

Rancang Bangun Prototipe Polisi Tidur Sebagai Pembangkit Listrik Energi Alternatif

1st Naufal Haifan
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
nflhfn@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yulian Zetta Maulana
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
yulianm@telkomuniversity.ac.id

3rd Gunawan Wibisono
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
gwibisono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak--Peningkatan kebutuhan energi listrik mendorong pengembangan sistem pemanenan energi alternatif. Salah satu solusi yang diterapkan adalah pemanfaatan energi mekanik dari kendaraan yang melewati polisi tidur untuk diubah menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem pemanenan energi pada polisi tidur menggunakan generator DC. Prototipe ini dirancang untuk memanfaatkan tekanan dan gerakan yang dihasilkan oleh kendaraan sebagai sumber energi mekanik, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator DC. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menghasilkan listrik dengan efisiensi rata-rata 10.46 % dan rata-rata energi tersimpan 0.0039 Joule per detik. Estimasi waktu pengisian penuh baterai 18650 (2000 mAh) sekitar 1818 jam (75 hari). Sistem memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif untuk aplikasi daya sangat rendah atau sebagai bagian dari sistem yang lebih besar

Kata kunci - pemanenan energi, generator DC, polisi tidur, energi alternatif, konversi energi

I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan fondasi penting dalam menopang kemajuan peradaban manusia. Kemampuan untuk berpindah dan mendistribusikan barang telah memungkinkan terjadinya interaksi sosial, perkembangan ekonomi, dan penyebaran ilmu pengetahuan. Namun, kemajuan di bidang transportasi juga diiringi oleh perilaku yang kurang bertanggung jawab dari sebagian pengguna jalan.

Penggunaan energi fosil yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan emisi gas rumah kaca, sehingga iklim menjadi tidak stabil serta meningkatnya suhu bumi dan permukaan air laut. Perubahan mendasar dari dominasi energi fosil menjadi energi terbarukan akan berdampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan[1].

Pemanfaatan Speed Bump sebagai pembangkit listrik energi alternatif memungkinkan energi mekanik yang terbuang ketika kendaraan melintas dapat dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian ini merancang prototipe sistem pemanenan energi menggunakan generator DC yang terintegrasi dengan mekanisme rack-and-pinion dan pegas [2].

II. KAJIAN TEORI

A. Pemanen Energi

Pemanen energi didefinisikan sebagai alat yang menangkap sejumlah energi dari satu atau lebih sumber di sekitarnya, mengumpulkannya, dan menyimpannya untuk digunakan nanti. Salah satu bentuk pemanenan energi yang aktif dilakukan adalah dengan memanfaatkan energi yang terbuang dari suatu gerakan mekanis. Salah satu metode untuk mengkonversi energi gerakan mekanis menjadi energi listrik adalah dengan menggunakan generator DC. Generator DC memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik untuk menghasilkan arus listrik ketika terdapat gerakan relatif antara medan magnet dan kumparan konduktor[3]. Salah satu metode pemanenan energi yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan energi mekanik dari Gerakan. Prinsip ini didasarkan pada hukum induksi faraday, yang menyatakan bahwa fluks magnetic pada suatu kumparan akan menginduksi gaya gerak listrik (ggl). Gaya gerak listrik induksi dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

dimana : ε Merupakan Gaya gerak listrik induksi (Volt), N adalah jumlah lilitan, dan $d\Phi/dt$ adalah laju perubahan fluks magnetic.

B. Generator DC

Generator DC (arus searah) adalah mesin yang menghasilkan energi listrik DC dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik. Energi mekanik diberikan pada rotor generator, biasanya berasal dari turbin yang digerakkan oleh berbagai sumber seperti mesin diesel, uap, air, atau angin [20]. Generator DC memiliki empat komponen utama: Stator: Bagian yang diam, Rotor: Bagian yang berputar, tempat konversi energi mekanik terjadi, Celah udara: Ruang antara stator dan rotor tempat transfer energi berlangsung, Komutator: Cincin belah pada rotor yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik yang dihasilkan [4].

Besarnya efisiensi dari keluaran generator dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% [21] \quad (2)$$

Dan untuk menghitung berapa lama pengisian yang masuk ke dalam baterai dapat dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{I_{Baterai}}{I_{Generator}} [22] \quad (3)$$

C. Rack dan Pinion

Konversi Gerak Putar Menjadi Linear dapat dilakukan menggunakan *Rack* dan *pinion*. Merupakan mekanisme transmisi gerak yang sederhana namun efisien, berfungsi untuk mengubah gerak putar menjadi gerak linear, atau sebaliknya. Mekanisme ini banyak diaplikasikan dalam berbagai sistem mekanik, mulai dari sistem kemudi kendaraan hingga mesin industri.

Komponen Utamanya adalah *Pinion*: Roda gigi kecil berbentuk silinder dengan gigi di sekelilingnya. *Pinion* berfungsi untuk menerima gerak putar dari sumber penggerak, seperti motor listrik atau poros engkol.

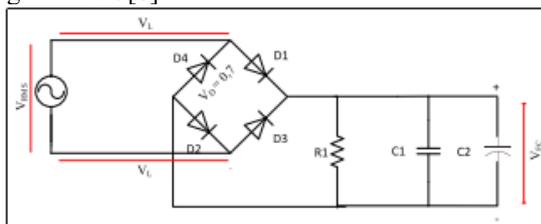
Rack: Batang lurus atau batang bergigi dengan gigi yang sejajar di sepanjang permukaannya. Gigi pada *rack* dirancang untuk berpasangan dengan gigi pada *pinion*.

Prinsip Kerja Ketika *pinion* berputar, giginya akan "menyisir" gigi-gigi pada *rack*. Interaksi antara gigi *pinion* dan *rack* ini akan menghasilkan gerakan linear pada *rack*. Arah gerakan *linear rack* bergantung pada arah putaran *pinion*. Sebaliknya, jika *rack* didorong secara *linear*, *pinion* akan ikut berputar [5].

D. Rangkaian Penyearah dan Filter

Rangkaian penyearah (*rectifier*) dengan filter kapasitor adalah rangkaian yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Terdapat dua jenis rangkaian penyearah, yaitu *half-wave rectifier* dan *full-wave rectifier*. *Half-wave rectifier* hanya menyearahkan setengah gelombang dari sinyal AC, yaitu bagian positifnya saja, sedangkan bagian negatifnya dihambat. Di sisi lain, penelitian ini menggunakan *full-wave rectifier* yang menyearahkan kedua bagian gelombang (positif dan negatif). Dengan demikian, *full-wave rectifier* menghasilkan tegangan DC yang lebih rata dan memiliki riak (*ripple*) yang lebih kecil dibandingkan *half-wave rectifier*.

Meskipun rangkaian penyearah dapat mengubah AC menjadi DC, tegangan *output*nya belum sepenuhnya rata. Oleh karena itu, kapasitor ditambahkan sebagai filter untuk meredam riak tegangan dan menghasilkan tegangan DC yang lebih stabil[8]. Rangkaian *full wave rectifier* dapat dilihat pada gambar 2.5[6].



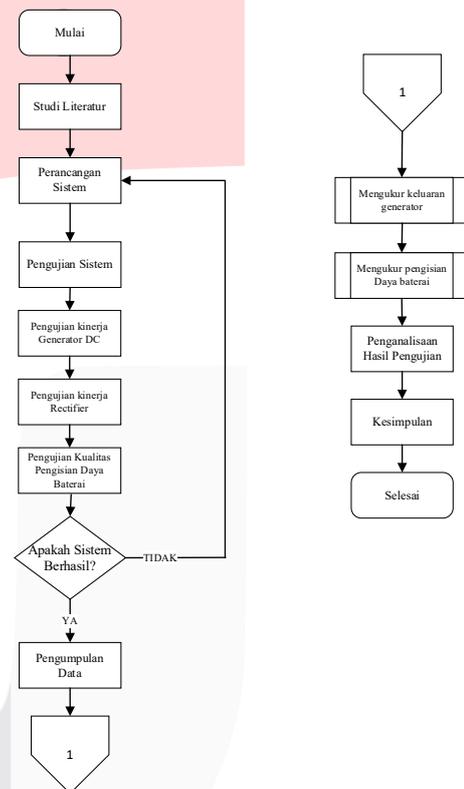
GAMBAR 1
(FULL WAVE RECTIFIER DENGAN FILTER KAPASITOR)

III. METODE

Penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan, pembuatan prototipe, pengujian fungsional, dan analisis hasil. Alat dan bahan tersaji dalam tabel 1, sedangkan alur penelitian digambarkan melalui *flowchart* pada gambar 2.

TABEL 1
(KOMPONEN YANG DIGUNAKAN)

| No | Alat dan Bahan | Jumlah |
|----|--|--------|
| 1 | Dioda Schottky SR5100 | 4 |
| 2 | Kapasitor 16V 2200uF | 1 |
| 3 | Generator DC 220v | 1 |
| 4 | <i>Rack</i> 15cm M2 dan <i>Pinion</i> 42mm | 1 |
| 5 | <i>Rubber speed bump</i> 50x35cm | 1 |
| 6 | Besi <i>Hollow</i> 2mm 6 meter | 1 |



GAMBAR 2
(FLOWCHART ALUR PENELITIAN)

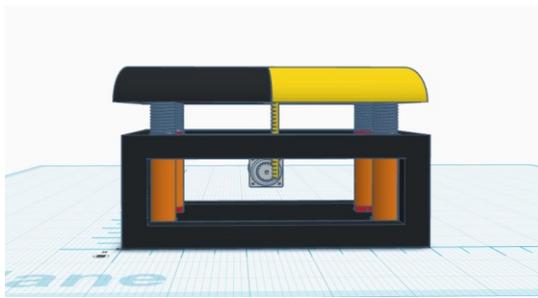
A. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan komponen yang sudah dipersiapkan sekaligus melakukan pengujian komponen dan alat yang akan digunakan dalam prototipe, desain prototipe dapat dilihat pada gambar 4 sampai 6 dan untuk block diagram sistem disajikan pada gambar 7 yang menjelaskan gambaran sistem secara umum agar mempermudah mengetahui proses yang mencakup *input* dan *output* dari penelitian ini.

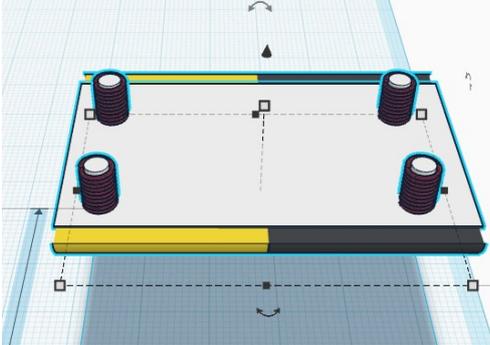
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Rancangan Polisi Tidur

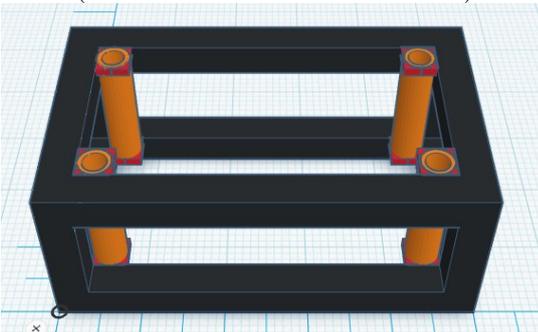
Prototipe sistem pemanenan energi telah berhasil diimplementasikan dalam bentuk fisik. Gambar 8 hingga Gambar 11 memperlihatkan wujud nyata dari prototipe yang mencakup desain rangka, posisi pegas, tampilan atas, serta boks rangkaian pemanen energi. Implementasi ini menunjukkan bahwa sistem berhasil dibangun sesuai perancangan, dengan mekanisme rack and pinion yang terhubung ke generator DC, serta dukungan rangkaian penyearah dan penyimpanan energi..



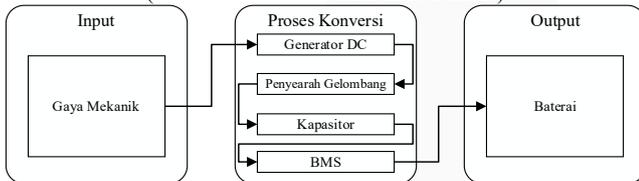
GAMBAR 3
(DESAIN PROTOTYPE POLISI TIDUR TAMPAK SAMPING.)



GAMBAR 4
(DESAIN POSISI PEGAS BAGIAN ATAS.)



GAMBAR 5
(TAMPAK RANGKA BAGIAN ATAS.)



GAMBAR 6
(BLOK DIAGRAM SISTEM)

B. Pengujian Fungsional

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan keseluruhan sistem bekerja dengan baik, baik generator dc, rangkaian *rectifier* dan juga rangka *Speed Bump* yang telah di desain, pengujian dilakukan dengan cara melindas polisi tidur untuk memastikan rangka dapat menahan beban dan bergerak sesuai dengan yang diharapkan.



GAMBAR 7
(PROTOTYPE TAMPAK SAMPING)



GAMBAR 8
(POSISI PEGAS PADA PROTOTYPE SPEED BUMP.)



GAMBAR 9
(TAMPAK RANGKA BAGIAN ATAS)



GAMBAR 10
(BOKS RANGKAIAN SISTEM PEMANEN ENERGI)

B. Pengujian Generator DC

TABEL 2
PENGUJIAN GENERATOR DC

| No | Rpm | Volt |
|----|-----|------|
| 1 | 20 | 1.3 |
| 2 | 30 | 2.2 |
| 3 | 200 | 12.9 |
| 4 | 300 | 21.9 |

Generator diuji dalam kondisi tanpa beban dan tanpa rangkaian penyearah untuk mengetahui tegangan *output* terhadap variasi kecepatan putar. Data menunjukkan bahwa pada 20 RPM dihasilkan 1.3 Volt dan pada 300 RPM mencapai 21.9 Volt. Hal ini menunjukkan hubungan linier antara kecepatan rotasi dan tegangan *output* generator.

C. Pengujian Frekuensi Tekanan Terhadap Tegangan dan Rangkaian Penyearah.

Pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan pada *speed bump* sebanyak enam kali dengan interval 10 detik. Osiloskop mencatat nilai maksimum, *Vrms*, dan rata-rata tegangan. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai maksimum tegangan berkisar antara 13.2 V hingga 16 V, dengan *Vrms* antara 2.49 V hingga 3.98 V dan tegangan rata-rata 0.26 V hingga 0.608 V. data dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3
PENGUKURAN OSILOSKOP PADA GENERATOR

| No | Max (v) | Vrms (v) | Avg (v) |
|----|---------|----------|---------|
| 1 | 14.4 | 3.8 | 0.451 |
| 2 | 14.4 | 2.72 | 0.385 |
| 3 | 14.8 | 2.49 | 0.42 |
| 4 | 13.6 | 3.59 | 0.26 |
| 5 | 13.2 | 3.51 | 0.384 |
| 6 | 16 | 3.98 | 0.608 |

TABEL 4
PENGUKURAN OSILOSKOP PADA BATERAI

| No | Max (v) | Vrms (v) | Avg (v) | mAmp |
|----|---------|----------|---------|------|
| 1 | 4.1 | 3.6 | 3.9 | 1.1 |
| 2 | 4.2 | 3.7 | 4.0 | 1.3 |

| | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| 3 | 4.0 | 3.5 | 3.8 | 1.2 |
| 4 | 3.9 | 3.4 | 3.7 | 1.0 |
| 5 | 4.1 | 3.6 | 3.9 | 1.1 |
| 6 | 4.2 | 3.7 | 4.1 | 1.3 |

Berdasarkan tabel 4 diatas pengujian dilanjutkan pada saluran baterai. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan maksimum berada pada kisaran 3.9 – 4.2 V, dengan *Vrms* dan rata-rata tegangan yang cukup stabil, serta arus masuk sekitar 1.0 hingga 1.3 mA. Ini menunjukkan bahwa sinyal DC telah berhasil distabilisasi oleh sistem dan BMS bekerja dengan baik dalam mengatur pengisian..

Untuk melihat energi yang masuk pada baterai dapat di hitung dengan cara menghitung daya yang masuk dan mengkonversi ke dalam satuan joule, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

TABEL 5
HASIL KONVERSI ENERGI

| No | V | mA | I (A) | Energi (J) |
|-----------|--------|--------|--------|------------|
| 1 | 3.6 | 1.1 | 0.0011 | 0.0037 |
| 2 | 3.7 | 1.3 | 0.0013 | 0.0045 |
| 3 | 3.5 | 1.2 | 0.0012 | 0.0039 |
| 4 | 3.4 | 1 | 0.0010 | 0.0031 |
| 5 | 3.6 | 1.1 | 0.0011 | 0.0037 |
| 6 | 3.7 | 1.3 | 0.0013 | 0.0045 |
| Rata-rata | 3.5833 | 1.1666 | 0.0011 | 0.0039 |

Berdasarkan tabel 5 Energi yang masuk ke baterai dihitung menggunakan rumus daya $P=V \times I$, lalu dikonversi ke dalam joule per detik. Rata-rata energi yang tersimpan adalah 0.0039 Joule per detik, dengan waktu tekanan selama 940 ms. Hasil ini dihitung dari enam kali percobaan dan menunjukkan bahwa energi kecil namun stabil dapat dikumpulkan dari setiap tekanan kendaraan.

Dari data diatas untuk menghitung estimasi pengisian pada baterai 18650 dengan kapasitas 2000 Mah dapat menggunakan rumus 2 berikut.

$$T = \frac{I \text{ Baterai}}{I \text{ Generator}} \quad (2)$$

$$T = \frac{2A}{0.0011} = 1.818$$

Hasil estimasi waktu pengisian adalah 1.818 jam atau sekitar 75 hari berdasarkan data yang diperoleh dari sistem.

C. EFISIENSI KONVERSI ENERGI

Untuk mengetahui seberapa efektif sistem dalam mengubah energi mekanik dari tekanan kendaraan menjadi energi listrik, dilakukan analisis efisiensi konversi energi. Efisiensi ini menjadi indikator utama dalam menilai kinerja prototipe sebagai pembangkit listrik alternatif. Semakin tinggi nilai efisiensi, maka semakin besar pula energi yang berhasil dimanfaatkan dari total energi mekanik yang masuk ke sistem, data efisiensi terdapat pada tabel 6 daya dan efisiensi.

TABEL 6
JUMLAH DAYA DAIN EFISIENSI

| No | Input (W) | Output (W) | Efisiensi (%) |
|-----------|-----------|------------|---------------|
| 1 | 0.1080 | 0.0108 | 10.00 |
| 2 | 0.1540 | 0.0148 | 9.61 |
| 3 | 0.1325 | 0.0133 | 10.04 |
| 4 | 0.1329 | 0.0126 | 10.17 |
| 5 | 0.1274 | 0.0140 | 10.99 |
| 6 | 0.1274 | 0.0152 | 10.93 |
| rata-rata | 0.1303 | 0.0134 | 10.46 |

Rata-rata efisiensi konversi energi dari gerakan mekanik menjadi energi listrik sebesar **10.46%**. Meskipun efisiensinya relatif rendah, hal ini masih relevan mengingat sistem bersifat pasif, tidak memerlukan *input* daya eksternal, serta dapat diintegrasikan ke dalam lingkungan jalanan tanpa mengganggu fungsi utamanya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa kecepatan dan masa kendaraan sangat berdampak terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh sistem, peningkatan kecepatan kendaraan dan massa kendaraan akan menghasilkan keluaran generator yang lebih besar, efisiensi konversi energi mendapatkan rata-rata 10.46%, efisiensi ini masih tergolong rendah tetapi sistem ini menunjukkan potensi sebagai sumber energi alternatif untuk aplikasi yang sangat rendah atau menjadi bagian dari sistem yang lebih besar. Rata-rata energi yang dihasilkan dan dapat disimpan ke dalam baterai adalah sebesar 0.0039 Joule per 1 detik tekanan. Dengan daya rata-rata ini, pengisian penuh baterai 18650 berkapasitas 2000mah dapat diperkirakan selama 1.818 jam atau 75 hari.

REFERENSI

- [1] A. Rahma Wardhana and W. H. Marifatullah, "TRANSISI INDONESIA MENUJU ENERGI TERBARUKAN," vol. 38, no. 02, 2020, [Online]. Available: <http://tashwirulafkar.net/index.php/afkar/index>
- [2] Erny Listijorini *et al.*, "Rancang Bangun ALPENLIBE (Alat Pemanen Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik) Sebagai Upaya Mewujudkan Energi Terbarukan," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. Vol. 7, No.1, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2024, doi: 10.30596/rmme.v7i1.16365.
- [3] M. Martua, D. Setiawan, and H. Yuvendius, "Studi Karakteristik Luar Dan Efisiensi Generator Dc Penguat Terpisah Terhadap Perubahan Beban Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic," 2021.
- [4] Muharrir and Ibnu Hajar, "Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT.

Indonesia Power UPJP Kamojang," *KILAT*, vol. 8, no. 2, Oct. 2019.

- [5] B. Setyono, D. D. Sarviawan, T. Mesin, I. T. Adhi, and T. Surabaya, "Pengaruh Variasi Tinggi Speed Bump Serta Variasi Rentang Waktu Kendaraan Bermotor Melintas Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan dari Alat Road Power Generator Model Vertical Sliding," 2023.
- [6] A. Giyantara, V. Mudeng, R. Ramadhani, and R. Wulandari, "Analisis Rangkaian Full Wave Rectifier dengan Filter Kapasitor, Pembagi Tegangan, Buffer dan Penguat Differensial pada Sensor Arus," Aug. 2019.