakukan konfigurasi.

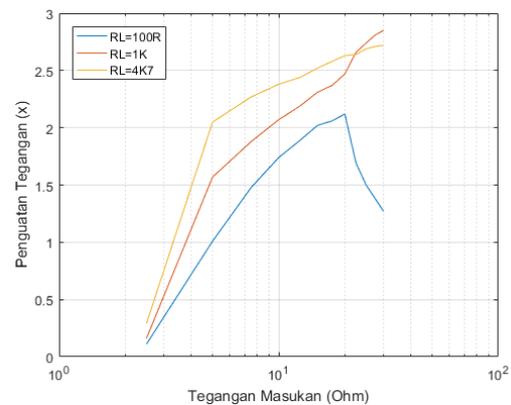


**Gambar 18. Hasil Perancangan perangkat keras sistem kendali pengisian baterai**

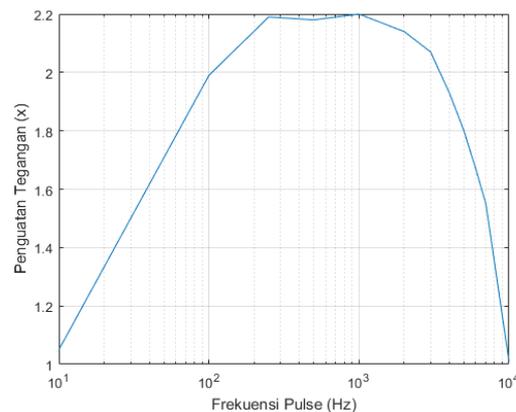
4.9. Pengujian perangkat keras

Pengujian perangkat keras meliputi pengujian karakteristik CP dan pengujian sistem kendali yang ditampilkan pada antarmuka komputer.

Gambar 19 merupakan grafik perubahan tegangan masukan terhadap penguatan tegangan pada nilai tahanan beban yang berbeda. Nilai tahanan yang diberikan yaitu 100 Ω dan Frekuensi pulse 1 kHz. Terlihat penguatan tegangan terkecil diperoleh pada nilai tahanan beban 100 Ω, dan terbesar pada nilai tahanan beban 4.7 kΩ. Nilai penguatan tegangan cenderung naik seiring bertambahnya nilai tegangan masukan, hanya pada beberapa nilai tegangan masukan yang besar mengakibatkan penguatan turun yang mengakibatkan grafik tidak linear seperti terlihat pada kurva RL=100 Ω.



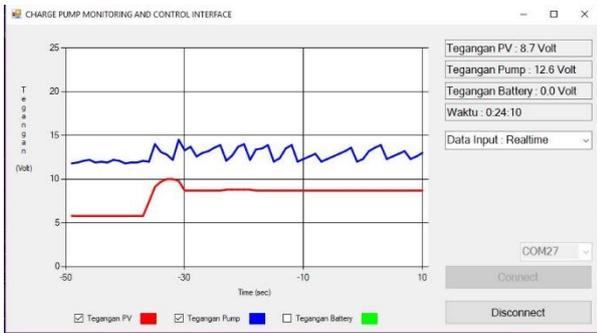
**Gambar 19. Grafik perubahan tegangan masukan terhadap penguatan tegangan pada beberapa nilai tahanan beban**



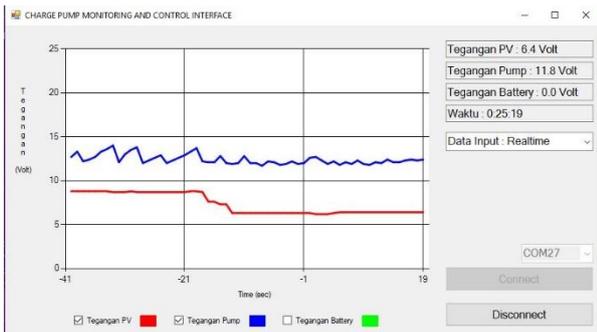
**Gambar 20. Grafik perubahan perubahan frekuensi pulse terhadap penguatan tegangan**

Gambar 20 merupakan grafik perubahan frekuensi pulse terhadap penguatan tegangan yang menunjukkan nilai penguatan terbesar didapatkan pada frekuensi pulse sebesar 1 kHz yakni sebesar 2.2 ×. Tegangan masukan yang diberikan sebesar 12 V dan tahanan beban sebesar 1 kΩ.

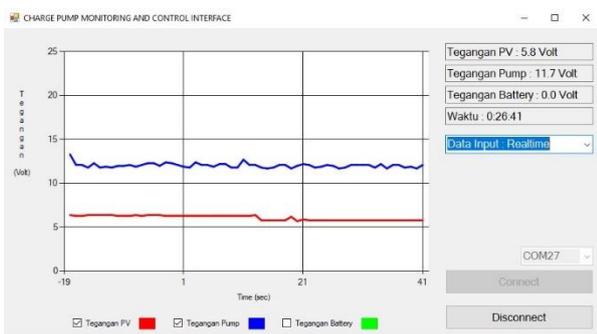




Gambar 21. Tampilan pengujian *interface* pada level 5V ke 10V



Gambar 22. Tampilan hasil pengujian *interface* pada level 9V ke 6V



Gambar 23. Tampilan hasil pengujian *interface* pada level 6V

Dari keseluruhan pengujian rangkaian menggunakan sistem kendali, diperoleh hasil yaitu rangkaian mampu mempertahankan konsisi luaran pada level tegangan yang telah diatur. Riak akan terjadi saat tegangan masukan berada pada kondisi peralihan dan saat tegangan stabil.

Gambar 21 menunjukkan grafik pada *interface* saat tegangan masukan beralih dari 5 V ke 10 V. Pada peralihan ini terjadi riak pada tegangan luaran CP yang mencapai 14 V. Gambar 22 menunjukkan grafik pada *interface* saat tegangan masukan beralih dari 9 V ke 6 V. Pada peralihan ini terjadi riak pada tegangan luaran CP yang mencapai 14 V. Gambar 23

menunjukkan grafik pada *interface* saat tegangan masukan stabil pada level 6 V. Pada kondisi ini terjadi riak pada tegangan luaran CP yang mencapai 12.8 V.

### 5. Kesimpulan

Peningkatan tegangan masukan pada CP akan mengakibatkan peningkatan tegangan luaran. Dari simulasi yang dilakukan terhadap CP dengan konfigurasi Dioda dan Mosfet didapatkan hasil bahwa konfigurasi dioda memiliki karakteristik yang lebih baik dari pada konfigurasi Mosfet. Hal ini ditunjukkan oleh penguatan tegangan pada konfigurasi Dioda yang lebih besar dibanding konfigurasi Mosfet pada keadaan yang sama.

Nilai frekuensi kerja pada rangkaian CP yaitu 10 KHz hingga maksimum 250 kHz dengan nilai penguatan tegangan yang mencapai 2.59x. Karakteristik yang didapatkan menunjukkan peningkatan frekuensi pulse mengakibatkan peningkatan penguatan tegangan.

Pada karakteristik terhadap perubahan tegangan masukan menunjukkan bahwa penguatan tegangan berbanding lurus dengan nilai tegangan masukan. Pengujian rangkaian CP menghasilkan frekuensi kerja yaitu pada frekuensi 1 kHz dengan nilai penguatan tegangan yaitu 2.2x. Pengaruh perubahan frekuensi pulse pada rangkaian CP menunjukkan hubungan yang tidak linear.

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem yang dibuat berhasil dan dapat digunakan pada sistem pengisian baterai pada PLTS karena hasil sistem mampu mempertahankan tegangan luaran pada level yang telah diatur yaitu 12V dengan variasi tegangan masukan 6 V hingga 10 V.

### Referensi

- [1] J. A. Widodo, Suryono, A. Tatyantoro, and Tugino, "Pemberdayaan Energi Matahari sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas", UNNES Journals, vol. 8, no. 2, pp. 67–72, 2010.
- [2] D. Septiadi, "Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya)", Jurnal Meteorology dan Geofisika, vol. 10, no. 1, pp. 22–28, 2009.
- [3] A. Budiman, K. Das, A. Mohammad, K. T. Tan, and O. Tonby, "Sepuluh gagasan untuk menguatkan kembali sektor energi Indonesia", McKinsey&Company, 2014.



- [4] Qiufeng, W., Yong, X., and Xiangwen, Z., Research on charging control for battery in photovoltaic system, *IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, hal. 2321 – 2325, 2011.
- [5] Davis, K. O., Ishihara, A. K., Poolla, C., and Arai, S., Novel cascaded battery charging architecture for photovoltaic systems, *Conference Record of the Ieee Photovoltaic Specialists Conference. IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, hal. 1506 – 1508, 2013.
- [6] Florin Biziiu, Dickson Charge Pump Regulation Mecanism Optimized for EMC Performance, *International Semiconductor Conference (CAS)*, hal. 193-196, 2015
- [7] Zucchelli, M., Colalongo, L., Richelli, A., and Kovacs-Vajna, Z. M., A DCDC Charge Pump Design Based on Voltage Doublers. *IET Power Electronics, IET Journals & Magazines*, 9:553 – 558, 2016.
- [8] Palumbo, G. and Pappalardo, D., Charge pump circuits: An overview on design strategies and topologies. *IEEE Circuits and Systems Magazine*, 10:31 – 45, 2010.
- [9] W. Makni, N. Ben Hadj, H. Samet, R. Neji., Design simulation and realization of solar battery charge controller using arduino uno. *International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA)*, hal. 635 – 639, 2016.



# Penerapan *Mobile GIS* pada Peta Panduan Jalur Angkutan Umum Berbasis Android dengan Metode Optimasi Rute *Ant Colony Optimization*

Salmiati\*<sup>1</sup>, Salama Manjang<sup>1</sup>, Ingrid Nurtanio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171

\*Email: salmiatijunaedy@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.04

## Abstrak

Dalam mendukung pengembangan jaringan sistem transportasi cerdas, *Mobile GIS* menjadi salah satu faktor pendukung, dimana *mobile GIS* ini dapat menjadi pemandu bagi pengguna transportasi untuk bepergian dengan menggunakan angkot. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi yang berbasis android untuk menentukan jalur angkot yang optimal menuju tujuan yang diinginkan. Melalui penerapan *Mobile GIS* ini pengguna mendapatkan informasi tentang kode angkot apa saja yang dapat digunakan, jalur alternatif yang mana yang lebih menguntungkan dan jumlah biaya yang harus dibayarkan. Masalah timbul manakala rute yang diinginkan pengguna harus dengan proses transfer rute yang mungkin bisa hanya satu kali transfer, dua kali transfer atau lebih. Dengan demikian untuk optimasi rute yang digunakan adalah metode *Ant Colony Optimization*. Algoritma *Ant Colony Optimization* merupakan salah satu jenis algoritma yang meniru perilaku serangga (*swarm*) yaitu semut. Namun kasus rute angkot ini, untuk mencapai rute optimal dalam metode *Ant Colony Optimization* ini yang diperhitungkan adalah jarak dan jumlah angkot, dengan asumsi bahwa meskipun rute tersebut berjarak dekat, tetapi kurang angkot yang melalui rute tersebut, maka rute tidak dianggap optimal. Dalam implementasi aplikasi ini membutuhkan waktu akses kurang lebih 1 menit. Hal ini dikarenakan adanya proses pengambilan data dari *Google Maps*, selain itu juga bergantung pada akses jaringan yang digunakan.

## Abstract

**Application of Mobile GIS on Android-based Public Transport Guide Map with Ant Colony Route Optimization Method.** This research aimed to formulate an application which was based on android in order to determine the route of the optimum transports with the desired destination. Through the application of a Mobile GIS the users would be able to enquire information about any transport code which he could use, which alternative was more beneficial, and how much cost he would pay. The problem would arise when the desired route by the user should be through the process of transferred route which could be only once transfer, twice transfer or more. Thus, for the optimum used, the route to use was the method of ant colony optimization. The Algorithm of Ant Colony Optimization was one of the algorithm type which imitated the behavior of an insect (*swarm*), or ant. However, the case of this transport route, in order to reach the optimum route in the method of Ant Colony Optimization, the counted factors were the distance and the number of transports, with assumption that although the route was close by, but the transports were not many which ran the route, such route could not be categorized as optimum. In the implementation of this application of this application it needed the time of access less than 1 minute. This was caused by the process of getting the data from the Google Maps besides, this depended on network access used.

**Kata Kunci :** *Ant Colony Optimization, GPS, mobile GIS, rute*

## 1. Pendahuluan

Sistem transportasi cerdas, berdasarkan sinergi antara teknologi informasi baru untuk simulasi, kontrol *real-time*, dan jaringan komunikasi merupakan alternatif untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya yang tersedia [1]. Perkembangan teknologi

*smartphone* tidak hanya menawarkan fungsi standar dari handphone sebagai alat komunikasi tetapi juga menawarkan kemampuan untuk membantu kegiatan sehari-hari. Dalam mendukung pengembangan jaringan sistem transportasi cerdas, *Mobile GIS* dapat menjadi



salah satu faktor pendukung, dimana *Mobile GIS* ini dapat memandu pengguna transportasi.

Untuk menjelajah di Kota Makassar ini dapat menggunakan beberapa jenis angkutan darat, salah satunya adalah dengan angkutan umum (angkot). Namun, angkot (pete-pete) yang ada dikota Makassar terdapat beberapa rute dengan izin trayek masing-masing. Tentunya bagi orang awan merasa kesulitan jika hendak bepergian seorang diri tanpa adanya pemandu jalan dengan menggunakan angkot. Sedangkan bepergian dengan menggunakan seorang pemandu jalan harus mengeluarkan biaya tambahan. Salah satu solusi yang tepat adalah dengan adanya peta panduan jalan yang bisa dibawa setiap saat dan mudah di gunakan. Maka pada penelitian ini lebih dititik beratkan pada peta angkutan umum dengan memanfaatkan kecanggihan teknologi informasi.

*Mobile GIS* merupakan integrasi antara tiga teknologi, yaitu perangkat lunak *GIS*, teknologi *Global Positioning System (GPS)*, dan perangkat alat komunikasi genggam [2]. Teknologi tersebut membuat basis data yang dapat diakses oleh personil di lapangan secara langsung di segala tempat dan waktu. Sistem ini dapat menambah informasi secara *real-time* ke basis data dan aplikasinya dalam hal kecepatan akses, tampilan, dan penentuan keputusan. *Mobile GIS* adalah perpaduan dari teknologi *GIS*, *Mobile hardware* dengan perangkat lunaknya, *Global Positioning System (GPS)* dan komunikasi wireless untuk akses ke internet *GIS*.

*Global Positioning System (GPS)* adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan *GPS* antara lain *GLONASS* Rusia, *Galileo Uni Eropa*, *IRNSS* India [3].

*Google Maps* adalah sebuah jasa peta *globe virtual* gratis dan online disediakan oleh Google. Ia menawarkan peta yang dapat diseret dan gambar satelit untuk seluruh dunia dan baru-baru

ini, Bulan, dan juga menawarkan perencanaan rute dan pencari letak bisnis di U.S., Kanada, Jepang, Hong Kong, Cina, UK, Irlandia (hanya pusat kota) dan beberapa bagian Eropa [4].

Penerapan *Mobile GIS*, dapat menjadi petunjuk jalan bagi pengguna yang menggunakan angkutan umum sampai tujuan, dimana pengguna mendapatkan informasi tentang kode angkot apa saja yang dapat digunakan, jalur alternatif yang mana yang lebih menguntungkan serta pengguna juga dipandu sampai pada titik persinggahan untuk transfer ke angkot berikutnya apabila itu diperlukan.

Data yang cukup banyak dan kompleks menjadi salah satu persoalan dalam mengembangkan *Mobile GIS* ini. Namun, yang paling penting adalah bagaimana cara memanipulasi hal tersebut sehingga proses pencarian rute tidak terlalu memakan waktu yang lama sehingga pengguna tetap merasa nyaman menggunakannya. Persoalan lain timbul manakala rute yang diinginkan pengguna harus dengan proses transfer rute dan proses transfer rute ini bisa hanya satu kali transfer, dua kali transfer ataupun lebih. Dengan demikian untuk optimasi rute yang digunakan adalah dengan algoritma *Ant Colony Optimization*.

*Ant Colony Optimization (ACO)* termasuk dalam kelompok *Swarm Intelligence*. yang merupakan salah satu jenis pengembangan paradigma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dimana inspirasi yang digunakan untuk memecahkan masalah tersebut berasal dari perilaku kumpulan atau kawan (swarm) serangga [5].

## 2. Penelitian Terkait

Peta panduan ini telah ada dari beberapa peneliti sebelumnya salah satunya dengan menggunakan metode *Best-Path Planning* di kota Surabaya. Namun, hasil dari penelitian ini, memperlihatkan bahwa dengan kompleksnya rute transportasi umum yang ada dan banyaknya data tempat yang dilewati, sehingga penggunaan matriks transisi membutuhkan waktu yang lama pada proses load data yaitu 1 menit 15 detik, sedangkan untuk pencarian rute dua kali transfer, membutuhkan waktu rata-rata 49,55 detik [6].



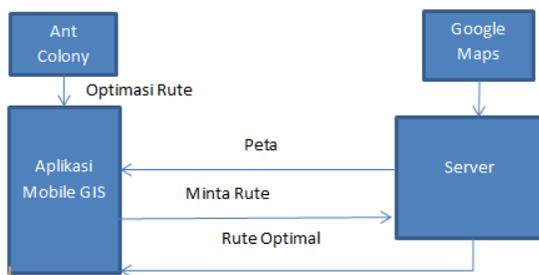
Penelitian lain dengan menggunakan algoritma *Particle Swarn Optimization* memberikan kesimpulan bahwa Pencarian jalur terpendek dengan metode algoritma *Particle Swarn Optimization (PSO)* tergantung dari parameter-parameter yang dimasukkan. Banyaknya parameter inputan seperti iterasi dan partikel akan sangat menentukan kesuksesan pencarian jalur terpendek. Semakin besar parameter yang diberikan, maka waktu yang dibutuhkan dalam memproses akan semakin lama. Algoritma PSO ini masih memiliki titik kelemahan, system pencarian random membuat hasil pencarian belum tentu mendapatkan hasil yang benar-benar optimum [7].

### 3. Perancangan Sistem

#### 3.1. Desain Sistem

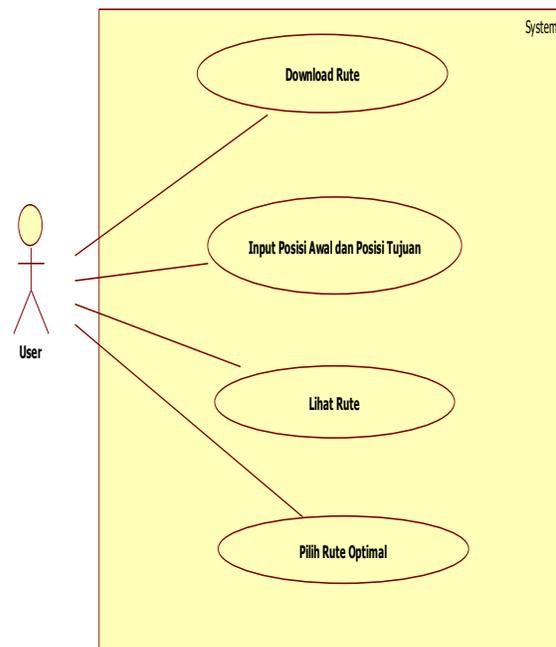
Desain sistem dapat digambarkan bahwa begitu pengguna menggunakan menentukan lokasi, maka sistem langsung mengkoordinasikan ke *GPS*, sehingga menghasilkan titik koordinat posisi awal dan posisi tujuan. Selanjutnya sistem akan menghitung jarak dengan melalui titik persinggahan dimana angkot dapat bersinggungan. Dari hasil jarak perhitungan tersebut kemudian diterapkan metode optimasi rute *Ant Colony Optimization (ACO)* untuk memilih 2 rute terdekat, dan kemudian menampilkannya. Setelah pengguna memilih salah satu rute terdekat, maka pada *mobile* pengguna tampil peta untuk menuju ke posisi tujuan dengan melalui titik persinggahan.

Dari rancangan sistem yang dipaparkan sebelumnya dapat dianalisa bahwa sistem yang akan dibangun seperti arsitektur aplikasi pada Gambar 1 berikut:

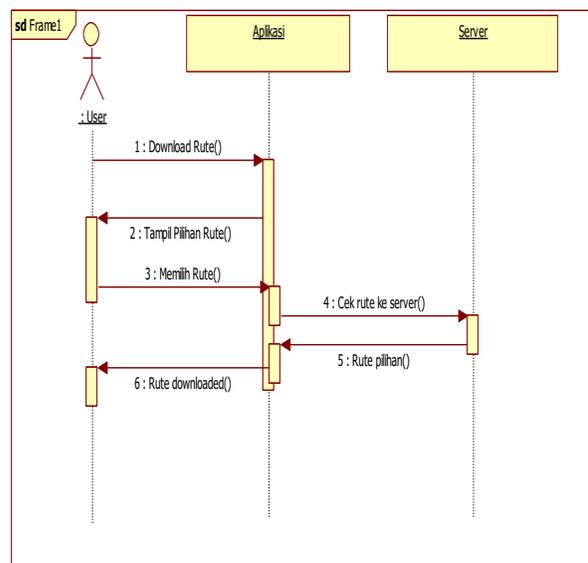


Gambar 1. Arsitektur Aplikasi

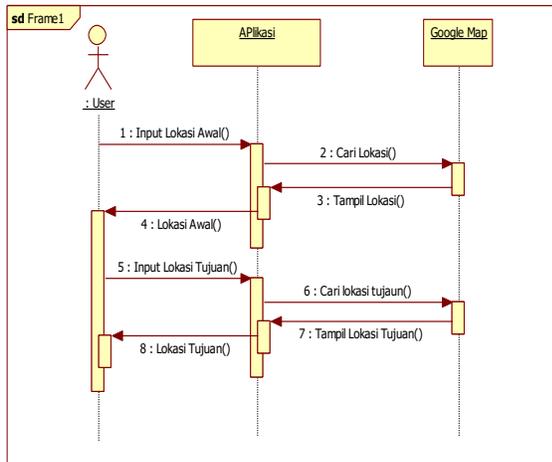
Adapun diagram yang dibutuhkan dalam mendesain sistem yaitu *usecase diagram* pada Gambar 2, dan *sequence diagram* ada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 berikut :



Gambar 2. Use Case Diagram

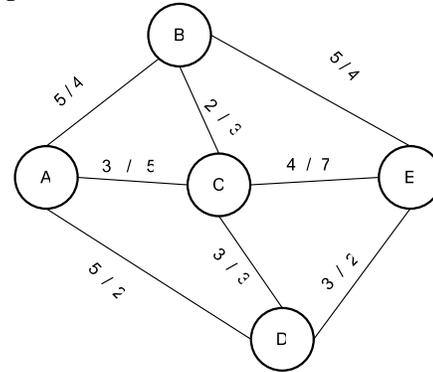


Gambar 3. Squence Diagram download rute

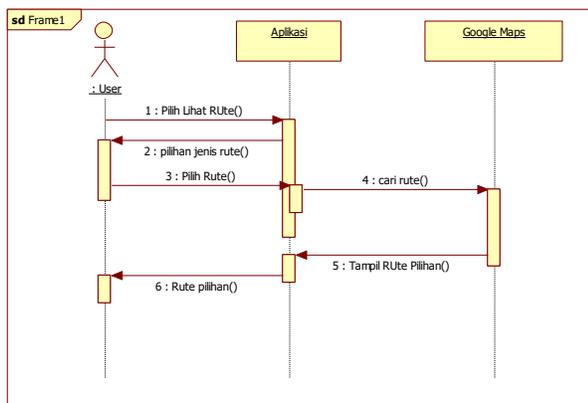


Gambar 4. Squence diagram untuk input lokasi

paling optimal. Sebagai perumpamaan seperti tampak pada Gambar 7 :



Gambar 7: Graph Berbobot

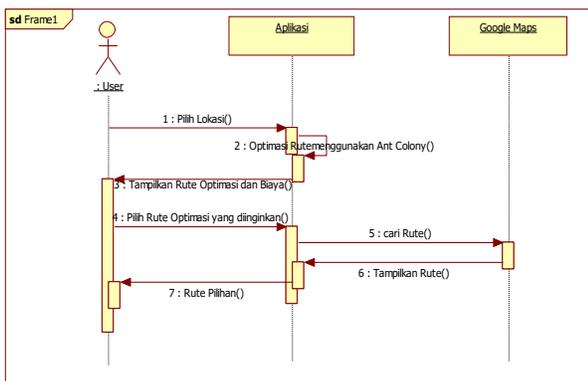


Gambar 5. Squence diagram untuk lihat rute

Untuk mencari rute optimal dari titik A menuju titik E terdapat beberapa lintasan (*path*), adapun *path* yang dilalui dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 : Tabel daftar rute alternatif

Rute	Path yang dilalui
1	AB-BE
2	AC-CE
3	AD-DE
4	AC-CB-BE
5	AB-BC-CE
6	AC-CD-DE
7	AD-DC-CE
8	AB-BC-CD-DE
9	AD-DC-CB-BE



Gambar 6. Squence diagram untuk pilih rute optimal

Pemilihan rute dari simpul A ke simpul E dengan formula:

$$P_{AE} = \frac{(\tau_{AE}^\alpha)(\eta_{AE}^\beta)}{\sum (\tau_{AE})(\eta_{AE})}$$

Hasil dari perhitungan untuk setiap lintasan (*path*) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

### 3.2. Metode optimasi koloni semut

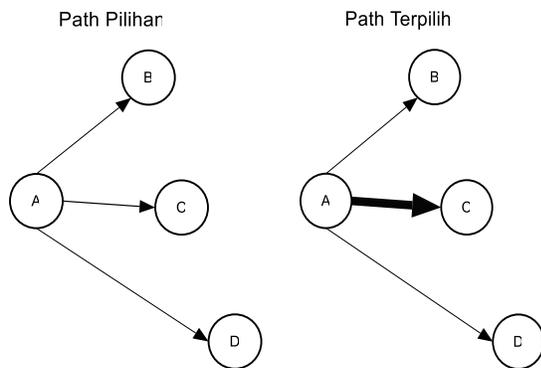
Dalam penentuan optimasi koloni semut, dibutuhkan beberapa parameter dan data jalan serta titik asal dan titik tujuan sehingga sistem dapat memberikan hasil pencarian jalur yang



Tabel 2. Tabel hasil perhitungan nilai p setiap Path

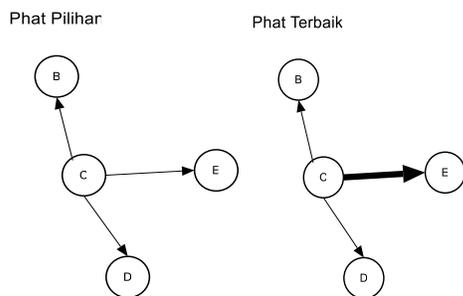
Path	Jarak ( $\delta$ )	Jumlah ( $\lambda$ )	$\eta = 1/\delta$	$\lambda^\alpha$	$\eta^\beta$	$\lambda^\alpha \cdot \eta^\beta$	Nilai P	P Terbaik
AB	4	5	0.25	1.37973	0.87055	1.20112	0.35170	
AC	3	5	0.33	1.37973	0.89596	1.23618	0.36196	0.36196
AD	5	2	0.20	1.14870	0.85134	0.97793	0.28634	
BC	2	3	0.50	1.24573	0.93303	1.16231	0.50852	
BE	5	4	0.20	1.31951	0.85134	1.12335	0.49148	0.50852
CB	2	4	0.50	1.31951	0.93303	1.23114	0.33897	
CD	3	3	0.33	1.24573	0.89596	1.116212	0.30730	0.35373
CE	4	7	0.25	1.47577	0.87055	1.28474	0.35373	
DC	3	4	0.33	1.31951	0.89596	1.18222	0.53460	
DE	3	2	0.33	1.14870	0.89596	1.02919	0.46540	0.53460

Hasil dari perhitungan diatas diketahui bahwa path terbaik dari simpul A yaitu path AC sebagaimana yang tampil pada Gambar 8 berikut:



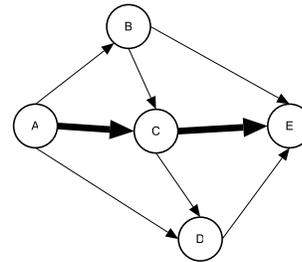
Gambar 8. Path terbaik dari simpul A

Sedangkan untuk path terbaik dari simpul C adalah CE sebagaimana pada Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Path terbaik

Sehingga didapatkan path optimal dari A ke E adalah ACE seperti pada Gambar 10 :



Gambar 10. Path terbaik dari A ke E

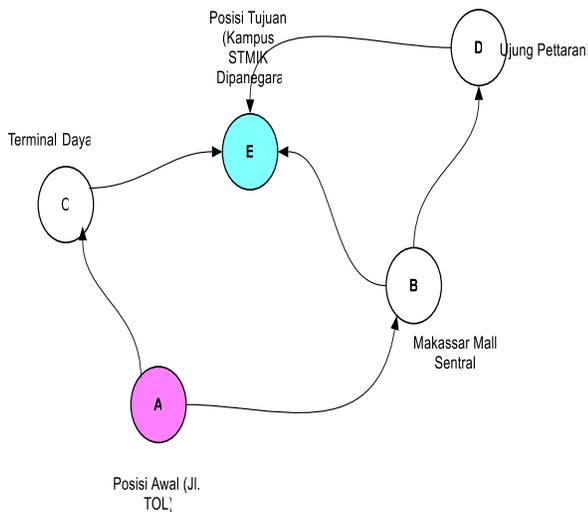
#### 4. Analisis dan Pengujian Sistem

##### 4.1. Analisis Algoritma

Untuk kasus dalam penelitian ini, selain parameter jarak yang diperhitungkan adapula banyaknya angkot yang melewati rute tersebut, dengan anggapan bahwa semakin banyak jumlah angkot yang melewati rute itu, semakin besar peluang untuk mendapatkan angkot lebih cepat. Sehingga hasil dari optimasi rute yang dihasilkan lebih dominan ke rute yang ramai dilalui angkot. Seperti pada contoh kasus berikut ini :

Seorang pengguna hendak berangkat dari Kompleks Vila Mutiara Jl. Tol menuju Kampus STMIK Dipanegara yang berada di jalan Perintis Kemerdekaan KM. 9. Dimana rute dari jalan Tol menuju kampus STMIK ini tidak ada angkot yang langsung, dan harus menggunakan beberapa angkot untuk mencapai titik tujuan

tersebut. Rute perjalanan dapat digambarkan pada Gambar 11 berikut :



**Gambar 11. Lintasan rute yang dapat dilalui dari Tol menuju kampus STMIK Dipanegara**

Dari Gambar 11 tersebut dapat dilihat bahwa untuk menuju kampus Stmik Dipanegara dari posisi awal di jalan tol adalah :

- Rute dari Posisi awal menuju Terminal Daya kemudian lanjut ke kampus STMIK Dipanegara.
- Rute dari Posisi awal menuju Makassar Mall sentral kemudian lanjut menuju ke kampus STMIK Dipanegara.
- Rute dari Posisi Awal menuju Makassar Mall sentral, kemudian lanjut menuju ke ujung Pettarani kemudian lanjut ke kampus Unhas.

Dari keterangan yang telah dijelaskan, disimpulkan bahwa ada beberapa rute yang dapat dilalui untuk menempuh titik tujuan yang telah ditentukan. Adapun bobot keterangan untuk lintasan setiap rute dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

**Tabel 3. Jarak dan Jumlah angkot setiap lintasan**

Lintasan	Jarak (KM) $\delta$	Jumlah Angkot ( $\lambda$ )	$\eta = (1/\delta)$
AB	11.3	201	0.08850
AC	9	20	0.11111
BD	6	188	0.16667
BE	8.3	694	0.12048
CE	4.9	694	0.20408
DE		127	0.09174

Sesuai dengan ketentuan dalam algoritma optimasi koloni semut bahwa untuk menetapkan nilai pengendali intensitas visibilitas ( $\beta$ ) dan nilai pengendali pheromon ( $\alpha$ ) harus  $\geq 0$  dan nilai tetapan penguapan peromon ( $\rho$ ) harus  $> 0$  dan  $< 1$ . Jika nilai dari intensitas visibilitas ( $\beta$ ) ditetapkan 0.5 dan nilai pengendali pheromon ( $\alpha$ ) ditetapkan 1, diterapkan dalam formula berikut:

$$P_{ij} = \frac{(\tau_{ij}^\alpha)(\eta_{ij}^\beta)}{\sum(\tau_{ij})(\beta_{ij})}$$

Solusi rute terbaik antara lintasan AB dan lintasan AC

**Path AB :**

$$P_{AB} = \frac{(\tau_{AB}^\alpha)(\eta_{AB}^\beta)}{(\tau_{AB})(\eta_{AB}) + (\tau_{AC})(\eta_{AC})}$$

$$P_{AB} = \frac{(201^{0.5})(0.0885^1)}{(201)(0.0885) + (20)(0.1111)}$$

$$P_{AB} = \frac{(14.1774)(0.0885)}{17.7885 + 2.222}$$

$$P_{AB} = \frac{1.2546999}{20.0105}$$

$$P_{AB} = 0.62702$$

**Path AC:**

$$P_{AC} = \frac{(\tau_{AC}^\alpha)(\eta_{AC}^\beta)}{(\tau_{AB})(\eta_{AB}) + (\tau_{AC})(\eta_{AC})}$$

$$P_{AC} = \frac{(20^{0.5})(0.1111^1)}{(201)(0.0885) + (20)(0.1111)}$$

$$P_{AC} = \frac{(4.4721)(0.1111)}{17.7885 + 2.222}$$

$$P_{AC} = \frac{0.4969}{20.0105}$$

$$P_{AC} = 0.02483$$

Rute optimal antara lintasan AB dan lintasan AC adalah Lintasan AB = 0.62702.

Untuk mencari rute berikutnya maka yang harus dilihat adalah lintasan yang berawal dari titik B, yaitu lintasa BD dan lintasan BE dengan perhitungan :



**Path BD**

$$P_{BD} = \frac{(\tau_{BD}^1)(\eta_{BD}^\beta)}{(\tau_{BD})(\eta_{BD}) + (\tau_{BD})(\eta_{BD})}$$

$$P_{BD} = \frac{(188^{0.5})(0.1667^1)}{(188)(0.1667) + (694)(0.1205)}$$

$$P_{BD} = \frac{(13.7113)(0.1667)}{31.3396 + 83.627}$$

$$P_{BD} = \frac{2.2857}{114.9666}$$

$$P_{BD} = 0.0199$$

**Path BE**

$$P_{BE} = \frac{(\tau_{BE}^1)(\eta_{BE}^\beta)}{(\tau_{BD})(\eta_{BD}) + (\tau_{BE})(\eta_{BE})}$$

$$P_{BE} = \frac{(694^{0.5})(0.1205^1)}{(188)(0.1667) + (694)(0.1205)}$$

$$P_{BE} = \frac{(26.3439)(0.1205)}{31.3396 + 83.627}$$

$$P_{BE} = \frac{3.1744}{114.9666}$$

$$P_{BE} = 0.0276$$

Hasil dari perhitungan diatas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

**Tabel 4. Tabel analisis jalur optimal dengan koloni semut**

Path	$\delta$	$\lambda$	$\eta = 1/\delta$	$\lambda^\alpha$	$\eta^\beta$	$\lambda^\alpha \cdot \eta^\beta$	Nilai P	P Terbaik
AB	11.3	201	0.0885	14.1775	0.0885	1.25464	0.7163	0.7163
AC	9	20	0.1111	4.47214	0.1111	0.49690	0.2837	
BD	6	188	0.1667	13.7113	0.1667	2.28522	0.3837	0.5329
BE	8.6	694	0.1205	26.3438	0.1205	3.17396	0.5329	

Dari hasil analisa pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa rute yang optimal dari jalan Tol menuju kampus STMIK adalah rute yang melalui lintasan dari A ke B kemudian lanjut dari lintasan B ke E. rute yang dimaksud adalah Rute dari jalan tol menuju sentral dengan kode angkot G (Tol), dengan biaya Rp. 7000,- kemudian lanjut rute dari sentral ke smtik dengan kode angkot D (Daya) dengan biaya Rp. 5000,-. Sebagaimana yang ditampilkan pada aplikasi hasil pencarian rute pada aplikasi seperti pada Gambar 12 berikut:



**Gambar 12. Tampilan hasil pencarian rute optimal**

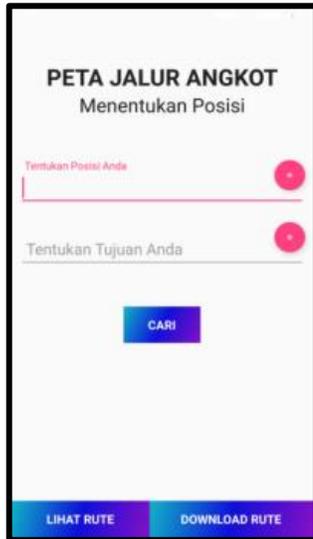
**4.2. Implementasi Sistem**

Implementasi Sistem merupakan proses yang dilakukan untuk menyelesaikan konsep desain yang ada pada desain sistem. Hasil akhir dari sistem yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 13:

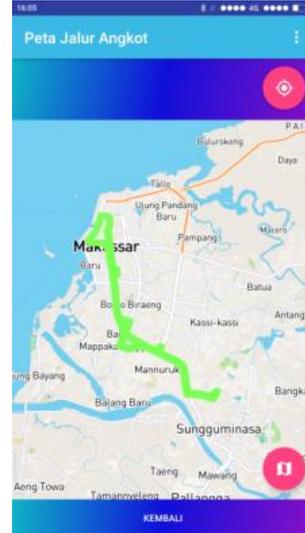


**Gambar 13. Tampilan Splash Screen**





Gambar 14. Tampilan menu utama



Gambar 17. Tampilan lihat rute pada peta



Gambar 15. Tampilan download rute



Gambar 18. Tampilan rute pada peta



Gambar 16. Tampilan daftar rute

### 4.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan 2 metode pengujian yaitu pengujian *BlackBox* dan Pengujian dengan angket (koesioner). Pengujian *blackbox* dilakukan melalui implementasi sistem yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi dapat menampilkan *output* rute-rute sesuai dengan perintah masukan. Sedangkan pengujian dengan angket yaitu dengan cara membagi koesioner kepada sejumlah pengguna angkutan umum dengan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan kepentingan pengguna.



## 5. Kesimpulan

Penerapan *Mobile GIS* ini diharapkan dapat membantu memandu pengguna terutama bagi pendatang di kota Makassar dalam perjalanannya dengan menggunakan angkutan kota tanpa harus bertanya-tanya dan takut kesasar. Pada penerapan *Mobile GIS* ini pula, pengguna dapat langsung mengetahui apabila angkutan yang ditumpangnya keluar dari jalur yang seharusnya.

Dari penelitian jalur optimal menggunakan algoritma koloni semut, ditarik sebuah kesimpulan bahwa Proses pengambilan data dari google maps, mengakibatkan jalannya aplikasi agak lambat dan harus menunggu untuk beberapa saat. Data jalan pada peta google belum sepenuhnya dapat sesuai dengan fakta sehingga penggunaannya pada aplikasi ini tidak sepenuhnya menampilkan *output* yang sesuai.

Pengaruh jumlah angkot dapat mempengaruhi proses pencarian jalur optimasi, semakin banyak angkot yang melewati jalur tersebut maka semakin besar kemungkinan jadi jalur optimal.

Dalam proses pencarian rute, penentuan posisi sebaiknya dilakukan dengan membuka peta kemudian mengatur posisi pada jalan atau

lokasi yang dituju, disebabkan karena pada peta google masih terdapat sejumlah jalan yang belum terdeteksi oleh *google maps*.

## Referensi :

- [1] Aamir Khan, Aasim Khurshid, Muhammad Farhan, Muhammad Harris. "Agent Based Intelligent Transportation System". 2012.
- [2] Guntara, "Mengenal Teknologi *Mobile GIS* di Era Globalisasi", diunduh [15 September 2014] melalui <http://www.guntara.com/2014/01/mobile-gis-merupakan-integrasi-antara.html>
- [3] Wikipedia, "Sistem Pemosisi Global", diunduh [15 September 2014] melalui [https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem\\_Pemosisi\\_Global](https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_Pemosisi_Global)
- [4] Andrafarm, "Google Maps", diunduh [15 September 2014] melalui [http://maps.andrafarm.com/id1/2887-2783/Maps\\_99952\\_maps-andrafarm.html](http://maps.andrafarm.com/id1/2887-2783/Maps_99952_maps-andrafarm.html)
- [5] Budi Santosa, Phd. "*Ant Colony Optimization*". 2012.
- [6] Rizky Pratiwi, Ary Mazharudin Shiddiqi, S.Kom, M.Comp. Sc, Baskoro Adi Pratomo, S.Kom, M.Kom. 2012. "Aplikasi Mobile Pencarian Rute Transportasi Umum dengan Algoritma *Best-Path* Planning pada Platform Android. Seminar Tugas Akhir".
- [7] Alkis Fuady M, Arna Farisa, S.Kom.M.Kom, Ira Prasetyaningrum, S.Si, MT. "Aplikasi *GIS* Berbasis J2ME Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* Di Kabupaten Bangkalan".



# Implementasi *Progressive Web Application* pada Sistem Monitoring Keluhan Sampah Kota Makassar

Awal Kurniawan\*<sup>1</sup>, Intan Sari Areni<sup>1</sup>, Andani Achmad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan 90245

\*Email: awal.kurniawan@uin-alauddin.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112017.05

## Abstrak

Teknologi *web* sudah mengalami banyak kemajuan. Dimulai dari era *web* 1.0 yang masih bersifat statis hingga teknologi *web* yang mampu mengatasi permasalahan perangkat keras seperti *storage*, *speech recognition*, hingga *geolocation*. Salah satu teknologi *web* yang hadir saat ini adalah *progressive web application*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem yang dapat melakukan proses *caching file* pada konten *website*. Sistem menggunakan *progressive web application* dengan memanfaatkan *service worker*. Sumber data yang akan dijadikan objek pada penelitian ini adalah data keluhan masyarakat yang berbentuk JSON. Pada penelitian ini digunakan metode eksperimental dalam merancang aplikasi. Data keluhan yang bersumber dari sebuah API (*Application Programming Interface*) kemudian ditampilkan dalam keadaan jaringan aktif. Selama dalam keadaan jaringan aktif, *service worker* melakukan tugasnya dalam melakukan proses *caching*. Setelah itu, data yang sudah disimpan bisa diakses pada jaringan tidak aktif. Hasil dari penelitian ini adalah sistem keluhan yang disisipkan *service worker* mampu melakukan proses *caching* data hingga 500 data keluhan. Meskipun eksekusi waktu yang dibutuhkan dalam mengakses aplikasi lebih lama karena pemasangan *service worker*, namun aplikasi yang diakses lebih cepat ketika dalam keadaan *offline* karena data dimuat dalam *cache service worker*.

## Abstract

**Implementation of Progressive Web Application on Waste Complaint Monitoring System of Makassar City.** Web technology has made great progress. Starting from the era of web 1.0 that is still static to web technology that can solve hardware problems such as storage, speech recognition, to geolocation. One of the web technologies that are present today is progressive web application. This research aim to design a system that can perform the process a caching file on the website content. The system use progressive web application by utilizing service worker. The data source that will be used as object in this research is data of public complaints in the JSON form. In this research used experimental method in design of application. The complaint data sourced form in API (*Application Programming Interface*) is then displayed in an active network. As long as the network is active, the service worker does its work in the process of caching. After that, the data already saved can be accessed on the offline. The result of this research is a system of complaints inserted service worker able to process data caching up to 500 data complaints. Although the execution time required in accessing the application is longer due to the installation of service worker, but application are accessed faster when in an offline state because the data is loaded in the service worker cache.

**Kata Kunci:** *Cache, data keluhan, progressive web application, service worker*

## 1. Pendahuluan

Saat ini teknologi aplikasi *web* sudah banyak mengalami perubahan fungsi. Awal mula perkembangan teknologi web dimulai dari web 1.0 yang diperkenalkan tahun 1990 yang masih bersifat statis hingga menjadi aplikasi web yang dapat menangani masalah pengecekan status baterai, penggunaan *mode offline*, hingga *speech recognition* [1]. Salah satu teknologi yang tengah

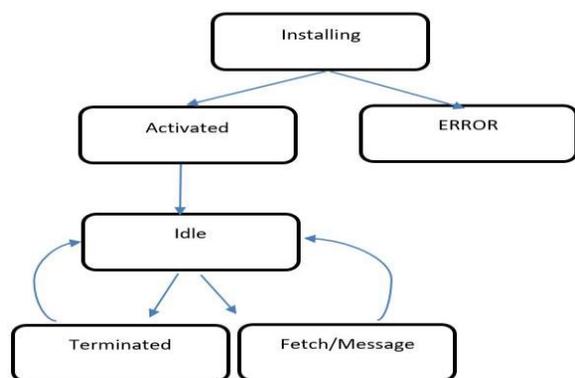
banyak diperhatikan saat ini adalah teknologi *Progressive Web App* (PWA).

*Progressive Web Apps* (PWA) adalah sebuah istilah untuk aplikasi berbasis web yang menggunakan teknologi web paling mutakhir. PWA sebenarnya hanyalah aplikasi berbasis web biasa, tapi memanfaatkan fitur perambanan yang modern agar tampil seolah-olah merupakan aplikasi asli. PWA digambarkan sebagai kumpulan dari teknologi, konsep desain dan *WEB API* (*Application Programming Interface*)



yang bekerja secara bersama untuk memberikan sentuhan aplikasi pada sebuah *mobile web* [2]. Hal ini termasuk berbagai rekomendasi yang tidak spesifik pada desain aplikasi web untuk perangkat mobile, seperti preferensi HTTPS melalui HTTP dan desain yang *responsive* [3]. Hal ini juga akan membawa kebutuhan pada API baru untuk peningkatan kualitas pengguna, seperti Web App Manifest, *Service Workers* ataupun *Payment Request API* [4].

Keuntungan dari PWA ini adalah dapat memuat konten seketika bahkan dalam kondisi jaringan yang tidak baik. Ketika digunakan dari layar awal pengguna, maka *service worker* diaktifkan pada PWA untuk dimuat seketika.



Gambar 1. Siklus *service worker*

Salah satu Konsep yang dibangun oleh PWA adalah *Service Worker*. *Service worker* adalah script yang berjalan di belakang *browser* pengguna. *Service worker* tidak membutuhkan sebuah halaman ataupun interaksi dari pengguna untuk menjalankan tugasnya, dengan begitu *service worker* akan terus berjalan walaupun halaman *web* tidak terbuka [5].

Langkah-langkah dalam melakukan konfigurasi dasar *service worker* sebagai berikut:

- Daftarkan *service worker* melalui URL (*Uniform Resource Locator*) fungsi `serviceWorkerContainer.register()`.
- Jika berhasil, *service worker* dijalankan di `ServiceWorkerGlobalScope`.
- *Service worker* telah siap untuk memproses *event*.
- Instalasi *service worker* dicoba ketika *service worker* mengontrol halaman yang diakses setelah dan sebelumnya. *Event install* akan

selalu dikirim pertama kali ke *service worker*.

- Ketika handler *oninstall* selesai, *service worker* dipasang.
- Proses aktivasi. Ketika *service worker* terpasang, selanjutnya akan menerima *event activate*. Penggunaan utama dari *onactivate* ini adalah untuk membersihkan sumber daya yang digunakan sebelumnya.
- *Service control* sekarang dapat mengontrol halaman, tapi hanya dibuka setelah `register()` telah sukses seperti dokumen mulai aktif dengan atau tanpa *service worker* dan menjaganya selama masih digunakan. Jadi dokumen harus dimuat ulang agar benar-benar terkontrol [6].

## 2. Bahan dan Metode

### 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 Mei 2017 sampai bulan Juli 2017.

### 2.2. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah API yang berisi data keluhan sampah dari masyarakat yang terdiri dari foto keluhan, nama pelapor, tanggal melapor, serta deskripsi dari keluhan.

### 2.3. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian memiliki beberapa tahapan sesuai dengan metode *waterfall* [7]. 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*, misalnya `www.google.com`. 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 data keluhan untuk *client*. Keempat, Penulisan Kode Program : Kode program menggunakan bahasa pemrograman *TypeScript* 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 [8].



Gambar 2. Rancangan sistem

2.4. Metode Pengumpulan Data

Sumber data diperoleh dari sebuah API dengan alamat <https://last.uin-alauddin.ac.id/showAllKeluhan>. Data API terdiri dari `_id`, `namapelapor`, `gambar_keluhan`, `keterangan`, `koordinat` dan `tanggal_keluhan`.

2.5. Analisis Data

Data yang didapatkan berupa file/assets yang dapat disimpan oleh *service worker* ketika aplikasi dijalankan. Data yang didapatkan bersumber dari sebuah API kemudian dianalisis untuk membuktikan kinerja dari *service worker* dalam melakukan *caching file* data sehingga data keluhan yang diakses aplikasi tetap dapat dilihat walau dalam keadaan *offline*.

3. Hasil Penelitian

Pada proses antar muka sistem keluhan sampah ada beberapa pilihan yang mendukung proses kerja sistem. Secara singkat proses ini adalah sebagai berikut : Proses pengambilan data keluhan, Proses menyisipkan kode *service worker*, Proses menampilkan data keluhan di aplikasi dalam keadaan jaringan internet aktif, lalu proses menampilkan data keluhan di aplikasi dalam keadaan jaringan tidak aktif. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam membangun aplikasi yaitu :

3.1. Proses Pengambilan Data Keluhan

Adapun tahapan yang dilakukan dalam mengambil data keluhan dengan mengakses alamat API [9]. Bentuk data menggunakan format *JSON* yang terdiri dari `_id`, `namapelapor`, `gambar_keluhan`, `keterangan`, `koordinat` dan `tanggal_keluhan`.

```

[{"_id": "582bf8c80502bf3447f9b684", "username": "user30", "nama": "Nirwana", "fotoprofile": "user30.jpg", "fotokeluhan": "gambar30.jpg", "isikeluhan": "segera diangkut", "lat": "-5.150362", "lon": "119.431565", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T06:12:24.815Z"}, {"_id": "582bf6fd0502bf3447f9b683", "username": "user29", "nama": "ipul", "fotoprofile": "user29.jpg", "fotokeluhan": "gambar29.jpg", "isikeluhan": "sudah lama tidak diangkut", "lat": "-5.158264", "lon": "119.410188", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T06:04:45.402Z"}, {"_id": "582bf6150502bf3447f9b682", "username": "user28", "nama": "muzakkir", "fotoprofile": "user28.jpg", "fotokeluhan": "gambar28.jpg", "isikeluhan": "sudah lama tidak diangkut", "lat": "-5.152248", "lon": "119.424390", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T06:00:53.492Z"}, {"_id": "582bf5770502bf3447f9b681", "username": "user27", "nama": "dg.farid", "fotoprofile": "user27.jpg", "fotokeluhan": "gambar27.jpg", "isikeluhan": "busuk", "lat": "-5.161181", "lon": "119.422942", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:58:15.584Z"}, {"_id": "582bf54a0502bf3447f9b680", "username": "user26", "nama": "Reza M", "fotoprofile": "user26.jpg", "fotokeluhan": "gambar26.jpg", "isikeluhan": "harap segera sampahnya diangkut", "lat": "-5.159474", "lon": "119.434012", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:57:30.595Z"}, {"_id": "582bf30c0502bf3447f9b67f", "username": "user25", "nama": "Syahbuddin", "fotoprofile": "user25.jpg", "fotokeluhan": "gambar25.jpg", "isikeluhan": "bau", "lat": "-5.154092", "lon": "119.440970", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:47:56.656Z"}, {"_id": "582bf2e30502bf3447f9b67e", "username": "user24", "nama": "gunawan", "fotoprofile": "user24.jpg", "fotokeluhan": "gambar24.jpg", "isikeluhan": "bau sangat menyakkan", "lat": "-5.151965", "lon": "119.423324", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:47:15.102Z"}, {"_id": "582bf05e0502bf3447f9b67d", "username": "user23", "nama": "Asep Indra", "fotoprofile": "user23.jpg", "fotokeluhan": "gambar23.jpg", "isikeluhan": "Semoga cepat dibersihkan", "lat": "-5.153771", "lon": "119.448126", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:36:561Z"}, {"_id": "582bf0360502bf3447f9b67c", "username": "user22", "nama": "Ridwan", "fotoprofile": "user22.jpg", "fotokeluhan": "gambar22.jpg", "isikeluhan": "Semoga cepat dibersihkan", "lat": "-5.135485", "lon": "119.415852", "__v": 0, "create_date": "2016-11-16T05:35:50.607Z"},
    
```

Gambar 3. API isi keluhan dalam format json



### 3.2. Proses Penyisipan Kode *Service Worker*

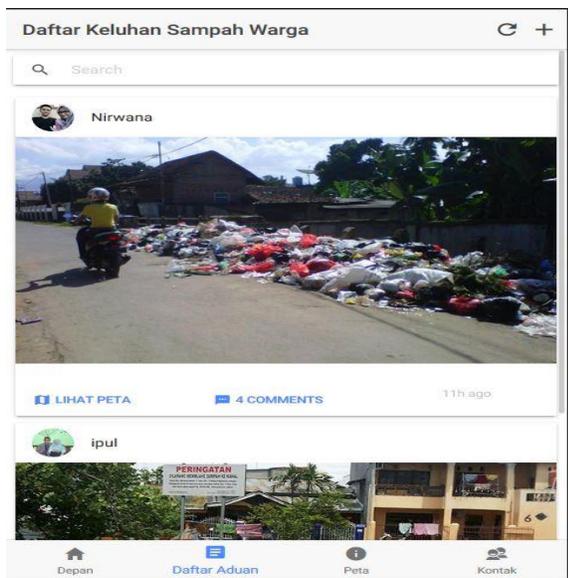
Proses penyisipan kode *service worker* dilakukan dengan menyisipkan kode ke dalam file utama dalam aplikasi. Ketika kode berhasil dipasang, maka proses *service worker* akan bekerja dalam melakukan proses *caching* data.

```
<script>
  if ('serviceWorker' in navigator) {
    navigator.serviceWorker.register('service-worker.js')
      .then(() => console.log('service worker installed'))
      .catch(err => console.error('Error', err));
  }
</script>
```

Gambar 4. Pemasangan kode *service worker*

### 3.3. Proses Pembacaan Data Keluhan Pada Jaringan Aktif

Proses pembacaan data diawali dengan client melakukan request data keluhan ke server. Sistem yang terdapat di *server* kemudian mengirimkan *response* berupa data keluhan ke aplikasi. Sistem akan membandingkan data pesanan dari *client* dengan data yang sudah ada di *server*. Ketika jaringan dalam keadaan aktif, maka aplikasi akan melakukan proses *caching file* dengan menyimpan data-data keluhan seperti nama pelapor, gambar keluhan, tanggal aduan, koordinat, dan keterangan keluhan.



Gambar 5. Tampilan aplikasi daftar keluhan

### 3.4. Proses Pembacaan Data Keluhan Pada Jaringan Tidak Aktif

Proses pembacaan data keluhan pada jaringan tidak aktif dilakukan dengan menonaktifkan jaringan terlebih dahulu. Hasil data yang dilakukan pada pembacaan data jaringan yang tidak aktif kemudian dibandingkan dengan hasil data pada jaringan yang aktif. Proses analisis hasil data akan dilakukan dalam jumlah aduan yang berbeda, yaitu 5, 10, 25, dan 100 data.

## 4. Pembahasan

Penelitian ini memperlihatkan hasil dari proses *caching* yang dilakukan oleh *service worker*. Dari hasil tabel, dapat dilihat ketika aplikasi pertama kali dijalankan secara *online*, maka akan memerlukan proses transfer data lebih lama karena sistem melakukan proses *caching* dari *service worker*. Ketika jaringan dalam keadaan *offline*, aplikasi dapat diakses dengan cepat karena hanya memuat data yang sudah disimpan oleh *service worker*.

Tabel 1. Proses *caching file* oleh *service worker* dalam jaringan aktif (*online*)

Jumlah Data	Transfer Rate	Transfer Data
10	3.6 detik	52.5 kb
50	3.74 detik	100 kb
100	6.18 detik	1100 kb
500	27.8 detik	21400 kb

Tabel 2. Hasil proses *caching file* oleh *service worker* dalam jaringan tidak aktif (*offline*)

Jumlah Data	Transfer Rate	Transfer Data
10	2.20 detik	37.4 kb
50	2.81 detik	37.4 kb
100	3.98 detik	37.4 kb
500	21.15 detik	37.4 kb

## 5. Kesimpulan

Pemanfaatan PWA dalam aplikasi web dapat menjadi solusi bagi pengguna aplikasi. Dengan memanfaatkan fitur *service worker* yang mampu melakukan *caching file* hingga ratusan data keluhan, sehingga aplikasi tetap dapat dijalankan meskipun dalam keadaan *offline*. Meskipun

eksekusi waktu yang dibutuhkan dalam mengakses aplikasi lebih lama karena pemasangan *service worker*, namun aplikasi yang diakses pun lebih cepat dalam memuat data keluhan warga karena data diakses dari *cache service worker*.

## Referensi

- [1] What Web Can Do Today, "What Web Can Do Today", diunduh [4 juli 2017] melalui <https://whatwebcando.today>
- [2] Rahul Surendra Mishra, "Progressive WEBAPP : Review", International Research Journal Of Engineering and Technology (IRJET), Vol.3, Issue 6, 2016.
- [3] Google Developer, "Introduction to Service Worker", diunduh [4 Juli 2017] melalui <https://developers.google.com/web/ilt/pwa/introduction-to-service-worker/>
- [4] Mozilla Developer, "Service Worker API", diunduh [4 Juli 2017] melalui [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service\\_Worker\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service_Worker_API)
- [5] Google Developer, "Progressive Web App Checklist", diunduh [4 Juli 2017] melalui <https://developers.google.com/web/progressive-web-apps/checklist>
- [6] Mozilla Developer, "Using Service Worker", diunduh [4 Juli 2017] melalui [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service\\_Worker\\_API/Using\\_Service\\_Worker](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service_Worker_API/Using_Service_Worker)
- [7] Pressman Roger S., "Rekayasa Perangkat Lunak", Penerbit Andi:Yogyakarta
- [8] Pressman Roger S., Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2002.
- [9] Muhsin Shodiq, M. dkk., Implementation of Data Synchronization with Data Marker using Web Service Data. Bina Nusantara University, Palmerah Jakarta Barat, Indonesia, 2015.



# **Ultrasonic Cleaner Berbasis Field Programmable Gate Array (FPGA)**

Achmad Zubair <sup>\*1</sup>, Andani Achmad<sup>1</sup>, Faizal Arya Samman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan 90245

\*Email: achkmadzubair@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.06

## **Abstrak**

Pada penelitian ini dibuat pembangkit pulsa ultrasonik dengan menggunakan teknologi *FPGA* dengan type *chip Altera Cyclone IV EP4CE22F17C6N*. Pembangkit pulsa ultrasonik sangat diperlukan untuk inspeksi tak merusak menggunakan karena memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan sumber radiasi lain, diantaranya: portable (bisa dibawa ke mana-mana), bahaya radiasi kecil, harga relatif murah, lebih banyak data fisis yang diperoleh, dan penggunaan energi pencatu daya kecil. Tinggi pulsa dan frekuensi gelombang ultrasonik yang diradiasikan pada obyek disesuaikan dengan material yang di radiasi. Pada medium gas diperlukan tegangan pulsa 20 volt, sedangkan untuk material padat ketinggian pulsa pembangkit ultrasonik hingga 350 volt. Lebar pulsa ultrasonik dibangkitkan melalui bahasa pemrograman *assembly* mikrokontroler tersebut. Pulsa keluaran dikuatkan menggunakan *IC Optocoupler* agar memperoleh taraf arus yang cukup untuk memicu rangkaian MOSFET IRF832. Rangkaian saklar MOSFET digunakan untuk membangkitkan pulsa tegangan tinggi dan tegangan keluarannya dapat divariasi dari resistor yang dipasang pada kaki Drain. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh variasi lebar pulsa yang dapat diatur melalui prosedur pemrograman tunda dengan frekuensi keluaran 33 KHz – 48 KHz. Dari hasil pengujian kestabilan pulsa diperoleh nilai kestabilan 99,89% pada lebar 1 us dan 99,07 % pada lebar pulsa 250 ns. Tegangan tinggi pulsa dapat diatur dari 36,8 volt hingga 354,8 volt melalui resistor Drain (RD) dari MOSFET IRF832 yang digunakan. Nilai *resitansi* dari resistor RD yang digunakan tersebut berada pada kisaran 10Ω hingga 470kΩ. Pulsa yang dihasilkan pada rangkaian tersebut dapat menembus material padat yang digunakan sebagai bahan uji.

## **Abstract**

**Field Programmable Gate Array (FPGA) based Ultrasonic Cleaner.** In this research, ultrasonic pulse generator is generated using FPGA technology with Altera Cyclone IV EP4CE22F17C6N chip type. Ultrasonic pulse generators are indispensable for non-destructive inspection uses because they have advantages compared to other radiation sources, including: portable, small radiation hazard, low relative price, more physical data obtained, and energy use Small power supply. Tinggi pulses and ultrasonic wave frequencies radiated on the object adapted to the material in the radiation. In the gas medium required 20 volt pulse voltage, while for the solid material of ultrasonic generator pulse height up to 350 volts. The width of the ultrasonic pulse is generated through the programming language of the microcontroller assembly. The output pulse is amplified using IC Optocoupler to obtain sufficient current level to trigger the IRF832 MOSFET circuit. The MOSFET switch circuit is used to generate high voltage pulses and the output voltage can be varied from resistors mounted on drain feet. From the research, the variation of pulse width can be arranged through delayed programming procedure with output frequency 33 KHz - 48 KHz. From the results of testing the stability of the pulse stability value obtained 99.89% in width 1 us and 99.07% at 250 ns pulse width. High-voltage pulses can be adjusted from 36.8 volts to 354.8 volts through the Drain (RD) resistors of the IRF832 MOSFETs used. The resistor value of the used RD resistor is in the range of 10Ω to 470kΩ. The pulses generated in the circuit can penetrate the solid material used as the test material.

**Kata Kunci:** FPGA, frekuensi, mosfet, transducer, ultrasonic

## **1. Pendahuluan**

Gelombang ultrasonik dapat menembus material padat, cair dan gas. Kecepatan gelombang ultrasonik memiliki kaitan erat

dengan besaran fisis dari partikel yang dilalui, diantaranya: jarak, jenis partikel, temperatur, porositas, retakan, modulus elastisitas, modulus young, modulus bulk, dan lain-lain [1, 6] Oleh karena itu pengukuran parameter fisis gelombang



ultrasonik dapat dilakukan tanpa merusak obyek dan memberikan manfaat yang besar terhadap kehidupan sehari-hari.

Pada masa sekarang, metode pengukuran ini disebut dengan *NDT (Non-Destructive Test)* dan *NDE (Non-Destructive Evaluation)* [2]. Pada aplikasi *NDT* dan *NDE*, gelombang ultrasonik memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan sumber radiasi lain diantara: *portable* (bisa dibawa ke mana-mana), bahaya radiasi kecil, harga relatif murah, banyak data fisis yang diperoleh, dan penggunaan energi pencatudaya kecil.

Frekuensi gelombang ultrasonik pada media gas sekitar 40 KHz, pada penggunaan intensitas tinggi (*macrosonic*) dan aplikasi di bawah air (*underwater acoustic*) biasanya memiliki kisaran puluhan kilohertz hingga ratusan kilohertz, sedangkan pada aplikasi medis dan uji material, biasanya menggunakan frekuensi 1 megahertz hingga puluhan megahertz. Bentuk gelombang ultrasonik dapat berupa pulsa (*pulse wave*) atau gelombang kontinyu (*continuous wave*) yang disesuaikan dengan metoda pengukuran yang dilakukan. Tigggi pulsa gelombang ultrasonik untuk *NDT* dan *NDE* disesuaikan dengan material yang di radiasi. Misalnya pada medium gas diperlukan tegangan pulsa 20 Vpp, sedangkan untuk material padat, pulsa ultrasonik hingga 350 V [3]. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik frekuensi tinggi yang tidak mampu didengar oleh telinga manusia. Pada sistem elektronik, gelombang ultrasonik pada umumnya dibangkitkan melalui kristal tipis yang bersifat piezoelektrik. Bahan tersebut bersifat seperti kapasitor dengan konstanta dielektrik tertentu yang memiliki perbedaan muatan listrik dalam lapisannya [4]. Pada keadaan setimbang, total permukaan searah sumbu-y adalah nol. Kemudian pada kristal tersebut diberikan gaya searah sumbu-x ( $F_x$ ). Maka pada kedua permukaan sejajar sumbu-y terjadi perubahan muatan [5].

Pada dasarnya ultrasonik adalah gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas batas pendengaran manusia. Frekuensi batas pendengaran manusia berbeda-beda untuk setiap orang. Namun pada umumnya frekuensi

bataspendengaran manusia adalah dari 20 Hz – 20 kHz. Dan gelombang ultrasonik memiliki frekuensi lebih dari 20 kHz. Sampai saat ini, frekuensi gelombang ultrasonik telah mencapai 1 GHz dan jika melebihi frekuensi 1 GHz maka disebut hypersonic

Dalam buku [7] menyebutkan setidaknya ada dua fitur unik yang dimiliki oleh gelombang ultrasonik : Gelombang ultrasonik merambat lebih pelan 100000 kali daripada gelombang elektromagnetik. Hal ini memudahkan untuk memperoleh informasi waktu, variabel delay , dan lain-lainnya pada saat gelombang ultrasonik merambat. Gelombang ultrasonik mudah masuk melewati bahan yang tidak bias dilewati oleh cahaya. Karena gelombang ultrasonik cukup murah, sensitif dan reliabel maka dapat dimanfaatkan untuk mengetahui bentuk gambar topografi dari bahan yang tidak tembus

Pada umumnya sebuah system yang menggunakan *ultrasonic cleaner* membutuhkan dua komponen dasar utama yaitu *ultrasonic generator* dan *transducers*. Ultrasonic generator dipakai untuk membangkitkan sinyal listrik dengan frekuensi di atas 20 KHz sampai dengan 1 GHz dan power tertentu sesuai dengan kebutuhan. Dan *transducers* dipakai untuk mengubah sinyal listrik dari ultrasonik generator menjadi gelombang mekanik. *Transducers* memiliki jenis yang berbeda-beda, tergantung dari aplikasinya. Dengan demikian *transducers* yang dipakai untuk welding akan berbeda dengan *transducers* untuk cutting, dan pastinya berbeda dengan *transducers* untuk keperluan cleaner baik frekuensi maupun *power driver* yang akan diberikan *transducers ultrasonik* diperlukan untuk merubah energi listrik tegangan bolak-balik menjadi gelombang ultrasonik. Secara umum ada dua jenis tipe *transducers ultrasonik* yaitu *magneto restrictive* dan *piezoelectric*.

Dalam sistem pembersihan dengan *ultrasound*, yang melakukan pekerjaan menghilangkan kontaminan dan menjaga Mereka jauh dari substrat (biasanya dengan bantuan kimia) adalah dua fenomena propagasi Suara dengan intensitas tinggi: Cavitation dan momentum transfer. Perilaku makroskopis



fenomena ini dalam proses pembersihan [8] adalah dispersi, erosi dan gelembung

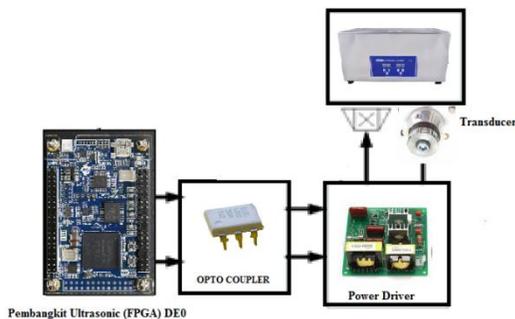
Beberapa lain yang berhubungan dengan sistem ultrasonic cleaner adalah penelitian yang berhasil dapat menghasilkan *inverter ultrasonic* dengan efisiensi tinggi yang bisa menggerakkan reaktor kavitasi akustik dengan daya 2 kW frekuensi kerja 10 KHz dan 100 kHz [9] dan pada penelitian [10] menghasilkan pembangkit gelombang *ultrasonic* dengan menggunakan mikrokontroler At-Tiny 2313.

## 2. Deskripsi Permasalahan

Mengingat sistem *ultrasonic cleaner* cakupannya sangat luas dan setting point besaran frekuensi yang berbeda menurut fungsinya masing-masing, maka penulis akan melakukan penelitian dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Perancangan pembangkit gelombang *ultrasonic* yang dibangkitkan hanya dibatasi pada frekuensi 37 KHz sampai dengan 44 KHz dengan mode pemilihan menggunakan selector switch
2. *Power driver output* maksimum sebesar 100 Watt.

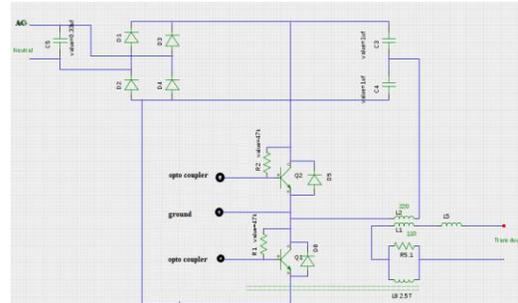
## 3. Hasil Perancangan



Gambar 1. Perancangan Sistem

Pada Gambar 1 terlihat rancangan sistem keseluruhan yang terdiri atas FPGA sebagai komponen pembangkit frekuensi *Optocoupler* sebagai *interface* dengan power driver serta 2 buah *transducer ultrasonic* 40 KHz dengan masing masing daya 50 Watt. Sistem yang dirancang terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan *hardware* (perangkat keras) maupu

*software* (perangkat lunak). Secara umum diagram blok sistem *ultrasonic cleaner* terlihat seperti pada Gambar 1 Bagian utama dari ultrasonic generator adalah Sebuah FPGA dengan menggunakan *chip Altera Cyclone IV EP4CE22F17C6N* pada *DE0-Nano Board*.



Gambar 2. Perancangan *power driver ultrasonic cleaner*

Pada Gambar 2 terlihat *schematics diagram* dari *power driver ultrasonic cleaner* dimana transistor MJE 13007 sebagai penggerak saklar untuk tegangan tingginya bagian lainnya adalah transformator arus dan transformator frekuensi yang menghasilkan tingkat penguat yang akan menghasilkan tegangan dan arus serta frekuensi yang dibutuhkan oleh beban selanjutnya bagian yang lain adalah sebuah *transducer* yang terbuat dari bahan *piezoelectric*

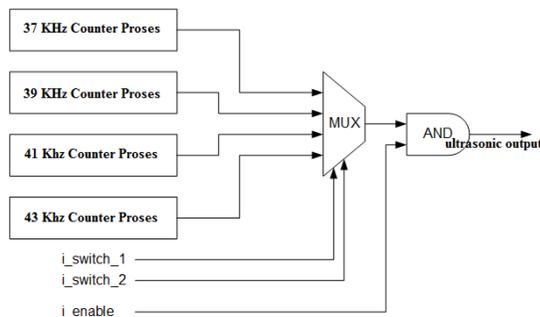
Selanjutnya rancangan sistem adalah peancangan *software* pembangkit sinyal *ultrasonic cleaner* yang menggunakan *software* quartus. Quartus merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk membuat simulasi rangkaian logika secara digital dengan memanfaatkan bahasa deskripsi yaitu VHDL ataupun Verilog. Sebenarnya tidak hanya Quartus yang dapat digunakan untuk membuat simulasi rangkaian logika digital, namun ada beberapa *software* lain yang dapat digunakan, contohnya adalah Xilinx, Multisim, Model-Sim dan sebagainya. Quartus sendiri merupakan *software* yang dibuat oleh sebuah perusahaan yang bernama Altera (dapat diakses [www.altera.com](http://www.altera.com) untuk infomasi lebih mendalam). Pada praktikum teknik digital ini *software* Quartus 2 versi 11.1 (Gambar 3) yang akan digunakan. Melalui *software* Quartus ini, nantinya hasil pengkodean dapat di-load ke dalam

FPGA agar dapat dilihat hasilnya secara fisik atau *real*.



Gambar 3. Tampilan software quartus ver 11

Terlihat Pada Gambar 4 perancangan software yang berbasis hardware yang biasa disebut HDL (*Hardware Description Language*) mempunyai input frekuensi yang berbeda tergantung kebutuhan dan dikendalikan oleh beberapa switch yang merupakan pengendali bit yang akan ditampilkan



Gambar 4. Perancangan software

Berikut ditampilkan potongan program Quartus (VHDL):

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity ultrasonic is
port (
    i_clock : in std_logic;
    i_enable : in std_logic;
    i_switch_1 : in std_logic;
    i_switch_2 : in std_logic;
    i_switch_3 : in std_logic;
    o_led_drive : out std_logic
);
end ultrasonic;
architecture rtl of ultrasonic is
-- Rumus Formula:
-- Formula is: (25) MHz / 100 Hz * 50% duty cycle)
-- So for 100 Hz: 25,000,000 / 100 * 0.5 = 125,000
constant c_CNT_37KHZ : natural := 676;
constant c_CNT_38KHZ : natural := 658;
constant c_CNT_39KHZ : natural := 641;
constant c_CNT_40KHZ : natural := 625;
```

```
constant c_CNT_41KHZ : natural := 610;
constant c_CNT_42KHZ : natural := 595;
constant c_CNT_43KHZ : natural := 581;
constant c_CNT_44KHZ : natural := 568;
```

```
-- These signals will be the counters:
signal r_CNT_37KHZ : natural range 0 to c_CNT_37KHZ;
signal r_CNT_38KHZ : natural range 0 to c_CNT_38KHZ;
signal r_CNT_39KHZ : natural range 0 to c_CNT_39KHZ;
signal r_CNT_40KHZ : natural range 0 to c_CNT_40KHZ;
signal r_CNT_41KHZ : natural range 0 to c_CNT_41KHZ;
signal r_CNT_42KHZ : natural range 0 to c_CNT_42KHZ;
signal r_CNT_43KHZ : natural range 0 to c_CNT_43KHZ;
signal r_CNT_44KHZ : natural range 0 to c_CNT_43KHZ;
```

```
-- These signals will toggle at the frequencies needed:
signal r_TOGGLE_37KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_38KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_39KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_40KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_41KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_42KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_43KHZ : std_logic := '0';
signal r_TOGGLE_44KHZ : std_logic := '0';
-- One bit select wire.
```

```
signal w_LED_SELECT : std_logic;
signal temp : std_logic_vector(0 to 7);
begin
p_37_KHZ : process (i_clock) is
begin
if rising_edge(i_clock) then
f r_CNT_37KHZ = c_CNT_37KHZ-1 then -- -1,
r_TOGGLE_37KHZ <= not r_TOGGLE_37KHZ;
r_CNT_37KHZ <= 0;
else
r_CNT_37KHZ <= r_CNT_37KHZ + 1;
end if;
end if;
end process p_37_KHZ;
```

```
p_38_KHZ : process (i_clock) is
begin
if rising_edge(i_clock) then
if r_CNT_38KHZ = c_CNT_38KHZ-1 then -- -1
r_TOGGLE_38KHZ <= not r_TOGGLE_38KHZ;
r_CNT_38KHZ <= 0;
else
r_CNT_38KHZ <= r_CNT_38KHZ + 1;
end if;
end if;
end process p_38_KHZ;
```

```
-- Create a multiplexor based on switch inputs
w_LED_SELECT <= r_TOGGLE_37KHZ when (i_switch_1 = '0' and
i_switch_2 = '0' and i_switch_3 = '0') else
r_TOGGLE_38KHZ when (i_switch_1 = '1' and i_switch_2 = '0' and
i_switch_3 = '0') else
r_TOGGLE_39KHZ when (i_switch_1 = '0' and i_switch_2 = '1' and
i_switch_3 = '0') else
r_TOGGLE_40KHZ when (i_switch_1 = '1' and i_switch_2 = '1' and
i_switch_3 = '0') else
r_TOGGLE_41KHZ when (i_switch_1 = '0' and i_switch_2 = '0' and
i_switch_3 = '1') else
r_TOGGLE_42KHZ when (i_switch_1 = '1' and i_switch_2 = '0' and
i_switch_3 = '1') else
r_TOGGLE_43KHZ when (i_switch_1 = '0' and i_switch_2 = '1' and
i_switch_3 = '1') else
--).
o_led_drive <= w_LED_SELECT and i_enable;
end rtl;
```

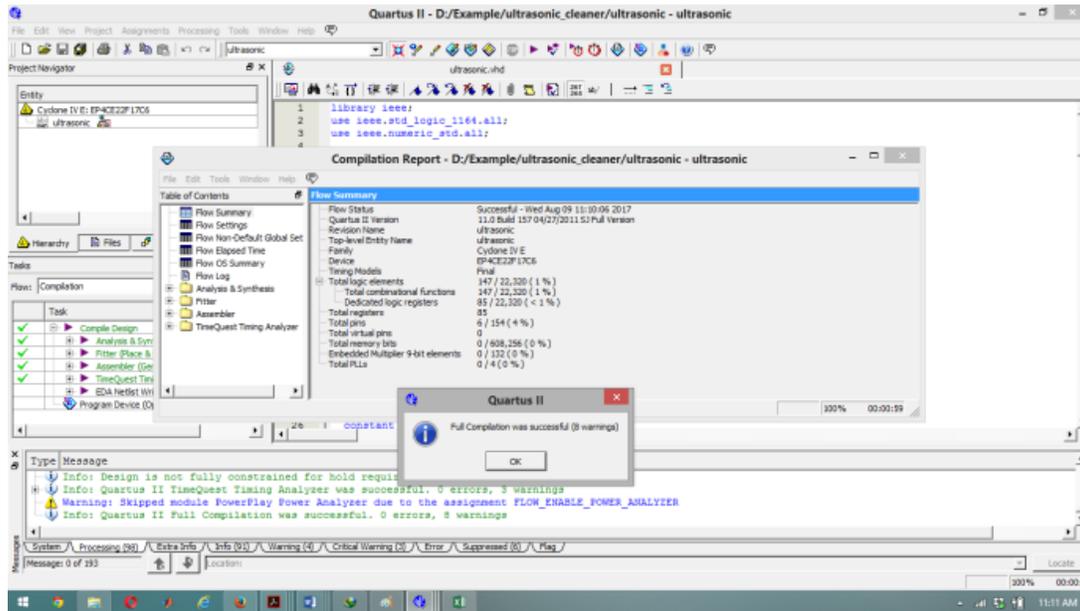


#### 4. Hasil Simulasi

Pengujian sistem pembangkit sinyal ultrasonik berbasis FPGA dengan menggunakan metode pembagian 1/2 duty cycle dari frekuensi crystal yang digunakan FPGA atau menggunakan rumus 1/2 frekuensi FPGA / frekuensi yang diinginkan x 0.5 = hasil frekuensi untuk

mengamati hasil penelitian dibutuhkan alat sebagai berikut :

1. Oscilloscope Digital merk Gws Instek G05 1102A
2. Multimeter merk Sanwa Type CD800a



Gambar 5. Hasil Compile VHDL

Hasil Compile menggunakan FPGA cyclone IVE dan processor EP4CE22F17C6 maka terdapat elemet logic 147 dan 85 logic register dan memory bit 0 / 608,256 ( 0 % ) sesuai dengan Gambar 5. Dari hasil perancangan Pembangkit sinyal maka didapatkan sesuai dengan gambar sesuai Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Pengukuran frekuensi

Crystal/ Natural (KHz)	Output Freq (KHz)	Duty Cycle	Formula	Hasil Pengukuran Oscilo scope	Multi meter
50	37	0.5	675.7	36.98	36.97
50	38	0.5	657.9	37.99	38.99
50	39	0.5	641.0	39.01	38.99
50	40	0.5	625.0	39.99	39.99
50	41	0.5	609.8	40.98	40.97
50	42	0.5	595.2	42.16	42.02
50	43	0.5	581.4	43.08	43.02
50	44	0.5	568.2	44.15	44

Hasil penelitian yang dilakukan diperoleh variasi lebar pulsa yang dapat diatur melalui prosedur permrograman tunda dengan frekuensi keluaran 33 KHz – 48 KHz. Dari hasil pengujian kestabilan pulsa diperoleh nilai kestabilan 99,89% pada lebar 1 nS dan 99,07 % pada lebar pulsa 250 nS. Tegangan tinggi pulsa hasil dapat dilihat pada Oscilloscope sesuai Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk Pulsa Eksitasi FPGA(a) Keluaran Penguat Pulsa IRF840(b)

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa sistem ultrasonic cleaner dapat bekerja dengan baik untuk membersihkan material terutama benda padat seperti besi, emas, baja untuk material yang berbentuk kain belum optimal karena timbulnya panas berlebihan, *Ultrasonic* ini bekerja cukup baik dikisaran 10 menit saja.

Saran pada penelitian ini adalah dibutuhkan rancangan power driver yang lebih handal yang dapat bekerja secara optimal dan lebih hemat konsumsi daya.

## Referensi

- [1] Deidda, G.P., and Ranieri, G., Seismic tomography imaging of an unstable embankment, *Journal of Engineering Geology*, Vol. 82, Issue 1, pp. 32-42, 2006.
- [2] Krautkammer J. And Krautkammer. H., *Ultrasonic testing of material*. Spangell Verlag, New York, 1990.
- [3] Rahim, R. A., et al., Non-invasive imaging of liquid/gas flow using ultrasonic transmission-mode tomography, *Sensors and Actuators A*, vol. 135, pp. 337–345, 2007.
- [4] McDicken, W.M, *Diagnostic Ultrasonic, Principles and uses of Instrument*. Willey and Sons, New York, 1990.
- [5] Fraden, J., *Handbook of Modern Sensors : Physics Designs, and Applications*. Thermoscan, Inc, California, 1996.
- [6] Rose, L.J., *Ultrasonic Wave in Solid Media*, Cambridge University Press, Boston, 1999.
- [7] Cheeke, J. David N., *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves*. CRC Press, 2002.
- [8] Agbossou, Kodjo, & Dion, Jean-Luc, & Carignan, Sylvain, & Abdelkrim, Meftah, & Cheriti, Ahmed, *Class D Amplifier for a Power Piezoelectric Load*. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency*, 2000.
- [9] Fuchs, F. John. *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*. Blackstone Ultrasonic
- [10] Sukarno, *Ultrasonic Generator dengan Frekuensi 100 Khz dan Daya 100 Watt menggunakan Mikrokontroler AVR Attiny 2313*, 2010.



# Pengembangan Media Proxy untuk Mendukung Komunikasi *Real Time* Berbasis *Web* (WebRTC)

Iqra Aswad<sup>\*1</sup>, Muhammad Niswar<sup>1</sup>, Amil Ahmad Ilham<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: iqra.aswad@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.07

## Abstrak

Aplikasi komunikasi *real time* berbasis *web* (webRTC) cukup populer saat ini karena memberikan kemudahan bagi para pengguna dalam melakukan pertukaran data berupa gambar, suara maupun video antar *client* secara *peer-to-peer* tanpa adanya plugin tambahan seperti *flash player* pada browser. Akan tetapi aplikasi webRTC sendiri memiliki keterbatasan pada jumlah *client* yang dapat terhubung dalam satu waktu terkhusus pada aplikasi berupa *video conference*. Hal ini dikarenakan setiap *client* yang terhubung akan mengkonsumsi *bandwidth*, RAM, serta *processor* yang cukup tinggi seiring dengan peningkatan jumlah *client* (*peer*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah infrastruktur yang memanfaatkan media server untuk mengatasi kendala - kendala pada aplikasi webRTC serta dapat diterapkan di lingkungan Universitas Hasanuddin. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah algoritma yang dapat digunakan untuk membagi beban kerja dari aplikasi webRTC kedalam beberapa media server sehingga aplikasi webRTC dapat digunakan untuk skala yang lebih besar. Selain itu algoritma tersebut digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan beberapa media server di lingkungan Universitas Hasanuddin. Hasil dari penelitian ini adalah dikembangkannya sebuah aplikasi webRTC berupa *video conference* yang menerapkan algoritma tersebut serta pembuatan model infrastruktur berbasis media server.

## Abstract

**Development of Proxy Media to Support Web based Real Time Communication (WebRTC).** Real time web-based communications applications (webRTC) are popular nowadays because they make it easy for users to exchange data like images, sounds and videos between peer-to-peer (clients) without additional plugins such as flash players in the browser. However, the webRTC application itself has limitations on the number of clients that can connect in a particular time in the application of video conferencing. This is because each connected client will consume bandwidth, RAM, and a high enough processor along with an increase in the number of clients (peer). The purpose of this research is to produce an infrastructure that utilizes the media server to overcome the constraints of the webRTC application and can be applied in the environment of Hasanuddin University. In this study developed an algorithm that can be used to divide the workload of webRTC applications into multiple media servers so that webRTC applications can be used for larger scale. In addition, the algorithm is used to optimize the use of several media servers within the Hasanuddin University. The result of this research is the development of a WebRTC application in the form of video conference that implement the algorithm as well as the making of infrastructure model based on media server.

**Kata Kunci:** Kurento, *video conference*, *webRTC*

## 1. Pendahuluan

Aplikasi berbasis online yang sering menjadi fokus penelitian saat ini adalah aplikasi komunikasi *real time* berbasis *web* atau sering disebut dengan webRTC. WebRTC memungkinkan *web* browser melakukan komunikasi *real time* tanpa menggunakan plugin tambahan serta penginstalan layaknya aplikasi *real time* pada umumnya. Aplikasi ini merupakan sebuah API (*Application Programming Interface*)

yang didesain agar dua buah browser atau lebih dapat melakukan *video chat*, *voice chat*, *live editor* dan *file sharing* dengan menggunakan koneksi langsung dari dua browser. Aplikasi yang sedang dikembangkan sejak 2011 ini diharapkan dapat menjadi aplikasi standar oleh semua browser sehingga dapat memudahkan konektivitas. Para pengembang berharap dengan hadirnya webRTC ini akan mengurangi penginstalan sistem yang dapat berujung kepada *error*, dan malfungsi serta membantu tiap-tiap



individu yang tidak familiar dengan teknologi untuk menggunakannya dengan mudah.

Dalam pengimplementasiannya, aplikasi-aplikasi pembelajaran jarak jauh yang dibangun dengan menggunakan webRTC terkhusus aplikasi yang tidak menggunakan sebuah media server sering mengalami kendala – kendala seperti adanya keterbatasan jumlah *client* atau partisipan yang dikarenakan oleh kemampuan dari komputer *client* yang terbatas. Hal ini dikarenakan seluruh pekerjaan dilakukan secara langsung oleh komputer *client* mulai dari proses tukar menukar data antara *client* hingga proses *decoding* dan *encoding* video / audio.

Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya antara lain penelitian dengan judul Kurento : *a media server technology for convergent WWW/mobile real-time multimedia communications supporting WebRTC* [1]. Penelitian ini memperkenalkan sebuah media server yang berbasis *open source* bernama Kurento dengan mengkombinasikan aplikasi SIP/HTTP berbasis *signaling* dan sebuah infrastruktur media server yang dibuat dengan menggunakan GStreamer. Teknologi yang dihadirkan dapat menunjang pengiriman multimedia secara *real time* melalui protokol dan format yang berbeda. Selain itu teknologi yang dihadirkan juga menawarkan berbagai fasilitas seperti *media mixing*, *transcoding*, dan *filtering*. Dengan adanya fasilitas tersebut, WebRTC tidak hanya menawarkan aplikasi *peer-to-peer* semata.

Penelitian kedua yang berjudul *Catalysing the Success of WebRTC for the Provision of Advanced Multimedia Real-Time Communication Services* [2]. Penelitian ini mendeskripsikan bagaimana sebuah API yang sederhana dapat digunakan untuk memanfaatkan berbagai fungsi dari Kurento.

Penelitian ketiga yang berjudul *Models for Multimedia Conference between Browser based on WebRTC* [3]. Penelitian ini menggunakan 2 jenis aplikasi konferensi berbasis WebRTC yang ditujukan secara khusus untuk konferensi dalam skala kecil maupun skala besar. Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan SID / DSP yang bersifat primitif.

Penelitian keempat yang berjudul *A P2P-MCU Approach to Multi-Party Video Conference*

*with WebRTC* [4]. Fokus penelitian yang dilakukan adalah mengembangkan aplikasi *video conference* dimana setiap *peer* dapat bertindak sebagai MCU atau pusat distribusi *data stream*. Setiap *peer* / komputer maupun *gadget* yang terhubung dengan aplikasi *video conference* tersebut akan diberikan *score* sesuai dengan kondisi *network*, maupun CPU yang ada. *Peer* yang terpilih akan dijadikan sebagai MCU (*Media Control Unit*), dan komunikasi akan terpusat kepada *peer* tersebut. Apabila *peer* tersebut keluar dari aplikasi *video conference*, maka akan ditunjuk kandidat baru untuk menggantikan *peer* tersebut.

Penelitian kelima yang berjudul *A Comparison of QoS Parameters of WebRTC Videoconference with Conference Bridge Placed in Private and Public Cloud* [5]. Dalam penelitian ini dilakukan analisa parameter QoS trafik WebRTC untuk memusatkan sistem *video conference* yang digunakan untuk pemakaian bersama. Hasilnya menunjukkan bahwa *conference bridge* dalam suatu sistem cloud merupakan solusi yang baik untuk WebRTC dan transmisi tambahan dari data telemetri tidak mempengaruhi parameter QoS dari *media stream* WebRTC.

Penelitian keenam yang berjudul *Hyper-linked communications: WebRTC enabled asynchronous collaboration* [6]. Penelitian ini mendeskripsikan desain, implementasi dan evaluasi platform komunikasi hyper-media yang menargetkan platform *web* dan memanfaatkan teknologi WebRTC. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tes pemakaian oleh 20 *user* yang mengevaluasi prototipe mereka secara positif 100% menganggapnya inovatif dan 95% me-rekomendasikan penggunaannya.

Penelitian ketujuh yang berjudul *Congestion Control for WebRTC: Standardization Status and Open Issues* [7]. Penelitian ini meninjau status dari kebutuhan standar yang mengambil tempat di grup kerja RMCAT. Mereka mendiskusikan pilihan yang dilibatkan dalam desain control kemacetan media, algoritma yang diusulkan dan isu yang dianggap masih terbuka.

Penelitian kedelapan yang berjudul *Experimental Evaluation of Simulcast for*



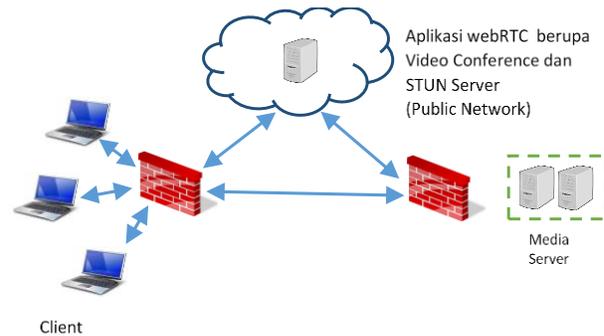
*WebRTC* [8]. Dalam penelitian tersebut dilakukan pemeriksaan terhadap persyaratan komputasi dan *bandwith* baik dari server maupun *client*, serta kualitas *video end-to-end*. Hasilnya menunjukkan adanya keuntungan secara signifikan bagi *receiver* dan infrastruktur, dengan sedikit pinalti terhadap kualitas gambar dan penggunaan sumber daya bagi pengirim.

Penelitian kesembilan yang berjudul *Kurento: The Swiss Army Knife of WebRTC Media Servers* [9]. Dalam penelitian tersebut di perkenalkan Kurento, sebagai media server WebRTC yang *open source* dan satu set API *client* yang dimaksudkan untuk memudahkan pengembangan aplikasi dengan kemampuan media yang kaya untuk platform *web* dan *smartphone*.

Penelitian kesepuluh yang berjudul *Demonstration of a P2P assisted video streaming with WebRTC and network coding* [10]. Dalam penelitian tersebut ditunjukkan sebuah aplikasi yang menggunakan WebRTC untuk melakukan koneksi langsung antar browser. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan WebRTC, VOD P2P dapat dilakukan dan bahkan mengalahkan pengaturan konvensional *client-server* dengan *throughput* sebesar 70%. Selain itu, dengan menerapkan pengkodean jaringan, kinerja jaringan akan semakin meningkat.

Dengan memanfaatkan Kurento yang merupakan hasil dari penelitian pertama serta penelitian – penelitian lain yang berkaitan dengan webRTC, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media proxy (Kurento Media Server) untuk skala yang lebih besar. Dimana dalam penelitian ini dikembangkan sebuah algoritma yang dapat digunakan untuk mengatur beban kerja diantara beberapa media server kurento terkhusus media server yang terpasang di Universitas Hasanuddin nantinya. Diharapkan dengan menggunakan algoritma tersebut keterbatasan *client* yang menjadi masalah utama aplikasi webRTC serta keterbatasan infrastruktur yang ada di Universitas Hasanuddin dapat teratasi.

## 2. Perancangan infrastruktur aplikasi webRTC dengan menggunakan media server kurento



**Gambar 1. Desain infrastruktur aplikasi webRTC menggunakan media server**

Penelitian yang dilakukan berdasarkan kondisi jaringan di Universitas Hasanuddin saat ini. Dimana setiap fakultas maupun laboratorium terpisah oleh NAT. Sehingga dalam penelitian ini digunakan beberapa server yang bertugas sebagai media server dan sebuah server yang bertugas sebagai STUN sekaligus tempat berjalannya aplikasi webRTC. STUN dan webRTC berada pada server yang sama karena keduanya menggunakan resource yang cukup kecil. Hal ini dikarenakan setelah terjadi komunikasi di antara *client* dan media server, pengiriman media *streaming* tidak akan terjadi antara *client* dan webRTC tetapi antara *client* dan media server. STUN dan aplikasi webRTC membutuhkan sebuah alamat publik sehingga aplikasi webRTC dipastikan dapat diakses oleh *user* yang mungkin berada pada *private network* yang berbeda – beda. Media server dan *client* dapat berada pada *network* yang berbeda karena keduanya akan menggunakan STUN yang telah disediakan sebelumnya. STUN akan me-*reply* alamat ip maupun *port* UDP yang terbaca dari luar NAT sehingga nantinya dapat digunakan untuk saling berkomunikasi. Pada media server akan dipasang *web service* yang nantinya akan digunakan oleh aplikasi webRTC untuk memonitor media server sehingga aplikasi webRTC tersebut dapat menentukan kapan akan menggunakan media server yang tersedia. *Web service* dan aplikasi webRTC yang dijalankan menggunakan bahasa pemrograman javascript, html dan dijalankan

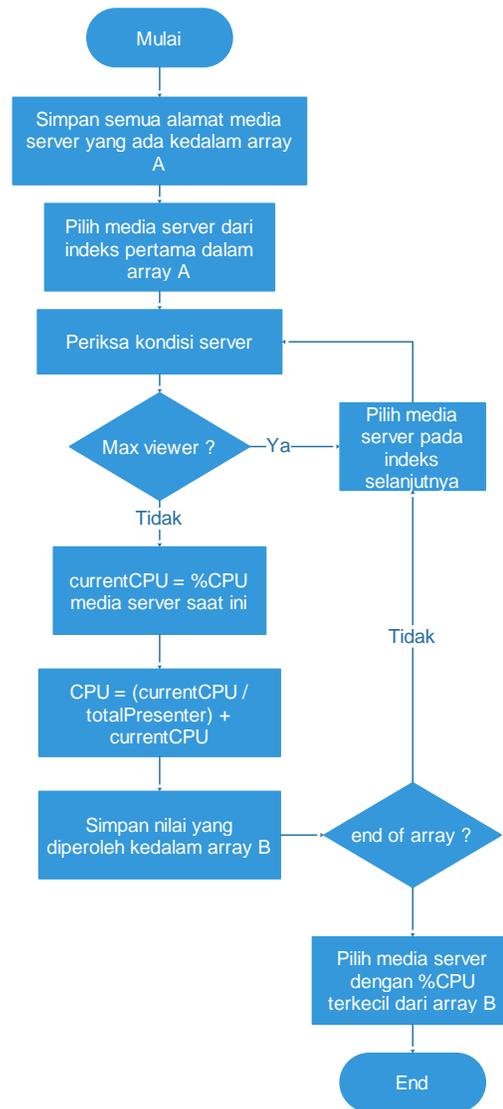
dengan menggunakan node.js. Selain perancangan infrastruktur, Penelitian ini juga difokuskan pada pembuatan aplikasi berbasis webRTC berupa *video conference* guna menunjang media server yang digunakan.

### 3. Prototipe aplikasi *video conference*

*Video conference* yang dibuat tidak menggunakan Kurento *group-call* API yang disediakan oleh pengembang Kurento. Hal ini dikarenakan API tersebut hanya didesain untuk menggunakan satu media server Kurento saja. Karena keterbatasan tersebut maka pada penelitian ini dikembangkan pula aplikasi *video conference* yang menerapkan konsep aplikasi *broadcasting* milik Kurento (*one-2-many*). Pada aplikasi *one-2-many* yang disajikan oleh pengembang Kurento, terdapat beberapa *peer* / komputer dimana salah satu komputer bertindak sebagai presenter dan komputer lainnya bertindak sebagai *viewer*. Komputer yang bertindak sebagai presenter hanya akan membroadcast media yang dimilikinya. Dan komputer yang bertindak sebagai *viewer* hanya akan melihat media yang dibroadcast oleh presenter. Setiap presenter dan *viewer* akan berada pada *instance* yang sama dan berada pada *pipeline* yang sama di media server Kurento.

*Video conference* yang dibangun menggabungkan fitur broadcast yang dimiliki oleh aplikasi tersebut. Dimana setiap *user* yang terhubung pada aplikasi *video conference* akan bertindak sebagai presenter yang akan membroadcast media miliknya (video dan audio) sehingga dapat ditangkap oleh *client* lain yang bertindak sebagai *viewer*. Selain sebagai presenter, *user* tersebut juga bertindak sebagai *viewer* yang akan melihat media yang dikirim oleh *user* lain yang juga bertindak sebagai presenter. Konsep pembuatan *instance* per presenter oleh aplikasi *broadcasting* milik Kurento dianggap sesuai dengan penelitian ini karena setiap presenter akan memiliki saluran komunikasi (*pipeline*) yang berbeda-beda. Hal ini cukup berbeda dengan konsep yang digunakan oleh Kurento *group-call* API dimana pembuatan *pipeline* dilakukan perkelas (*room*) sehingga pembagian pembuatan *pipeline* pada media server yang berbeda – beda

menjadi lebih sulit. Selain itu diterapkan pula algoritma yang akan menentukan mekanisme pemilihan media server sebelum sebuah *pipeline* dibuat seperti pada Gambar ke 2 dibawah. Hal ini ditujukan agar beban yang mungkin terjadi pada media server dapat terbagi secara merata pada media – media server yang tersedia.



Gambar 2. Flowchart penyeleksian kandidat media server

### 4. Hasil dan Pembahasan

Untuk melakukan pengujian terhadap penelitian yang dilakukan, maka berikut digunakan aplikasi webRTC dengan membandingkan kinerja yang diperoleh saat menggunakan media server dan saat tidak

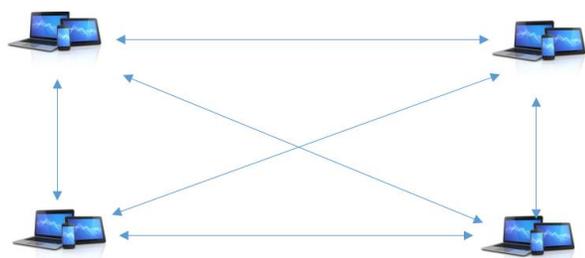


menggunakan media server. Pengujian dilakukan dengan melakukan log terhadap peningkatan penggunaan *bandwidth*, *processor*, maupun *memory* dari *client* yang digunakan saat melakukan penambahan jumlah *user / participant*. Berikut ini hasil dari pengujian yang telah dilakukan :

4.1. Analisis *video conference* berbasis webRTC tanpa menggunakan media server

Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan sebuah server yang bertindak sebagai *signaling* sekaligus STUN. Adapun perlakuan yang diberlakukan terhadap aplikasi tersebut adalah dengan memberikan batasan – batasan media yang akan dikirim maupun diterima seperti *framerate* yang digunakan oleh webRTC sebesar 15 fps, serta lebar maksimal media sebesar 340px.

Pengujian dilakukan dengan menambahkan *participant / user* satu demi satu ke aplikasi *video conference* yang disediakan. Model komunikasi yang dilakukan untuk pengujian pertama menggunakan topologi *mesh* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Model topologi *mesh* pada aplikasi *video conference*

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh hasil pengukuran pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tabel peningkatan beban kerja CPU (%)

No	Jumlah Participant	CPU Used (x)	$X_n - X_{n-1}$
1	2	6.65%	-
2	3	12.94%	6.29%
3	4	18.67%	5.73%
4	5	26.29%	7.62%
5	6	33.82%	7.53%
6	7	43.69%	9.87%

No	Jumlah Participant	CPU Used (x)	$X_n - X_{n-1}$
7	8	47.26%	3.57%
8	9	55.55%	8.29%
9	10	64.71%	9.16%

Berdasarkan Tabel diatas, maka diperoleh rata – rata peningkatan penggunaan CPU untuk setiap penambahan 1 *participant / user* sebesar :

$$X = \frac{6.29\% + 5.73\% + 7.62\% + 7.53\% + 9.87\% + 3.57\% + 8.29\% + 9.16\%}{8} = \pm 7.2\%$$

Adapun besar peningkatan penggunaan memori oleh aplikasi *video conference* untuk jumlah *user* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Tabel peningkatan jumlah kebutuhan *memory* (bytes)

No	Jumlah Participant	Memory Used (m)	$m_n - m_{n-1}$
1	2	40143	-
2	3	50028	9885
3	4	59667	9639
4	5	69811	10144
5	6	79280	9469
6	7	88911	9631
7	8	98668	9757
8	9	109360	10692
9	10	119951	10591

Berdasarkan Tabel diatas, dapat disimpulkan rata – rata peningkatan memori yang digunakan untuk setiap penambahan *user* sebesar  $\pm 9976$  KB.

$$m = \frac{9885 + 9639 + 10144 + 9469 + 9631 + 9757 + 10692 + 10591}{8} = \pm 9976 \text{ KB}$$

Peningkatan kebutuhan *bandwidth* untuk setiap penambahan *user* diperlihatkan pada Tabel 3 dibawah :

Tabel 3. Tabel peningkatan kebutuhan *bandwidth*(bps)

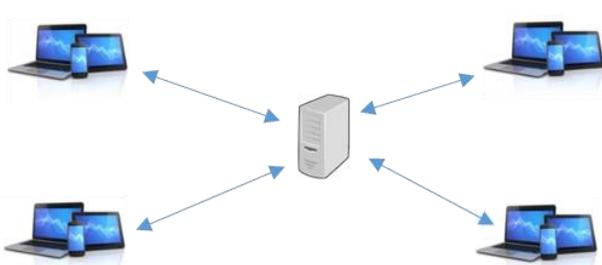
No	Jumlah Participant	bitsSent PerSecond (bps)	bitsReceived PerSecond (bps)
1	2	572540	535636
2	3	1009455	1002808
3	4	1425179	1601384
4	5	2152680	2190642
5	6	2757710	2623765
6	7	3038434	2983911
7	8	3537813	3452398
8	9	4114360	4275704
9	10	4585664	4837820



4.2. Analisis *video conference* berbasis webRTC menggunakan media server

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan infrastruktur media server yang telah dibuat sebelumnya. Perlakuan yang dilakukan sama dengan pengujian sebelumnya, dimana dilakukan pembatasan berupa lebar maksimal media sebesar 340px, *framerate* sebesar 15fps. Pengaturan ini dilakukan dengan memodifikasi file *kurento-utils.js*.

Model komunikasi pada pengujian kedua dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



Gambar 4. Topologi aplikasi *video conference* berbasis *client-server*

Dengan menggunakan batasan yang telah ditentukan sebelumnya, diperoleh data yang menunjukkan peningkatan beban CPU seperti pada Tabel 4 dibawah :

Tabel 4. Tabel peningkatan penggunaan CPU

No	Jumlah Participant	CPU Used (x)	$X_n - X_{n-1}$
1	2	6.5%	-
2	3	9.4%	2.9%
3	4	11%	1.6%
4	5	13.02%	2.02%
5	6	15.25%	2.23%
6	7	17.71%	2.46%
7	8	17.81%	0.1%
8	9	18.06%	0.25%
9	10	20.18%	2.12%

Berdasarkan Tabel diatas, maka diperoleh rata – rata peningkatan penggunaan CPU untuk setiap penambahan 1 *participant / user* sebesar :

$$X = \frac{2.9\% + 1.6\% + 2.02\% + 2.23\% + 2.46\% + 0.1\% + 0.25\% + 2.12\%}{8} = \pm 1.71\%$$

Adapun besar peningkatan penggunaan memori oleh aplikasi *video conference* untuk jumlah *user* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 5. Tabel peningkatan jumlah kebutuhan *memory* (*bytes*)

No	Jumlah Participant	Memory Used (m)	$m_n - m_{n-1}$
1	2	47145	-
2	3	50982	3837
3	4	57132	6150
4	5	62174	5042
5	6	66980	4806
6	7	70830	3850
7	8	74883	4053
8	9	79548	4665
9	10	83828	4280

Berdasarkan Tabel diatas, dapat disimpulkan rata – rata peningkatan memori yang digunakan untuk setiap penambahan *user* sebesar  $\pm 4585$  KB.

$$m = \frac{3837 + 6150 + 5042 + 4806 + 3850 + 4053 + 4665 + 4280}{8} = \pm 4585 \text{ KB}$$

Peningkatan kebutuhan *bandwidth* untuk setiap penambahan *user* diperlihatkan pada Tabel 6 dibawah :

Tabel 6. Tabel peningkatan kebutuhan *bandwidth*(bps)

No	Jumlah Participant	bitsSent PerSecond (bps)	bitsReceived PerSecond (bps)
1	2	517551	452328
2	3	452420	1142850
3	4	463827	1608481
4	5	585455	2137822
5	6	582077	2612936
6	7	496145	3301510
7	8	568138	3514259
8	9	499425	4008544
9	10	438657	4687501

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan :

1. Penggunaan media server dalam lingkup Universitas Hasanuddin merupakan pilihan yang tepat. Hal ini dikarenakan beban CPU serta penggunaan memori yang cukup besar oleh *client*, dapat berkurang. Selain itu dengan menggunakan media server, keterbatasan *bandwidth* yang ada di Indonesia dapat sedikit teratasi. *Gadget – gadget* yang semakin berkembang dengan pesat pun dapat



merasakan manfaat webRTC karena beban kerja CPU dapat berkurang secara drastis.

2. Pemilihan desain infrastruktur media server yang tepat dapat mengurangi beban kerja server secara langsung.
3. Pengembangan aplikasi webRTC berbasis media server untuk *device* yang lebih kecil.
4. seperti Raspberry Pi dapat terealisasi dengan menerapkan pembagian kerja terhadap beberapa media server.
5. Pemilihan Kurento dengan fitur yang kaya dapat menjadi solusi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## Referensi

- [1] Luis L., Miguel P., & Raúl B., Kurento : a media server technology for convergent WWW/mobile real-time multimedia communications supporting WebRTC. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013.
- [2] Luis L., Miguel P., Raúl B., Francisco J., & Jose A., Catalysing the Success of WebRTC for the Provision of Advanced Multimedia Real-Time Communication Services. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013.
- [3] Wajdi E., Models for Multimedia Conference between Browser based on WebRTC. Sixth International Workshop on Selected Topics in Mobile and Wireless Computing, 2013.
- [4] Kwok-Fai., Ching MY., Liu Y., Cai T., Li L., & Chou W., A P2P-MCU Approach to Multi-Party Video Conference with WebRTC. International Journal of Future Computer and Communication, 3(5), 2014.
- [5] Chodorek RR., Chodorek A., Rzym G., & Wadja K. A Comparison of QoS Parameters of WebRTC Videoconference with Conference Bridge Placed in Private and Public Cloud. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- [6] Rocha H., & Pereira RL., Hyper-linked communications: WebRTC enabled asynchronous collaboration. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2017.
- [7] Cicco LD., Carlucci G., & Mascolo S., Congestion Control for WebRTC: Standardization Status and Open Issues. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2017.
- [8] Grozev B., Politis G., Iovov E., Noel T., & Singh V., Experimental Evaluation of Simulcast for WebRTC. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 2017.
- [9] Garcia B., Lopez-Fernandez L., Gallego M., & Gortazar F., Kurento: The Swiss Army Knife of WebRTC Media Servers. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2017.
- [10] Braun PJ., Ekler P., & Fitzek FHP., Demonstration of a P2P assisted video streaming with WebRTC and network coding. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2017.



# Akses Internet di Wilayah Laut dan Kepulauan Menggunakan *WiFi Long Range*

Yurika Nantan\*<sup>1</sup>, Zahir Zainuddin<sup>1</sup>, Wardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: yurika.nantan@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.08

## Abstrak

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki sumber daya alam yang besar di wilayah laut dan kepulauan. Wilayah lautan dan kepulauan yang ditetapkan penggunaannya bagi berbagai sektor kegiatan membutuhkan pemantauan dari berbagai aspek. Kegiatan pemantauan kapal sangat bermanfaat dalam aktifitas pelayaran untuk mengetahui informasi kapal yang sedang berlayar sehubungan dengan kondisi lapangan yang ada utamanya saat cuaca buruk. Untuk melakukan kegiatan pemantauan kapal pada wilayah laut diperlukan konektivitas internet yang dapat menjangkau seluruh wilayah laut dan kepulauan. Penelitian ini menyajikan pemanfaatan teknologi *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) *Long Range* pada frekuensi bebas 2.4 GHz dalam bidang maritim untuk mendukung sistem monitoring kapal yang sedang berlayar pada wilayah laut dan kepulauan sekitar yang tidak mendapat layanan internet. Penggunaan Wi-Fi *Long Range* pada frekuensi 2.4 GHz dipakai sebagai perpanjangan koneksi layanan data dalam bidang komunikasi maritim yang diperoleh dari *Base Tranceiver Station* (BTS) terdekat. Pembaruan sistem ini terletak pada sistem Wi-Fi jarak jauh yang dipasang secara tetap di wilayah kepulauan atau pada *buoy* yang berada di lautan sehingga layanan internet dapat dimanfaatkan secara bersamaan oleh kapal-kapal khususnya kapal nelayan yang berada di sekitarnya untuk mengirimkan informasi penting yang berkaitan dengan pelayaran seperti posisi kapal melalui *Global Positioning System* (GPS) pada *Mobile Phone* (MS). Sistem yang diimplementasikan terbukti mampu memperpanjang koneksi layanan data sejauh 8 km.

## Abstract

**Internet Access on Sea and Island Areas using Long Range WiFi.** As the largest archipelago country in the world, Indonesia has great natural resources in marine and island areas. The territorial waters and islands that are deployed for various sectors of activities require monitoring of various aspects. The ship monitoring activity is very useful in shipping activities to find out the ship's information being sailed in relation to the field conditions that exist mainly in bad weather. To conduct ship monitoring activities in the sea area internet connectivity is required that can reach all marine areas and islands. This study presents the utilization of Long Range Wireless Fidelity (Wi-Fi) technology at 2.4 GHz free frequency in the maritime field to support ship monitoring systems that are sailing on marine and adjacent islands that do not get internet service. The use of Long Range Wi-Fi at 2.4 GHz frequency is used as an extension of data service connection in maritime communications obtained from the nearest Base Tranceiver Station (BTS). This system update lies in long-distance Wi-Fi systems installed permanently in archipelagic areas or on buoys located in the oceans so that internet services can be utilized simultaneously by ships, especially fishing vessels located in the vicinity to transmit important information related to voyage such as ship position via Global Positioning System (GPS) on Mobile Phone (MS). Implemented system proved able to extend the data service connection as far as 8 km.

**Kata Kunci:** *Base Tranceiver Station, buoy, Global Positioning System, sistem pemantauan kapal, Wi-Fi Long Range*

## 1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau mencapai 17.508 dan garis pantai sepanjang 81.000 km yang menyimpan kekayaan sumber daya alam laut yang besar. Kawasan pesisir dan lautan yang dinamis tidak hanya memiliki potensi sumber daya, tetapi juga memiliki potensi bagi

pengembangan berbagai aktivitas pembangunan yang bersifat ekstraksi seperti industri, pemukiman, konservasi dan lain sebagainya. Dengan adanya pengelolaan diharapkan sumber daya alam ini dapat dimanfaatkan terus-menerus untuk kemakmuran rakyat.

Sehubungan dengan kegiatan pengelolaan sumber daya alam, diperlukan pemantauan dari



berbagai aspek. Salah satunya yaitu pemantauan kapal yang sangat bermanfaat dalam aktifitas pelayaran untuk mengetahui informasi kapal yang sedang berlayar sehubungan dengan kondisi lapangan yang ada utamanya saat cuaca buruk.

Sistem pemantauan kapal sangat bermanfaat dalam aktifitas pelayaran untuk mengetahui informasi kapal yang sedang berlayar sehubungan dengan kondisi lapangan yang ada utamanya saat cuaca buruk. Lamanya waktu yang dipakai nelayan untuk bepergian mencari ikan di wilayah laut lepas mendorong dikembangkannya berbagai penelitian dibidang komunikasi maritim. Banyak teknologi telekomunikasi yang dapat digunakan untuk melakukan kegiatan pemantauan kapal mulai dari teknologi konvensional sampai modern.

Teknologi satelit [1] dan radar [2] juga telah dilakukan, akan tetapi masih memiliki kendala utama diantaranya efisiensi biaya yang tinggi dan ukuran perangkat yang digunakan juga relatif cukup besar. Solusi yang paling efektif adalah dengan memanfaatkan sistem komunikasi pemancar stasiun radio terdekat yang berada di daratan. Pemanfaatan tower BTS terakhir menjadi solusi konektivitas untuk dapat terhubung ke jaringan internet.

Pemanfaatan sistem ini diharapkan dapat memudahkan aktifitas pemantauan kapal pada wilayah laut ataupun kepulauan yang belum terjangkau sinyal. Hal ini karena pengguna kapal kebanyakan menggunakan *mobile phone* sebagai alat komunikasi utamanya. Banyak penelitian yang memanfaatkan sistem komunikasi radio di laut seperti pemanfaatan teknologi Wimax [3, 4]. Akan tetapi perkembangan teknologi Wimax di Indonesia masih terkendala pada regulasi pemakaian frekuensi.

Penerapan sebuah *bridge* maricom [5] dengan berbagai teknik untuk meningkatkan performansinya [6] dan gabungan teknologi *broadband* yang lain dalam proyek bluecom+ [7] juga dilakukan untuk mendukung komunikasi pada wilayah laut yang hemat biaya dan memiliki akses data *rate* yang tinggi. Hal ini masih memiliki kekurangan disisi fleksibilitas seperti sistem yang dibuat dipasang pada masing-masing kapal sehingga berdampak pada biaya

yang cukup tinggi dan tidak memungkinkan untuk kapal berukuran kecil seperti kapal nelayan untuk memilikinya.

Dari penelitian [8], membandingkan teknologi Wi-Fi dan LoRa pada frekuensi kerja 2.4 GHz. Dari hal tersebut, LoRa menghasilkan jarak jangkauan yang jauh dengan konsumsi daya yang rendah, karena tingkat pengiriman datanya rendah. Sama dengan [8, 9] menggunakan teknologi Wi-Fi LR namun bekerja pada frekuensi 5.8 GHz. Hal tersebut diaplikasikan pada lingkup maritim secara point to point link antara kapal dan stasiun pemancar yang berada di daratan. Hasil yang diperoleh adalah jarak jangkauan hingga 7 Km pada pengiriman data 1 Mbit/s. Merujuk pada keduanya, penelitian ini membahas perancangan sistem komunikasi wireless menggunakan Wi-Fi LR dengan frekuensi kerja 2,4 GHz pada wilayah laut dan kepulauan yang belum terjangkau sinyal dengan memanfaatkan penyedia jaringan komunikasi *mobile* terdekat yang sudah ada di daratan. Frekuensi 2,4 GHz dipilih karena mampu menyediakan rentang maksimum yang sama dengan kecepatan data. Penerapan sistem ini mampu menghasilkan jarak jangkauan sejauh 8 km, sehingga diharapkan daerah laut dan kepulauan di Indonesia yang belum terjangkau sinyal BTS ini dapat dijangkau seluruhnya secara multihop dari setiap perangkat yang terpasang di pulau ataupun pada buoy secara tetap yang akan memudahkan pengguna kapal untuk menyampaikan informasi penting seperti lokasi kapal ke stasiun pemancar yang berada di daratan untuk kegiatan pemantauan kapal.

## 2. Desain Sistem

Pada bagian ini memberikan gambaran tentang perancangan sistem dan arsitektur jaringan yang digunakan untuk mendukung komunikasi maritim dalam rangka melakukan pemantauan posisi kapal-kapal yang sedang melakukan pelayaran. Untuk dapat memberikan akses internet yang hemat biaya di wilayah laut maka perangkat yang digunakan pada penelitian ini merupakan perangkat yang menggunakan standar teknologi akses nirkabel pada umumnya yang hemat biaya seperti Wi-Fi LR produksi



Ubiquiti dengan rentang frekuensi kerja 2,4GHz. Adapun spesifikasi dan jenis perangkat yang digunakan di tampilkan pada Tabel 1 [10].

Tabel 1. Spesifikasi perangkat

Nama Perangkat	Spesifikasi
Ubiquiti NanoStation M2	Operating Frequency : 2412-2462 MHz Gain : 10.4-11.2 dBi Sensitivity : -75 up to -96 dBm Power Supply (PoE) : 24V, 0.5A Operating Temperature : -30 to 75° C (-22 to 167° F) Beamwidth : 55° (H-pol)/53° (V-pol) Polarization : Dual Linear Networking Interface : 10/100 Ethernet Ports (2).
Ubiquiti Unifi Mesh	Model: UAP-AC-M-PRO Wi-Fi Standards : 802.11 a/b/g/n/ac Networking Interface : 10/100/1000 Ethernet Ports (2) Power Supply : 48V, 0.5A PoE Gigabit Adapter Maximum TX Power : 22 dBm Operating Temperature : -40 to 70° C (-40 to 158° F) BSSID : Up to Four per Radio Antennas : 8 dBi
Ubiquiti Rocket M2	Operating Frequency : 2412-2462 MHz Power Output : 28 dBm Operating Temperature : -30 to 75° C (-22 to 167° F) Gain : 11-16 dBi RF Connections : RP-SMA (2) Networking Interface : (1) 10/100 Mbps Power Supply : 24V, 1A PoE Adapter

Berdasarkan data masukan pada Tabel 1, maka dapat dilakukan perhitungan link budget dengan menggunakan pendekatan model Okumura-Hata. Besarnya daya pada penerima (P<sub>RX</sub>) merupakan hasil penjumlahan daya pada pemancar (P<sub>TX</sub>) dengan penguatan yang ada (G<sub>TX</sub> dan G<sub>RX</sub>), dikurangi dengan semua rugi yang terjadi pada sistem. Dapat dilihat pada Persamaan (1).

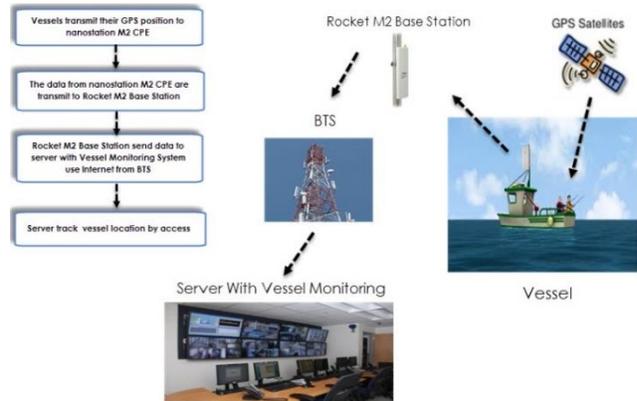
$$P_{RX} = P_{Tx} + G_{Tx} + L_{cable} + L_{FSL} + G_{Rx} \quad (1)$$

Adapun rugi-rugi ruang bebas yang terjadi merupakan penjumlahan antara jarak pemancar dan penerima (d) dengan frekuensi (f) seperti pada Persamaan (2).

$$L_{FSL} = 32,4 + 20 \log d + 20 \log f \quad (2)$$

## 2.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada wilayah laut dan kepulauan secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan sistem

Koneksi Wi-Fi standar menggunakan unifi access point (AP) diperoleh oleh mobile phone atau GPS kapal yang berasal dari Wi-Fi LR yang diletakkan pada wilayah kepulauan atau buoy yang tidak terjangkau sinyal sebagai Customer Premises Equipment (CPE). Adapun koneksi internet yang diperoleh diambil dari jaringan BTS terdekat dengan menggunakan rocket M2 sebagai Base Station (BS) yang diletakkan di sekitar daratan yang masih dalam jangkauan sinyal BTS sehingga menghasilkan konektivitas secara point to point ataupun point to multipoint.

Pemasangan perangkat pada pulau terlihat pada Gambar 2. Pada pemasangan perangkat sangat penting untuk dilakukan settingan parameter fisik sehingga antara BS dan CPE dapat saling berkomunikasi dengan baik.

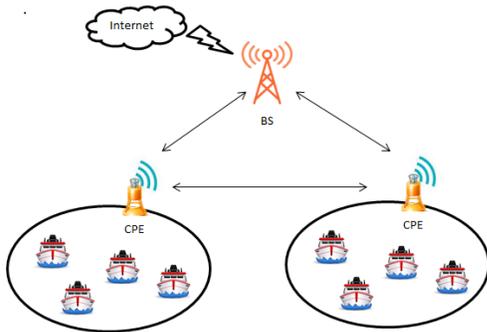


Gambar 2. Instalasi perangkat ubiquiti

Besarnya jarak yang mampu dihasilkan antara BS dan CPE tergantung pada kondisi lingkungan dan parameter fisik dari antena pada saat percobaan dilakukan yang nantinya dijadikan acuan perpanjangan konektivitas internet kearah laut.

2.2. Arsitektur Jaringan

Base Station yang berada di daratan akan menyediakan koneksi point to multipoint kearah CPE yang nantinya akan meneruskan jaringan Wi-Fi ke arah mobile phone menggunakan topologi mesh. Hal ini akan memaksimalkan pemanfaatan jaringan secara bersamaan dalam rangka mendukung layanan monitoring kapal di wilayah laut dan kepulauan. Gambar 3 menunjukkan asitektur jaringan yang akan digunakan.



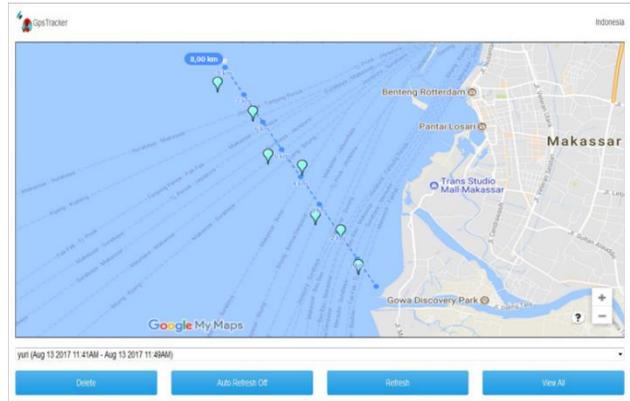
Gambar 3. Arsitektur jaringan.

Kapal-kapal yang sudah terdaftar dalam sistem dan berada dalam jangkauan CPE dapat dipantau dengan mudah posisinya dengan menerapkan sistem ini. Informasi posisi kapal yang diperoleh CPE terdekat dari kapal selanjutnya diteruskan ke CPE lain atau dapat langsung ke BS yang berada di daratan.

3. Hasil Penelitian

Uji coba lapangan dilakukan pada daerah pesisir pantai Makassar, Indonesia. Pengujian dilakukan dengan menempatkan BS pada pesisir pantai dan CPE pada kapal. Data pengukuran jarak maksimum diambil dengan cara CPE bergerak menjauhi BS sampai titik dimana sinyal BS sudah tidak dapat diterima. Setiap titik merupakan perhentian untuk mengambil data posisi kapal dan level sinyal dengan

mengaktifkan aplikasi monitoring dan aplikasi pendukung pengukuran pada mobile phone. Dari keseluruhan titik pengambilan data yang dilakukan diperoleh rentang jarak konektivitas internet maksimal dapat mencapai 8 km. Jarak diukur menggunakan jarak udara antara titik awal dengan titik akhir seperti Gambar 4.



Gambar 4. Hasil monitoring kapal

Pada pengujian ini, antena BS diletakkan setinggi 5 m dan antena CPE 2 m dengan tilt antena sebesar 0°. Pengujian lapangan ini dilakukan untuk mengetahui jarak maksimum sinyal dari pemancar BS yang masih dapat diterima oleh penerima CPE. Hasilnya akan dibandingkan dengan perhitungan link budget yang diperoleh dari Persamaan (1). Jika hasil dari level sinyal pada penerima lebih baik dari nilai level minimum penerimaan sinyal penerima pada datasheet maka sistem dinyatakan layak. Hasil yang diperoleh bertujuan untuk membuktikan kelayakan dari solusi komunikasi wireless yang diberikan.

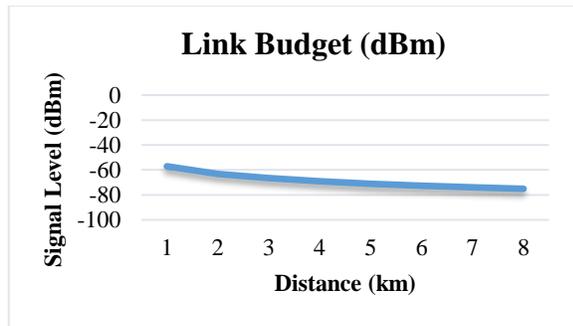
Tabel 2. Hasil pengukuran kuat sinyal berdasarkan jarak dari BS ke CPE

Jarak (km)	Tinggi Antenna Pemancar BS (m)	Tinggi Antenna Penerima CPE (m)	Level Sinyal (dBm)
1	5	2	-58
2	5	2	-64
4	5	2	-70
5	5	2	-72
6	5	2	-73
8	5	2	-76



Adapun besarnya level sinyal yang diukur pada penerima ditunjukkan pada Tabel 2. Pengukuran ini diambil menggunakan aplikasi android pada *mobile phone*.

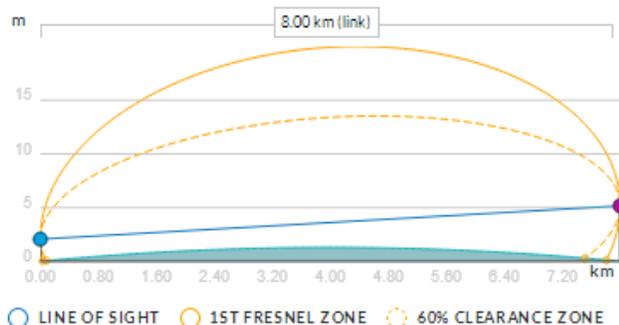
Dari persamaan (1) dihitung link budget sesuai data masukan pada Tabel 1, hasilnya seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Perhitungan link budget menggunakan model okumura-hata

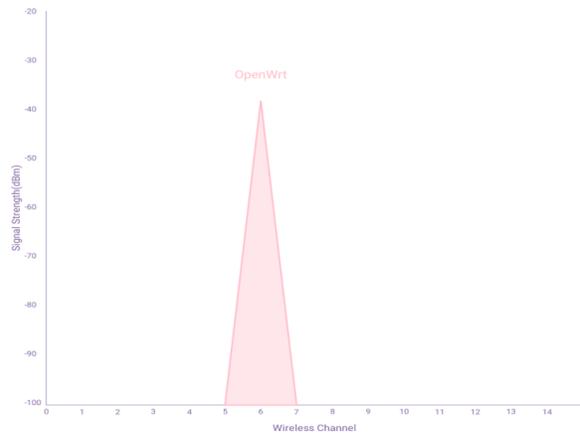
Pada jarak 8 Km hasil perhitungan link budget sebesar -75 dBm sedangkan pada hasil pengukuran lapangan sebesar -76 dengan selisih sebesar 1 dBm saja. Jika dilihat sensitivitas penerimaan perangkat sebesar -96 dBm sampai -75 dBm, maka hasil perolehan data lapangan dan perhitungan link budget level sinyal yang diterima masih masuk pada level minimum sensitivitas penerimaan perangkat. Hal ini berarti sistem masih layak.

Daerah fresnel yang masih dapat dicapai pada keadaan LOS dengan asumsi permukaan bumi lengkung, jarak antara BS dan CPE 8 Km dan tinggi antena CPE 2 m dan BS 5 m ditunjukkan pada gambar 6. Pada jaringan wireless diambil nilai 60% dari radius daerah fresnel pertama sebagai daerah yang bersih.



Gambar 6. Daerah fresnel

Adapun penggunaan kanal yang paling optimal yang dihasilkan sistem berada pada kanal 6 yang ditampilkan Gambar 7.



Gambar 7. Penggunaan kanal

Pada sisi *mobile phone* pengguna juga dilakukan pengujian kecepatan data, hasilnya diperoleh data kecepatan *download* sebesar 2,43 Mbps dan kecepatan *upload* sebesar 1,92 Mbps yang berasal dari pancaran sinyal Wi-Fi yang *access point* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil speedtest

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini mengaplikasikan penggunaan Wi-Fi LR sebagai solusi perpanjangan koneksi layanan data berbiaya rendah dari daratan ke wilayah laut dan kepulauan yang tidak terjangkau sinyal. Pengukuran level sinyal pada CPE yaitu sebesar -76 dBm. Nilai ini masih berada pada range sensitivitas penerimaan perangkat yaitu -96 dBm sampai -75 dBm

sehingga CPE masih dapat menerima sinyal dari BS dengan baik. Pemanfaatan sistem untuk melakukan monitoring kapal juga telah dilakukan sehingga dimasa mendatang dirasakan perlu untuk dikembangkan sistem layanan masyarakat yang dapat membantu masyarakat kepulauan seperti kesehatan dan layanan Pemerintah lainnya dan melakukan analisa unjuk kerja sistem secara mendalam.

## Referensi

- [1] E. N. Nasser, "Multi mission low earth orbit equatorial satellite for Indonesian regions: Telecommunication payload," *Proceeding - ICARES 2014 2014 IEEE Int. Conf. Aerosp. Electron. Remote Sens. Technol.*, no. c, pp. 121–126, 2014.
- [2] J. Stastny, S. Cheung, G. Wiafe, K. Agyekum, and H. Greidanus, "Application of RADAR Corner Reflectors for the Detection of Small Vessels in Synthetic Aperture Radar," *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 8, no. 3, pp. 1099–1107, 2015.
- [3] M. S. Choi *et al.*, "Ship to shore maritime communication for e-Navigation using IEEE 802.16e," *Int. Conf. ICT Converg.*, pp. 759–762, 2013.
- [4] J. C. Reyes-Guerrero, M. Bruno, L. A. Mariscal, and A. Medouri, "Buoy-to-ship experimental measurements over sea at 5.8 GHz near urban environments," *Mediterr. Microw. Symp.*, pp. 320–324, 2011.
- [5] H. Kim, J. Choi, D. Yoo, B. Jang, and K. Chong, "Implementation of MariComm Bridge for LTE-WLAN Maritime Heterogeneous Relay Network," pp. 3–7, 2015.
- [6] D. Yoo, H. Kim, J. Choi, B. Jang, and S. Ro, "A Novel Antenna Tracking Technique for Maritime Broadband Communication ( MariComm ) System," pp. 1–5, 2015.
- [7] R. Campos, T. Oliveira, N. Cruz, A. Matos, and J. M. Almeida, "BLUECOM+: Cost-effective broadband communications at remote ocean areas," *Ocean. 2016 - Shanghai*, 2016.
- [8] D. H. Kim and J. Y. Lim, "Using Wi-Fi and LoRa," *2016 Ieee*, pp. 1–3, 2016.
- [9] M. J. Lopes, F. Teixeira, J. B. Mamede, and R. Campos, "Wi-Fi Broadband Maritime Communications Using 5 . 8 GHz Band," pp. 5–9, 2014.
- [10] I. Outdoor, L. Industrial, and P. Link, "Indoor/Outdoor airMAX ® CPE."



# Simulasi *Under-Voltage Load Shedding* dengan Masuknya Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Wisna Saputri Alfira WS\*<sup>1</sup>, Muhammad Bachtiar Nappu<sup>1,2</sup>, Ardiaty Arief<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

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

<sup>2</sup>Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M), Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan 90245

\*Email: alfirasaputri\_19@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.09

## Abstrak

Simulasi *Under Voltage Load Shedding* (UVLS) dengan mempertimbangkan integrasi pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). PLTB yang akan diintegrasikan ke dalam sistem interkoneksi Sulawesi Selatan milik PT. PLN (Persero) berada di daerah Sidrap sekitar 70 MW dengan menggunakan 30 turbin angin, menghasilkan 2,5 MW per turbin dan di daerah Jeneponto sekitar 62,5 MW dengan jumlah turbin angin yang sama. Kondisi angin yang berbeda dapat mempengaruhi sistem tenaga yang menyebabkan gangguan besar atau kecil, baik dalam pelepasan generator atau jalur transmisi. Berdasarkan permasalahan ini, penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi pada daerah yang mengalami jatuh tegangan saat WPP berada di sistem Sulawesi Selatan. Metode sensitivitas dinamis disajikan dalam makalah ini. Dari hasil simulasi dan analisis, diperoleh lokasi *load shedding* di Makale, Palopo dan Latuppa dapat menstabilkan tegangan sistem namun menyebabkan area Poso berada dalam kondisi *over voltage*.

## Abstract

**Under-Voltage Load Shedding Simulation considering Integration of Wind Power Plants.** This paper discusses the simulation of under voltage load shedding (UVLS) by considering the integration of wind power plants (WPP). The WPPs which will be integrated into the Southern Sulawesi interconnection system owned by PT. PLN (Persero) are located in the Sidrap area of approximately 70 MW using 30 wind turbines, generating 2.5 MW per turbine and in the Jeneponto area of about 62.5 MW capacity with the same number of wind turbines. Different wind conditions may affect the power system causing a major or minor disturbance, either in a release of generation or a transmission line. Based on this issue, this study aims to perform a simulation on areas that have voltage collapse when the WPPs are in the Southern Sulawesi system. The method of dynamic sensitivity presented in this paper. From the simulation and analysis results, it is obtained that load shedding locations in Makale, Palopo and Latuppa can stabilize the system's voltage but causing the Poso area to be in an over voltage condition.

**Kata Kunci:** *Under voltage load shedding (UVLS), voltage stability, wind power plants (WPP)*

## 1. Pendahuluan

Sistem interkoneksi yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselrabar akan bertambah dengan integrasi PLTB di daerah Sidrap dan Jeneponto. Pembangkit yang akan berintegrasi dengan sistem Sulselrabar merupakan rencana umum penyediaan tenaga listrik (RUPTL) PLN 2010-2019 dimana pada daerah Sidrap sekitar 70 MW dengan menggunakan 30 turbin angin, masing-masing menghasilkan 2.5 MW [1] dan di daerah Jeneponto menghasilkan energi listrik sebesar 62.5 MW dengan 30 turbin angin [2]. Permasalahan yang menjadi dasar pada

PLTB adalah kondisi angin yang berubah-ubah tergantung pada keadaan iklim yang terletak pada daerah tersebut. Ketika sumber energi yang dikonversi ke listrik tidak dalam keadaan konstan maka listrik yang dihasilkan tidak juga konstan. Sehingga hal tersebut sangat berpengaruh pada sistem tenaga listrik.

Dalam sistem tenaga listrik skala besar, menjaga kontinuitas dan ketersediaan pasokan listrik untuk para konsumen menjadi tujuan utama pada sistem interkoneksi agar tidak menyebabkan melemahnya stabilitas performa sistem. Referensi [3-5] telah mengidentifikasi stabilitas sistem



tenaga sebagai bagian prasyarat terpenting dan terpercaya selama kurang lebih dari 80 tahun terakhir untuk mendapatkan operasi sistem listrik yang aman. Operasi suatu sistem tenaga listrik diharapkan dapat mempertahankan stabilitas tegangan yang telah menjadi masalah utama dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga [6] dan merupakan bagian penting dalam menjaga ketersediaan suplai listrik secara kontinyu dengan kualitas daya yang baik dengan meminimalisasi terjadinya pemadaman listrik (*black out*) total atau sebagian.

Ketidakstabilan tegangan merupakan ketidakmampuan sistem untuk mempertahankan profil tegangan dalam batas yang diperbolehkan setelah terjadi gangguan atau perubahan sistem yang dapat membawa sistem jaringan secara keseluruhan untuk kondisi jatuh tegangan yang signifikan [7]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penanganan sehingga hal tersebut dapat dihindari. Salah satu cara untuk mempertahankan stabilitas pada tegangan dari sistem dalam kondisi yang tidak diinginkan adalah dengan *load shedding*. *Load shedding* merupakan metode *control preventif* dan ekonomis dalam mengurangi jatuhnya sistem, dimana dilakukan pada lokasi yang tepat sehingga dapat menaikkan tegangan secara signifikan sampai batas nilai toleransi yang diizinkan yaitu +5% dan -10% dari tegangan nominal [7-9]. Sebagai dasar pedoman untuk mendesain *load shedding* yang direkomendasikan oleh H. G. Sarmiento, dkk [10]. Oleh karena itu, diperlukan suatu perlakuan untuk memperbaiki penurunan daya reaktif yang mengakibatkan penurunan tegangan, maka dari itu diperlukan perlakuan dengan melakukan *under voltage load shedding* (UVLS).

UVLS merupakan salah satu penelitian yang kurang banyak menerima perhatian, tetapi seiring dengan berjalannya waktu berbagai metode telah diusulkan untuk UVLS. Awal munculnya konsep UVLS yaitu tahun 1992 oleh Taylor [11] dimana untuk memberikan perlindungan tambahan selain *under frequency load sheeding* (UFLS) untuk gangguan abnormal di luar kriteria operasi dan perencanaan. Kemudian UVLS semakin berkembang dengan berbagai metode, seperti pada paper [12], dimana metode yang digunakan

yaitu menghitung sensitivitas dinamis yang berhubungan dengan gangguan agar sensitivitas lintasan antara tegangan bus dapat dihitung sehingga mendapatkan jumlah yang cukup untuk melakukan pelepasan beban di lokasi yang tepat. Metode lain dari UVLS yaitu dalam sistem tenaga telah di aplikasikan dengan menggabungkan penggunaan generator angin untuk menjaga stabilitas tegangan dengan mempertimbangkan pemodelan beban dinamis dan statis yang melibatkan sebuah algoritma iterasi [13]. Paper ini [3] juga mengaplikasikan UVLS pada 3 mesin 9 bus kemudian dilakukan simulasi dinamis untuk validasi ketahanan dari metode faktor partisipasi bus. Selanjutnya studi ini, melakukan perhitungan nilai Eigen [14] untuk menetapkan tegangan *pick-up* untuk sinyal *tripping*, dimana nilai Eigen digunakan untuk mengukur indeks global sehingga dapat diketahui jatuhnya tegangan dan besaran tegangan pada bus kritis. Peneliti ini [15] melakukan penelitian yang mempertimbangkan kritis kontigensi untuk optimasi *load shedding* berdasarkan modal faktor partisipasi. Modal faktor partisipasi dalam penelitian ini digunakan dalam mencari bus yang paling sesuai untuk lokasi *load shedding*. Referensi [16, 17] telah mengembangkan strategi UVLS dengan model generik beban dinamis. Mendesain skema UVLS memastikan bahwa *doubly fed induction generators* (DFIG) dapat mengembalikan operasi normal dan tegangan sistem menjadi stabil. Dalam penelitian milik Amrae [18] mengusulkan desain UVLS dengan generator distribusi (DG), namun penelitian ini hanya menggunakan pendekatan analisis tegangan statis dan tidak mempertimbangkan tipe DG. Kelemahan dari teknik tersebut tidak bisa menjelaskan sifat dinamis dari insiden runtuhnya tegangan. Selain itu, dengan pemasangan generator angin dan DGs yang lain, perilaku sistem dinamis dapat mengakibatkan perubahan secara substansial setelah mengalami gangguan karena adanya teknologi DG dan generator konvensional yang berbeda [19].

Dalam tulisan ini, kami mensimulasikan analisis sensitivitas tegangan dinamis dalam merancang skema UVLS untuk menentukan lokasi dan ukuran beban yang harus dikeluarkan



jika terjadi gangguan besar pada sistem dengan integrasi WPP ke dalam sistem tenaga Sulawesi Selatan. Kinerja tegangan dinamis dianalisis sebelum dan sesudah integrasi WPP Sidrap dan Jeneponto.

## 2. Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem yang memenuhi 3 persyaratan dalam pengoperasian yaitu handal dalam menyalurkan energi listrik secara kontinue (*reliability*), berkualitas dalam menghasilkan besar-besaran standar yang ditetapkan untuk frekuensi dan tegangan (*quality*) serta stabil (*stability*) dimana harus segera kembali dalam keadaan normal bila sistem mengalami gangguan.

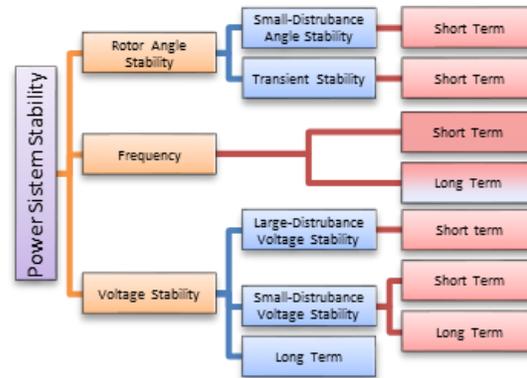
Kestabilan sistem tenaga listrik merupakan bagian yang perlu untuk dijaga dalam operasi sistem tenaga. Kestabilan sistem tenaga adalah kemampuan sistem yang memungkinkan sistem tersebut untuk tetap berada pada kondisi dalam batas operasi yang diinginkan pada keadaan normal atau abnormal di sistem tenaga.

Kestabilan sistem tenaga listrik diklasifikasikan berdasarkan hal di bawah ini [7]:

- a. Sifat alami dari ketidakstabilan yang dihasilkan terkait dengan parameter sistem utama dimana ketidakstabilan diamati.
- b. Ukuran gangguan di anggap menunjukkan metode perhitungan dan prediksi ketidakstabilan yang paling sesuai.
- c. Proses, divais dan rentang waktu yang harus diambil untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan kestabilan.

Menurut *IEEE definition and classification of power system stability*, P. Khundur [20] kembali mengklasifikasikan kestabilan sistem tenaga kedalam tiga bagian berdasarkan faktor kontribusi yang menyebabkan ketidakstabilan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

Kestabilan tegangan digambarkan sebagai kemampuan suatu sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan stabil di semua bus dalam sistem setelah mengalami gangguan dari kondisi operasi awal yang diberikan.

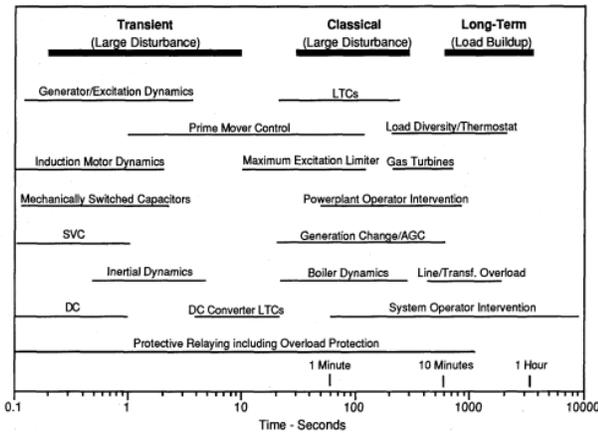


Gambar 1. Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga Listrik [20]

Kestabilan tegangan bertujuan untuk mempertahankan keseimbangan antara permintaan beban dan pasokan beban. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, kestabilan tegangan dapat di subkategorikan menjadi dua: kestabilan tegangan gangguan besar dan gangguan kecil dan mungkin dalam jangka panjang dan jangka pendek.

### 2.1. Kestabilan tegangan

Untuk Kestabilan tegangan merupakan salah satu faktor pada kestabilan sistem tenaga listrik. Kestabilan tegangan adalah kemampuan sistem untuk tetap menjaga nilai tegangan pada seluruh bus dalam batas operasi normal akibat terjadinya gangguan [7, 21]. Kestabilan tegangan terbagi menjadi dua yaitu kestabilan tegangan akibat gangguan besar, seperti kesalahan sistem, pelepasan generator atau kontijensi pada jaringan dan akibat gangguan kecil yang bersifat lokal, misalnya perubahan kenaikan beban di sistem. Sehingga keadaan tersebut membuat sistem harus kembali dalam keadaan stabil. Berdasarkan gangguan yang terjadi pada kestabilan tegangan yang menyebabkan ketidakstabilan tegangan (*voltage instability*) terdapat rentang waktu dari beberapa detik sampai sepuluh menit seperti yang dilukiskan oleh Taylor [11] pada Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Klasifikasi rentang waktu untuk fenomena kestabilan tegangan [11]

## 2.2. Under Voltage Load Shedding

*Under-Voltage Load Shedding* (UVLS) merupakan suatu mekanisme pelepasan beban akibat tegangan sistem yang rendah dibawah batas toleransi -10% dari nilai nominalnya [22-23]. Sehingga kondisi tersebut dapat mengganggu kestabilan sistem tenaga listrik yang menyebabkan jatuhnya tegangan (*voltage collapse*) dan memungkinkan terjadinya pemadaman total (*blackout*) pada sistem. UVLS merupakan suatu skema proteksi yang bertujuan untuk melepas beban pada transformator distribusi agar tegangan sistem dapat naik ke kondisi normal.

Pelepasan beban pada transformator distribusi dengan skema UVLS memiliki beberapa tahapan. Hal ini mempertimbangkan kondisi beban transformator distribusi. Adapun pertimbangan tersebut meliputi dua aspek yaitu:

- 1) Aspek Teknis
  - a) UVLS perlu mempertimbangkan level tegangan sistem minimum pada pembangkit lain.
  - b) Lamanya waktu pembangkit dapat bertahan saat tegangan sistem turun secara terus menerus.
  - c) Kemampuan *exciter* pembangkit terlemah.
- 2) Aspek Non Teknis.

Karena UVLS mengharuskan untuk melakukan pemadaman disisi konsumen, maka sangat penting mempertimbangkan konsumen mana yang harus dipadamkan. Konsumen dengan tingkat prioritas yang tinggi harus dijaga

kontinuitas penyaluran daya listrik.

Desain dari pelepasan beban harus “*robust*”. UVLS harus mencakup banyak dan tidak terlalu *sensitive*. Oleh karena itu, ada dua langkah pertahanan system tenaga terhadap insiden yang mungkin memicu ketidakstabilan yang disebabkan oleh system yang mengalami gangguan dan beroperasi lebih dekat dengan batas stabilitas [24-25]:

- Dalam mengamati margin suatu sistem keamanan dilakukan tindakan preventif untuk mempertimbangkan kemungkinan kontigensi yang berbeda kemudian melakukan tindakan tepat sebagai solusi untuk mempertahankan margin sistem.
- Demi meminimalisir kemungkinan adanya resiko kejadian yang lebih parah, maka perlu dilakukan tindakan *correctively* dengan memanfaatkan aplikasi perbaikan secara otomatis dengan skema perlindungan.

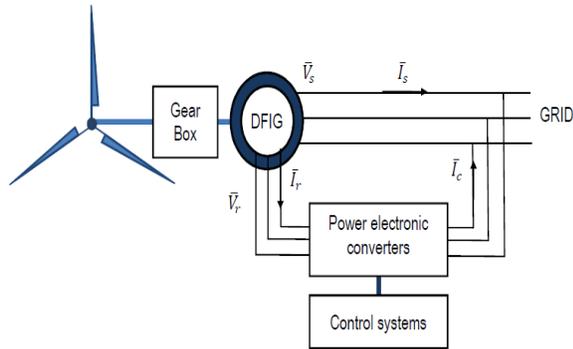
Filosofi dari UVLS adalah bahwa setiap kali sistem terganggu, akan menyebabkan kondisi penurunan tegangan di bawah tingkat pra-dipilih untuk jangka waktu tertentu yang telah ditentukan sebelumnya, ketika beban yang dipilih harus dilepas [26]. Tujuan dari UVLS untuk mengembalikan keseimbangan daya dalam system, untuk mencegah tegangan runtuh dan mengatur masalah tegangan yang berada dalam wilayah lokal daripada menyebar ke daerah lain [27].

## 2.3. Double Fed Induction Generator (DFIG)

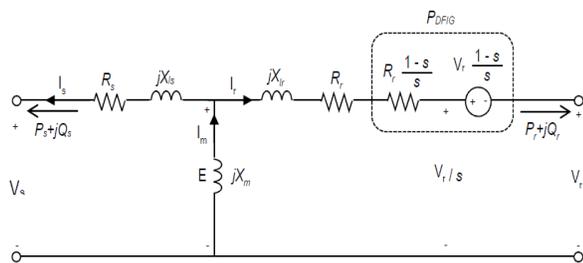
DFIG memiliki beberapa keunggulan diantaranya operasi variabel kecepatan untuk mendapatkan daya maksimum yang diekstraksi dari angin, faktor daya yang dapat disesuaikan, efisiensi yang lebih baik, kemampuan untuk mengontrol daya reaktif tanpa dukungan kapasitif dan rating konverter yang lebih kecil [28-31].

Tenaga mekanik dari turbin angin diubah oleh DFIG yang dikirimkan kesistem dari belitan stator dan rotor [32]. DFIG terhubung ke turbin angin melalui gearbox dan konverter sumber tegangan kembali ke belakang [33]. Gearbox merupakan perangkat yang sangat penting untuk mengontrol keragaman berbagai kecepatan antara rotor dan generator. Gulungan stator dari DFIG dan sisi lain

konverter yang memasok rotor terhubung ke sistem tenaga. Tegangan dijaga pada frekuensi konstan sedangkan besarnya dikendalikan dengan mengatur fluks stator generator.



Gambar 3. Konfigurasi turbin Angin DFIG



Gambar 4. Rangkaian Ekuivalen DFIG [32]

Konfigurasi teknologi turbin angin DFIG ditunjukkan secara skematik pada Gambar 3 dan Gambar 4 menampilkan rangkaian ekuivalen DFIG. Adapun perbandingan kecepatan dinamis fluks stator dan rotor dari jaringan dinamis dan system kontrol konverter yang memisahkan generator dari grid; oleh karena itu, persamaan *elektrik steady state* dengan mempertimbangkan DFIG yaitu [34]:

$$v_{ds} = -rsi_{ds} + [(\chi_s + \chi_m)i_{qs} + \chi_m i_{qr}] \quad (1)$$

$$v_{qs} = -rsi_{qs} - [(\chi_s + \chi_m)i_{ds} + \chi_m i_{dr}] \quad (2)$$

$$v_{dr} = -r_R i_{dr} + (1 - \omega_m)[(\chi_R + \chi_m)i_{qr} + \chi_m i_{qs}] \quad (3)$$

$$v_{qr} = -r_R i_{qr} + (1 - \omega_m)[(\chi_R + \chi_m)i_{dr} + \chi_m i_{ds}] \quad (4)$$

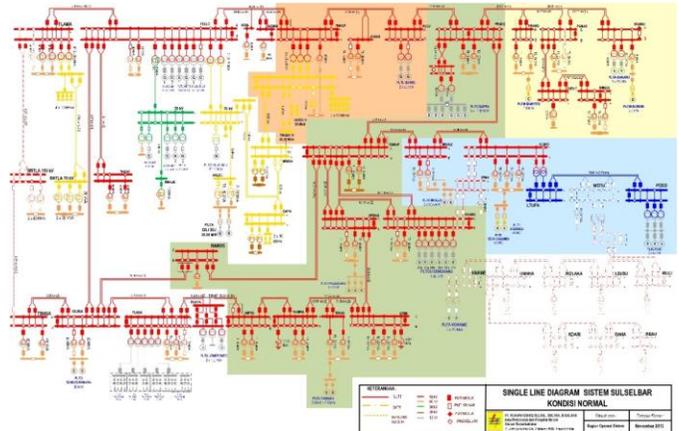
Kemudian daya aktif dan reaktif dikirim ke grid menjadi:

$$P = v_{ds}i_{ds} + v_{qs}i_{qs} + v_{dc}i_{dc} + v_{qc}i_{qc} \quad (5)$$

$$Q = v_{ds}i_{ds} - v_{qs}i_{qs} + v_{dc}i_{dc} - v_{qc}i_{qc} \quad (6)$$

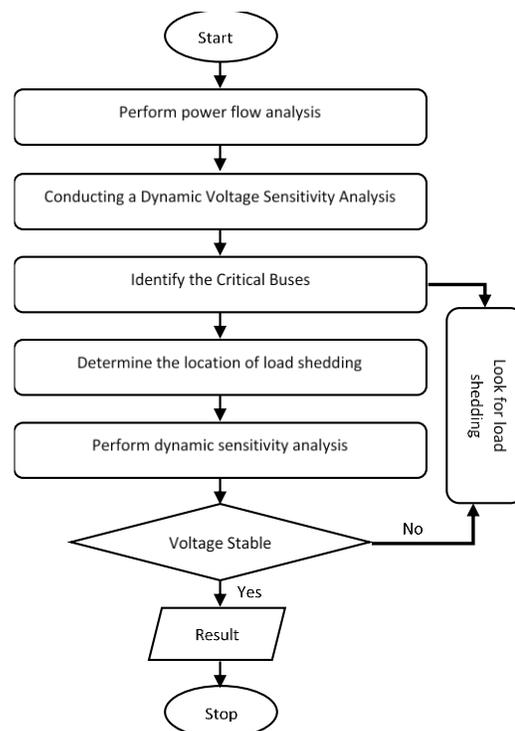
### 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini melakukan perancangan skema *under voltage load shedding* menggunakan metode analisis sensitivitas dinamis pada sistem interkoneksi Sulselrabar data yang di ambil adalah data kelistrikan yang berasal dari PT. PLN (persero) UPB-UPT Wilayah Makassar.



Gambar 5. Single line diagram interkoneksi Sulselrabar [35]

Alur yang digunakan dalam dalam perancangan UVLS ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Flowchart under voltage load shedding

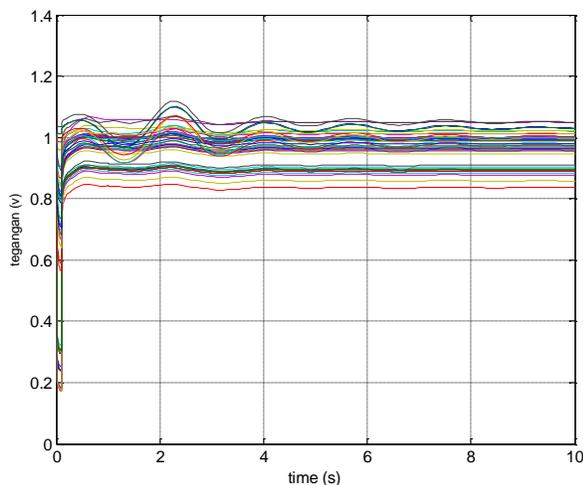


## 4. Hasil dan Simulasi

### 4.1. Sebelum masuknya Integrasi PLTB

Simulasi awal yang dilakukan adalah simulasi dimana, PLTB Sidrap dan Jeneponto belum terintegrasi pada sistem interkoneksi Sulselrabar namun diberikan perlakuan gangguan pada kondisi tersebut. Simulasi gangguan terjadi pada bus Tello dan Pangkep pada  $t = 0.01$  detik.

Gambar 7 menunjukkan profil tegangan saat disimulasikan gangguan antara bus Tello dan bus Pangkep dengan interval 0:01 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa daerah memiliki tegangan di bawah 0.9 p.u, ini menunjukkan bahwa sistem menjadi tidak stabil namun tidak menyebabkan *voltage collapse*.

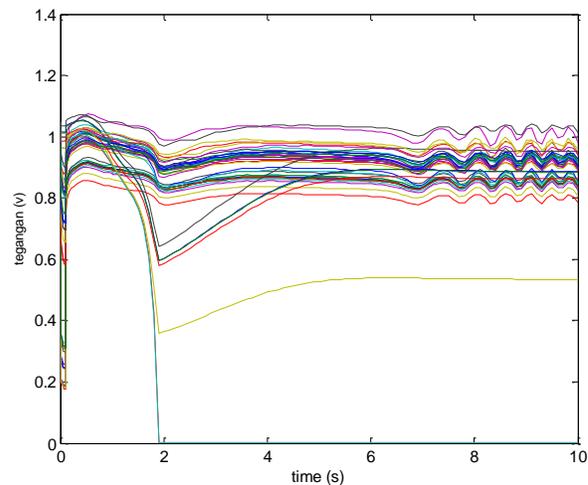


**Gambar 7. Simulasi stabilitas tegangan setelah terjadinya gangguan sebelum integrasi PLTB**

### 4.2. Setelah masuknya Integrasi PLTB

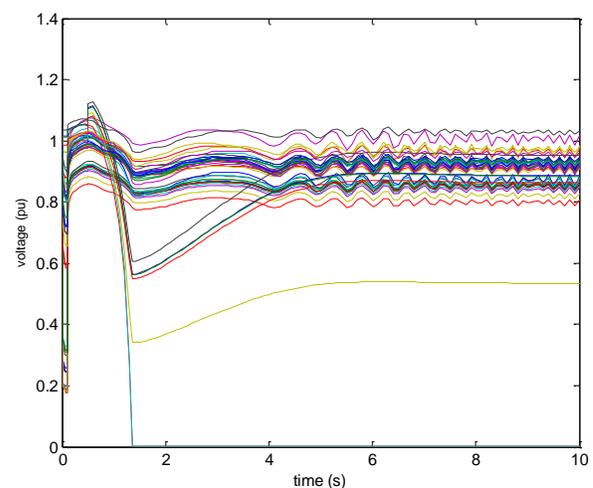
Gambar 8 menunjukkan penurunan tegangan / *collapse* di beberapa daerah dalam kondisi setelah integrasi PLTB Sidrap dan Jeneponto ketika terjadi gangguan pada bus antara Pangkep dan Tello. Hal ini dapat dilihat dari grafik bahwa tegangan pada bus Makale dan bus Palopo mengalami *collapse* 0 p.u pada  $t = 1,8$  detik dan tidak dapat kembali ke keadaan stabil. Selanjutnya, tegangan pada bus La Tuppa juga mengalami penurunan tegangan hingga sekitar 0, 52 p.u. Beberapa daerah di Makassar juga mengalami ketidakstabilan tegangan dengan magnitudo diatas 0.8 p.u. Dengan banyak daerah yang menghadapi

ketidakstabilan tegangan dan *collapse*, maka diperlukan *load shedding*.



**Gambar 8. Simulasi stabilitas tegangan setelah terjadinya gangguan dan setelah masuknya integrasi PLTB Jeneponto dan Sidrap**

### 4.3. Simulasi tegangan setelah *load shedding* pada bus Makale dan Palopo



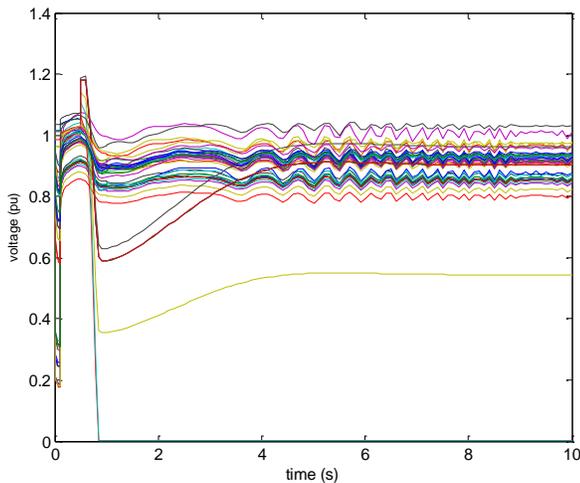
**Gambar 9. Simulasi stabilitas tegangan dengan integrasi PLTB Sidrap dan Jeneponto setelah gangguan dan *load shedding* di Palopo dan Makale**

Gambar 6 mensimulasikan kondisi tegangan dengan integrasi PLTB Sidrap dan Jeneponto setelah gangguan dan *load shedding* di Palopo dan Makale. Ini jelas menunjukkan bahwa dengan *load shedding* di bus Makale dan Palopo, tegangan di beberapa daerah tidak dapat kembali pulih pada kondisi yang stabil. Oleh karena itu, diperlukan lokasi lain untuk *load shedding*.



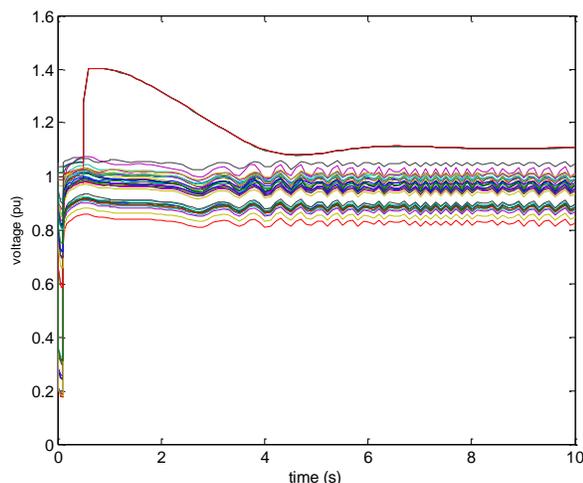
#### 4.4. Simulasi tegangan setelah *load shedding* pada bus Makale, Palopo, dan Poso

Sejak *load shedding* di bus Palopo dan Makale tidak dapat menstabilkan sistem, maka perlu *load shedding* lagi. Gambar 10 menunjukkan grafik simulasi tegangan setelah *load shedding* di bus Makale, Palopo dan Pos, Namun tetap tidak dapat menstabilkan sistem.



**Gambar 10.** Simulasi stabilitas tegangan dengan integrasi PLTB Jeneponto dan Sidrap setelah gangguan dan *load shedding* di Palopo, Makale dan Poso

#### 4.5. Simulasi tegangan setelah *load shedding* pada bus Makale, Palopo dan Latuppa



**Gambar 11.** Simulasi stabilitas tegangan dengan integrasi PLTB Jeneponto dan Sidrap setelah gangguan dan *load shedding* di Palopo, Makale dan Latuppa

Gambar 11 menunjukkan perbaikan tegangan setelah *load shedding* di bus Makale, Palopo dan Latuppa. Tegangan di bus Makale, Palopo dan

Latuppa mampu pulih ke atas batas stabilitas, namun skema *load shedding* ini menyebabkan masalah lain, yaitu kondisi tegangan sementara. Pada bus Poso yang tegangannya pada  $t = 0.6$  menjadi 1.4 p.u kemudian turun menjadi 1.1 p.u pada  $t = 5.6$  detik.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan di sistem tenaga interkoneksi Sulawesi Selatan mengingat integrasi pembangkit tenaga angin di daerah Sidrap dan Jeneponto. Studi ini pertama menilai penurunan tegangan sebelum dan sesudah integrasi PLTB. Ini menunjukkan bahwa dengan integrasi PLTB, saat terjadi gangguan antara bus Tello dan Palopo, tegangan di bus Makale, Palopo dan Latuppa ambruk. Setelah beberapa kali simulasi, ditemukan bahwa *load shedding* di bus Makale, Palopo dan Latuppa paling optimal sehingga kondisi stabilitas tegangan dapat kembali ke kondisi normal walaupun profil tegangan sementara terjadi di Bus Poso.

## Referensi

- [1] Kementerian ESDM Republik Indonesia, "PLTB Sidrap 70 MW Siap Dibangun," Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), 2016.
- [2] Situs Resmi Kabupaten Jeneponto, "Rapat Koordinasi Pembangunan Energi Terbarukan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)," Jeneponto, 2015.
- [3] Ardiaty Arief, M. Bachtiar N, Z. Y. Dong and M. Arief, "Under Voltage Load Shedding Incorporating Bus Participation Factor," IPEC 2010.
- [4] Z. Y. Dong, "Power System Dynamics and Stability, reference note For ME course on Power System Dynamics and Stability," UQ Publisher, 2007.
- [5] Z. Y. Dong and P. Zhang, "Emerging Techniques in Power System Analysis", Springer, 2009.
- [6] M. Klaric, I. Kuzle, and S. Tesnjak, "Example of Under Voltage Load Shedding Implementation," in IEEE AFRICON Conference, Windhoek, Namibia, 26-28 September, 2007, pp. 1-6.
- [7] P. Kundur, "Power System Stability and Control," New York: McGraw-Hill, 1994.
- [8] Y. Mansour and C.Canizares, "Voltage Stability," in Power System Stability and Control, L. L. Grigsby, Ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2007.
- [9] Agus R. Utomo and Dielita A. Malau, "Analisis Under Voltage load shedding Berdasarkan Nilai Sensitivitas Bus dan Daya Reaktif pada PT. PLN (Persero) APB DKI Jakarta & Banten," Universitas Indonesia, Depok, 2014.
- [10] H. G. Sarmiento, R. Castellanos, G. Pampin, G. Villa, and M. Mirabal, "Revisiting Undervoltage Load Shedding Schemes: A step by step approach," in Proc. IEEE/PES



- Transmission and Distribution Conference and Exposition*, Chicago, USA, 21-24 April, 2008
- [11] C. W Taylor, "Concepts of Undervoltage Load Shedding for Voltage Stability," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 7, pp. 480-488, 1992.
- [12] Ardiaty Arief, M. Bachtiar Nappu, Marcus Gallagher, and Z. Y. Dong, "Under Voltage Load Shedding Utilizing Trajectory Sensitivity to Enhance Voltage Stability," in *IEEE Power Engineering Conference (AUPEC), 21<sup>st</sup> Australasian Universities, Brisbane, QLD, Australia*, 2011.
- [13] Ardiaty Arief, Z. Y. Dong, M. Bachtiar Nappu and M. Gallagher. "Under Voltage Load Shedding in Power System with Wind Turbine-driven Doubly Fed Induction Generators," *Electrical Power Systems Research*, vol. 96, pp. 91-100, 3// 2013.
- [14] M. Klaric, I. Kuzle, and S. Tesnjak, "Under Voltage Load Shedding using Global Voltage Collapse Index," in *IEEE PES Power Systems Conference and Exposition*, New York, USA, 10-13 October, 2004, pp. 453-459, vol. 1.
- [15] C. M. Affonso, L. C. P. da Silva, F. G. M. Lima, and S. Soares, "MW and MVar Management on Supply and Demand Side for Meeting Voltage Stability Margin Criteria," *IEEE Transactions on Power System*, vol. 19, pp. 1538-1545, 2004
- [16] R. Balanathan, N. C. Pahalawaththa, U. D Annakkage, and P. W. Sharp, "Undervoltage Load Shedding to Avoid Voltage Instability," *IEE Proceedings Generation, Transmission and distribution*, vol. 145, pp. 175-181, 1998.
- [17] R. Balanathan, N. C. Pahalawaththa, and U. D Annakkage, "A Strategy for Undervoltage Load Shedding in Power System," in *Proceedings International conference on Power System Technology, POWERCON Beijing, China*, 18-21 August, 1998, pp. 1494-1498 vol. 2.
- [18] T. Amraee, A.M. Ranjibar, B. Mozafari, and N. Sadati, "An Enhanced Under-Voltage load Shedding Scheme to Provide Voltage Stability," *Electric power Systems Research*, vol. 77, pp. 1038-1046, 2007.
- [19] C. Moors, D. Lefebvre, and T. Van Cutsem, "Design of Load Shedding Schemes Against Voltage Instability," in *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, Singapore, 23-27 January, 2000, pp. 1495-1500, vol. 2.
- [20] P. Kundur, Paserba, Jhon., dkk. "Definition and Classification of Power System Stability IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, pp. 1387-1401, 2004.
- [21] E. Dedy Brian. "Analisis Kestabilan Tegangan Pada Sistem Kelistrikan Subsistem Tanjungjati," Universitas Diponegoro, Semarang, 2016
- [22] Tim Penyusun PLN. "Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali," PT. PLN (Persero), Jakarta, 2013.
- [23] Tim ESDM. "Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sulawesi," PT. PLN (Persero) UPB Sulselrabar, Makassar, 2015.
- [24] C. Moors, D. Lefebvre, and T. Van Cutsem, "Design of Load Shedding Schemes Against Voltage Instability," in *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, Singapore, 23-27 January, 2000, pp. 1495-1500, vol. 2.
- [25] D. Lefebvre, S. Bernard, and T. Van Cutsem, "Undervoltage Load Shedding Scheme for the Hydro-Quebec System," in *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Denver, Colorado, USA, 6-10 June, 2004, pp. 1619-1624 Vol.2.
- [26] M. Begovic, D. Fulton, M. R. Gonzalez, J. Goossens, E. A. Guro, R. W. Haas, C. F. Henville, G. Manchur, G. L. Michel, R. C. Pastore, J. Postforoosh, G. L. Schmitt, J. B. Williams, K. Zimmerman, and A. A. Burzese, "Summary of "System Protection and Voltage Stability"," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 10, pp. 631-638, 1995.
- [27] C. J. Mozina, "Undervoltage Load Shedding," in 60th Annual Conference for Protective Relay Engineers Texas, USA, 27-29 March, 2007, pp. 16-34.
- [28] E. Vittal, M. O'Malley, and A. Keane, "A Steady-State Voltage Stability Analysis of Power Systems With High Penetrations of Wind," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, pp. 433-442, 2010.
- [29] H. Nian, Y. Song, P. Zhou, and Y. He, "Improved Direct Power Control of a Wind Turbine Driven Doubly Fed Induction Generator During Transient Grid Voltage Unbalance," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 26, pp. 976-986, 2011.
- [30] B. A. Chen, T. K. Lu, Y. Y. Hsu, W. L. Chen, and Z. C. Lee, "An Analytical Approach to Maximum Power Tracking and Loss Minimization of a Doubly Fed Induction Generator Considering Core Loss," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 27, pp. 449-456, 2012.
- [31] H. Xu, J. Hu, and Y. He, "Operation of Wind-Turbine-Driven DFIG Systems Under Distorted Grid Voltage Conditions: Analysis and Experimental Validations," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, pp. 2354-2366, 2012.
- [32] C. H. Liu and Y. Y. Hsu, "Effect of Rotor Excitation Voltage on Steady-State Stability and Maximum Output Power of a Doubly Fed Induction Generator," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, pp. 1096-1109, 2011.
- [33] C. Chompooinwai, C. Yingvivananpong, K. Methaprayoon, and W. J. Lee, "Reactive Compensation Techniques to Improve the Ride-Through Capability of Wind Turbine During Disturbance," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 41, pp. 666-672, 2005.
- [34] F. Milano, *Power System Analysis Toolbox*, 2005.
- [35] *Bagian Operasi Sistem, Single Line Diagram Sistem Sulselbar, PT. PLN (Persero) SULSEL, SULTRA & SULBAR Unit Pengaturan Beban Sulserabar. Makassar*, 2016.



# Desain dan Analisis *Inverter* Tiga Fasa untuk Aplikasi Sistem PLTS Terhubung Grid PLN sebagai Referensi

Muhammad Yasin\*<sup>1</sup>, Faizal Arya Samman<sup>1</sup>, Rhiza S. Sadjad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10, Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan 90245

\*Email: ysn\_sw77@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.10

## Abstrak

Paper ini memperlihatkan hasil simulasi dan analisis *inverter* tiga-fasa yang akan digunakan pada sistem pembangkitan listrik tenaga surya, yang berfungsi mengubah sumber arus searah dari panel surya menjadi arus bolak-balik. Dalam simulasi, *inverter* dimodelkan dan didesain dengan menggunakan tegangan referensi dari jala-jala PLN sebagai acuan untuk membangkitkan sinyal kendali PWM (*Pulse Width Modulation*). Sinyal PWM ini dikirimkan ke pintu gate dari komponen saklar transistor daya, yang dalam hal ini digunakan IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*). Pengaturan irama penyaklaran akan mengubah sumber tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Dengan menggunakan filter pasif LC, maka sinyal keluaran dari *inverter* dapat diubah menjadi gelombang sinusoidal berfrekuensi 50Hz sebagaimana diharapkan. *Output* sinyal *inverter* terhadap PLN memiliki perbedaan fasa sehingga disimulasikan sebuah mekanisme yang dapat mendeteksi beda fasa dan mengatur delay pwm sehingga *output inverter* dan sefasa dengan PLN. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan fasa dan beda fasa dari keluaran *inverter* dapat diatur sesuai dengan tegangan pada fasa grid PLN.

## Abstract

**Design and Analysis of 3-Phase Inverter for PLN Grid Connected Solar Power Generation System Application as Reference.** This paper shows the results of simulations and analysis of three-phase *inverters* to be used in solar power generation systems, which function to convert the direct current source from the solar panel into alternating current. In the simulation, the *inverter* is modeled and designed using the reference voltage of the PLN mesh as a reference to generate the PWM (*Pulse Width Modulation*) control signal. This PWM signal is sent to the gate door of the switch component of the power transistor, which in this case is used IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*). The switching cadence setting changes the DC Current (*Direct Current*) source to AC voltage (*Alternating Current*). By using LC passive filter, the *output* signal from the *inverter* can be converted into 50Hz frequency sinusoidal wave as expected. The *output* of the *inverter* signal to the PLN has a phase difference so that it is simulated a mechanism that can detect the phase difference and adjust the pwm delay so that the *inverter* and in phase *output* with PLN. The results of the analysis show that the phase and phase voltages of the *inverter output* can be adjusted according to the voltage on the PLN grid phase.

**Kata Kunci :** Grid PLN, IGBT, *inverter* 3 fasa, PWM

## 1. Pendahuluan

Saat ini sumber energi yang paling banyak digunakan di dunia adalah energi fosil yang berupa bahan bakar minyak. Energi fosil adalah energi yang tak terbarukan dan akan habis pada beberapa tahun yang akan datang [1]. Energi alternatif merupakan solusi untuk mengganti kebutuhan akan energi fosil. Misalnya panas bumi, biomassa, sinar matahari, nuklir, dan sebagainya.

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat berpotensi menghasilkan *overloads* jaringan

distribusi yang menciptakan masalah seperti pemadaman, ketidakstabilan grid, penurunan kualitas daya, keamanan daya dan sebagainya. Untuk menyeimbangkan kebutuhan energi, maka diperlukan pembangkit daya baru dan terbarukan seperti *Photovoltaic* (PV), Angin, dan Biomassa [2].

Piranti-piranti yang menghasilkan energi baru dan terbarukan misalnya saja sel surya menghasilkan tegangan dalam bentuk DC. Sehingga dibutuhkan sebuah *inverter* tegangan



arus DC ke AC agar dapat di gunakan oleh peralatan listrik rumah tangga [3].

Untuk menyalurkan daya keluaran *inverter* yang bersumber dari PLTS dengan jaringan listrik dibutuhkan proses sinkronisasi dengan cara mengontrol kerja *inverter* sedemikian rupa sehingga diperoleh tegangan, amplitudo sesaat, fase dan frekuensi yang sesuai dengan jaringan listrik. Pengaturan sistem sinkronisasi dan pembentuk gelombang keluaran dilakukan dengan tegangan jaringan sebagai acuan.

Bila tegangan jaringan turun, maka tegangan *inverter* juga harus mengikuti, begitu sebaliknya. Demikian pula bila frekuensi jaringan listrik naik atau turun, maka frekuensi keluaran *inverter* juga harus dapat mengikutinya.

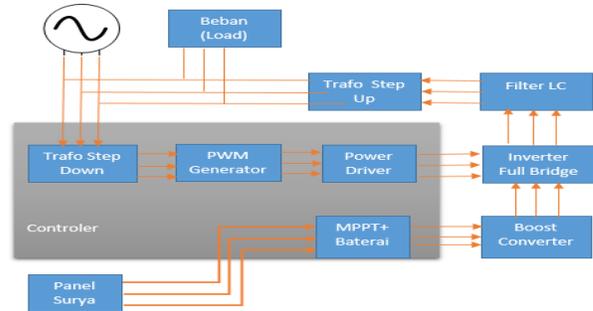
## 2. Deskripsi Permasalahan

Dalam tahap interkoneksi, masalah yang dihadapi adalah harmonisa keluaran *inverter* dan sinkronisasi fasa frekuensi tegangan keluaran *inverter* dan grid. Bila karakteristik daya listrik yang dihasilkan *inverter* tidak sinkron, dimungkinkan pengoperasian paralel akan mengakibatkan ketidakstabilan dan bahkan kegagalan pada jaringan distribusi. Sedangkan harmonisa atau masalah ketidakmurnian isyarat tegangan pada keluaran *inverter* akan berpengaruh kondisi ketahanan peralatan/perangkat listrik lainnya.

Paper ini akan memberikan suatu mekanisme sinkronisasi koneksi tegangan keluaran *inverter* dengan tegangan pada jaringan listrik PLN, dengan *Total Harmonik Distortion* (THD) yang sangat rendah. Sehingga didapatkan desain *inverter on grid* 3 fasa yang mampu mengubah arus DC menjadi arus AC kemudian menyalurkannya ke jaringan listrik utilitas (PLN).

Sebelumnya dilakukan simulasi model DC-AC *converter* untuk menemukan nilai komponen yang akan di gunakan pada modul *inverter*.

## 3. Hasil Perancangan



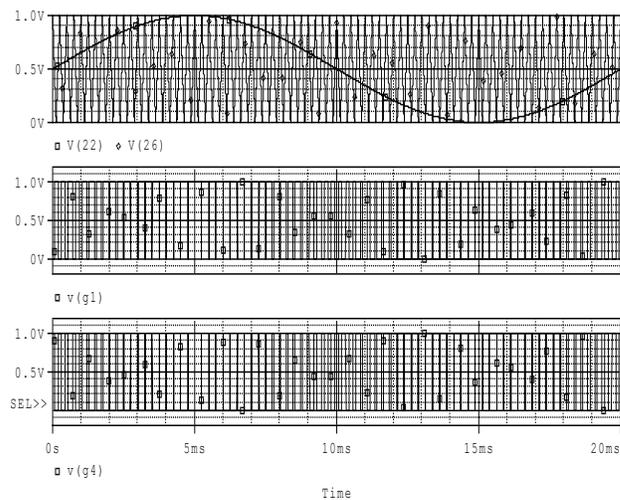
Gambar 1. Rancangan panel surya terhubung grid

### 3.1. Rangkaian *Inverter* tiga fasa dengan Pspice

Pada rangkaian *inverter* tiga fasa tanpa filter digunakan parameter-parameter seperti terlihat dalam Tabel berikut :

Tabel 1. Parameter Simulasi

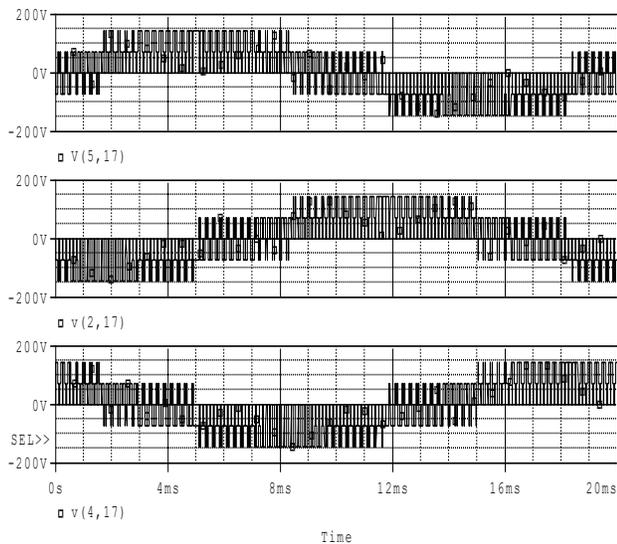
Nama Parameter	Status
V input	220 volt DC
V jala-jala (grid)	380 volt AC
Ra, Rb, Rc (beban Rload)	50 ohm
La, Lb, Lc (beban Lload)	5 mH
Switch	IGBT



Gambar 2. Sinyal PWM yang dibangkitkan untuk gate 1 - 4

Gambar 2 merupakan hasil simulasi dari rangkaian *inverter* tanpa filter dimana gambar plot pada baris pertama menggambarkan input sinusoidal dari jala-jala PLN tiga fasa. Gambar plot pada baris kedua menggambarkan hasil keluaran dari *inverter* tanpa filter untuk fasa A. Gambar plot baris ketiga untuk fasa B dan untuk yang ke empat merupakan fasa C dari *output inverter*. Hasil simulasi memperlihatkan *output* keluaran mengikuti fasa input dari PLN tiap fase keluaran dari *inverter*.

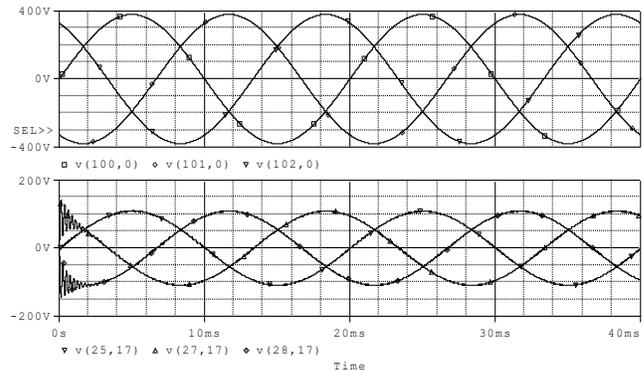
Hasil simulasi dari rangkaian *inverter* dengan menggunakan filter dapat dilihat pada Gambar 4. Dalam simulasi digunakan filter LC dengan nilai komponen L sebesar 5mH dan nilai C adalah 1 uF untuk masing-masing beban yang terhubung setiap fase ke *ground*. Hasil simulasi memperlihatkan pergeseran fasa sesuai dengan referensi input dari jala-jala PLN tetapi terdapat beberapa ketidak stabilan pada tegangan dengan penurunan tegangan input dari 50 volt tegangan input DC menjadi kurang lebih 30 volt tegangan *output* AC pada keluaran inveter yang telah di beri filter LC.



Gambar 3. Sinyal *output inverter* tanpa filter untuk fasa R, S dan T

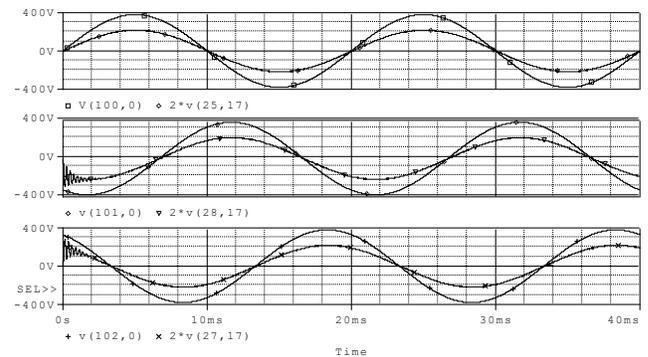
Filter yang digunakan adalah filter jenis LC. Komponen L ditambahkan pada tiap-tiap terminal fasa keluaran untuk mengoreksi nilai induktif pada beban RL yang sudah terpasang sebelumnya. Komponen kapasitor digunakan

untuk memfilter riak yang dihasilkan dari tegangan keluaran.



Gambar 4. Sinyal *output inverter* dengan filter untuk fasa R, S dan T

Gambar 4 memperlihatkan hasil simulasi rangkaian dengan menggunakan filter LC. Gambar baris atas memperlihatkan tegangan untuk setiap 3 fasa dari jala-jala (grid). Pada bagian bawah, terlihat tegangan keluaran *inverter* untuk masing-masing ketiga fasanya. Pada saat awal, nampak terlihat kondisi peralihan tegangan keluaran yang berlangsung kira-kira 2 millidetik.



Gambar 5. Perbandingan sinyal PLN dengan *output inverter*

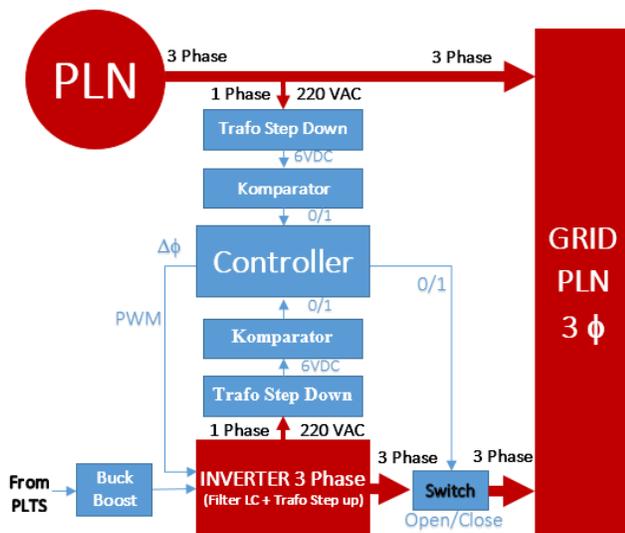
Gambar 5 memperlihatkan grafik perbandingan langsung antara tegangan jala-jala dengan keluaran *inverter* untuk setiap fasanya. Nampak terlihat bahwa tegangan keluaran *inverter* mengalami degradasi sehingga keluarannya hanya berkisar lebih besar sedikit dari 100V. Grafik keluaran *inverter* pada Gambar 9 diperbesar dua kali untuk melihat lebih jelas perbedaan fasa antara kedua tegangan tadi. Keluaran *inverter* dapat diperbesar dengan menggunakan misalnya trafo penaik tegangan.

### 3.2. Mekanisme Sinkronisasi *Inverter* Terhadap Grid PLN

Proses perancangan mekanisme interkoneksi tidak menitikberatkan pada teori matematis tetapi lebih ke arah perancangan sistem digital agar dapat diterapkan langsung ke *device* FPGA.

Adapun rancangan mekanisme untuk sinkronisasi adalah sebagai berikut :

- a. Proses Sampling : salah satu fasa dari tegangan Listrik PLN (misal fasa R) akan diturunkan oleh trafo *step down* dari 220 VAC menjadi 6 VAC. Begitu juga pada salah satu fasa dari tegangan *inverter* (misal fasa R) akan diturunkan juga oleh trafo *Step down* dari 220 VAC menjadi 6 VAC. Tegangan *output* trafo *step down* 6VAC akan dibandingkan terhadap titik nol oleh komparator jika tegangan sesaat lebih besar nol maka komparator berlogika *High* dan jika nilai tegangan sesaat lebih kecil atau sama dengan nol maka komparator berlogika *Low*.



Gambar 6. Mekanisme sinkronisasi interkoneksi *inverter* dengan grid PLN

- b. Proses Deteksi Beda Fasa : Logika tegangan dari komparator di sisi PLN dan komparator di sisi *Inverter* akan menjadi input oleh *controller* dan diolah sehingga mengeluarkan *output* berupa nilai beda fasa antara sinyal *output Inverter* dengan sinyal PLN. Nilai beda fasa dapat diperoleh dengan menghitung rentang waktu dimulai saat sinyal PLN terbaca dari nilai dibawah nol ke nilai di atas nol dan

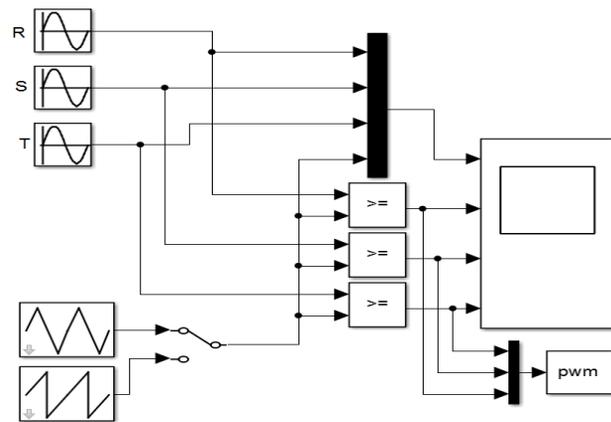
diakhiri saat sinyal *output inverter* terbaca dari nilai dibawah nol ke nilai di atas nol. Rentang waktu tersebut akan dibagi dengan periode 20 ms (Frekuensi 50 Hz) dan hasilnya akan dikalikan dengan 360°. jika didapatkan sudut lebih besar dari 180° maka nilai sudut tersebut akan dikonversi ke sudut di bawah 180° dengan arah pergeseran *lagging* ke *leading*.

- c. Proses *Switching* dan Sinkronisasi : Nilai beda fasa yang didapatkan oleh *controller* akan menentukan waktu delay pada PWM yang akan mengatur proses *switching* pada IGBT yang ada pada *inverter* tiga fasa. Sinyal hasil *switching* oleh IGBT akan difilter oleh filter LC sehingga didapatkan sinyal sinusoidal. Proses delay pada PWM berfungsi sebagai sinkronisasi fasa *inverter* terhadap PLN. Jika telah terjadi sinkronisasi dimana nilai beda fasa yang didapatkan masih berada dalam batas toleransi maka *controller* akan menutup *switch* sehingga sinyal *output inverter* tiga fasa dapat terkoneksi dengan Grid PLN. Jika belum sinkron maka *controller* akan membuka *Switch*

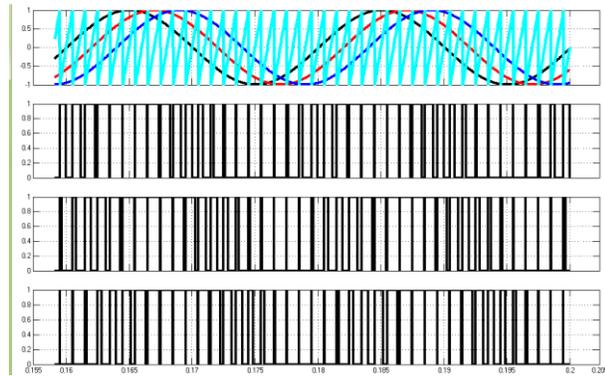
### 4. Hasil Simulasi

#### 4.1. Pengujian Data Sampling Pembuatan Sinyal PWM

Sinyal PWM satu periode setara dengan frekuensi PLN 50 HZ atau  $T = 20$  ms dibuat dengan membandingkan sinyal sinusoidal terhadap sinyal segitiga.

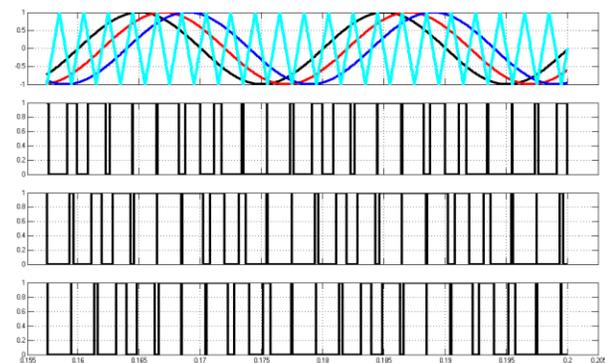


Gambar 7. Simulasi deteksi beda fasa sinyal *inverter* dengan grid PLN



Gambar 8. Sinyal output PWM menggunakan sawtooth

Dari Gambar 7 digunakan blok “to workspace” yang berfungsi untuk mengirim sinyal hasil simulasi PWM ke *command window*. Data PWM hasil simulasi sesuai Gambar 8 atau Gambar 9 dengan ukuran data sebesar 2331 x 3 yang artinya ada tiga sinyal PWM yakni untuk fasa R, S dan T dengan masing-masing sinyal berjumlah 2331 data.



Gambar 9. Sinyal output PWM menggunakan triangle

#### 4.2. Pengujian Data Kuantisasi PWM dengan Data Biner 8 bit

Tabel 2. Hasil pengujian data PWM yang telah dikuantisasi menggunakan Counter Triangle

Counter Triangle	PWM Signal			Decoder	Sudut Fasa
	G1	G3	G5		
0	0	1	1	3	0.00
1	0	1	1	3	1.41
2	0	1	1	3	2.82
3	0	1	1	3	4.24
4	0	1	1	3	5.65
5	0	1	1	3	7.06
6	0	1	1	3	8.47
7	0	1	0	2	9.88
8	0	1	0	2	11.29

Counter Triangle	PWM Signal			Decoder	Sudut Fasa
	G1	G3	G5		
9	0	1	0	2	12.71
10	0	1	0	2	14.12
11	0	1	0	2	15.53
12	0	1	0	2	16.94
13	0	1	0	2	18.35
14	0	1	0	2	19.76
15	0	1	0	2	21.18
16	0	1	0	2	22.59
17	0	1	0	2	24.00
18	1	1	0	6	25.41
19	1	1	0	6	26.82
20	1	1	0	6	28.24

Untuk menyederhanakan jumlah data PWM yang telah diuji pada tahap sebelumnya, maka data tersebut dikompres dengan metode interpolasi cubic menggunakan perintah Interpl seperti :

```
"pwmr=interpl(tout',double(pwm(:,1))',t','cubic');"
```

Dimana tout adalah jumlah data untuk waktu simulasi dan t adalah waktu pwm yang telah dikompres menjadi 256 data dengan menggunakan perintah

```
"t = linspace(0,0.02,256);"
```

Tabel 3. Hasil pengujian data PWM yang telah dikuantisasi menggunakan Counter Sawtooth

Counter Sawtooth	PWM Signal			Decoder	Sudut Fasa
	G1	G3	G5		
0	1	1	0	6	0.00
1	1	1	0	6	1.41
2	1	1	0	6	2.82
3	1	1	0	6	4.24
4	1	1	0	6	5.65
5	1	1	0	6	7.06
6	1	1	0	6	8.47
7	1	1	1	7	9.88
8	1	1	1	7	11.29
9	1	1	1	7	12.71
10	1	0	0	4	14.12
11	1	0	0	4	15.53
12	1	0	0	4	16.94
13	1	0	0	4	18.35
14	1	0	0	4	19.76
15	1	0	0	4	21.18
16	1	1	0	6	22.59
17	0	1	0	2	24.00
18	0	1	0	2	25.41
19	0	1	0	2	26.82
20	0	1	0	2	28.24

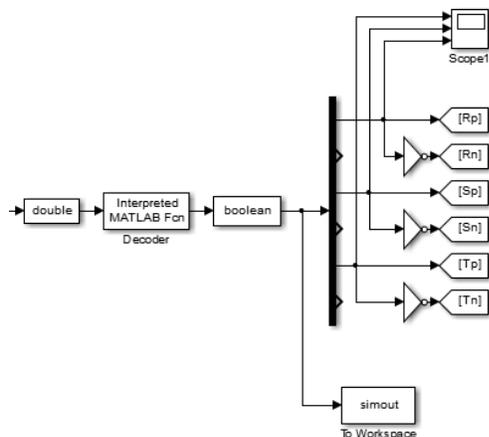


Dengan memilih jumlah data PWM sebanyak 256 data maka dibutuhkan delapan buah flip-flop ( $256 = 2^8$ ) agar dapat mencacah dari 0 hingga 255 hitungan. Pencacahan *counter* dari 0 hingga 255 hitungan akan setara dengan sebuah sinyal sinusoidal dengan fasa R dari  $0^0$  hingga  $360^0$ . Fasa R, S dan T akan berbeda  $120^0$  atau setara dengan 85 cacahan.

4.3. Pengujian Pembuatan PWM Generator Berbasis FPGA

Dengan mengacu pada Tabel 2 dan 3 yang ada pada tahap sebelumnya maka dapat dilihat bahwa sinyal PWM untuk fasa R, S dan T bergeser 85 cacahan atau setara dengan  $120^0$ . Jika nilai biner dari sinyal PWM untuk fasa R, S dan T dikonversi menjadi nilai cacahan, maka akan didapatkan urutan nilai cacahan tiga bit yang tidak berurutan yang terdiri atas nilai nol hingga tujuh.

Nilai cacahan tiga bit yang tidak berurutan sebanyak 256 kali dapat dibuat dengan membuat *decoder* 8 to 3 dengan kombinasi tabel kebenaran dapat dilihat kembali pada Tabel 2 proses pembuatan *decoder* dapat melalui proses penyederhanaan K-map (Karnough map) sehingga didapatkan persamaan aljabar boolean untuk nilai R, S dan T kemudian dapat dirangkai kombinasi gerbang-gerbang logika. Jika *decoder* ini diterapkan pada FPGA maka proses pembuatan *decoder* dapat diganti dengan instruksi penyeleksian seperti yang dapat dilihat pada lampiran “Listing Program Matlab : *decoder* 8 to 3 m”.

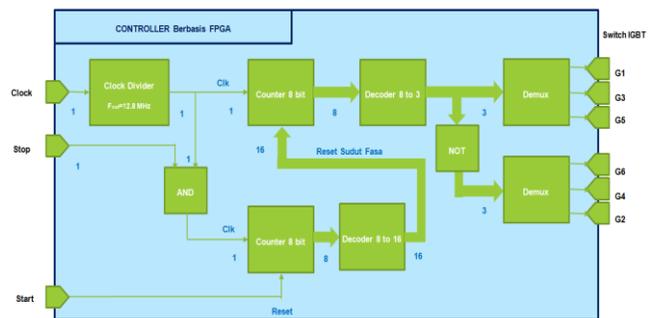


Gambar 10. Pembuatan diagram blok simulink untuk *decoder* PWM

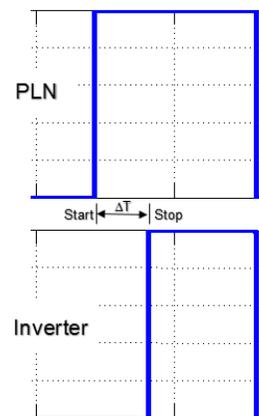
4.4. Pengembangan Controller pada Mekanisme Sinkronisasi *Inverter* terhadap Grid PLN

Nilai *clock* pada *Controller* FPGA akan disesuaikan oleh sub sistem *Clock Divider* sehingga frekuensi *clock* yang masuk ke *counter* akan bernilai 12.8 MHz. *Counter* 8 bit, *Decoder* 8 to 3 dan Demux (demultiplexer) akan membentuk sebuah sub sistem “PWM generator” yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal *switching* pada enam buah komponen IGBT.

*Counter* 8 bit dan *Decoder* 8 to 16 akan membentuk sebuah Sub sistem “Phase Detector” dimana sinyal Start sebagai pengatur reset *counter* akan didapatkan dari *output* Komparator dari sinyal Grid PLN. Sedangkan sinyal Stop sebagai pengatur pintu masuk sinyal *clock* pada *counter* akan didapatkan dari *output* komparator dari sinyal *Inverter*. Masing-masing sinyal dari grid PLN maupun dari *inverter* akan diturunkan terlebih dahulu oleh trafo *step down* sebelum masuk ke komparator.



Gambar 11. Rancangan controller untuk sinkronisasi inverter terhadap grid PLN



Gambar 12. Perhitungan waktu beda fasa antara PLN dengan *inverter*

Sub sistem PWM generator berupa *clock*, *Counter* 8 bit dan *Decoder* 8 to 3 telah berhasil disimulasikan pada laporan penelitian ini. Untuk sub sistem *Phase Detector* berupa *Counter* 8 bit dan *Decoder* 8 to 16 masih berupa rancangan yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Nilai  $\Delta T$  yang didapatkan dari hitungan *Counter* 8 bit dapat diketahui nilai beda fasanya dengan melihat Tabel 2 dan 3 pada tahap pengujian sebelumnya. Nilai *counter* hasil perhitungan tersebut akan diubah oleh *decoder* 8 to 16 menjadi sinyal bit Set delapan bit dan sinyal bit Reset delapan bit. Kombinasi sinyal bit Set dan Reset untuk masing-masing flip-flop yang ada di PWM *generator*.

## 5. Kesimpulan

Mekanisme sinkronisasi koneksi tegangan keluaran *inverter* dengan tegangan pada jaringan

listrik PLN telah dirancang dan sebagian telah diuji coba menggunakan matlab simulink dengan hasil pengujian bahwa sinyal R-S, sinyal S-T dan sinyal T-R telah bergeser dengan nilai beda fasa masing-masing  $120^0$  atau 85 hitungan pada kecepatan *clock* 12.8 MHz.

## Referensi

- [1] Tim Contained Energy Indonesia, "Buku Panduan Energi yang Terbarukan". Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat, 2013.
- [2] Teodorescu, R., Liserre, M., & Rodrigues, P., "Grid Converters for Photovoltaic and Power Systems". ISBN: 978-0470-050751-3, 2011.
- [3] Samman, F. A., Sadjad, R. S., & Yasin, M., "Simulasi dan Analisis *Inverter* 3-Fasa dengan Sumber Referensi Tegangan pada Jala-jala PLN". Makassar: ISBN : 987-979-18011-1-9, 2015.



# Perubahan Pola Permukiman Akibat Akulturasi di Kampung Kuper Kabupaten Merauke

Yosi Valentina Simorangkir\*<sup>1</sup>, Triyatni Martosenjoyo<sup>1</sup>, Mimi Arifin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: yosisimorangkir90@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.11

## Abstrak

Akulturasi yang terjadi pada Kampung Kuper Distrik Semangga diawali dengan hadirnya atau masuknya migran, dimana kebudayaan mereka sebagai pendatang mempengaruhi kebudayaan masyarakat marind sebagai penduduk lokal, yang berdampak pada perubahan pola permukiman. Penelitian ini bertujuan mengungkapkan proses yang mempengaruhi perubahan pola permukiman masyarakat Marind pada Kampung Kuper Distrik Semangga, Kabupaten Merauke sebagai Fenomena Akulturasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, dengan melakukan observasi langsung pada lokasi penelitian dan wawancara mendalam kepada beberapa responden. Sumber data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Hasil penelitian menunjukkan perubahan pola permukiman pada kampung kuper terjadi akibat akulturasi. Kebiasaan masyarakat lokal yang hidup berpindah-pindah (nomaden) dengan mata pencaharian berburu dan mencari ikan di sungai berubah menetap dan mengikuti kebiasaan masyarakat pendatang yang bermata pencaharian sebagai petani. Dampak pada perubahan pola permukiman yang tadinya berpola linier (memanjang sungai) kemudian sejajar dan berubah menjadi menyebar.

## Abstract

**Settlement Pattern Changes due to Acculturation at Kuper Village, Merauke District.** The acculturation occurring at Kuper Village, Semangga District begins with the migran' presence or entrance, in which their cultures as the local inhabitants having the impact on the settlement pattern changes. The research aimed at revealing the process which affected the settlement pattern changes of Marind community at Kuper Village of Semangga District, Merauke Regency, as the acculturation phenomenon. The research used the qualitative approach by conducting the direct observation in the research location, and carrying out the in-depth interview, in which the respondents were the community who understood and knew the development history of Kuper Village it self. The data used were the primary and secondary data. The research result indicates that the settlement pattern changes at Kuper village occur in the acculturation of the local community's habit which was used to have mobile life (nomad) with the life style of hunting and searching fish in the river. This life style changes to dwell permanently and follow the habit of the migrant community who earns their living as farmers. This affects the settlement pattern change which used to be elongated, parallel, and finally to change into the spreading pattern.

**Kata Kunci:** Akulturasi, perubahan, pola permukiman

## 1. Pendahuluan

Percampuran dua budaya dalam suatu masyarakat merupakan fenomena yang sering terjadi dalam suatu masyarakat. Akulturasi merupakan suatu proses perubahan yang dialami oleh individu sebagai hasil dari terjadinya kontak dengan budaya lain, dan sebagai hasil dari keikutsertaan dalam proses akulturasi yang sedang dijalani oleh budaya atau kelompok etnisnya. Perubahan yang terjadi pada tingkat ini terlihat

pada identitas, nilai-nilai, dan perilaku, baik pada tingkat kultural maupun psikologis [1].

Akulturasi sangat dipengaruhi oleh Kebudayaan. Kebudayaan lahir dan berkembang seiring dengan perkembangan zaman manusia. Wujud kebudayaan dibedakan menjadi tiga yaitu : 1. Wujud kebudayaan sebagai suatu kompleks dari ide-ide gagasan, nilai-nilai, norma-norma dan sebagainya, 2. Wujud kebudayaan suatu kompleks aktivitas serta tindakan berpola dari manusia dalam masyarakat, 3. Wujud kebudayaan sebagai benda-benda hasil karya [2].



Pada permukiman terdapat beberapa tipe pola permukiman, yaitu pola permukiman tersebar dan berjauhan, berkumpul dan tersusun memanjang mengikuti jalan, berkumpul dan menggerombol, berkumpul dan tersusun melingkar mengikuti jalan [3]. Disisi lain Pola suatu lingkungan permukiman memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan kekuatan non fisik yang tumbuh pada masyarakat berupa sistem sosial budaya, pemerintahan, tingkat pendidikan, serta teknologi terapan yang kesemuanya akan membawa perubahan pada ungkapan fisik lingkungan [4]. Fenomena diatas dalam pengamatan sepintas nampak terjadi di kampung Kuper yaitu pada perubahan pola permukiman masyarakat Marind tersebut.

Fenomena yang terjadi pada Kamung Kuper Distrik Semangga menunjukkan adanya akulturasi yang diawali dengan hadirnya atau datangnya migran, dimana kebudayaan mereka sebagai pendatang mempengaruhi kebudayaan masyarakat marind sebagai penduduk asli. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Perbedaan pola pemukiman masyarakat Marind sebelum dan setelah datangnya migran, Faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya akulturasi yang berdampak pada perubahan pola permukiman. Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas maka tujuan penelitian ini yaitu: Mengungkapkan perbedaan pola permukiman masyarakat Marind sebelum dan setelah kedatangan migran serta mengungkapkan faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya akulturasi yang berdampak pada perubahan pola permukiman.

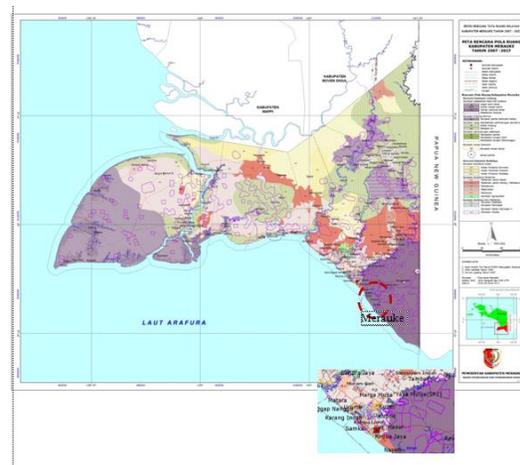
## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami subjek penelitian, kemudian menggunakan prosedur analisis yang tidak menggunakan prosedur analisis statistik atau cara kuantifikasi lainnya, melainkan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa, pada suatu konteks khusus yang alamiah [5]. Hal

yang dideskripsikan pada penelitian ini adalah mengenai perubahan pola permukiman yang disebabkan adanya fenomena akulturasi.

Metode deskriptif adalah suatu metode dalam pencarian fakta-fakta dengan intrepetasi yang tepat, dengan mempelajari masalah dalam masyarakat dalam situasi atau masa tertentu termasuk dengan hubungan, sikap dan proses yang sedang berlangsung dan pengaruhnya terhadap suatu fenomena. Tujuan penelitian deskripsi adalah untuk membuat sebuah deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki [6]. Peneliti merupakan instrumen kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif [7].

### 2.1. Lokasi Penelitian



**Gambar 1. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini mengambil lokus di Kampung Kuper distrik Semangga Kabupaten Merauke . Karena merupakan kampung lokal yang mengalami perubahan pola permukiman akibat fenomena akulturasi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2017.

### 2.2 Sumber Data

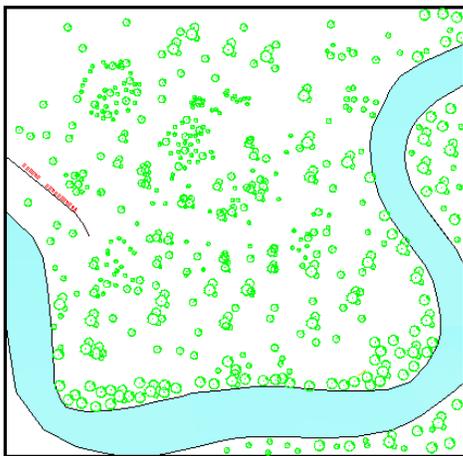
Sumber data didapatkan dari informan, terdiri dari kepala kampung, ketua adat dan tokoh masyarakat kampung kuper. Informan kunci dalam penelitian ini yaitu mantan ketua adat



kampung kuper Kasimirus Gebze. Informan kunci dipilih karena beliau tokoh masyarakat paham tentang sejarah kampung.

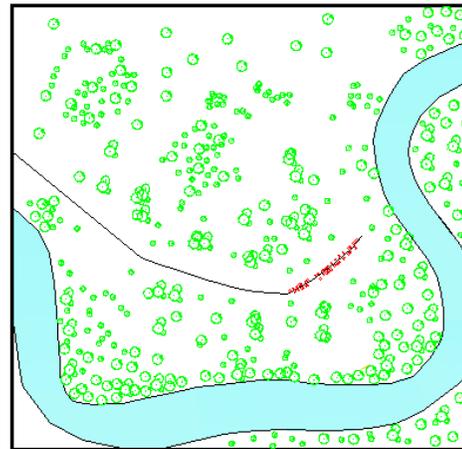
### 3. Hasil dan Pembahasan

Kampung Kuper merupakan kampung yang sudah ada dan berdiri sendiri sejak jaman penjajahan belanda, kata Kuper sendiri mempunyai arti urat tanah atau disebut yano palle dalam bahasa setempat. Moyang kampung Kuper berawal dan bertempat tinggal di Sidomulyo, mereka mencari makan dengan cara berburu dan mencari ikan disungai. Bangunan didirikan memanjang mengikuti sungai dengan orientasi bangunan mempertimbangkan arah angin.



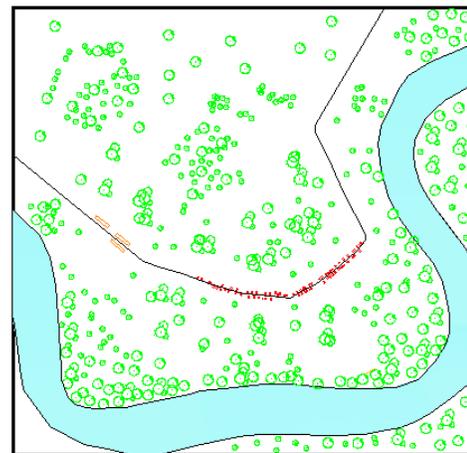
**Gambar 2. Awal Mula Kampung Kuper Sebelum Tahun 1950 Pada Kampung Sidomulyo**

Masyarakat kampung Kuper pada saat itu mempunyai pola hidup yang berpindah-pindah (nomaden), sehingga bila sumber makanan mulai menipis atau berkurang mereka akan berpindah ketempat yang tersedia cukup sumber makanan. Pada saat itu mereka berpindah tempat pada kampung Kuprik dan kejadian ini berulang kembali hingga mereka menetap pada kampung Kuper sekarang ini



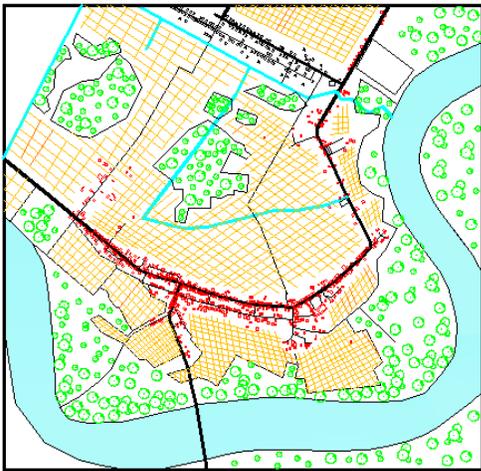
**Gambar 3. Kampung Kuper Tahun 1950**

Pada tahun 1950 ketika belanda datang pola pemukiman masyarakat marind kampung kuper pada saat itu berubah sejajar saling berhadapan. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh yang dibawa oleh belanda yaitu dengan melakukan penataan kembali sehingga pemukiman kampung kuper saling berhadapan mengikuti jalan.



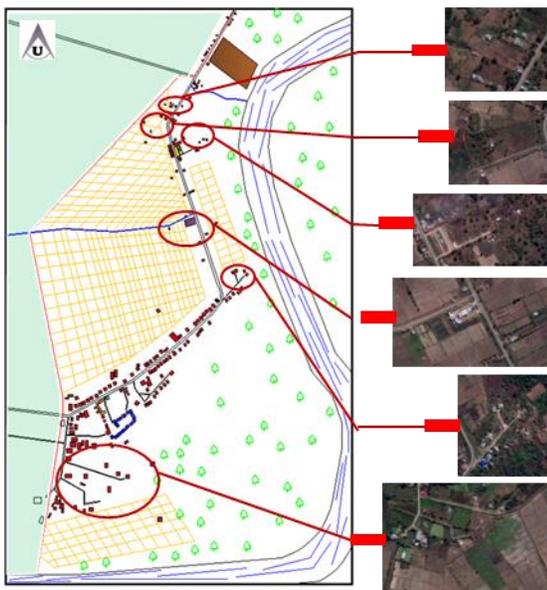
**Gambar 4. Kampung Kuper Tahun 1967**

Kemudian pada tahun 1967 awal mula masuknya para migran yang memberikan pengaruh sangat besar baik dari sisi ekonomi, sosial dan budaya yang berpengaruh terhadap perubahan pola permukiman kampung kuper. Pola permukiman kampung Kuper yang tadinya sejajar kemudian mengalami perubahan kembali menjadi menyebar seperti sekarang ini.



Gambar 5. Kampung Kuper Tahun 2017

Perubahan pola pemukiman kampung Kuper untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6. Kampung Kuper Tahun 2017

Dari Gambar di atas dapat dilihat bahwa ruang-ruang dekat dengan tempat kerja, tempat kerja berupa ladang atau sawah, akses jalan mengikuti tata letak rumah serta bentuk pola permukiman menyebar berjauhan.

Dalam penelitian ini menunjukkan adanya perubahan pola permukiman akibat akulturasi. Dimana pola permukiman masyarakat marind sebelum tahun 1950 yang bertempat pada kampung sidomulyo memiliki pola permukiman

yang memanjang sepanjang sungai, tahun 1950 berpola sejajar dan tahun 2017 berpola menyebar.

Dari aspek ekonomi dalam hal ini matapencapaian, migran memberikan dampak perubahan terhadap mata pencaharian penduduk setempat, yang tadiya mereka hanya semata-mata mencari ikan disungai dan berburu maka dengan datangnya migran mereka mengenal bercocok tanam yang memberikan dampak perubahan pola permukiman yang cenderung terbangun mengikuti tempat kerja atau dekat dengan ladang atau area persawahan.

Dari aspek sosial budaya migran memberikan dampak perubahan yaitu yang tadinya kehidupan sosial mereka hidup saling berdekatan antar satu keluarga tetapi sekarang telah mengalami perubahan tidak lagi demikian mereka bebas membangun dimana saja bila memiliki tanah, arah hadap bangunan tidak lagi mempertimbangkan arah angin, begitupun terhadap pola pikir masyarakat Marind, yang tadinya mereka belum mengenal pendidikan sekarang telah ada perubahan pada tingkat pendidikan mereka.

Dari aspek budaya migran memberikan dampak bergesernya budaya asli Marind yang tadinya sangat kental dan terikat dengan aturan-aturan adat yang tadinya arah hadap membangun memperhatikan arah angin tadiddengan mulai dilupakannya ritual-ritual adat serta tari-tarian adat yang merupakan ke khasan dari budaya.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan pola permukiman masyarakat Marind sebelum dan setelah kedatangan para migran terdapat tiga proses perubahan yaitu pada awalnya memanjang sepanjang sungai, sejajar kemudian menyebar mendekati mata pencaharian (sawah atau ladang).

Faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya akulturasi yang berdampak pada perubahan pola permukiman yang sangat besar yaitu faktor ekonomi dallam hal ini mata pencaharian (bercocok tanam), faktor sosial budayapun berpengaruh terhadap perubahan pola permukiman, yang mana pada awalnya mereka



membangun bangunan sesuai dengan kumpulan marga tetapi sekarang sudah tidak.

### Daftar Pustaka

- [1] Wardhani, T. K., Akulturasi Mahasiswa Pribumi di Kampus Mayoritas Tionghoa *Artikel*, 2009.
- [2] Koentjaraningrat, Sejarah Teori Antropologi, Universitas Indonesia, 2010.
- [3] Prihanto, T., Pengaruh Kehidupan Sosio-Kultural Terhadap Spasial Permukiman di Kelurahan Sekaran Sebagai Daerah Pinggiran Kota Semarang, *Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 2 Volume 10* (sosio-kultural, spasial permukiman, Sekaran, daerah pinggiran kota), 93 – 102, 2008.
- [4] Rapoport, A., *House Form and Culture*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, 1969.
- [5] Moleong, Lexy J. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2007.
- [6] Setiawan, Gaya Kolonial pada Rumah Tinggal Keluarga Ko Som Ien dan Ko Kwat Ie di Magelang, *Jurnal Intra*, Vol. 1, No. 2, 1-8, 2013.
- [7] Sugiyono, Metode penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Alfabeta, Bandung, 2016.



# Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan

Herman Buntulayuk\*<sup>1</sup>, Faizal Arya Samman<sup>1</sup>, Yusran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: hermanbuntulayuk@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.12

## Abstrak

Paper ini menampilkan hasil penelitian kuantitatif, yang bersifat pemodelan simulasi *boost converter* dengan skenario kontrol PWM untuk mengatur *duty cycle* dan frekuensi pada sisi masukan, sedangkan pada bagian luaran diberikan pembebanan yang berbeda baik itu beban resistansi, induktansi dan juga kapasitansi. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian penguat tegangan dengan metode Dickson. Simulasi juga dilakukan pada beberapa pentahapan mulai dari 2, 3, 4, 6 hingga 8 tahap untuk melihat perubahan besaran tegangan luaran yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 5 jenis pentahapan, tegangan luaran sebesar 1258 Volt diperoleh saat rangkaian dibuat hingga 8 tahap dengan pembebanan resistansi dan kapasitansi dan *duty cycle* 90%.

## Abstract

**Design of DC-DC Converter for Voltage Booster.** This paper presents the results of quantitative research, which is modeling simulation boost converter with PWM control scenario to set the duty cycle and frequency at the input side, while at the output is given different loading both the load resistance, inductance and also capacitance. The circuit used is a booster amplifier with Dickson method. Simulations are also done at several stages ranging from 2, 3, 4, 6 to 8 stages to see the changes in the magnitude of the output voltage generated. The results showed that from 5 types of stages, the output voltage of 1258 Volt was obtained when the circuit was made up to 8 stages with loading resistance and capacitance and 90% duty cycle.

**Kata Kunci :** *boost converter*, kontrol PWM, metode Dickson

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (*Direct Current/DC*), yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan DC ini biasa disebut sebagai DC-DC *converter* [1].

Penerapan DC-DC *converter* dalam perkembangannya telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang bertegangan kecil di mana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan pemakaian [2]. Hingga saat ini, berbagai konfigurasi DC-DC *converter* telah banyak dikembangkan, diantaranya adalah jenis DC-DC *converter* yang tidak memiliki isolasi dielektrik antara tegangan

masukan dan keluaran, atau biasa disebut sebagai *non-isolated DC-DC converter* [3].

Teknologi konverter elektronika daya telah banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari, contoh pengaplikasiannya, DC-DC *converter* ini digunakan pada sumber energi terbarukan, seperti *fuel cell* dan *solar cell*. Dalam aplikasi sumber energi terbarukan, *fuel cell* dan *solar cell* menghasilkan tegangan keluaran yang rendah dan ini membutuhkan alat untuk menaikkan tegangan [4].

Alat yang umum digunakan sekarang ini adalah DC-DC *boost converter*. Konverter DC-DC ini banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dari sumbernya. DC-DC *boost converter* merupakan konverter yang digunakan untuk memberikan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukan yang rendah dengan



dikendalikan oleh sinyal kontrol berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) [5, 6].

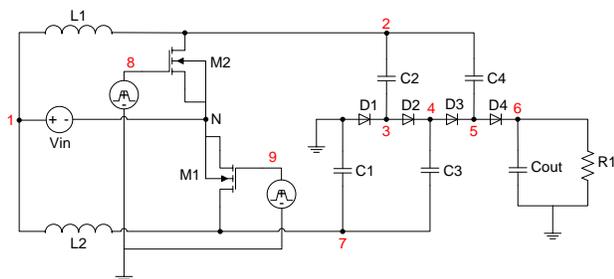
### 2. Deskripsi Permasalahan

Perkembangan teknologi saat ini mendorong para peneliti untuk mengembangkan pemanfaatan sumber energi terbarukan, dalam hal ini *solar cell* [7]. Pada penggunaannya energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* kemudian disimpan dalam *accu* sebelum disalurkan ke beban. Masalah yang kemudian muncul adalah, penyimpanan daya dalam *accu* adalah pada tegangan 12 dan 24 Volt DC sedangkan beberapa beban yang ada membutuhkan tegangan 220 volt ke atas.

Paper ini menampilkan hasil simulasi pemodelan DC-DC *converter* pada program *PSpice* [8]. DC-DC *converter* jenis *boost* disusun berdasarkan metode Dickson [9, 10]. Berdasarkan metode itu simulasi dilakukan pada 5 jenis pentahapan, yakni 2, 3, 4, 6 dan 8 tahap. Simulasi juga dilakukan dengan memberikan pembebanan resistansi, induktansi dan kapasitansi pada rangkaian. Sehingga pada penelitian ini kita melakukan hingga 60 jenis simulasi untuk melihat bagaimana perubahan tegangan luaran yang dihasilkan oleh perubahan variabel tersebut di atas.

### 3. Hasil Perancangan

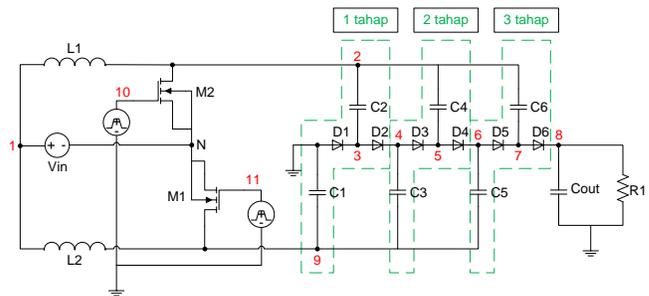
Simulasi dilakukan dengan terlebih dahulu membuat rangkaian pemodelan yang akan digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah :



Gambar 1. Rangkaian DC-DC Boost Converter Metode Dickson

Dari rangkaian dasar yang ditunjukkan pada Gambar 1 tersebut, penelitian dikembangkan

dengan penambahan tahap (1 tahap = 2 kapasitor + 2 dioda) pada setiap pemodelan. Untuk rangkaian yang menggunakan metode 3 tahap dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.



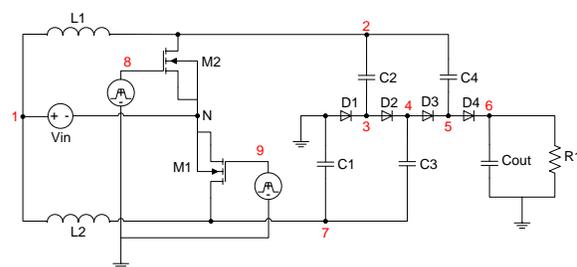
Gambar 2. Rangkaian DC-DC Konverter dengan Metode Dickson 3 Tahap

Dari rangkaian yang ada kemudian dibuatkan simulasi menggunakan bahasa pemrograman *PSpice*. Nilai parameter yang digunakan pada simulasi ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut.

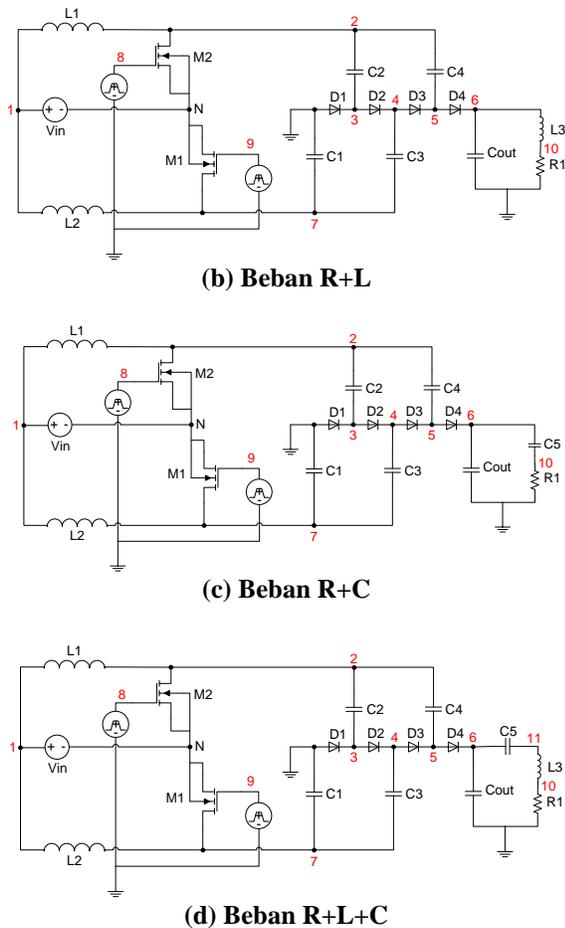
Tabel 1. Nilai Parameter Simulasi

Spesifikasi	Parameter	Nilai
Tegangan Input	$V_{in}$	12 V
Hambatan	$R_{load}$	400, 700, 1000 $\Omega$
Induktor	$L1, L2$	100u H
	$L_{load}$	100u, 200u, 400u H
Kapasitor	$C1, C2, C3, dst$	60u F
	$C_{out}$	22u F
	$C_{load}$	200u, 400u, 800u F
Frekuensi	$Hz$	200k, 300k, 400k Hz
Duty Cycle	$D$	0.5, 0.7, 0.9

Pemberian pembebanan pada setiap pentahapan rangkaian dilakukan bertahap, mulai dari beban resistansi, beban resistansi dan induktansi, beban resistansi dan kapasitansi, dan beban resistansi, induktansi dan kapasitansi, model rangkaiannya ditunjukkan sebagai berikut:



(a) Beban R



Gambar 3. Variabel pembebanan pada DC-DC Boost Converter

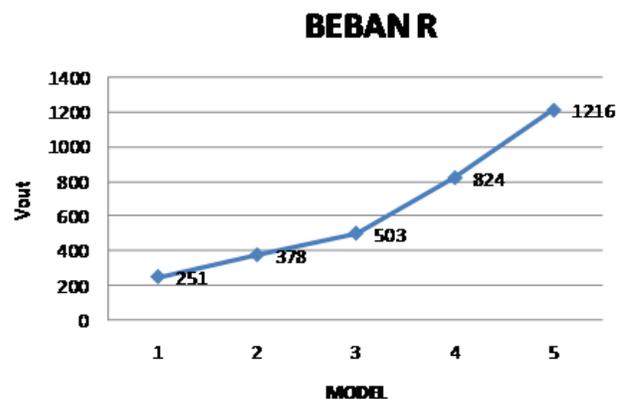
#### 4. Hasil Simulasi

Setelah melakukan simulasi pada setiap tahap dan variabel pembebanan kemudian diperoleh data sebagai berikut :

- a) Pada simulasi dengan 2 tahap, nilai tegangan luaran tertinggi ( $V_{out}$ ) sebesar 252 Volt terjadi ketika rangkaian dalam keadaan berbeban resistor, lilitan dan kapasitor dengan nilai  $R=1000 \Omega$ ,  $L=100 \mu H$ ,  $C=800 \mu F$ , pada frekuensi 200k Hz, *duty cycle* 0.9 dalam waktu 56m s.
- b) Simulasi dengan 3 tahap dapat diperoleh tegangan luaran tertinggi pada kondisi *steady state* dalam kondisi : rangkaian diberikan beban  $R=1000 \Omega$  dan  $C=400 \mu F$  pada frekuensi 200k Hz dan *duty cycle* 0.9 diperoleh tegangan luaran sebesar 380 Volt dalam waktu 100m s.

- c) Simulasi rangkaian DC-DC *converter* metode Dickson menggunakan 4 tahap diperoleh hasil dimana nilai tegangan luaran tertinggi pada kondisi *steady state* dapat diperoleh pada kondisi rangkaian diberikan beban  $R=1000 \Omega$ ,  $L=100 \mu H$ ,  $C=200 \mu F$  pada frekuensi 200k Hz dan *duty cycle* 0.9 diperoleh nilai  $V_{out}=518$  Volt dalam waktu 150 ms.
- d) Simulasi rangkaian DC-DC *converter* metode Dickson menggunakan 6 tahap diperoleh hasil dimana nilai tegangan luaran tertinggi pada kondisi *steady state* dapat diperoleh pada kondisi rangkaian diberikan beban  $R=1000 \Omega$ ,  $L=100 \mu H$ ,  $C=200 \mu F$  pada frekuensi 200k Hz dan *duty cycle* 0.9 diperoleh nilai  $V_{out}=878$  Volt dalam waktu 100 ms.
- e) Simulasi rangkaian DC-DC *converter* metode Dickson menggunakan 8 tahap diperoleh hasil dimana nilai tegangan luaran tertinggi pada kondisi *steady state* dapat diperoleh pada kondisi rangkaian diberikan beban  $R=1000 \Omega$  dan  $C=200 \mu F$  pada frekuensi 200k Hz dan *duty cycle* 0.9 diperoleh nilai  $V_{out}=1258$  Volt dalam waktu 120 ms. Hasil ini sebenarnya belum dapat dijadikan acuan, karna untuk simulasi menggunakan beban hambatan, induktor dan kapasitor tidak dapat diproses lagi dalam program *Pspice*.

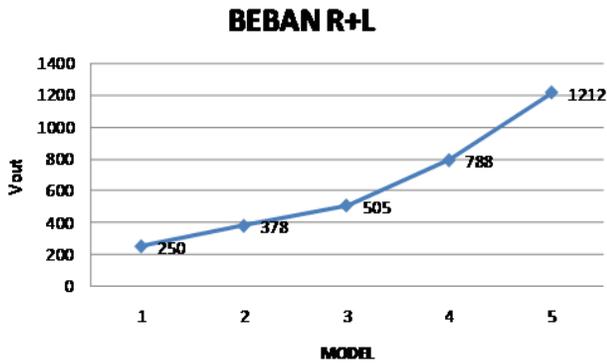
Sedangkan jika dilakukan analisa data, pengaruh jenis pembebanan terhadap nilai tegangan keluaran pada masing-masing pentahapan, maka akan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada beberapa grafik berikut:



Grafik 1. Tegangan luaran beban R

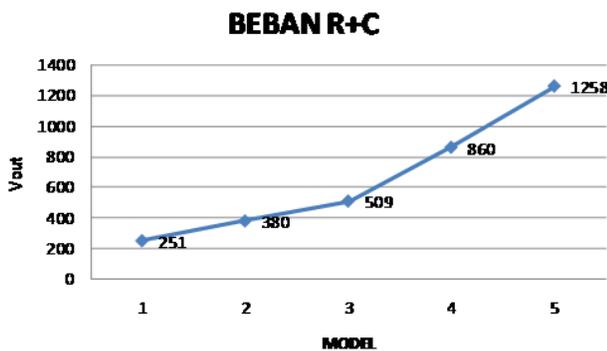


Dari Grafik 1 di atas kita dapat melihat kenaikan nilai  $V_{out}$  yang dipengaruhi oleh beban resistansi, dimana dengan nilai R yang tetap yakni  $1000 \Omega$  kita dapat memperoleh  $V_{out}$  pada setiap pentahapan, yakni : 2 tahap = 251 Volt, 3 tahap = 378 Volt, 4 tahap = 503 Volt, 6 tahap = 824 Volt dan 8 tahap = 1216 Volt.



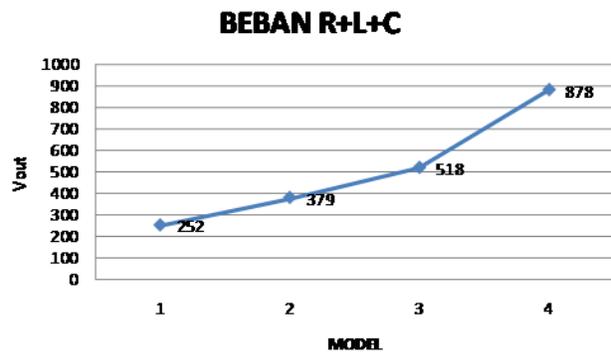
Grafik 2. Tegangan luaran beban R+L

Jika rangkaian yang sama diberikan beban resistansi dan lilitan, maka kita dapat melihat  $V_{out}$  dari setiap pentahapan pada Grafik 2 di atas, dimana  $V_{out}$  yang dihasilkan rata-rata lebih rendah dibandingkan yang mendapatkan beban resistansi saja, hal ini disebabkan adanya penambahan beban induktansi.



Grafik 3. Tegangan luaran beban R+C

Dari Grafik 3 di atas kita dapat melihat bagaimana perubahan  $V_{out}$  pada setiap pentahapan, untuk simulasi ini yang menggunakan beban tahanan dan kapasitor diperoleh tegangan luaran yang lebih tinggi jika dibandingkan yang diberikan beban tahanan dan induktansi dan beban resistansi saja.



Grafik 4. Tegangan luaran beban R+L+C

Sementara itu jika kita melakukan simulasi dengan memberikan beban resistansi, induktansi dan kapasitansi sekaligus dapat kita lihat bahwa nilai tegangan luaran yang dihasilkan untuk setiap pentahapan adalah yang tertinggi jika dibandingkan dengan pembebanan yang lain. Hanya saja untuk simulasi dengan 8 pentahapan tidak dapat diproses lagi oleh Pspice hal ini bisa dikarenakan karna banyaknya data yang diperoleh.

### 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat kita ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Simulasi *DC-DC Boost Converter* dengan menggunakan Metode Dickson pada aplikasi PSpice dapat diperoleh nilai tegangan luaran 1258 Volt dari tegangan masukan 12 Volt, dengan menggunakan 8 pentahapan yang diberikan beban tahanan dan kapasitor.
- Pengontrolan PWM yakni pengaturan *duty cycle* pada sisi masukan, dapat mempengaruhi tegangan luaran yang dihasilkan, yakni semakin besar nilai *duty cycle* nya maka semakin besar tegangan luaran yang dihasilkan.
- Pemberian beban induktansi pada rangkaian dapat menurunkan nilai tegangan luaran, untuk mencegahnya dapat diberikan beban kapasitansi.

### Referensi

[1] Forsyth, A.J., and Mollov, S.V., “Modelling and Control of DC-DC Converters”, *Power Engineering Journal*, pp. 229-236, 1998.



- [2] Noor. Nirwan A., Faizal Arya Samman, and Yusri Syam Akil, "Studi Perbandingan Kinerja Konverter DC-DC Penaik Tegangan Jenis-Jenis DC Chopper dan Charge Pump Multi-Stage", *Jurnal Prosiding*, ISBN: 978-602-72676-3-3, pp. 33 – 39, 2015.
- [3] Siddique, Md Rifat Alam, and Ferdous Md Jannatul, "Charge Pump Capacitor Based High Voltage Gain DC-DC Step-Up Converter", *IEEE*, 978-1-4799-5180-2/14, 2014.
- [4] Md. Rifat Alam Siddique, Md., Jannatul Ferdous, Istiaque Islam, "Charge Pump Capacitor Based High Voltage Gain DC-DC Step-Up Converter", *ICIEV, IEEE Conference Publications*, pp. 1-4, 2014.
- [5] Gendroyono, and Purwanto, "Sistem Penggerak Motor Induksi dengan Beban Berubah Menggunakan Inverter PWM Berbasis Mikrokontroler", *Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada*, 1999.
- [6] V. A. K. Prabhala, P. Fajri, V. S. P. Gouribhatla, B. P. Baddipadiga, and M. Ferdowsi, "A DC-DC Converter With High Voltage Gain and Two Input Boost Stages", *Power Electronics, IEEE Transactions*, vol. 31, pp. 4206-4215, 2016.
- [7] W. Bin, L. Shouxiang, L. Yao, and K. M. Smedley, "A New Hybrid Boosting Converter for Renewable Energy Applications", *Power Electronics, IEEE Transactions*, vol. 31, pp. 1203-1215, 2016.
- [8] Muhammad H. Rashid, Hasan M. Rashid, "SPICE For Power Electronics And Electric Power", Taylor and Francis Group, Second Edition, USA, 2006.
- [9] Ahmad Alzahrani, Pourya Shamsi, Mehdi Ferdowsi, "Analysis and Design of Bipolar Dickson DC-DC Converter", *PECI, IEEE Conference Publications*, pp. 1-6, 2017.
- [10] B. P. Baddipadiga, and M. Ferdowsi, "A High Voltage Gain DC-DC Converter Based on Modified Dickson Charge Pump Voltage Multiplier.



# Pengembangan Perumahan Produktif Berbasis Wisata di Kawasan Industri Phinisi Kabupaten Bulukumba

Andi Ahmad Fauzan Bachtiar\*<sup>1</sup>, Shirly Wunas<sup>2</sup>, Mimi Arifin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar  
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: andiaan01@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.13

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Menganalisis karakteristik perumahan dan lingkungan pengrajin kapal phinisi berbasis wisata pada Kawasan Industri Pembuatan Kapal Phinisi yang berada di Tanahberu Kabupaten Bulukumba, (2) Menganalisis perkembangan perumahan produktif yang berbasis wisata terhadap kegiatan-kegiatan pada kawasan pembuatan kapal phinisi, (3) Menyusun konsep penataan kawasan perumahan pengrajin kapal phinisi dan lingkungan yang produktif serta berbasis wisata pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi. Data yang digunakan berasal dari 162 responden yang bermukim di kawasan industri pembuatan kapal phinisi, yang dilakukan secara *Simple random sampling, probability sampling*. Menggunakan kuesioner dan wawancara mendalam. Analisis dilakukan secara deskriptif kualitatif, dan secara eksploratif. Hasil penelitian menunjukkan 1) Perumahan pekerja kapal phinisi dominan dalam bentuk rumah panggung, dengan ciri Bugis Makassar. 2) Perumahan Produktif tidak dominan (51,9%) karena masyarakat di Kawasan Industri Kapal Phinisi mempergunakan halaman rumah sebagai ruang untuk usaha. Kegiatan yang dapat menunjang wisata dari aspek barang yang dapat dibeli adalah berupa souvenir yang terbuat dari sisa material kayu pembuatan kapal phinisi. Kegiatan wisata dari aspek yang dapat dilihat adalah pembuatan kapal phinisi, dan mengunjungi replika kapal di area pembuatan kapal phinisi. 3) Penataan kawasan mempergunakan konsep revitalisasi terhadap tapak bangunan, akses, dan landsekap unit kapling.

## Abstract

**Productive Home Development based on Tourist Attractions at Phinisi Industrial Area, Bulukumba District.** Demand for productive home in tourist attractions is increasing day, by day, but over time some of those tourist attractions are neglected, such as phinisi shipbuilding industrial area in Tanahberu, Bulukumba. It makes the tourists do not consider some aspects to visit that place. This research aims to analyse the characteristic of the residential of the Phinisi's craftsmen and its environment based on tourism in Phinisi Shipbuilding Industrial Area in Tanahberu, Bulukumba. The data use is from 162 respondents who live in the area of Phinisi Shipbuilding Industrial Area and is done with Simple Random Sampling, Probability Sampling, by questioner and interview. It is analysed by using descriptive qualitative. The result of this research shows that the characteristic of the residential of phinisi's craftsmen is dominated by house on stilts with Buginese-Makassar characteristic. Of 162 samples, it shows that 26.5% house in Phinisi Shipbuilding Industrial Area are houses in stilts, while 21,6% are common house, and the rest for around 51,9% are two stories houses with its pit buided.

**Kata Kunci :** Kawasan wisata, perumahan, industri phinisi

## 1. Pendahuluan

Pada umumnya kota pantai belum dieksplorasi dan dieksploitasi secara maksimal, biasanya hanya dipakai sebagai kawasan rekreasi, hiburan dan tempat mencari nafkah [1]. Keindahan pesisir pantai secara *sustainable* dapat dioptimalkan melalui ruang terbuka publik yang berfungsi sosial [2, 3]. yaitu ruang terbuka hijau (RTH), ruang kuliner, dan PK5. RTH yang dikembangkan sebaiknya dalam bentuk taman, halaman, hutan

kota, dan jalur hijau [3]. Iklim dan cuaca pada kota pesisir pantai terasa panas dan lembab. Vegetasi yang keragamannya semakin berkurang, berpengaruh terhadap kondisi lingkungan [4].

Bangunan pesisir pantai agar mempertimbangkan arah sinar matahari, arah angin, ukuran jendela dan ventilasi, dengan mempergunakan *oversteck* dan kanopy serta vegetasi dan ruang terbuka publik. Dapat memanfaatkan alam sesuai kearifan lokal,



eksploitasi, tidak berlebihan agar dapat mencegah kerusakan fungsi lingkungan [5].

Ada berbagai suku yang kehidupannya sangat intim dengan laut dan pesisir pantai, misalnya suku Bugis-Makassar, di Sulawesi Selatan. Perahu dengan berbagai jenis ukuran, merupakan alat transportasi laut mereka yang digunakan secara turun temurun [6]. Perahu berukuran besar dikenal dengan nama Phinisi, sejak abad XVI dan XVII telah memiliki kemampuan jelajah sampai ke Filipina dan Kamboja. Phinisi secara turun temurun dibuat di Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.

Oleh karena itu, Kabupaten Bulukumba dikenal dengan julukan *Butta Panrita Lopi* [7]. Di area lokasi sentra pengrajin phinisi semua rumpun keluarga melakukan pekerjaan sebagai pembuat kapal phinisi, dan hal ini juga merupakan sebagai mata pencaharian utama mereka [8].

Bentuk alat pelayaran yang pertama kali dipakai adalah model jenis perahu yang dibuat dari sebuah batang pohon dan dipotong mirip kayak model lesung. Untuk pembuatannya harus memakai kayu pilihan. Memotong kayu semacam itu kelihatannya sangat sederhana tetapi sulit sekali butuh keterampilan khusus dan pengalaman serta pengetahuan yang luas. Orang bugis menamakannya dengan sebutan *Lepa-lepa* atau biasa juga disebut sampan [9].

Keterampilan dan keahlian yang dimiliki oleh punggawa dan para pekerja kapal yang berada di kawasan pembuatan kapal phinisi di Tanah Beru Bulukumba merupakan keterampilan yang diperoleh sejak turun temurun. Diperoleh melalui pendidikan seumur hidup, yang diwariskan dari generasi ke generasi, sesuai dengan kebutuhan [10].



Gambar 1. Jenis-jenis kayu yang akan digunakan pengrajin phinisi

Kawasan pembuatan kapal tradisional Phinisi merupakan kawasan wisata bahari [8, 11]. Kawasan tersebut telah menjadi kawasan wisata yang berpotensi untuk berkembang [10].

Tabel 1. Jumlah wisatawan yang berkunjung ke kawasan industri phinisi

Kawasan	Tahun		
	2006	2011	2016
Sapolohe	1043 orang	1567 orang	2081 orang
Tanah Beru	1043 orang	1567 orang	2081 orang
Tanah Lemo	1043 orang	1567 orang	2081 orang

Sumber: Kantor Camat Bontobahari

Potensi ini terlihat dari seringnya wisatawan lokal, maupun asing berkunjung walaupun hanya untuk sekedar melihat dan berfoto di lokasi tersebut. Adapun waktu yang digunakan untuk membuat kapal phinisi ini antara 6 sampai dengan 13 bulan. Dalam memproduksi kapal phinisi, para pengrajin melakukannya sesuai dengan kebiasaan yang telah diturunkan oleh leluhurnya [12]. Secara tradisional, baik dalam hal desain, waktu pengerjaan, pengadaan material dan harga, semuanya sesuai dengan kebiasaan lama tersebut [11]. Dari klasifikasi bentuk atap pada rumah tradisional yang berada dalam kawasan industri pembuatan kapal phinisi terdapat kesempurnaan yang dilihat dari kompleksitas struktur, teknik pengerjaan, jumlah material dan biaya yang dibutuhkan [13].

Pembangunan perumahan sudah seharusnya dapat mengutamakan faktor kemanusiaan, untuk dapat mewujudkan dan menciptakan perumahan yang nyaman, layak huni, memenuhi standar kesehatan lingkungan, aman juga menunjang pembangunan ekonomi, social, dan budaya masyarakat [14]. Pada tingkat atasnya, rumah harus bisa menciptakan rasa aman, sebagai tempat untuk menjalankan kegiatan ritual, penyimpanan harta milik yang berharga, menjamin hak pribadi [15].

Rumah tak lagi cukup untuk hidup, tetapi sudah menyumbang pengembangan pribadi bagi setiap penghuninya, melalui hobby, minat, dan perilaku lainnya [16]. Rumah dan lingkungan adalah suatu ekspresi/ pendapat masyarakat tentang budaya, termasuk didalamnya, agama, keluarga, struktur sosial dan hubungan antar individu yang menyangkut satu sama lain di

daerah tersebut [17]. Secara Antropologis, bentuk rumah hunian dikelompokkan kedalam tiga jenis, yaitu: rumah yang setengah dibawah tanah (*semi-subterranean dwelling*), rumah diatas tanah (*surface dwelling*), rumah diatas tiang (*pile dwelling*)[18].

Rumah tradisional memiliki karakter yang spesifik meliputi bentuk dan desain yang menyesuaikan iklim daerah setempat, adanya ornamen tradisional, dan juga menggunakan material lokal [19]. Secara keseluruhan bentuk rumah tradisional sangat adaptif terhadap kondisi iklim pantai yang ada disekitarnya dan bencana yang terjadi, namun tuntutan ekspansi rumah dengan keterbatasan kemampuan konstruksi berdampak pada rendahnya keamanan dan keselamatan bangunan [20].

Maka dapat disimpulkan bahwa perumahan tradisional terbentuk karena disebabkan oleh interaksi aspek fisik (*shalter*) dan aspek non fisik (budaya, agama, sosial) terbentuknya tradisional suatu kawasan dipengaruhi oleh interaksi aspek nonfisik (budaya, agama, sosial, gaya hidup) dalam kesatuan budaya secara keseluruhan untuk mempertahankan anggota keluarganya [21].

Tujuan Penelitian ini adalah (1) Menganalisis karakteristik perumahan dan lingkungan pengrajin kapal phinisi yang berbasis wisata pada Kawasan Industri Pembuatan Kapal phinisi, di Tanahberu Kabupaten Bulukumba, (2) Menganalisis perkembangan perumahan produktif yang berbasis wisata bahari terhadap kegiatan-kegiatan pada kawasan pembuatan kapal phinisi. (3) Menyusun konsep penataan kawasan perumahan dan lingkungan pengrajin kapal phinisi yang berbasis wisata pada kawasan industri pembuatan perahu phinisi.

## 2. Metode

### 2.1. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan yaitu deskriptif-kualitatif, dan analisis komparatif serta metode yang dipergunakan adalah metode eksploratif dimana penelitian ini menganalisis karakteristik perumahan dan lingkungan kawasan industri pembuatan kapal phinisi.

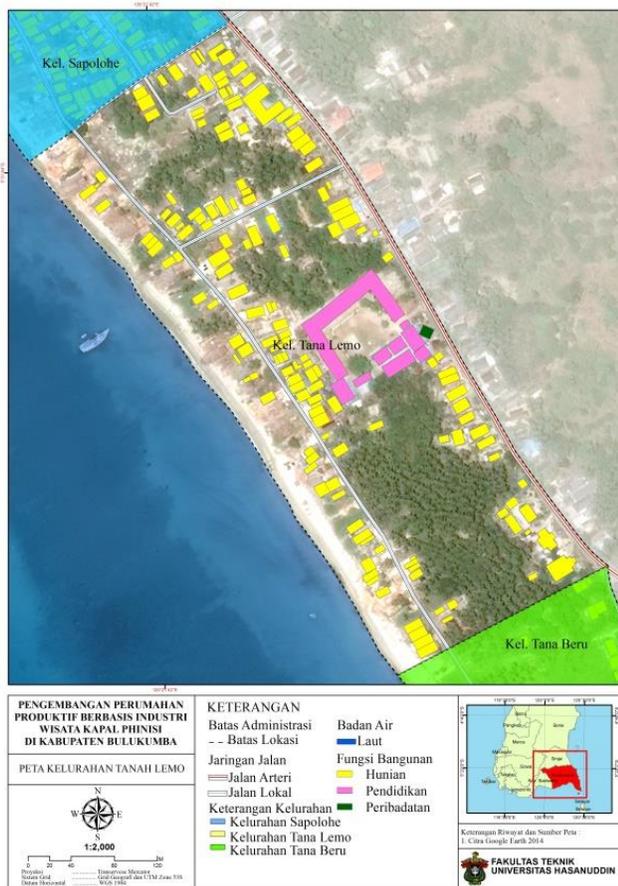
### 2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di kawasan industri pembuatan kapal phinisi di Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba. Lokasi dipilih karena berada di jalur poros Bulukumba-Selayar, dan dekat dengan tempat wisata lainnya yang ada di Bulukumba, misal Pantai Bira, Pantai Bara, dan berbagai tempat wisata lainnya, yang berlangsung pada bulan Juni - September 2017.



Gambar 2. Lokasi penelitian 1 Kelurahan Sapolohe

Lokasi penelitian 1 merupakan Kelurahan Sapolohe, yang berada di Kawasan Industri pembuatan kapal phinisi di Bontobahari. Total jumlah populasi sebanyak 101 unit dan jumlah sampel sebanyak 60 unit. Lokasi ini merupakan sentral tempat memperbaiki kapal phinisi jika ada yang rusak.



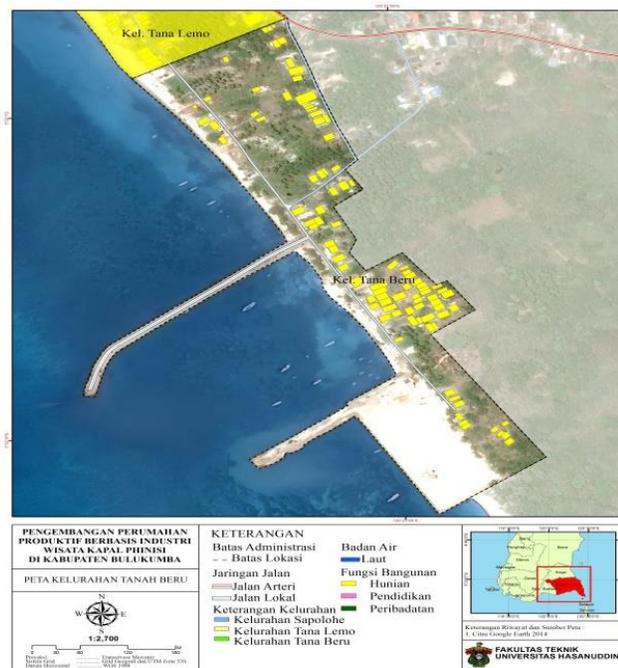
Gambar 3. Lokasi penelitian 2 Kelurahan Tanah Lemo

Lokasi penelitian 2 merupakan Kelurahan Tanah Lemo, yang berada di Kawasan Industri pembuatan kapal phinisi di Bontobahari. Total jumlah populasi sebanyak 93 unit dan jumlah sampel sebanyak 55 unit. Lokasi ini merupakan area pendidikan, karena terdapat sekolah.

Lokasi penelitian 3 merupakan Kelurahan Tanah Beru, yang berada di Kawasan Industri pembuatan kapal phinisi di Bontobahari. Total jumlah populasi sebanyak 78 unit dan jumlah sampel sebanyak 46 unit. Lokasi ini merupakan area nelayan. Banyak penduduk yang bekerja sebagai nelayan, hal ini juga disebabkan karena di kelurahan Tanah Beru terdapat area dermaga, tempat pendaratan ikan.



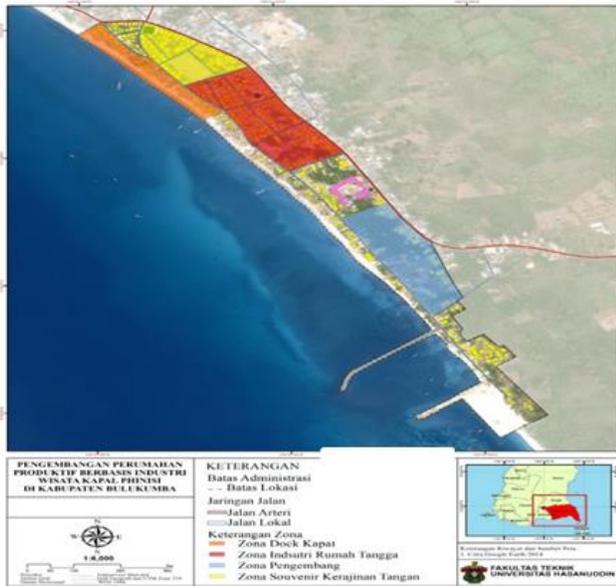
Gambar 5. Letak rumah pengrajin kapal, punggawa kapal dan nelayan yang berada di kawasan industri pembuatan kapal phinisi



Gambar 4. Lokasi penelitian 3 Kelurahan Tanah Beru

Gambar 5 memperlihatkan letak rumah pengrajin phinisi beserta rumah punggawa pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi, yang berada di Kecamatan Bontobahari. Rumah pengrajin phinisi tersebar di 3 lokasi penelitian dengan total 138 rumah yang bekerja sebagai pengrajin phinisi.





**Gambar 6. Zonasi pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi**

Gambar 6 merupakan pembagian zona pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi, terbagi atas 5 zona yaitu; zona dock kapal, zona industri rumah tangga, zona souvenir kerajinan tangan dan zona area pengembangan kawasan.

**2.3. Objek Penelitian, Kasus Amatan dan Narasumber**

Objek penelitian adalah seluruh rumah dalam Kawasan Industri Pembuatan Kapal Phinisi di Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, baik itu rumah panggung dan non panggung. Khususnya pada rumah panggung tradisional bugis. Rumah panggung dipilih karena nilai tradisional masih kental pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi.

Proses pengambilan sampel menggunakan metode *simple random sampling*. Penentuan jumlah sampel yang diambil dalam studi ini ditentukan dengan rumus slovin dan diperoleh jumlah sampel yaitu 162 unit rumah. Selanjutnya sampel dibagi menjadi 3 bagian, penentuan sampel pada lokasi adalah memberikan kesempatan yang sama pada populasi untuk dijadikan sampel.

**2.4. Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data adalah (1) Observasi langsung dengan membuat catatan, mengambil gambar rumah, (2) Membagikan kuesioner.

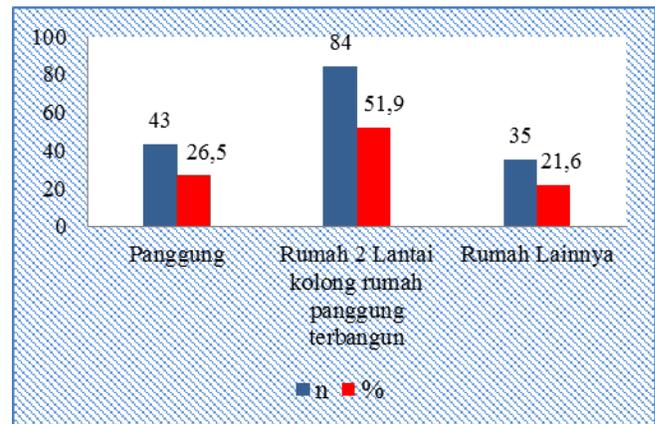
**2.5. Analisis Data**

Analisis data yang digunakan adalah deskriptif, eksploratif, dan komparatif yang sifatnya memaparkan dan menjelaskan temuan hasil penelitian. Data yang telah diperoleh di lapangan kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis komparatif dan analisis secara deskriptif.

**3. Hasil Penelitian**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 26.5% rumah panggung kolong tidak terbangun yang dapat merupakan objek wisata dengan total 43 unit rumah. Sedangkan terdapat 51.9% rumah panggung kolong terbangun untuk tempat berusaha juga dapat merupakan objek wisata dengan total 84 unit rumah.

Sedangkan rumah lainnya yang tidak dapat dijadikan objek wisata disebabkan karena nilai tradisionalnya sudah hilang yaitu terdapat 21.6% atau 35 unit rumah.



**Gambar 7. Persentase diagram batang rumah panggung tradisional dan non panggung pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi**

Tabel 2 memperlihatkan hasil analisis jenis material rumah panggung dan non panggung yang digunakan pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi. Rumah yang berada pada kawasan

industri pembuatan kapal phinisi, kebanyakan menggunakan material papan sebanyak 45.7%, dan hanya 3.7% menggunakan material batu bata, selebihnya rumah didalam kawasan hanya menggunakan material seng 34.0% dan menggunakan bambu sebanyak 16.7%.

Sedangkan pada tabel 2 memperlihatkan jenis material lantai rumah tradisional yang berada pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi. Ada rumah menggunakan material papan, beton, dan juga menggunakan material kayu. Bentuk rumah panggung lebih dominan menggunakan material kayu. Disebabkan karena kayu merupakan bahan tradisional dan bahannya mudah didapatkan di Kabupaten Bulukumba.

**Tabel 2. Analisis jenis material dinding rumah**

No.	Jenis Material Rumah	n	%
1	Papan	74	45.7
2	Seng	55	34.0
3.	Bambu	27	16.7
4.	Batu Bata	6	3.7
<b>Total</b>		<b>162</b>	<b>100</b>

**Tabel 3 Analisis jenis material lantai rumah pada kawasan**

No.	Jenis material lantai	n	%
1.	Papan	83	51.2
2.	Tegel	17	10.5
3.	Semen	62	38.3
<b>Total</b>		<b>162</b>	<b>100</b>

Dari hasil analisis tabel 3 diatas Jenis material lantai rumah yang kebanyakan dipergunakan pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi adalah jenis papan sebanyak 83 unit rumah atau 51.2%, sedangkan yang menggunakan material tegel hanya 17 unit atau 10.5%. Ini membuktikan bahwa rumah yang berada pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi masih merupakan rumah tradisional.

Hasil analisis pada jenis atap, beberapa rumah pada Kawasan Industri Pembuatan Kapal Phinisi, hanya sebagian besar rumah memakai jenis atap genteng sekitar 23.5% atau sebanyak 38 unit rumah, sementara kebanyakan rumah memakai atap seng sebanyak 84 unit atau sekitar 51.9%. Hal Ini menyatakan atap seng sangat identik

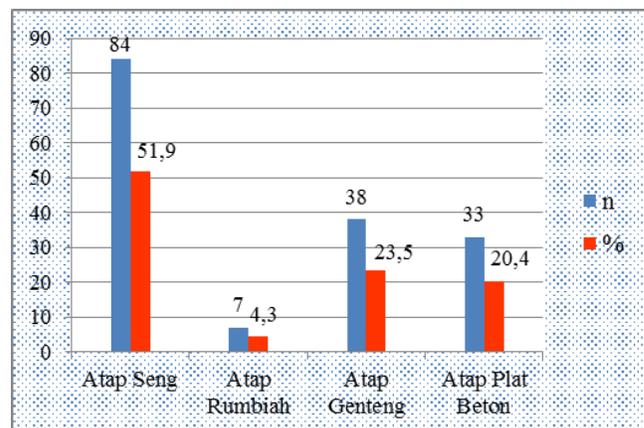
dengan rumah panggung tradisional bugis, sedangkan sisanya 4.3% sebanyak 7 unit yang masih menggunakan atap rumbia.

Di Kawasan industri pembuatan kapal phinisi rumah tradisional kebanyakan penduduk memakai bentuk perisai tradisional bugis dari pada memakai bentuk pelana bugis. Alasan yang paling mendasar adalah karena nilai tradisional dari atap perisai bugis masih ada.

Analisis beberapa rumah pada Kawasan Industri Pembuatan Kapal Phinisi, sebagian bentuk atap rumah lebih dominan kebentuk perisai sebanyak 87 unit persentasi sekitar 53.7%, sedangkan sebanyak 16 unit sekitar 9.9% yang menggunakan bentuk plat beton. Bentuk Limas tidak terdapat pada Kawasan Industri Pembuatan Kapal Phinisi ini, model atap pelana cuman 36.4% atau sebanyak 59 unit rumah. Kawasan Industri pembuatan kapal phinisi biasa dijadikan objek wisata dikarenakan masih menganut nilai tradisional dan budaya leluhur.

**Tabel 4. Bentuk atap rumah pengrajin phinisi**

No	Kriteria	n	%
1	Perisai (tradisional bugis)	87	53.7
2	Pelana (non tradisional)	59	36.4
3	Beton	16	9.9
<b>Jumlah</b>		<b>162</b>	<b>100</b>



**Gambar 8. Persentase jenis atap rumah**

Analisis dari Tabel 5 menyatakan bahwa elemen pada rumah tradisional di kawasan pembuatan kapal phinisi yang penggunaannya masih dalam bentuk aslinya adalah elemen atap



yaitu sekitar 52.5% elemen yang mengalami perubahan yang signifikan adalah organisasi ruang sekitar 6.2% dari total sampel 100%. Sedangkan elemen tangga yang mengalami perubahan sekitar 19.8%, dan jendela 21.6%.

Ini membuktikan bahwa penggunaan elemen atap pada rumah tradisional tidak pernah di perbarui atau masih tetap dalam bentuk aslinya. Dan menandakan bahwa elemen atap tidak banyak diubah dikarenakan fungsi tradisionalnya akan hilang.

Kebanyakan rumah warga yang berada dalam kawasan industri pembuatan kapal phinisi mempunyai jenis atap seng, dan model rumah panggung tradisional sesuai dengan hasil analisis kuesioner.

**Tabel 5. Analisis elemen rumah tradisional**

No.	Elemen Rumah panggung	n	%
1.	Tangga	32	19.8
2.	Atap	85	52.5
3.	Organisasi Ruang	10	6.2
4.	Jendela	35	21.6
<b>Total</b>		<b>162</b>	<b>100</b>

#### 4. Pembahasan

Penelitian ini memperlihatkan bahwa karakteristik yang berada pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi masih didominasi dengan karakter tradisional. Dari total sampel 162 sebanyak 51.9 % menggunakan rumah panggung tradisional bugis yang kolong rumahnya terbangun. Begitu juga dengan hasil analisis pada material rumah yang dipakai pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi, sekitar 45,7% masih menggunakan material papan pada rumahnya. Jenis material papan ini merupakan material yang sama pada pembuatan kapal phinisi, yaitu kayu yang didatangkan dari Kendari, maupun Jayapura.

Hasil analisis pada material lantai yang dipergunakan penduduk kawasan industri pembuatan kapal phinisi adalah sebanyak 83 unit atau 51.2% juga menggunakan lantai papan, sedangkan hanya 10.5% yang menggunakan lantai tegel. Itu menandakan karakteristik kawasan perumahan pengrajin phinisi masih tradisional.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Karakteristik perumahan dan lingkungan pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi di Tanahberu Kabupaten Bulukumba yang dapat mendukung kegiatan wisata adalah rumah panggung yang berkarakter tradisional bugis, dapat dinilai dari ciri atap, pintu, jendela (*to see*). Atap rumah yang berada pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi ini dominan dengan atap perisai tradisional bugis. Pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi elemen atap kebanyakan penduduk sekitar tidak merubahnya, ini dikarenakan elemen atap merupakan elemen yang paling dominan pada nilai tradisional.

Begitu juga dengan jenis material rumah yang berada pada kawasan industri pembuatan kapal phinisi. Baik itu pada material atap, dinding dan lantai, semuanya masih memilih dengan nilai tradisional.

#### Referensi

- [1] Hardiman, G., *Pengamatan Pengembangan Ruang Publik di Tepi Pantai dari Beberapa Kota di Pulau Sulawesi dari Aspek "Tropis Lembab"*. Seminar Nasional Peran Arsitektur Perkotaan dalam Mewujudkan Kota Tropis., p. 1-8, 2008.
- [2] Purnamasari, A., *Kajian spasial Ruang Publik (Publik Space) Perkotaan untuk aktifitas demonstrasi mahasiswa di Kota Makassar*. Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, p. 27-36, 2010.
- [3] Rijal, S., *Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Makassar Tahun 2017*. Jurnal Hutan dan Masyarakat, III No.1, p. 65-77, Mei 2008.
- [4] Amri, *Evaluasi ketersediaan Ruang Terbuka Hijau di Kompleks Perumahan Bumi Permata Sudiang Kota Makassar*. Prosiding Hasil penelitian Fakultas Teknik, 5, p. 1-8, 2011.
- [5] T.T, S. and H. Purnaweni, *Kearifan Lokal dalam melestarikan mata air (studi Kasus di desa Purwogondo, Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal)*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 9(2): p. 6, 2011.
- [6] Lisbijanto, H., *Kapal Pinisi*. Graha Ilmu Buku, p. VIII+44, 2013.
- [7] Amar, S., *Asal Usul Keahlian Pembuatan Perahu Pinisi di Tanah Lemo Bulukumba*. Jurnal Educatio, Vol. 8 No. 2, (Pembuatan Perahu Pinisi di Tanah Lemo Bulukumba): p. 151-167, 2013.
- [8] Caro, P., *Pinisi Nusantara, Mangarungi Lautan 11.000 Mil Jakarta-Vancouver*, . Buku Jakarta: Krisna Press., 1988.
- [9] Nootboom, *Perihal Perkapalan dan Pelayaran di Indonesia*. Jakarta: De Moderne Boek Handel., 1951.



- [10] Mubyarto., *Peluang kerja dan Berusaha di Pedesaan*. Journal FEUGM Yogyakarta, 1985.
- [11] Lantara, D., *Proses Produksi Pembuatan Kapal Layar Phinisi untuk Meminimalkan Waktu Produksi dengan Model PERT (Programming Evaluation dan Review Technique)* Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol. 7, No. 1, p. 1-118, 2014.
- [12] M. Toriq, *Dewa Ruci*. Buku Jakarta. CV. Ghina Walafafa, 2007.
- [13] Suprijanto, I., *Rumah Tradisional Osing Konsep Ruang Dan Bentuk*. Dimensi Teknik Arsitektur, Vol. 30, No. 1, p. 10-20, 2002.
- [14] Wunas, S., *Pengembangan Konsep Multi Fungsi Lahan di Kawasan Sub-Urban Makassar*. Prociding, p. 1-10, 2011.
- [15] Minderop and Albertine., *Psikologi Sastra: Karya Sastra, Metode, Teori dan Contoh Kasus*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia., 2011.
- [16] Silas, J., *Home Based Enterprises*. Jurnal Alur Permukiman Kota dan Lingkungan, Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya., 1999.
- [17] Amos, R., *House Form and Culture*. Journal Englewood Cliffs, Prentice Hall, New York., 1969.
- [18] Bonnieta Franciska and L.K. Wardani, *Bentuk, Fungsi, dan Makna Interior Rumah Adat Suku Tolaki dan Suku Wolio di Sulawesi Tenggara*. JURNAL INTRA Vol. 2, No. 2, 688-701, 2014.
- [19] Budihardjo, E., *Jatidiri Arsitektur Indonesia*. Jurnal PT Alumni, Bandung., p. 5-8. 1996.
- [20] Sastrawati, I. and S. Wunas, *Pengembangan rumah panggung swadaya tahan bencana melalui pemberdayaan masyarakat di kawasan pesisir sulawesi selatan*. Penelitian hibah kompetitif penelitian sesuai prioritas nasional (hibah penelitian strategis nasional) 2009.
- [21] Widyastomo, D., *Perubahan Pola Permukiman Tradisional Suku Sentani Di Pesisir Danau Sentani*. Jurnal Permukiman, Vol. 6 No. 2, p. 84-92, 2011.



# Desain Perangkat Medis dengan Konsumsi Daya Rendah untuk Mengukur Tanda Vital Pasien

Muhammad Nur\*<sup>1</sup>, Muhammad Niswar<sup>1</sup>, Amil Ahmad Ilham<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*Email: noernamon@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112017.14

## Abstrak

Tulisan ini mendeskripsikan rancangan perangkat kesehatan triase untuk mengukur tanda-tanda vital pasien, antara lain tingkat pernapasan, kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Umumnya, rumah sakit di Indonesia masih menggunakan peralatan medis yang terpisah untuk melakukan triase sehingga dinilai kurang efektif, sedangkan yang telah menggunakan perangkat medis triase maka produk tersebut merupakan produksi dari negara lain yang harganya cukup mahal. Desain triase yang ditawarkan menggunakan mikrokontroler tipe ATmega328PU SMD sebagai mikrokomputer yang mampu mengolah data pengukuran dari sensor yang saling terintegrasi. Penggunaan mikrokontroler pada perangkat medis triase menghabiskan biaya yang relatif rendah dan lebih mudah diperoleh. Sensor yang digunakan untuk menghitung periode pernapasan yaitu Dallas temperatur yang bersifat sangat presisi terhadap perubahan suhu. Sensor SpO2 digunakan untuk memonitoring saturasi oksigen dari hemoglobin serta menghitung jumlah detak jantung per satuan waktu. Dilengkapi dengan layar OLED untuk menampilkan hasil pengukuran sensor sehingga antarmuka menjadi lebih *user friendly*. Secara keseluruhan, perangkat medis triase ini diaplikasikan dengan cara memasangkannya pada pergelangan tangan pasien dan bekerja menggunakan tegangan 3,7 Volt dengan arus 850 mAh.

## Abstract

**Design of Triase Medical Devices with Low Power Consumption to Measure The Patient's Vital Signs.** This paper describes the design of triase medical devices to measure the patient's vital signs, including respiratory rate, blood oxygen levels and heart rate. Generally, hospitals in Indonesia still use separate medical equipment to conduct triase so it is considered less effective, while those who have used triase medical device then the product is the production of other countries whose price is quite expensive. Triase design offered using microcontroller type ATmega328PU SMD as a microcomputer capable of processing measurement data from integrated sensors. The use of microcontrollers in triase medical devices costs relatively less and is easier to obtain. The sensors used to calculate the respiratory period are Dallas temperature which is very precise to temperature changes. The SpO2 sensor is used to monitor oxygen saturation of hemoglobin as well as to calculate the heart rate per unit time. Equipped with OLED display to display sensor measurement results so the interface becomes more user friendly. Overall, this triase medical device was applied by attaching it to the patient's wrist and working using a voltage of 3.7 Volts with a current of 850 mAh.

**Kata Kunci:** Dallas temperatur, mikrokontroler, perangkat medis triase, SpO2

## 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis yang memungkinkan terjadinya bencana, baik yang disebabkan oleh faktor alam, faktor non alam maupun faktor manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa manusia. Korban jiwa memerlukan penanganan medis yang cepat dan tepat oleh karena itu dibutuhkan keterampilan tenaga medis untuk melakukan triase. Untuk

kasus darurat, triase dilakukan dengan protokol A *Simple Triase and Rapid Treatment* [1].

Protokol START mengelompokkan korban berdasarkan kondisi tanda-tanda vital seperti tingkat pernapasan, denyut nadi/detak jantung dan status mental. Pengelompokkan korban tersebut ditandai dengan 4 jenis kertas triase berwarna antara lain triase warna merah untuk korban yang membutuhkan stabilisasi segera, kuning untuk korban yang memerlukan pengawasan ketat tetapi perawatan dapat ditunda sementara, hijau untuk korban yang tidak



memerlukan pengobatan atau pemberian pengobatan dapat ditunda dan hitam untuk korban yang meninggal dunia.

Mengingat kondisi korban dapat berubah sewaktu-waktu maka dibutuhkan pemantauan tanda-tanda vital secara rutin dari tim medis untuk mengecek kondisi dan menyesuaikan warna kertas triase korban. pemantauan tanda-tanda vital ini menggunakan perangkat medis yang terpisah sesuai dengan fungsi vital yang akan diperiksa sehingga membutuhkan banyak waktu untuk melakukan pemantauan pada masing-masing korban sedangkan status pada kertas triase harus selalu diperbaharui dengan cepat sesuai kondisi korban. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat medis yang saling terintegrasi dan mampu memperbaharui status warna triase dengan cepat. Berdasarkan hal tersebut maka para peneliti dunia mulai mengembangkan perangkat medis pengukur tanda vital. Akan tetapi perangkat standar yang dipakai saat ini menggunakan komponen mikroprocessor yang harganya cukup mahal dan komponen-komponen lain yang sulit untuk diperbaiki apabila terjadi kerusakan. Oleh karena itu pengadaannya menjadi terbatas. Sedangkan untuk penanganan korban massal dibutuhkan perangkat medis dalam jumlah yang besar.

Tulisan ini menawarkan desain perangkat medis yang bekerja dengan komponen mikrokontroler sehingga dapat menekan biaya produksi dan mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan. Selain itu perangkat tersebut dirancang agar bekerja dengan konsumsi daya yang kecil. Secara keseluruhan, perangkat medis ini diharapkan mampu memantau tanda-tanda vital korban dan dapat diproduksi dalam jumlah yang besar untuk penanganan korban massal dari bencana yang dapat terjadi kapan pun.

## 2. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian tentang perangkat medis pengukur tanda vital telah dilakukan. Penelitian [2] memaparkan konsep perangkat triase untuk menentukan warna tag dan berfokus pada sistem komunikasi. Komunikasi yang digunakan berbasis wireless yaitu ZigBee. Menggunakan Mikrokontroler ATmega328P-PU untuk meng-

cover data dari sensor node kemudian ditransmisikan ke koordinator node. Analisa yang dilakukan merujuk pada parameter jarak jangkauan dan jumlah sensor node yang dapat dikumpulkan.

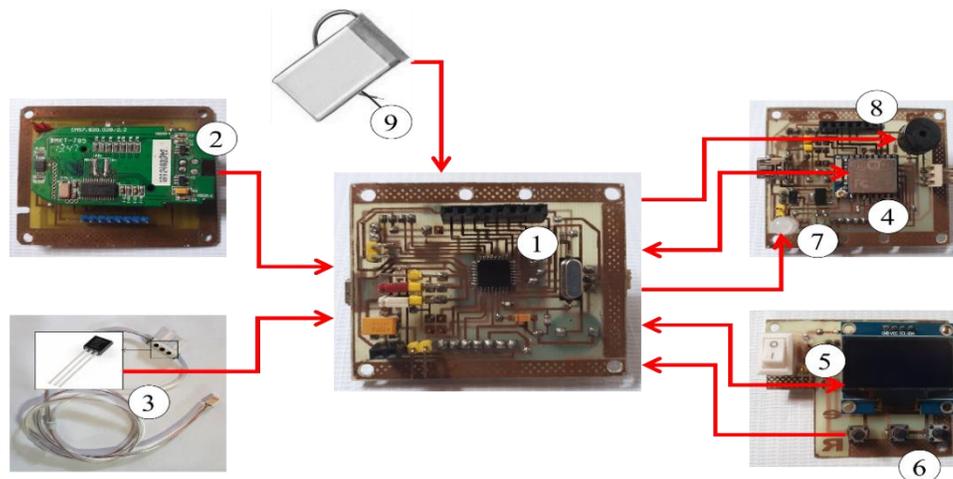
Berselang 2 tahun penelitian tersebut berkembang menjadi [3] yang berfokus ke arah desain perangkat. Mikrokontroler yang digunakan masih bertipe sama yaitu ATmega328P yang dilengkapi dengan sensor *pulse oximeter* untuk mengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Selain itu juga digunakan *termocouple breath* sensor untuk mengukur laju pernapasan. Komunikasi yang digunakan tidak hanya ZigBee tetapi juga menggunakan *bluetooth*. Dengan dimensi panjang 8 cm, lebar 5 cm, tinggi cm dan berat 120 gr, perangkat ini dapat bekerja pada 248-270 mA dan 917-999mW.

Penelitian [4] juga mendeskripsikan perangkat yang dirancang meliputi arduino nano, sensor temperatur, *photoplethysmography* dan komunikasi *wireless*. Berbeda dengan penelitian rujukan sebelumnya, penelitian ini menawarkan sensor *photoplethysmography* yang digunakan pada *pulse oximeter* untuk menghitung kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Keunggulan lain dari sensor tersebut yaitu sinyalnya dapat diekstraksi untuk menghitung tingkat pernafasan. Sehingga sensor temperatur hanya digunakan untuk mengukur suhu tubuh.

Serupa dengan [2], penelitian [5] memaparkan arsitektur komunikasi dari mobile node yang terhubung pada pasien ke *emergency center*. Komunikasi tersebut tersusun menjadi 3 *layer* dengan *mobile client units* (MCUs) di tubuh pasien sebagai *layer* 1. Perangkat MCUs yang digunakan terdiri dari Xilinx Spartan-6 sebagai *core* dengan tipe XC6LX9 FPGA, ECG, *pulse oximeter*, *body temperature* dan *multichannel auscultation*.

Penelitian [4] dan [5] menggunakan perangkat triase yang mengukur tanda-tanda vital dengan berbagai metode dan alat akan tetapi harganya relatif mahal (seperti penggunaan arduino nano dan FPGA).





**Gambar 1. Rangkaian dalam unit utama. (1) mikrokontroler; (2) SpO<sub>2</sub>; (3) Dallas temperatur; (4) ZigBee; (5) OLED display; (6) switch; (7) LED; (8) buzzer; (9) baterai.**

Sedangkan penelitian [2] dan [3] sudah menekankan produk yang dapat diproduksi di negara berkembang dengan harga relatif murah akan tetapi belum detail menggambarkan desain perangkat. Selain [2] masih menggunakan *termocouple* untuk mengukur tingkat pernapasan. Hal tersebut membutuhkan tambahan rangkaian penguat sinyal yang berfungsi mengubah sinyal dari tegangan yang cukup kecil menjadi tegangan yang lebih besar agar output dari *termocouple* dapat dibaca oleh *analog digital converter* (ADC). Oleh karena itu pada tulisan ini akan dijabarkan perangkat medis secara lebih detail disertai dengan beberapa solusi perancangan yang menyebabkan rendahnya biaya produksi.

### 3. Desain Sistem

Tanpa mengurangi kebutuhan data tanda vital pasien (detak jantung, kadar oksigen dalam darah, dan tingkat pernapasan), kami menyederhanakan perangkat medis seperti pada gambar 1. Unit utama yang akan dipasang pada pergelangan tangan pasien berukuran Panjang 6.5 cm, lebar 5.5 cm, dan tinggi 4 cm. Dilengkapi dengan OLED display 1.3 inch dengan resolusi 128 x 64 piksel untuk menampilkan hasil pengukuran sensor. Terdapat satu buah LED untuk fungsi ON/OFF, 1 buah LED indikator warna untuk triase tag, 3 buah switch untuk memilih menu dan sebuah buzzer. Sensor yang terhubung ke unit utama adalah *finger probe* dari *pulse oximeter* dan sensor Dallas temperatur.

#### 3.1. Mikrokontroler ATmega328PU

Pada umumnya pengolahan data mikrokontroler menggunakan paket rangkaian arduino yang sudah paten atau buatan pabrik. Kisaran harganya yaitu \$7 - \$8. Perlu diketahui bahwa rangkaian arduino tersebut didesain sekomples mungkin untuk memenuhi kebutuhan perancangan. Dalam tulisan ini, kami menyajikan rangkaian arduino yang dirancang sedemikian rupa khusus untuk mengolah data dari sensor pengukur tanda-tanda vital seperti pada gambar 2(a). Selain lebih ekonomis, hasil rancangan dibuat menjadi lebih efektif dan efisien. Bahkan dengan desain arduino tersebut, tegangan operasi dapat diturunkan dari 5 V. hal ini berarti tidak diperlukan lagi rangkaian penguat tegangan dari *power supply*. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega328PU SMD agar seluruh fitur arduino tetap ada. Komponen-komponen penyusun rangkaian antara lain 2 kapasitor keramik, 1 *crystal* 16 MHz, dan 1 resistor. Total biaya yang dihabiskan untuk membangun rangkaian kurang lebih \$2.3.

#### 3.2. Pulse oximeter

SpO<sub>2</sub> yang merupakan sensor *pulse oximeter* digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Rangkaian Gambar 2 (b) merupakan produk yang umum digunakan oleh tenaga medis dan dijual dipasaran.

Rangkaian tersebut merupakan hasil modifikasi dengan memisahkan *finger probe* dari rangkaian utama *pulse oximeter*. Selanjutnya rangkaian sensor digabungkan dengan unit utama perangkat medis untuk memudahkan pengolahan data. Hasil pengukuran sensor untuk kadar oksigen dalam darah dinyatakan dalam persentasi (%) sedangkan detak jantung dinyatakan dalam *pulse rate* denyut per menit (PRbpm).

### 3.3. Dallas temperatur

Sensor Dallas temperatur tipe DS18B20 diletakkan dalam selang pernafasan. Dengan posisi tepat di bawah hidung memudahkan perhitungan periode pernapasan. Dallas beroperasi pada suhu  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Itu berarti sensor ini sangat peka terhadap perubahan suhu napas antara tarikan dan hembusan. Kelebihan lain yaitu outputnya berupa data digital berupa level tegangan dengan nilai ketelitian  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam kisaran temperatur  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hal tersebut sangat menguntungkan dalam proses pembacaan mikrokontroller. Konsep perhitungan tingkat pernapasan ialah dengan mengetahui jumlah pernapasan per menit. Satu pernapasan merupakan satu kali tarikan napas dan satu kali hembusan napas. Tuntutan untuk menampilkan hasil jumlah pernapasan dalam setiap detik menyebabkan perhitungan harus dilakukan berdasarkan periode pernapasan. Oleh karena itu dimanfaatkan fitur millis arduino yang dapat menghasilkan jumlah milidetik di mulai sejak program berjalan. Millis juga menguntungkan sebab memiliki tipe data *unsigned long*. Periode pernapasan diperoleh dengan mengetahui selisih dari *current* millis ( $M_1$ ) dengan *previous* millis ( $M_0$ ) pada Rumus (1). Masing-masing nilai millis tersebut dicuplik ketika tegangan puncak terjadi. diasumsikan tegangan puncak merupakan proses hembusan nafas sehingga rentang waktu di antara 2 hembusan napas akan membentuk satu periode napas. Jika satuan menit diubah menjadi satuan millis dalam ms lalu dibagi dengan  $\Delta M$  maka diperoleh pernapasan per menit (RPM) yang dirumuskan pada Rumus (2).

$$\Delta M = M_1 - M_0 \quad (1)$$

$$RPM = \frac{60.000}{\Delta M} \quad (2)$$

### 3.4. Wireless communication

Sistem komunikasi didukung dengan modul Wifi ESP8266. Dari sisi harga, modul tersebut cukup terjangkau. Kelebihan lainnya yaitu bersifat *system on chip* (SOC) sehingga dapat langsung diprogram tanpa memerlukan mikrokontroller tambahan. Tidak hanya itu, ESP8266 juga dapat menjalankan peran sebagai *ad hoc access point* maupun *client* sekaligus.

### 3.5. Power supply

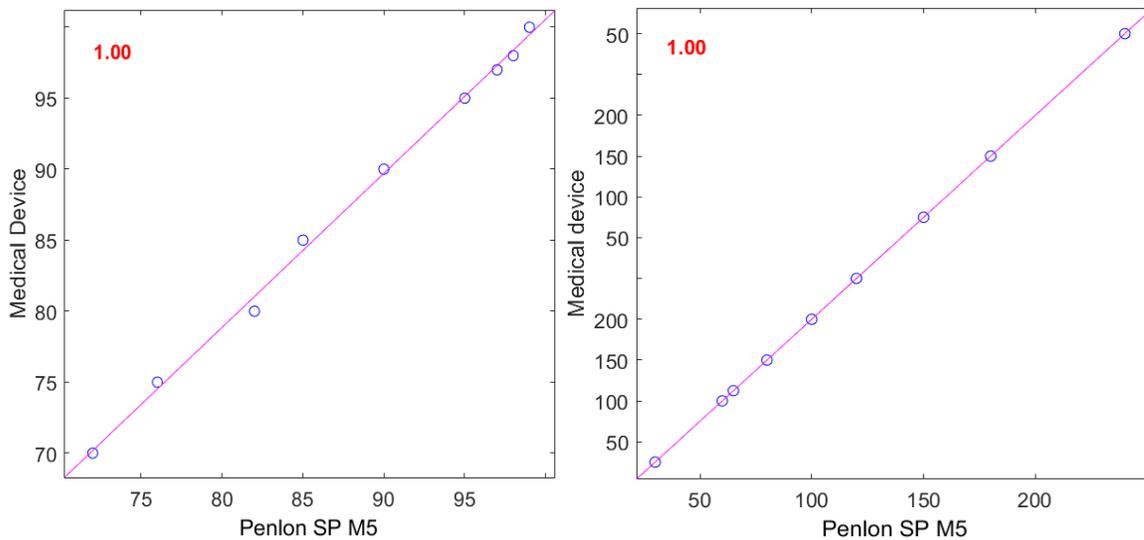
Sebagai sumber tegangan digunakan baterai LiPo 350 mAh. Tegangan yang dihasilkan yaitu 3.7 V. Mengingat bahwa unit utama pada perangkat medis hanya bekerja pada tegangan 3.3 V maka disisipkan IC regulator penurun tegangan pada *power supply*.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil desain perangkat medis akan dianalisis berdasarkan konsumsi daya dan keakuratan pembacaan sensor. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran konsumsi daya yaitu Sanwa *digital multimeter* CD800a. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa perangkat ini beroperasi pada tegangan 3.3 V dengan arus 184 mA sehingga total daya yang dibutuhkan ialah 680 mW.

Pengujian *pulse oximeter* pada perangkat medis dilakukan dengan menggunakan SPOT *Light SpO<sub>2</sub> pulse oximeter analyzer*. Alat tersebut merupakan perangkat kalibrasi yang menyerupai jari artifisial. Nilai kadar oksigen dalam darah dan detak jantung pada alat tersebut diatur secara manual. Prinsip kerjanya yaitu meletakkan jari artifisial ke dalam *finger probe*. Letak jari diatur sedemikian rupa hingga diperoleh kekuatan sinyal yang kuat saat dilakukan pembacaan. Opsi nilai kadar oksigen dalam darah berada pada rentang 70%-100% sedangkan jumlah detak jantung berada pada rentang 30-240 BPM.





Gambar 2. Korelasi pengujian sensor (a) kadar oksigen dalam darah dan (b) detak jantung

Nilai % yang tersedia untuk pengukuran kadar oksigen dalam darah antara lain: 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98 dan 100. Sedangkan jumlah detak jantung antara lain: 30, 60, 65, 80, 100, 120, 150, 180 dan 240. Berdasarkan hal tersebut maka pengujian akan dilakukan sebanyak 9 kali sesuai dengan jumlah opsi yang tersedia.

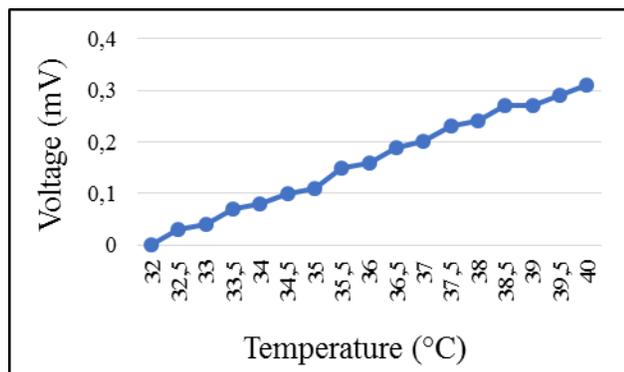
Pengujian *pulse oximeter* juga akan dilakukan pada alat kesehatan yang digunakan di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin Makassar yaitu Penlon SP M5. Jenis sensor SpO<sub>2</sub> yang digunakan oleh alat tersebut yaitu Nellcor OxiMax. Alat tersebut digunakan untuk memonitoring kondisi pasien berdasarkan tanda-tanda vital, termasuk kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Hasilnya akan dijadikan referensi kinerja perangkat medis yang dirancang. Hasil pengukuran keduanya akan ditampilkan pada grafik korelasi menggunakan MATLAB yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2(a) memperlihatkan sebaran nilai pengukuran kadar oksigen dalam darah dari perangkat medis yang dirancang terhadap garis linear Penlon SP M5. Dari gambar tersebut diketahui bahwa hasil pengukuran perangkat medis telah mengikuti tren garis linear. Beberapa *marker* tidak tepat berada di garis linear. Sebagai contoh riil, pengukuran kadar oksigen dalam darah oleh Penlon SP M5 yaitu 80% sedangkan oleh perangkat medis terbaca 82%. Namun hal ini diabaikan dan dianggap bahwa sensor masih

bekerja dengan baik sebab batas toleransi pengukuran  $\pm 3\%$ . Selain itu koefisien korelasi yang ditunjukkan oleh MATLAB pada sudut kiri atas Gambar 2(a) masih bernilai 1,00.

Untuk Gambar 2(b) menggambarkan sebaran nilai pengukuran detak jantung. Berbeda dengan nilai kadar oksigen dalam darah, hasil pengukuran detak jantung sepenuhnya berada pada garis linear. Ini menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan oleh perangkat medis sangat tepat dengan nilai Penlon SP M5. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja perangkat medis yang dirancang sama dengan Penlon SP M5 yang digunakan oleh rumah sakit. Koefisien korelasi antara keduanya juga bernilai 1,00.

Pengujian Dallas temperatur dilakukan untuk mengetahui respon tegangan pada sensor terhadap perubahan suhu. Hal tersebut dilakukan dengan menggunakan multimeter digital tipe FLUKE 73III dan termometer digital. Prinsip kerja pengujian ialah dengan menciptakan suhu yang menyerupai hembusan napas di lingkungan kerja sensor. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan *blower*. Suhu referensi yang digunakan ialah 32 °C berdasarkan suhu tubuh normal. Sedangkan limit suhu maksimum yang digunakan ialah 40 °C. Hasil pengukuran perubahan tegangan terhadap suhu terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Hasil pengukuran perubahan tegangan sensor Dallas terhadap perubahan suhu**

Dari hasil pengukuran perubahan tegangan Dallas temperatur terhadap perubahan suhu diketahui bahwa sensor dapat bekerja dengan baik. Setiap kenaikan suhu  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  menyebabkan kenaikan tegangan  $0.01 - 0.03\text{ mV}$ . Dengan hasil seperti itu maka mikrokontroler dapat mengartikan setiap puncak kenaikan tegangan sebagai siklus hembusan napas

## 5. Kesimpulan

Desain perangkat yang ditawarkan pada tulisan ini dapat menjalankan fungsi pengukuran tanda-tanda vital. Dengan berbagai kelebihan baik dari sisi rangkaian yang sederhana, komponen penyusun yang mudah diperoleh hingga harga yang terjangkau memungkinkan untuk diproduksi dalam jumlah yang besar. Tantangan

selanjutnya yaitu mengolah data-data hasil pengukuran sensor ke dalam algoritma triase. Diharapkan pemrosesan tersebut akan menghasilkan perangkat yang bekerja secara otomatis dalam memantau kondisi dan mengubah warna triase dari korban massal. Selain itu algoritma triase juga dapat dikelompokkan berdasarkan usia, misalnya untuk dewasa dan anak-anak, mengingat bahwa nilai tanda-tanda vital keduanya berbeda.

## Referensi

- [1] C. H. Lee, "Disaster and Mass Casualty Triage," *Virtual Mentor*, vol. 12, no. 6, pp. 466–470, 2010.
- [2] M. Niswar *et al.*, "Performance Evaluation of ZigBee-based Wireless Sensor Network for Monitoring Patients' Pulse Status," *Inf. Technol. Electr. Eng. (ICITEE), Int. Conf.*, pp. 291–294, 2013.
- [3] M. Niswar *et al.*, "The design of wearable medical device for triaging disaster casualties in developing countries," *2015 5th Int. Conf. Digit. Inf. Process. Commun. ICDIPC 2015*, pp. 207–212, 2015.
- [4] S. Moreno, A. Quintero, C. Ochoa, M. Bonfante, R. Villareal, and J. Pestana, "Remote monitoring system of vital signs for triage and detection of anomalous patient states in the emergency room," *2016 21st Symp. Signal Process. Images Artif. Vision, STSIVA 2016*, pp. 1–5, 2016.
- [5] C. Beck and J. Georgiou, "A wearable, multimodal, vitals acquisition unit for intelligent field triage," *Proc. - IEEE Int. Symp. Circuits Syst.*, vol. 2016–July, pp. 1530–1533, 2016.