

## ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK PADA SEPEDA STATIS

Alfon Dwi Pratama Napitupulu<sup>1\*</sup>, I Gede Eka Lesmana<sup>2</sup>, Agri Suwandi<sup>3</sup>

<sup>\*123</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Srengseng Sawah Jagakarsa, 12640

<sup>3</sup>E-mail : agrisuwandi@univpancasila.ac.id

### ABSTRAK

Pentingnya manfaat akan energi listrik bagi masyarakat Indonesia untuk kehidupan sehari - hari tidak dapat sepenuhnya disuplai oleh PLN. PLN hanya dapat mensuplai 48% pasokan listrik untuk rumah tangga, sehingga banyak rumah tangga di desa yang belum dapat menikmati energi listrik. Maka perlu adanya pengembangan energi alternatif sebagai tambahan pasokan energi listrik rumah tangga. Salah satu energi alternatif dapat dihasilkan dari kerja mekanik. Sepeda statis merupakan alat bantu yang dapat digunakan dalam menghasilkan energi listrik. Setiap ayunan sepeda statis mampu menghasilkan suatu energi kinetik yang dapat diubah menjadi energi listrik, yaitu dengan cara menghubungkan sepeda statis ke alternator untuk menghasilkan tegangan volt DC. Tegangan yang dihasilkan akan disimpan pada akumulator (battery/aki), lalu tegangan volt DC battery dihubungkan dengan menggunakan *boost converter (voltage regulator)* untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi. Tegangan keluaran *boost converter* akan dihubungkan dengan *single phase fullbridge inverter* untuk mengubah tegangan menjadi volt AC. Analisis sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis bertujuan untuk mendapatkan parameter kecepatan putaran pedal yang optimal agar waktu pengisian battery cepat penuh. Berdasarkan hasil perhitungan, kecepatan pedal yang didapat adalah 2000 rpm dengan kapasitas listrik sebesar 50 VA.

**Kata Kunci:** sistem pembangkit energi listrik, sepeda statis, energi alternatif

### ABSTRACT

*The importance of the benefits of electric energy for the people of Indonesia for daily life cannot be fully supplied by PLN. PLN can only supply 48% of the electricity supply for households, so that many households in the village have not been able to enjoy electricity. Hence the need for the development of alternative energy as an additional supply of household electrical energy. One alternative energy can be generated from mechanical work. Static bike is a tool that can be used in generating electrical energy. Each static bike swing is capable of generating a kinetic energy that can be converted into electrical energy, that is by connecting a static bike to the alternator to generate a DC voltage. The resulting voltage will be stored on the accumulator (battery / battery), then the DC voltage of the battery voltage is connected by using a boost converter (voltage regulator) to obtain a higher voltage. The boost converter output voltage will be connected to a single phase fullbridge inverter to convert the voltage into an AC voltage. Analysis of electric power generation system on a static bike aims to obtain optimal pedal rotation speed parameters for fast full battery charge time. Based on the calculation, the speed of the pedal is 2000 rpm with an electric capacity of 50 VA.*

**Keywords:** power plant system, static bike, alternative energy

### PENDAHULUAN

Pentingnya manfaat akan energi listrik bagi masyarakat Indonesia untuk kehidupan sehari - hari tidak dapat sepenuhnya disuplai

oleh PLN. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya

Mineral (Statistik Ketenagalistrikan , 2015), sehingga PLN hanya dapat mensuplai 48% Dengan melihat laju pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun meningkat, maka kebutuhan akan listrik ikut meningkat, sehingga perlu menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan terjangkau.

Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah energi manusia, dimana manusia akan mengayuh sepeda sehingga gerakan pada sepeda yang nantinya akan diubah menjadi energi listrik yang dapat dijadikan sebagai pembangkit listrik. Penggunaan sepeda sebagai sarana transportasi kini berkembang, seperti salah satu penelitian yang dilakukan di Osaka, Jepang oleh Jacopo Guanetti, Simone Formentin, Matteo Corno, dan Sergio M. Savaresi pada tahun 2015. Namun penelitian yang dilakukan untuk mempermudah dalam bertaransportasi, bukan untuk menghasilkan energi listrik, yang nantinya energi listrik tersebut digunakan pada keperluan perangkat elektronik, seperti halnya menge-charge *battery handphone*.

Kini penggunaan sepeda sebagai sarana olahraga yang awalnya membutuhkan rute atau area untuk mengayuh, sepeda kini sudah dapat digunakan di dalam rumah untuk berolahraga. Setiap orang dapat berolahraga di rumah tanpa harus memikirkan rute kemana saja untuk bersepeda dan tanpa takut udara polusi yang dihirup dengan menggunakan sepeda statis.

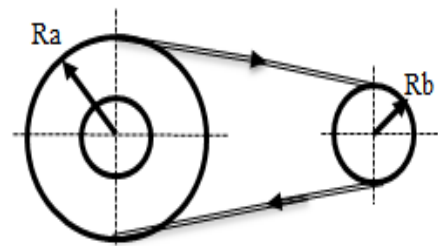
Pada saat ini, penggunaan sepeda statis sebagai sarana olahraga sangat banyak diminati oleh semua umur maupun gender. Dengan melihat kebutuhan akan energi listrik bagi kehidupan sehari-hari serta penggunaan akan sepeda statis pada masyarakat khususnya perkotaan, sepeda statis dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil energi listrik. Dalam setiap ayunan sepeda statis yang dilakukan dapat menghasilkan suatu energi khususnya energi kinetik yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Pembangkit energi listrik pada sepeda statis merupakan suatu metode dalam penyediaan energi listrik dengan cara menghubungkan sepeda statis ke alternator, lalu sepeda statis tersebut digunakan sebagai alternator atau dinamo ampere untuk menghasilkan tegangan Volt DC. Tegangan yang dihasilkan akan disimpan pada

akumulator (baterai/aki), lalu tegangan Volt DC baterai dihubungkan dengan menggunakan *boost converter (voltage regulator)* untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi (Ambar Mazta, Melzi. 2016) Tegangan keluaran *boost converter* akan dihubungkan dengan *single phase fullbridge inverter* untuk mengubah tegangan menjadi Volt AC. Dengan demikian, arus yang telah dihasilkan bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga yang menggunakan tegangan AC. Namun apabila peralatan rumah tangga yang menggunakan tegangan DC, bisa langsung digunakan tanpa harus menghubungkannya ke *single phase fullbridge inverter (inverter)*.

**Sistem Kinerja Roda**

Sepeda statis yang digunakan sebagai pembangkit energi listrik memiliki roda yang akan digunakan sebagai penghasil energi listrik yang akan dihasilkan. Sepeda statis yang digunakan memiliki satu percepatan, yaitu pada roda bagian belakang, dimana roda sepeda dihubungkan ke *puley* alternator dengan menggunakan sebuah *belt*.



Gambar 1. Hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan belt

Jumlah rpm yang dihasilkan pada roda sepeda statis akan sama dengan roda pada alternator, sesuai dengan hukum fisika pada gerak melingkar yang dihubungkan dengan rantai atau sabuk (*belt*) akan menghasilkan arah putar yang sama dan rotasi yang dihasilkan sama (Utomo, Pristiadi. 2017). Dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_1 = V_2$$

$$\omega_1 \times r_1 = \omega_2 \times r_2 \dots\dots\dots(1.1)$$

**Sistem kinerja alternator**

Sistem mekanik yang dilakukan pada roda sepeda statis akan dihubungkan pada

*alternator* dengan menggunakan *belt* sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan akan disalurkan oleh *puley* yang memutar rotor dan menghasilkan arus bolak-balik pada stator, arus listrik yang dihasilkan kemudian akan dirubah menjadi arus searah oleh *rectifier* (dioda). Arus bolak-balik yang mengalir masuk ke dioda akan diubah menjadi arus searah oleh dioda, karena dioda memungkinkan arus hanya mengalir pada satu arah. Dioda dipasang di dalam alternator, sehingga *output* listrik dari alternator sudah berupa arus searah ketika dialirkan ke akumulator (baterai/aki).

**Sistem kinerja *voltage regulator***

Sistem pembangkit energi listrik ini menggunakan tenaga manusia sebagai sistem mekanik yang nantinya akan menggerakkan roda yang tersambung dengan alternator. Pada saat mengayuh sepeda, pasti ada saat dimana manusia mengayuh dengan kecepatan yang tidak konstan yang disebabkan stamina manusia konstan dari awal melakukan aktivitas sampai waktu yang diinginkannya untuk berhenti. Sedangkan untuk mengisi akumulator, tegangan output yang dihasilkan alternator harus terjaga besarnya pada kecepatan tinggi. Hal ini dilakukan agar alternator dapat mengisi akumulator tanpa merusak akumulator tersebut.

**Sistem kinerja akumulator**

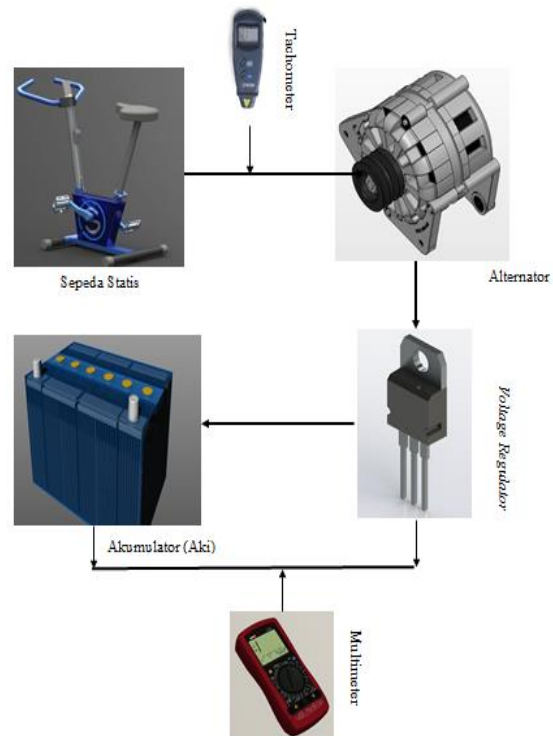
Akumulator (baterai/aki) yang digunakan untuk sistem pembangkit energi listrik ini adalah akumulator kering, dengan spesifikasi tegangan 12 volt dan kapasitas 6 Ah.

Dengan spesifikasi tersebut, akumulator yang akan digunakan memiliki tegangan kerja 12 volt, dan memiliki 6 buah sel yang disusun secara seri dan masing-masing sel memiliki tegangan 2 volt dimana tiap sel dipisahkan oleh dinding penyekat dan memiliki cairan elektrolit masing-masing. Cairan elektrolit yang dipakai untuk mengisi akumulator (baterai/aki) adalah larutan encer asam sulfat yang tidak berwarna dan tidak berbau . untuk cairan pengisi akumulator (baterai/aki) dipakai elektrolit dengan berat jenis 1260 pada 20°C.

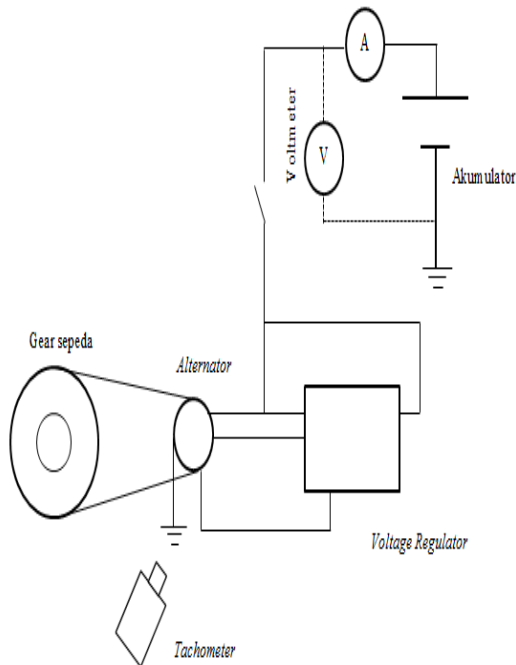
Akumulator (baterai/aki) yang akan digunakan memiliki kapasitas 6 Ah, yang artinya akumulator (baterai/aki) ini dapat memberikan kuat arus 6 ampere dalam 1 jam, atau 1 ampere dalam 6 jam.

**Skema Aliran**

Pada saat sebelum melakukan analisis pada penelitian, terlebih dahulu dibuat skema aliran. Proses aliran listrik yang akan dihasilkan, agar proses penelitian dapat dikontrol apabila terjadi sebuah kesalahan yang mengakibatkan jalannya penelitian tidak berjalan sesuai keinginan atau penelitian terhambat yang mengakibatkan kegagalan. Adapun skema proses aliran yang akan digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Perancangan skema proses aliran sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis



Gambar 3. Skema aliran sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis

Sistem aliran listrik yang akan dihasilkan akan dimulai dari gerak gear sepeda statis, yang akan dihubungkan ke pulley alternator dengan v-belt. Putaran yang akan dilakukan harus dapat menggerakkan alternator, dimana alternator akan digerakkan dengan kecepatan 1500 rpm dan diukur dengan tachometer. Ketika pulley alternator berhasil bergerak pada kecepatan 1500 rpm, maka alternator akan menghasilkan listrik DC yang akan disimpan dalam akumulator (Subodro, Romad. 2015). Pada proses penyimpanan listrik yang dihasilkan alternator, alternator akan dihubungkan dengan voltage regulator lalu dihubungkan ke akumulator. Voltage regulator akan berguna untuk menjaga tegangan dan arus agar tetap stabil untuk mengisi akumulator. Arus yang nantinya akan disimpan di ukur dengan multimeter untuk melihat seberapa besar arus dan tegangan yang didapat.

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian akumulator (baterai/aki), dapat menggunakan persamaan berikut (Hasan, Umar. 2015):

a. Lama Pengisian Arus

$$T_a = \frac{C}{I} \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan:  
 Ta = Lamanya pengisian arus (jam)  
 C = Besarnya kapasitas akumulator (Ah)

I = Besarnya arus pengisian ke akumulator (A)

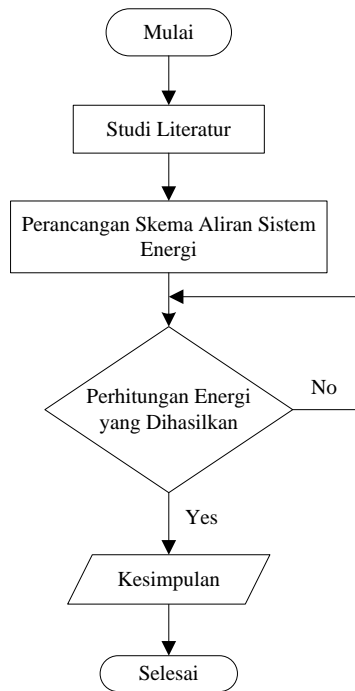
b. Lama Pengisian Daya

$$T_d = \frac{\text{Daya Ah}}{\text{Daya A}} \dots\dots\dots (1.3)$$

Keterangan:  
 Td = Lamanya pengisian daya (jam)  
 Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan akumulator (Watt hour)  
 Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan akumulator (watt)

**METODE**

Metode penelitian yang dilakukan untuk menganalisis sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis diawali dengan studi literatur mengenai alat serta prinsip kerja setiap alat yang dibutuhkan untuk merancang dan membuat sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis. Kemudian pada tahap selanjutnya akan dilakukan pemilihan alat yang tepat dalam sistem pembangkit energi listrik. Setelah pemilihan alat yang telah disediakan berdasarkan prinsip kerja masing-masing alat, akan dilakukan perancangan skema aliran sistem energi. Setelah itu akan dilakukan proses perhitungan enegi yang dihasilkan, apabila ada kesalahan, maka akan dilakukan perbaikan skema aliran. Jika tidak ada kesalahan, akan dilanjutkan dengan analisis kinerja setiap alat yang digunakan pada sistem pembangkit energi listrik (alternator, voltage regulator, dan akumulator).



Gambar 4. Diagram metode penelitian

**1. Konsep perhitungan sistem pembangkit energi listrik**

Mengimpon data-data mengenai alat serta prinsip kerja setiap alat yang dibutuhkan serta data hasil perhitungan yang terkait. Hal ini dilakukan agar mendapatkan metode penelitian yang efektif.

**2. Bentuk tahapan perhitungan**

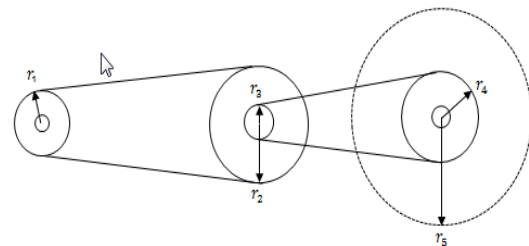
Perhitungan pada energi alternatif yang dilakukan merupakan bentuk dari besarnya energi yang dapat dihasilkan pada energi baru terbarukan dengan sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis. Perhitungan yang dilakukan dibagi menjadi tiga tahapan, seperti: pertama, perhitungan terhadap pedal sepeda untuk memutar alternator. Kedua, perhitungan putaran alternator dalam menghasilkan energi listrik yang didapat dari sistem mekanik yang terhubung pada roda sepeda statis. Karakteristik yang ingin diketahui adalah tegangan dan arus listrik, serta besarnya daya yang dihasilkan pada putaran tertentu. Dari perhitungan ini, akan diketahui berapa kecepatan putaran alternator, apakah sesuai dengan yang diinginkan

untuk menghasilkan tegangan dan arus listrik yang cukup untuk mengisi akumulator. Ketiga, perhitungan yang dilakukan pada saat proses pengisian akumulator. Pada hasil perhitungan ini akan diperoleh data mengenai besarnya tegangan yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Kecepatan Pedal Sepeda**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar output yang dihasilkan pada *alternator* yang digunakan. Dari pengujian yang dilakukan, data yang diperoleh berupa tegangan listrik dan arus listrik. Perhitungan kecepatan pada alternator akan dilakukan dalam beberapa kecepatan yang berbeda untuk mengetahui berapa kecepatan alternator yang optimal dalam mengisi akumulator nantinya. Kecepatan alternator yang akan dianalisis adalah 1500 rpm, 1700 rpm, dan 2000 rpm. Sehingga diperlukan kecepatan putar pedal yang diperlukan untuk menggerakkan alternator



Gambar 5. Skema sistem mekanik pada *gear* sepeda dan *pulley alternator*

Jumlah rpm yang dihasilkan pada roda sepeda statis akan sama dengan roda pada alternator, sesuai dengan hukum fisika pada gerak melingkar yang dihubungkan dengan rantai atau sabuk (*belt*) akan menghasilkan arah putar yang sama dan rotasi yang dihasilkan sama.

Diketahui:

- $r_1$  (alternator) = 4 cm
- $r_2$  (*pulley*) = 13,6 cm
- $r_3$  (*gear*) = 2,95 cm
- $r_4$  (*gear* pedal) = 11,65 cm

$r_5$  (lintasan pedal) = 8,26 cm

Dengan menggunakan persamaan yang berlaku pada hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan *belt*, untuk *pulley* 1 dan 2 berlaku:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ \omega_1 \times r_1 &= \omega_2 \times r_2 \\ \frac{\omega_1}{\omega_2} &= \frac{r_2}{r_1} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} &= \frac{r_1}{13,6} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} &= \frac{4}{13,6} \\ \frac{\omega_1}{\omega_2} &= 3,4 \\ \omega_2 &= \frac{\omega_1}{3,4} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaa yang berlaku pada hubungan roda-roda yang sepusat, untuk roda 2 dan 3 berlaku:

$$\begin{aligned} V_3 &= V_4 \\ \omega_3 \times r_3 &= \omega_4 \times r_4 \\ \frac{\omega_3}{\omega_4} &= \frac{r_4}{r_3} \\ \frac{\omega_3}{\omega_4} &= \frac{11,65}{2,95} \\ \frac{\omega_3}{\omega_4} &= 3,949 \\ \omega_4 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_4 &= \frac{\omega_1 / 3,4}{3,949} \\ \omega_4 &= \frac{\omega_1}{13,4266} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang berlaku pada hubungan roda-roda sepusat, untuk *gear* 4 dan 5 berlaku:

$$\begin{aligned} \omega_4 &= \omega_5 \\ \omega_5 &= \frac{\omega_1}{13,4266} \end{aligned}$$

Kecepatan alternator yang diinginkan adalah 1500 rpm sehingga kecepatan putar pedal sepeda adalah:

$$\begin{aligned} \omega_5 &= \frac{\omega_1}{13,4266} \\ \omega_5 &= \frac{1500}{13,4266} \\ \omega_5 &= 111,7185 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putar pedal yang dibutuhkan untuk menggerakkan alternator pada kecepatan 1500 rpm adalah 111,7185 rpm.

Tabel 1. Analisis kecepatan pedal sepeda

Alternator (rpm)	Pedal (rpm)
1500	111,7185
1700	126,6143
2000	148,9580

Pada penelitian ini menggunakan akumulator 12 volt dan 6 ah, sehingga kapasitas listrik (daya) yang dihasilkan adalah sebesar

$$\begin{aligned} P &= I \times V \times \cos \pi \\ P &= 6 \times 12 \times 0.8 \\ &= 57,6 \text{ VA (Watt)} \end{aligned}$$

### SIMPULAN DAN SARAN

Pengisian akumulator yang dilakukan pada sistem pembangkit energi listrik pada sepeda statis dengan daya yang dihasilkan adalah sebesar 57,6 VA (watt).

Dari data yang didapat, kestabilan putaran pedal dapat dipertahankan dengan menggunakan gearbox dan manusia yang mengkayuhnya tidak cepat lelah untuk mengisi penuh akumulator.

### DAFTAR PUSTAKA

- Statistik Ketenagalistrikan, Direktorat Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. Jakarta.
- Kholis Nur Faizin. 2016. Pengaruh Variasi Diameter Pulley Alternator dan Daya Motor Terhadap Arus dan Kecepatan Proses Pengisian Baterai 12 Volt. Madiun.

- Jacopo Guanetti, Simone Formentin, Matteo Corno, Sergio M. Savaresi., 2015. Optimal Energy Management in Series Hybrid Electric Bicycles. Osaka.
- Pristiadi Utomo. 2017. Gerak Melingkar Beraturan. Jakarta.
- Rohmad Subodro. 2015. Pengaruh Ukuran Pulli dan Penambahan Jumlah Lilitan Spoel pada Alternator Konvensional Terhadap Voltage yang Dihasilkan, Surakarta.
- Melzi Ambar Mazta, Ahmad Saudi Samosir, Abdul Haris., 2016. Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino. Bandar Lampung.
- Umar Hasan, Dedid Cahya., 2015. Sistem Charging Baterai Pada Perancangan Mobil Hybrid. Surabaya.