

Kontrol Energi *Hybrid* Angin, Surya '*Photovoltaic*' dan *Fuel Engine* pada Kapal Model Katamaran

Yusril Islami¹, Budhy Setiawan², Agus Pracoyo³

[Submission: 26-08-2021, Accepted: 30-08-2021]

Abstract — The progress of marine transportation facilities is growing rapidly, this is inversely proportional to the availability of fossil fuels in the world. In Indonesian sea area, the renewable energy has the potential to replace fossil fuels for marine transportation, including wind energy and solar energy. Therefore, there is an idea to design ships with hybrid energy sources including sails by utilizing wind kinetic energy, solar photovoltaic, and fuel engines. The control system in this study is needed to regulate the use of energy. The control system works by monitoring the available power of the battery. When the battery power is below the working voltage, the microcontroller will command the starter switching circuit to activate the engine. Then the engine will rotate the generator to charge the battery until it is fully charged again. After the battery reaches the working voltage, the switching stop circuit will turn off the engine. Meanwhile, PV continues work to charge the battery as long as there is still sunlight. From the results of data collection concluded that the voltage generated by the generator is quite constant with a range of 300 RPM with a voltage of 14 Volts. While in PV the maximum power can be captured for 6 hours a day with an average of 60.07 Watts.

Keywords — Catamaran, Hybrid, Sail, Fuel engine, Photovoltaic

Intisari — Kemajuan sarana transportasi laut semakin berkembang pesat, hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar fosil yang ada di dunia. Di wilayah perairan Indonesia, energi terbarukan sangat berpotensi untuk menggantikan bahan bakar fosil bagi transportasi laut, diantaranya adalah energi angin dan energi matahari. Oleh karena itu muncul ide untuk merancang kapal dengan sumber energi hybrid, angin dengan media layar, *photovoltaic*, dan *fuel engine*. Sistem kontrol pada penelitian ini diperlukan untuk mengatur penggunaan energi yang ada di kapal. Cara kerja dari sistem kontrol yaitu dengan memonitor daya yang tersedia pada baterai. Ketika kondisi baterai berada dibawah tegangan kerja, maka mikrokontroler akan memberi perintah ke rangkaian switching starter untuk menyalakan engine.

Kemudian engine akan memutar generator untuk mengisi baterai sampai terisi penuh kembali. Setelah baterai sampai pada tegangan kerja maka rangkaian switching stop akan mematikan engine. Sementara itu PV terus bekerja mengisi baterai selama masih ada sinar matahari. Dari hasil pengambilan data disimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator cukup konstan dengan kisaran RPM 300 dengan tegangan 14 Volt. Sedangkan pada PV daya yang dapat ditangkap secara maksimal selama 6 jam dalam sehari dengan rata-rata 60,07 Watt.

Kata Kunci — Katamaran, *Hybrid*, Layar, *Fuel Engine*, *Photovoltaic*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, ketersediaan bahan bakar fosil di dunia semakin berkurang dengan tingginya kebutuhan bahan bakar fosil di setiap sektor, salah satunya pada sektor transportasi perkapalan. Hingga saat ini kapal-kapal yang beroperasi, khususnya di Indonesia sudah mulai meninggalkan layar sebagai penggerak kapal dan beralih ke mesin berbahan bakar fosil. Di Indonesia energi yang sangat berpotensi sebagai pengganti bahan bakar fosil, khususnya di perairan adalah energi angin dan energi matahari yang sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan energi kapal. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dibutuhkan adanya energi terbarukan yang digunakan untuk kebutuhan kapal selama beroperasi.

Peta kecepatan angin untuk muson barat berdasarkan data *WindSat* memiliki kecepatan angin dari 5m/s hingga 10m/s dari kedua data tersebut menunjukkan sebagian besar wilayah perairan Indonesia memiliki kecepatan angin diatas 8m/s [1]. Selain energi alternatif angin, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5

¹Yusril Islami, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang. E-mail : islamiy8@gmail.com

^{2,3}Budhy Setiawan, Agus Pracoyo, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang , Jl. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail : budhy.setiawan@polinema.ac.id, agus.pracoyo@polinema.ac.id



kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [2]. Dari data tersebut maka hal ini merupakan peluang yang bagus untuk dikembangkan kapal dengan menggunakan energi dari panel surya *photovoltaic* sebagai energi alat penggerak dan kebutuhan kelistrikan pada kapal dibantu dengan pemanfaatan energi kinetik angin dengan media layar sebagai propulsi kapal. Selain itu juga terdapat penambahan *fuel engine* sebagai penggerak generator yang digunakan pada saat energi dari panel surya tidak memenuhi kebutuhan *charge* pada baterai.

Dalam penggunaan energi *hybrid* layar, *photovoltaic*, dan *fuel engine* akan memiliki porsi pemakaian yang dapat berubah sesuai dengan keadaan cuaca dan daya yang terisi pada baterai. Maka, dalam penelitian ini akan dilakukan kontrol manajemen penggunaan energi agar kebutuhan energi pada kapal dapat terpenuhi secara kontinyu dengan melihat kemampuan energi tersebut dalam pemenuhan kebutuhan propulsi kapal katamaran.

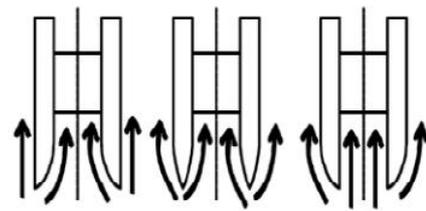
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kapal Katamaran

Kapal Katamaran merupakan kapal dengan lambung ganda (*Twin Hull*) dimana kedua lambung tersebut dihubungkan dengan konstruksi geladak yang kuat dan merentang di atasnya untuk menahan momen bending dan gaya geser yang besar dan bekerja terhadap garis tengah kapal. Kapal katamaran memiliki kestabilan yang sangat tinggi saat berjalan melawan gerakan air dan ombak, dikarenakan memiliki *beam* (*beam* adalah area yang dicover keseluruhan struktur kapal) yang luas akibat dari dua *hull* yang terhubung satu sama lain. Terdapat banyak model bentuk badan katamaran, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari katamaran, yaitu [3]:

1. Simetris
2. Asimetris dengan bagian dalam lurus
3. Asimetris dengan bagian luar lurus

Bentuk improvisasi aliran air yang akan melewati ketiga bentuk tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



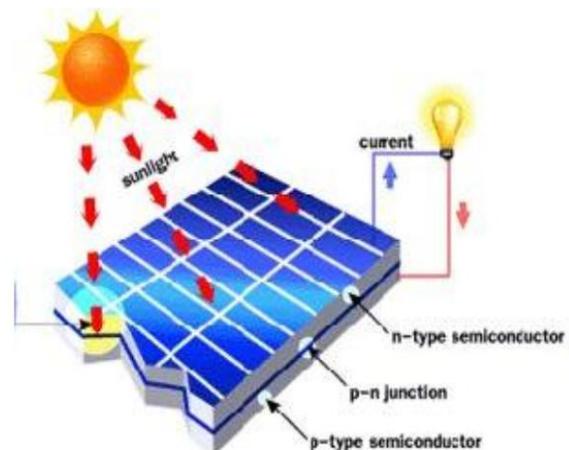
Gambar 1: Improvisasi Aliran Fluida Pada Kapal Katamaran

Katamaran dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal *monohull*, yaitu [4]:

1. Pada kapal dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama kecepatannya relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan *monohull*.
3. Volume benaman dan luas permukaan basah kecil.
4. Stabilitas yang lebih baik karena memiliki dua lambung.
5. Stabilitas lebih tinggi.
6. Dengan tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil.

B. Photovoltaic Module

Photovoltaic Module merupakan sebuah semi konduktor yang terdiri dari diode p-n *junction*, dimana ketika terkena cahaya matahari akan menciptakan energi listrik yang mampu dimanfaatkan, perubahan energi ini disebut efek *photoelectric* [5].



Gambar 2: Photovoltaic Module



Dari ilustrasi diatas menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip p-n *junction*. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya.

Perhitungan daya input dapat menggunakan persamaan 1 dibawah ini .

$$P_{in} = G \times A \quad (1)$$

Keterangan:

P_{in} = Daya input akibat Radiasi matahari (Watt)

G = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas area permukaan *photovoltaic* module (m²)

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2 dibawah ini.

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} \quad (2)$$

Keterangan :

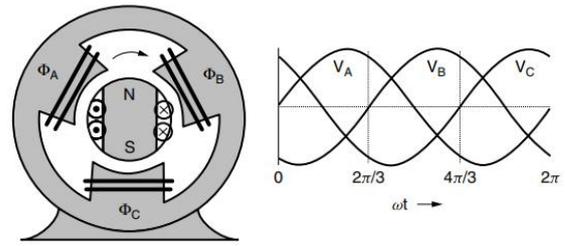
V_{max} = Tegangan pada daya maksimum (Volt)

I_{max} = Arus pada daya maksimum (Ampere)

C. Generator 3 fasa

Generator adalah suatu alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik.. Pada penelitian ini generator yang digunakan digerakkan oleh kinetik dari *engine*. Dimana dari putaran *engine* tersebut dapat memutar poros generator yang akan menghasilkan listrik dari kumparan yang ada di dalam generator.

Pada penelitian ini generator yang digunakan adalah generator sinkron 3 fasa yang memiliki kelebihan dengan daya yang dihasilkan cukup besar. Rotor pada generator memiliki 2 kutub yaitu kutub utara dan selatan, dengan 3 lilitan rotor, sehingga pada saat rotor berputar akan menginduksi masing2 rotor yang akan menghasilkan tegangan dengan masing masing beda fasa 120°. Seperti pada gambar di bawah ini. [6]



Gambar 3: 2 kutub, 3 fasa sinkron generator

Dalam mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik, alternator mengalami kehilangan daya. Oleh karena itu efisiensi alternator dapat dituliskan [7]

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

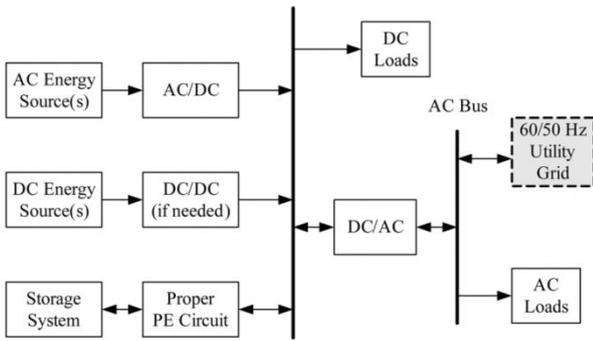
D. Hybrid Renewable Energy

Hybrid Renewable Energy merupakan integrasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda [8]. Konfigurasi sistem *hybrid renewable energy* adalah konfigurasi bus yang digunakan dalam pengoperasian sistem. Pada penerapan *hybrid renewable energy*, ada tiga jenis bus yaitu : ac bus, dc bus, dan ac-dc bus [9];[10].

1. DC Bus

Dalam konfigurasi DC Bus, sumber tegangan yang berbeda terhubung ke sebuah DC Bus melalui rangkaian power elektronik (PE) yang sesuai. Sumber DC dapat dihubungkan ke DC bus secara langsung dengan syarat tegangan harus sesuai. Jika terdapat beban DC, dapat disambungkan secara langsung atau melalui konverter DC / DC untuk mendapatkan tegangan yang sesuai dengan beban. Sistem ini juga dapat mensupply beban AC dengan menambahkan inverter untuk menghasilkan tegangan AC dari tegangan DC [11].

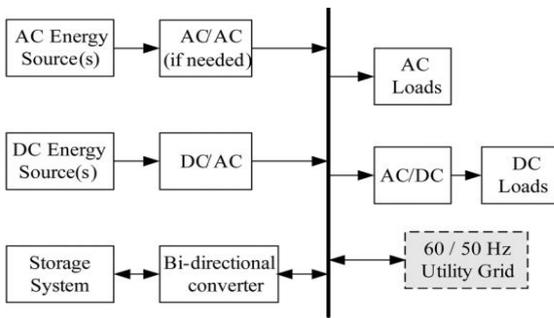




Gambar 4: Konfigurasi DC Bus

2. AC Bus

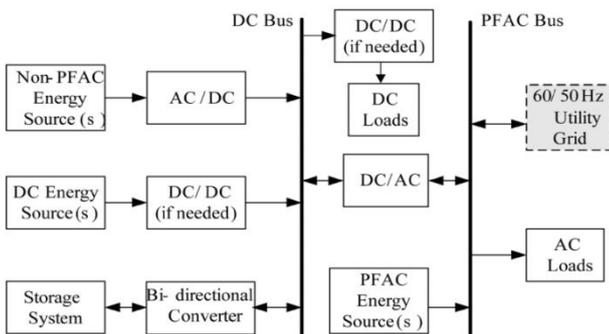
Dalam konfigurasi ini adalah energi yang dihasilkan dihubungkan ke AC Bus, Ditunjukkan pada gambar 5. dibawah ini [11].



Gambar 5: Konfigurasi AC Bus

3. AC-DC Bus

Dalam konfigurasi ini berbagai sumber dapat dihubungkan ke DC atau AC Bus, yang ditunjukkan pada Gambar 6.

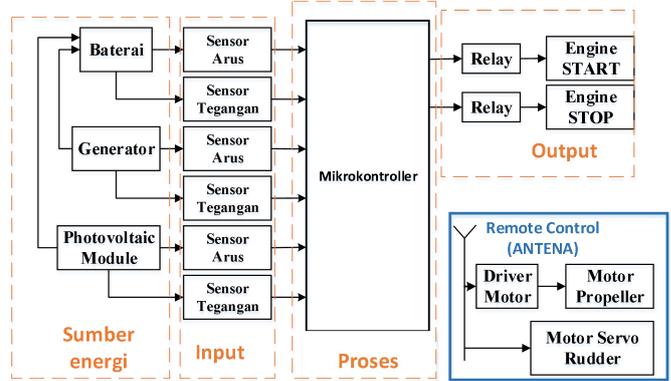


Gambar 6: Konfigurasi AC - DC Bus

Dalam konfigurasi ini, beberapa sumber energi dapat diintegrasikan secara langsung tanpa sirkuit penghubung ekstra. Akibatnya, sistem dapat memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dan mengurangi biaya. Di sisi lain tangan, kontrol, dan manajemen energi lebih rumit [11].

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem



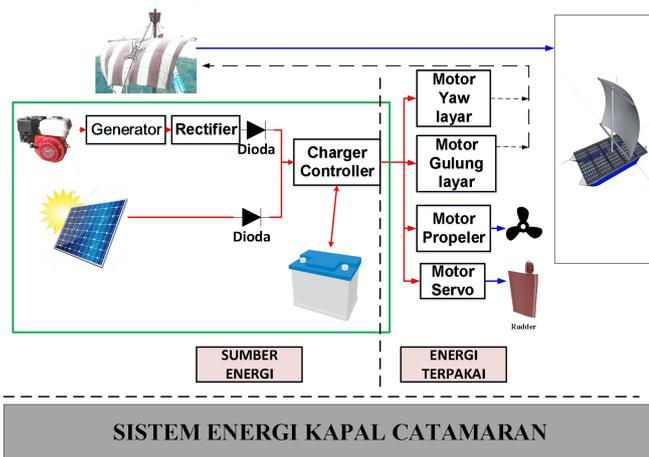
Gambar 7: Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 7 menunjukkan prinsip kerja dari sistem kontrol manajemen energi adalah dengan memonitor tegangan dari masing-masing sumber energi dengan menggunakan sensor tegangan. Sesnsor tegangan akan mengirimkan nilai tegangan ke mikrokontroller dan kemudian menjadi masukan bagi relay untuk menyalakan atau menghentikan Engine.

B. Pemetaan Energi Hybrid

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa sumber energi yang digunakan pada kapal ini adalah PV, dan generator yang digerakkan oleh fuel engine sebagai sumber energi untuk propeler, rudder, dan motor penggerak layar pada kapal, juga terdapat penambahan layar dengan memanfaatkan energi kinetik angin sebagai propulsi kapal. Pada kapal ini energi utama yang digunakan adalah energi angin dengan media layar.





Gambar 8: Sistem Energi Kapal Katamaran

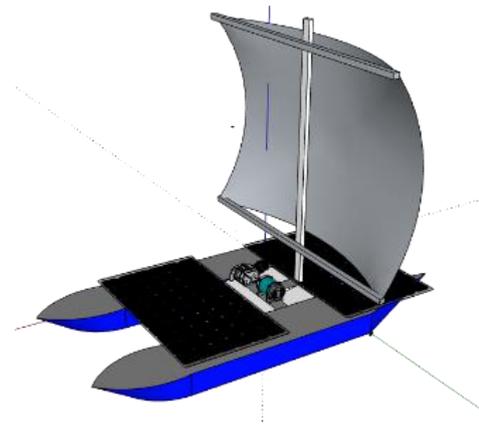
PV memanfaatkan energi matahari yang diubah menjadi tegangan listrik kemudian disalurkan ke *charge controller* agar tegangan stabil untuk disimpan pada baterai, dan digunakan untuk sumber tegangan pada motor penggerak layar, propeller dan rudder. *Fuel engine* digunakan untuk menggerakkan generator, generator tersebut akan menghasilkan tegangan AC. Selanjutnya disearahkan menggunakan *rectifier* untuk menghasilkan tegangan DC kemudian disalurkan ke *charge controller* untuk disimpan pada baterai dan digunakan untuk sumber tegangan pada motor penggerak layar, propeller dan rudder.

C. Prinsip Kerja

Pada alat ini sistem kontrol manajemen energi *hybrid* berfungsi pada saat daya pada baterai low power (di bawah tegangan kerja baterai yaitu 12,6 Volt). Kondisi tersebut akan mungkin terjadi ketika kondisi cuaca tidak mendukung untuk PV, dan juga pada saat malam hari, dimana baterai terus mengalami discharge sedangkan energi dari PV tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan charge pada baterai. Pada kondisi tersebut maka *fuel engine* akan menyala dan memutar generator, sehingga kebutuhan charge pada baterai diharapkan bisa terpenuhi.

D. Perancangan Mekanik

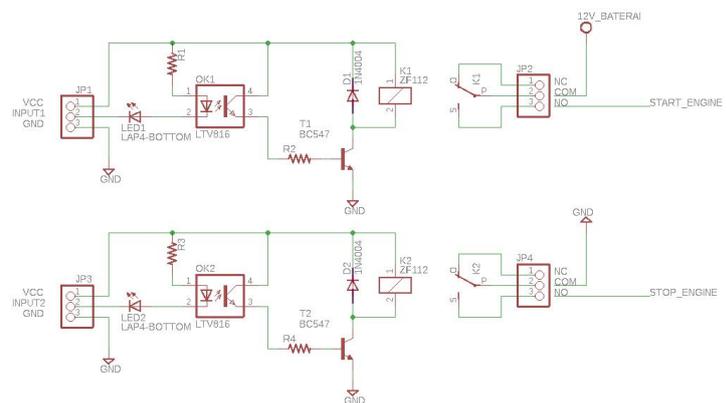
Perancangan mekanik ditunjukkan pada Gambar 9 merupakan kapal jenis katamaran di buat dengan spesifikasi Length of Arc 170 cm, Beam 100 cm, dan Depth 32 cm. Kapal akan dipasang layar dengan tinggi tiang 200 cm, dan luas layar 170cm x 150cm



Gambar 9: Desain mekanik kapal katamaran

E. Perancangan Rangkaian START dan STOP Engine

Pada *engine* yang dipakai sudah terdapat motor starter yang membutuhkan supply dari baterai 12V. Oleh karena dibutuhkanlah rangkaian *switching* untuk menyalakan dan mematikan *engine*. Rangkaian *switch* ini berupa modul relay yang di kendalikan oleh *Microcontroller*.



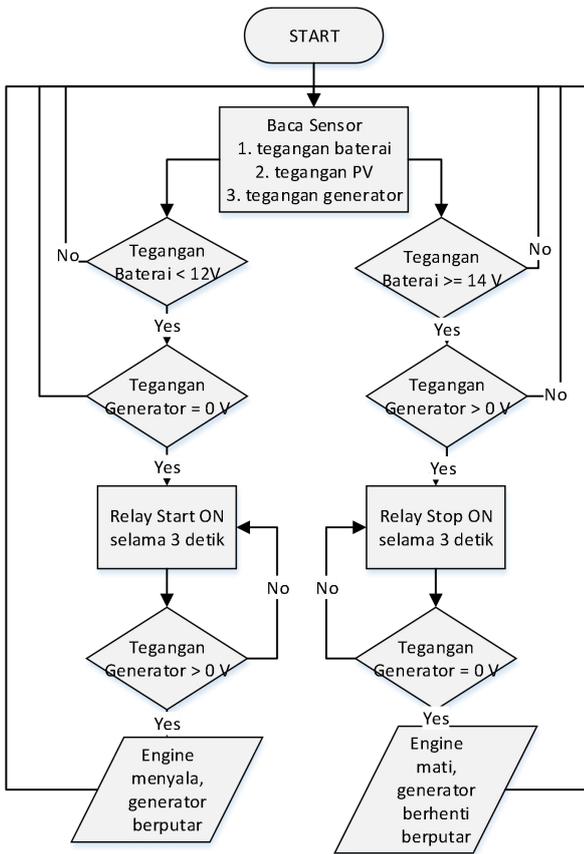
Gambar 10: Rangkaian START dan STOP Engine

Dari gambar 10, motor *starter engine* membutuhkan supply dari baterai 12V untuk menyalakannya. Output relay diatur sebagai *Normally Open (NO)*.

F. Perancangan Software

Ditunjukkan pada Gambar 11, pada proses aktivasi *engine*, jika tegangan baterai kurang dari 12 V, maka Relay START *engine* akan Aktiv selama 3 detik, apabila tegangan generator > 0 V maka menandakan bahwa *engine* menyala dan memutar generator, apabila tegangan generator = 0 V maka relay START *engine* akan aktif lagi selama 3 detik sampai tegangan generator > 0 V.





Gambar 11: Flowchart Software

Apabila tegangan baterai sudah lebih dari sama dengan 14 V maka Relay STOP engine akan Aktif selama 3 detik, apabila tegangan generator = 0 V maka menandakan bahwa engine telah mati dan generator berhenti berputar, apabila tegangan generator masih > 0 V maka relay STOP engine akan aktif kembali selama 3 detik sampai tegangan generator = 0 V.

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian Generator

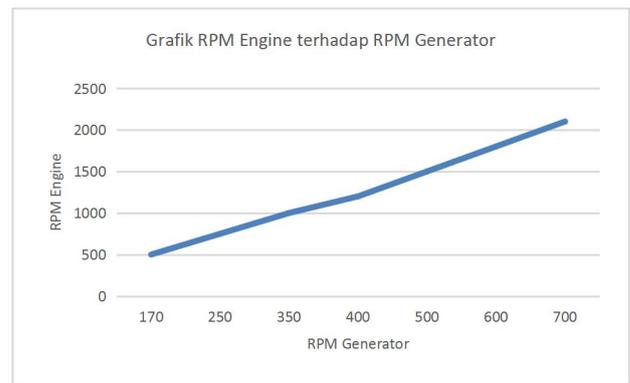
Pengukuran performansi generator dilakukan dengan cara menyambungkan rantai gear pada Engine dengan gear generator dan diberikan beban battery. Perbandingan gear pada generator dan gear engine adalah 1:3. Nilai RPM diperoleh dari tachometer. Hasil pengukuran performansi generator ditampilkan pada Tabel I, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.

TABEL I
HASIL PENGUKURAN PERFORMANSI GENERATOR

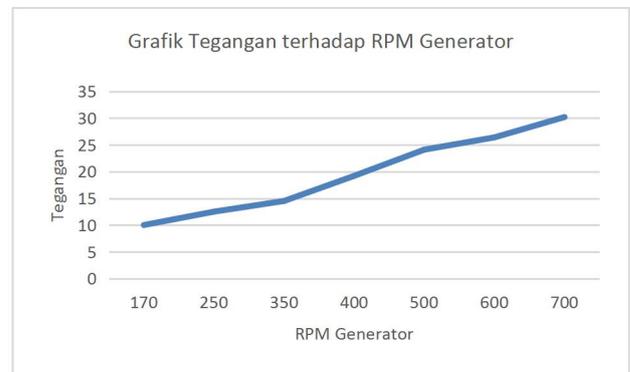
RPM Engine	RPM Generator	Tegangan	Arus
------------	---------------	----------	------

500	170	10.2 V	0.2 A
750	250	12.8 V	0.8 A
1000	350	18.2 V	1.4 A
1200	400	21.1 V	2 A
1500	500	25.8 V	2.6 A
1800	600	28.2 V	3.1 A
2100	700	32.5 V	3.5 A

Dari hasil pengukuran performansi generator minimal RPM yang dapat digunakan untuk pengisian battery sekitar 170 RPM yang menghasilkan tegangan sekitar 10.2 Volt dan arus pengisian sekitar 0.2 Ampere.

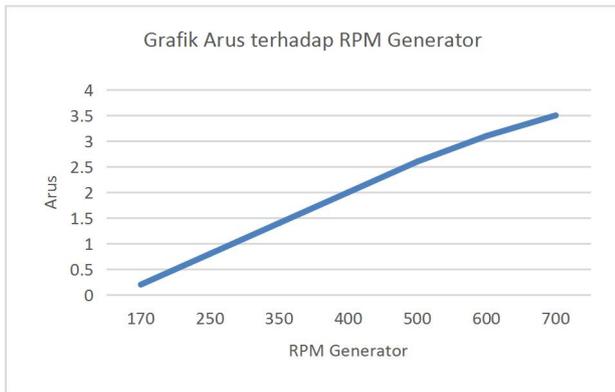


Gambar 12: Grafik RPM engine dan RPM generator

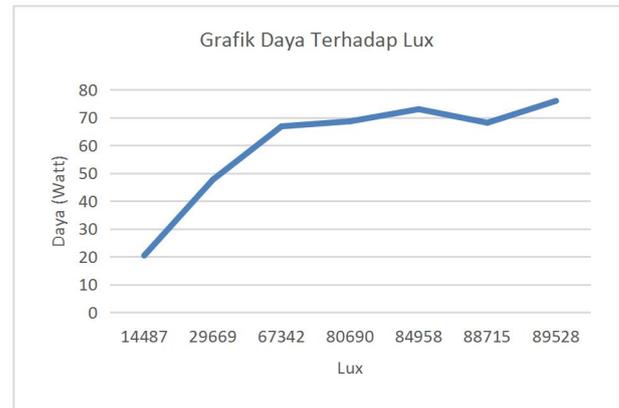


Gambar 13: Grafik tegangan terhadap RPM generator





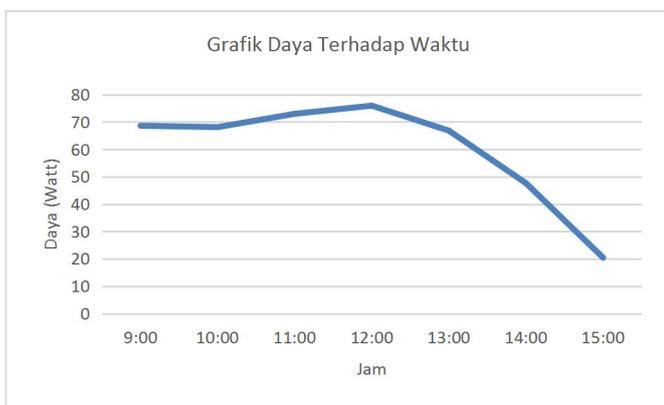
Gambar 14: Grafik Arus Terhadap RPM generator



Gambar 16: Grafik Daya Terhadap Intensitas Cahaya

B. Pengujian Photovoltaic

Pengukuran performansi *photovoltaic* dilakukan mengetahui performa energi yang dihasilkan untuk keperluan pengisian baterai. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan 2 buah PV secara parallel. Hasil pengukuran *photovoltaic* ditunjukkan pada Gambar 15 yang menunjukkan nilai daya daya terhadap waktu. Didapatkan daya tertinggi sekitar 75 Watt. Sedangkan rata-rata daya pada rentang waktu pengujian sekitar 60.07 Watt.



Gambar 15: Grafik Daya Terhadap Waktu

Pada gambar 16 menunjukkan nilai daya terhadap intensitas cahaya, Semakin tinggi nilai intensitas cahaya maka nilai daya yang dihasilkan oleh PV cenderung semakin tinggi. Dari percobaan yang dilakukan, Daya PV yang digunakan adalah 200WP sedangkan hasil dari pengujian PV dapat menghasilkan 420Wh. Efisiensi dari PV adalah 30%.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol manajemen energi pada kapal model katamaran ini berfungsi apabila tegangan baterai berada dibawah tegangan kerja baterai yaitu 12,6 Volt, sedangkan PV bekerja secara maksimal pada kisaran waktu 6 jam per-hari dengan rata-rata daya yang dihasilkan adalah 60,07 Watt.
2. Tegangan yang dihasilkan oleh generator cukup stabil dikarenakan putaran dari *engine* yang bekerja dengan kecepatan relatif tetap.

B. Saran

1. Mengurangi getaran *engine* sehingga dapat membuat kinerja *engine* terhadap generator dapat bekerja dengan maksimal.

REFERENSI

- [1] H. P. Dida, S. Suparman and D. Widhiyanuriyawan, "Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuickScat dan Windsat," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 7, pp. 95-101, 2016.
- [2] G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 9, pp. 37 - 46, 2012.



- [3] D. Chrismiando, B. Arswendo and Y. Sobirin, "Pengaruh Variasi Bentuk Hull Kapal Catamaran Terhadap besar Hambatan Total Menggunakan CFD," *KAPAL*, vol. 11, no. 2, pp. 99 - 106, 2014.
- [4] E. Muk-Pavic, S. Chin and D. Spencer, "Validation Of The CFD Code Flow-3D For The Free Surface Flow Around The Ship's Hulls," *Annual Conference Of The CFD Society of Canada*, 2006.
- [5] R. AR, G. N and C. B, "Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur," *JUNRAL TEKNIK POMITS*, 2016.
- [6] Gilbert, M. Masters. *Renewable and efficient electric power systems*. John Wiley & Sons, 2004.
- [7] KUSUMA, A., et al. Analisa Generator 3 Fasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk PLTB. *Eksergi*, 2016, 11.1.
- [8] D. P. Sari and R. Nazir, "Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator - Photovoltaic Array Menggunakan Homer," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, pp. 1 - 12, 2015.
- [9] A. Yogiarto , H. Budiono and I. A. Aditya, "Configuration Hybrid Solar System (PV), Wind Turbine, And Diesel," in *IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy* , Bali, indonesia, 2012.
- [10] I. B. Kyari and J. Y. Muhammad , "Hybrid Renewable Energy Systems for Electrification: A Review," *Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 8, no. 2, pp. 32 - 39, 2019.
- [11] M. H. Nehrir, C. Wang, K. Strunz, R. Ramakumar, J. Bing, Z. Miao and Z. Salameh, "A Review of Hybrid Renewable/Alternative Energy Systems for Electric Power Generation: Configurations, Control, and Applications," *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*, vol. 2, no. 4, pp. 392 - 403, 2011.

