

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ali, Iwan Agustiawan dan Dwi Aji yang berjudul Pemanfaatan Putaran Roda Sepeda Guna Menghasilkan Energi Listrik membahas tentang sebuah alat transportasi *hybrid*, yaitu perpaduan antara penggerak sepeda yang diputar dengan pedal dan dengan menggunakan putaran gerak listrik. Pada alat ini juga di lengkapi dengan alat pengisian batrai otomatis pada saat sepeda di operasikan. Sehingga pemanfaatan energi yang di hasilkan oleh putaran gerak dari sepeda itu dapat di alihkan menjadi *energy* listrik Kembali yang di simpan ke dalam batrai. Lalu *energy* tersebut dapat juga di gunakan untuk menjalankan sepeda ini dan begitu lah Seterus nya (Ali et al., 2018)

Kemudian penelitian terdahulu lainnya yang dilakukan oleh Ahmad Wildan Ilhami yang berjudul Rancang Bangun Generator *Low Rpm* Dengan Model BLCD ini membahas tentang cara membuat generator DC BLDC *Low RPM*. Pada penelitian ini juga disebutkan beberapa percobaan dari hasil pembuatan generator ini. Dari tegangan yang didapat dengan kecepatan 900 RPM itu, didapatkan $5,865V_{DC}$. Jumlah tegangan ini kemungkinan masih bisa dinaikkan namun harus menambah lilitan kawat yang ada pada setiap lubang *stator*. Namun pada tegangan yang di dapat dari putaran 900 RPM ini juga sudah mendapatkan arus kurang lebih 1,862 mA (Ahmad Wildan Ilhami, 2020).

Diambil dari penelitian Ahmad Wildan Ilhami, untuk rpm set 200 menghasilkan tegangan sebesar $(0,963 \pm 0,001)$ V, arus sebesar $(429,6 \pm 0,01)$ mA, dan daya sebesar $(0,414 \pm 0,004)$ Watt, dan untuk rpm set 900 menghasilkan tegangan sebesar $(5,869 \pm 0,001)$ V, arus sebesar $(2315,3 \pm 0,01)$ mA, dan daya sebesar $(13,588 \pm 0,004)$ Watt. Besar daya dari uji pembebanan daya pengujian pada 900 rpm. Hasil pada saat 15Ω di dapatkan nilai tegangan $(5,865 \pm 0.001)$ V, arus $(1862,30 \pm 0.01)$ mA, dan daya $(10,922 \pm 0.002)$ Watt, pada $0,25 \Omega$ di dapatkan nilai tegangan $(4,168 \pm 0.001)$ V, arus $(4621,40 \pm 0.01)$ mA, dan daya $(19,262 \pm 0.004)$ Watt, dan hasil daya tertinggi pada pembebanan 3Ω dengan tegangan $(5,683$

$\pm 0,001$) V, arus ($3976,20 \pm 0,01$) mA, dan daya sebesar ($22,596 \pm 0,004$) Watt (Ahmad Wildan Ilhami, 2020) .

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Patur Rahman Pangaduan Siregar, yaitu membuat sepeda listrik yang memanfaatkan putaran gerak sepeda di *couple* dengan generator sebagai penghasil daya, dengan harapan dapat memberikan solusi inovatif dalam pengembangan kendaraan ramah lingkungan yang efisien dan berkelanjutan, serta meningkatkan pemahaman. (Siregar, 2024). Dari gambaran yang telah diambil dari penelitian terdahulu, dapat Penulis konsepskan bahwa penelitian yang akan Penulis buat ini adalah penggabungan dari ketiga penelitian terdahulu diatas. Namun, konsep yang akan penulis buat adalah sepeda akan langsung digabungkan dengan generator. Namun, pada konsepnya sepeda ini digunakan sebagai alat olahraga yang akan diletakkan di tempat olahraga seperti *GYM*.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Komponen	Hasil
1.	Ali, Iwan Agustiawan, Dwi Aji, 2018	Pemanfaatan Putaran Roda Sepeda Guna Menghasilkan Energi Listrik	Batrai, <i>Charger</i> , Dinamo, <i>Controller</i> , Panel <i>Display</i> , <i>Throttle</i>	Hasil yang dapat diambil Dari penelitian ini adalah penggunaan sepedanya memiliki 2 perbedaan pada saat berbeban dan tidak berbeban. Selisih yang terjadi diantara kedua perbedaannya hampir 50%.
2.	Ahmad Wildan Ilhami, 2020	Rancang Bangun Generator <i>Low Rpm</i> Dengan Model BLCD	PETG (<i>Polyethylene Terephthalate</i>), Kawat tembaga, <i>Neodymium</i> Magnet, Dioda	Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah pada data penelitiannya didapatkan nilai tegangaannya sebesar $\pm 5V$, namun tentunya nilai arus yang dikeluarkan itu

No	Nama Peneliti	Judul	Komponen	Hasil
			<i>Multimeter, Tachometer, Arduino UNO, BTS7960, Motor DC, Resistor, Potensio, Power Supply, Kabel, Laptop</i>	bervariasi sesuai dengan nilai resistor yang digunakan. Sesuai dengan sifat arus yaitu akan berbanding terbalik dengan hambatan. Maka dari itu, dalam hambatan generator tersebut, resistansinya semakin rendah.
3	Patur Rahman Pangaduan Siregar, 2024	Rancang Bangun Sepeda Listrik Dengan Pemanfaatan Putaran Roda Menggunakan Generator Sebagai Pengisi Daya.	Motor Listrik, Generator, Akumulator, BLDC Motor <i>Controller</i> , Dioda <i>Bridge</i> AC to DC, Motor Induksi 3 Phasa, Dioda.	Hasil yang didapatkan untuk merancang dan membangun sepeda listrik yang memanfaatkan putaran roda menggunakan generator sebagai pengisian daya, dengan harapan dapat memberikan solusi inovatif dalam pengembangan kendaraan ramah lingkungan yang efisien dan berkelanjutan, serta meningkatkan pemahaman dan keterampilan

2.2 Landasan Teory

2.2.1 Rumus Menentukan Jumlah Pole/Kutub

Diketahui : P = Pole atau Jumlah Kutub

$F = \text{Frequencys}$

$n = \text{Kecepatan}$

$$\text{Rumus : } P = \frac{120.F}{n}$$

$$\text{Maka } P = \frac{120.50}{300} \quad P = \frac{6000}{300} = 20 \text{ Pole} \quad 2-1$$

2.2.2 Rumus Menentukan Total Belitan

Diketahui : E = Tegangan Output

A = Pemasangan Belitan (Jika Lap-Wound/Paralel Nilai di kali 1, Jika Wave-Wound/Seri Nilai di kali 2)

Θ = Fluks Magnet Per Kutub (*Remanensi* Magnet Neodymium 0,0008-0,0012 WB)

n = Kecepatan

P = Pole atau Jumlah Kutub

Z = Total Belitan

$$\text{Rumus : } Z = \frac{E.60.A}{\Theta.n.P}$$

$$\text{Maka } Z_{\text{Minimum}} = \frac{12.60.40}{0,0012.300.20}$$

$$Z_{\text{Minimum}} = \frac{28800}{4,8} = 4000 \text{ Belitan} \quad 2-2$$

$$\text{Maka } Z_{\text{Maximum}} = \frac{12.60.40}{0,0008.300.20}$$

$$Z_{\text{Maximum}} = \frac{28800}{42} = 6000 \text{ Belitan} \quad 2-3$$

Jadi belitan pada generator **4000-6000** Belitan

2.2.3 Rumus Menentukan Jumlah Belitan Per Pole/Kutub

Diketahui : T = Belitan Per Pole/Kutub

Z = Total belitan

P = Pole atau Jumlah Kutub

$$\text{Rumus : } T = \frac{Z}{P}$$

$$\text{Maka } T_{\text{Minimum}} = \frac{4000}{20}$$

$$T_{\text{Minimum}} = 200 \text{ Belitan Per Pole} \quad 2-4$$

$$\text{Maka } T_{\text{Maximum}} = \frac{6000}{20}$$

$$T_{\text{Maximum}} = 300 \text{ Belitan Per Pole} \quad 2-5$$

2.2.4 Rumus Menentukan Diameter Kawat

Diketahui : d = Diameter Kawat Tembaga

I = Arus Maksimum

$\Pi = 3,1416$

J = Kepadatan Arus Rata Rata (2-3 Aman/Efisiensi Tinggi Panas Rendah, 3-5 Umum di pakai, dan >5 Beresiko Panas Tinggi)

$$\text{Rumus : } d = \sqrt{\frac{4.I}{\pi.J}}$$

$$\text{Maka } d = \sqrt{\frac{4.1}{3,1416.3}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4}{9,4248}} = 0,4244 \text{ mm (Di bulatkan menjadi 0,5 mm)} \quad 2-6$$

2.2.5 Rumus Menentukan Daya Generator

Diketahui : P_G = Daya Generator

V_G = Tegangan Generator

I_G = Arus Generator

NOTE : karena prediksi arus nya 1 A maka rata-rata arus yang keluar adalah 0,5 ampere, setengah dari ampere yang telah diprediksi

$$\text{Rumus : } P_G = V_G . I_G$$

$$\text{Maka } P_G = 12V . 0,5A = 6 \text{ Watt} \quad 2-7$$

2.2.6 Rumus Menentukan Baterai

Diketahui : V_B = Tegangan Baterai

Ah = Ampere Hour Baterai

P_B = Daya Baterai

$$\text{Rumus : } P_B = V . Ah$$

$$\text{Maka } P_B = 3,2V . 6AH = 19,2 \text{ Wh} \quad 2-8$$

2.2.7 Rumus Menentukan Total Daya Penyimpanan Baterai

Diketahui : P_{TB} = Daya Total Baterai

P_B = Daya Baterai

B = jumlah Baterai yang Digunakan

$$\text{Rumus : } P_{TB} = P_B \cdot B$$

$$\text{Maka } P_{TB} = 19,2Wh \cdot 4 \text{Baterai} = 76,8Wh \quad 2-9$$

2.2.8 Rumus Menentukan Lama Pengisian Baterai

Diketahui : H = Jam

$$P_{TB} = \text{Daya Total Baterai}$$

$$P_G = \text{Daya Generator}$$

$$\text{Rumus : } H = \frac{P_{TB}}{P_G}$$

$$H = \frac{76,8Wh}{6Wh} = 12,8 \text{ Jam} / 12 \text{ Jam} 48 \text{ Menit} \quad 2.10$$

2.3 Alat dan Bahan

2.3.1 Kawat Tembaga

Kawat tembaga adalah jenis kawat yang terbuat dari logam tembaga (Cu), yang dikenal karena konduktivitas listriknya yang sangat baik. Kawat tembaga sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan penghantaran arus listrik, seperti kabel listrik, sistem elektronik, dan peralatan industri. Selain konduktivitas listriknya yang tinggi, tembaga juga memiliki sifat mekanik yang baik, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Kawat tembaga pada BLDC generator ini digunakan untuk lilitan pada pembentukan kumparan pada stator generator BLDC (Ahmad Wildan Ilhami, 2020).

Kawat tembaga yang digunakan yaitu dengan ukuran 0,5 mm sesuai dengan kebutuhan yang digunakan oleh generator yang akan dirancang. Jika menggunakan kawat melebihi 0,5 mm itu bisa saja sesuai dengan kebutuhan yang digunakan. Efek lain dari penambahan ukuran diameter kawat adalah bisa membuat gulungan pada statornya cepat membesar karena ketidak sesuaian diameter tembaganya. Menurut teori total belitan yang akan digulung adalah 4000 hingga 6000 belitan.



Gambar 2.1 Kawat Tembaga

2.3.2 Neodymium Magnet

Magnet *neodymium* (NdFeB) adalah jenis magnet permanen yang sangat kuat, terbuat dari paduan *neodymium*, besi, dan boron. Magnet ini terkenal karena kekuatan magnetiknya yang tinggi meskipun berukuran kecil. Magnet *neodymium* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi, seperti motor listrik, speaker, perangkat elektronik, dan peralatan medis. Kelebihan utama magnet *neodymium* adalah daya tariknya yang sangat kuat, ukuran yang kompak, dan efisiensi energi yang tinggi. Secara keseluruhan, magnet *neodymium* sangat populer dalam industri modern karena kekuatan magnetnya yang luar biasa dan kemampuannya untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ukuran kecil dan daya tarik besar. *Neodymium* Magnet N32 magnet ini akan di letakan pada rotor dengan 8 set row dengan 5 lapisan magnet di dalamnya (Ahmad Wildan Ilhami, 2020).

Magnet *neodymium* ini digunakan karena memiliki kekuatan medan magnet yang cukup besar. Dan juga magnet ini memiliki berat yang ringan sehingga dapat mengurangi rugi-rugi putaran rotor pada saat dioperasikan. Kemudian karena generator BLDC ini tidak menggunakan IF atau arus medan pada rotor maka solusi menggunakan magnet *neodymium* ini merupakan cara yang sangat tepat.



Gambar 2.2 Magnet *Neodymium*

2.3.3 Baterai

Baterai merupakan salah satu sumber energi listrik yang sangat diandalkan untuk mengoperasikan peralatan elektronik yang bersifat portabel atau dapat dibawa ke mana-mana. Berdasarkan kepraktisan tersebut, dibuat benda yang dapat menyimpan sumber energi listrik dalam waktu tertentu. Perkembangan teknologi baterai telah mencuri perhatian yang tidak kecil dari kalangan produsen elektronik, diantaranya CE (*Consumer Electronic*) (Nasution, 2021).

Penggunaan baterai LiFePO₄ dengan spesifikasi tegangan nominal 3,2 V dan kapasitas 6 Ah berfungsi sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Hal ini dikarenakan tegangan dan daya keluaran generator bersifat tidak stabil, karena sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran dayungan pengguna. Oleh sebab itu, energi listrik yang dihasilkan perlu disimpan terlebih dahulu ke dalam baterai sebelum digunakan untuk menyuplai beban. Dengan adanya baterai LiFePO₄ 3,2 V 6 Ah, energi yang dihasilkan dapat disimpan dengan lebih baik sehingga penyaluran daya menjadi lebih stabil dan dapat dimanfaatkan secara optimal.



Gambar 2.3 Baterai LiFePO₄ 3,2V

2.3.4 Battery Management System (BMS)

Battery Management System (BMS) merupakan sirkuit kontrol elektronik yang memantau dan mengatur pengisian dan pengosongan serta mengelola kondisi kerja baterai (khususnya baterai jenis *lithium*) lain deteksi jenis baterai, voltase, suhu, kapasitas, status pengisian daya, konsumsi daya, sisa waktu pengoperasian, siklus pengisian daya, dan beberapa karakteristik lainnya (Nursusanto et al., 2022).

Karena alasan keamanan, keseimbangan sel, dan masalah penuaan, pengawasan terhadap setiap sel sangat diperlukan. Selain itu, BMS memastikan tindakan perbaikan yang telah ditentukan sebelumnya terhadap kondisi normal apa pun pada infrastruktur sistem. Selain itu, karena suhu sistem mempengaruhi profil konsumsi daya, BMS juga mengonfirmasi prosedur yang tepat untuk mengontrol suhu sistem. Kemudian alat BMS ini Penulis gunakan sebagai alat pengaturan pengisian daya listrik ke baterai. Hal ini dilakukan karena jika sewaktu-waktu baterai yang digunakan sebagai penyimpanan energi, maka diperlukan alat ini agar bisa memotong arus masuk jika sudah penuh.



Gambar 2.4 BMS

2.3.5 Sepeda Spinning Bike

Sepeda *spinning bike* adalah jenis sepeda statis yang dirancang untuk simulasi pengalaman bersepeda yang intens seperti bersepeda balap atau mendaki bukit. Alat ini biasanya digunakan untuk latihan dalam ruangan (*indoor cycling*) baik di *gym* maupun di rumah, dan dikenal karena kemampuannya untuk memberikan latihan *kardiovaskular* yang efektif dan membakar kalori secara signifikan. Dibandingkan dengan sepeda statis biasa, *spinning bike* memiliki desain yang lebih ergonomis dan fitur khusus yang memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai jenis latihan dengan intensitas tinggi. Hal ini membuat *spinning bike* populer di kalangan atlet, penggemar olahraga, dan siapa saja yang ingin meningkatkan kebugaran tubuh.



Gambar 2.5 Sepeda *Spinning Bike*

2.3.6 MCB DC

MCB DC adalah alat pengaman pada sistem listrik arus searah yang berfungsi menjaga rangkaian tetap aman dari gangguan. Alat ini biasanya digunakan pada instalasi seperti panel surya atau baterai yang menggunakan arus DC. Ketika terjadi arus berlebih atau korsleting, MCB DC akan secara otomatis memutus aliran listrik. Perangkat ini berbeda dari MCB biasa karena dirancang khusus untuk menangani karakter arus DC yang lebih sulit diputus. Dengan adanya MCB DC, sistem listrik arus searah menjadi lebih aman dan risiko kerusakan dapat diminimalkan.

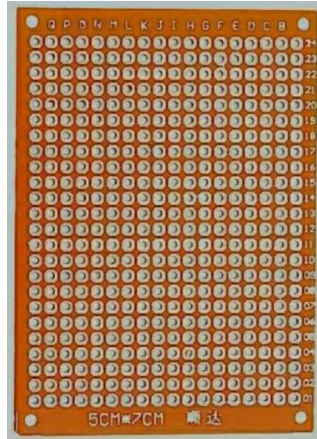


Gambar 2.6 MCB DC

2.3.7 Papan PCB

Papan PCB adalah tempat untuk menyusun dan menghubungkan komponen elektronik agar bisa bekerja sebagai suatu rangkaian. Biasanya papan ini terbuat dari bahan keras dengan jalur tembaga tipis yang berfungsi sebagai pengganti kabel. Dengan adanya PCB, rangkaian jadi lebih rapi, kuat, dan tidak mudah

lepas seperti jika menggunakan kabel biasa. PCB banyak digunakan pada berbagai perangkat elektronik seperti televisi, radio, dan komputer. Jadi, papan PCB sangat penting karena membantu perangkat elektronik bekerja dengan lebih stabil dan efisien.



Gambar 2.7 Papan PCB

2.3.8 Panel Listrik Mini

Panel Listrik Mini adalah kotak pelindung yang digunakan untuk menyimpan dan melindungi sambungan kabel listrik. Alat ini biasanya dipakai agar sambungan kabel tetap aman, tidak mudah rusak, dan terhindar dari sentuhan langsung. Di dalam *junction box*, kabel-kabel yang terhubung akan disusun dengan lebih rapi sehingga memudahkan pengecekan atau perbaikan. Selain itu, kotak ini juga membantu mencegah risiko seperti korsleting atau kebakaran akibat sambungan yang terbuka. Dengan adanya *junction box*, instalasi listrik menjadi lebih aman, rapi, dan tahan lama.



Gambar 2.8 Panel Listrik Mini

2.3.9 Pully

Pully adalah komponen berbentuk roda yang digunakan untuk tempat jalannya sabuk V dalam sistem *V-belt*. Bagian ini berfungsi untuk meneruskan dan mengatur putaran dari satu poros ke poros lainnya. Biasanya *pully* dibuat dengan alur khusus berbentuk V agar sabuk tidak mudah lepas atau slip saat berputar. Ukuran *pully* juga memengaruhi kecepatan putaran yang dihasilkan pada mesin. Dengan adanya *pully*, proses penyaluran tenaga dalam sistem *V-belt* bisa berjalan lebih stabil dan efisien.



Gambar 2.9 *Pully*

2.3.10 Belting

Pully V-belt adalah komponen yang digunakan untuk menyalurkan tenaga dari satu bagian mesin ke bagian lainnya dengan bantuan sabuk berbentuk huruf V. Biasanya alat ini dipakai pada mesin seperti motor atau peralatan industri agar putaran bisa diteruskan dengan stabil. Bentuk sabuk V membantu agar tidak mudah *slip* saat berputar, sehingga tenaga bisa tersalurkan dengan baik. Dengan sistem ini, kerja mesin jadi lebih halus dan efisien. Jadi, *pully V-belt* sangat penting untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal dan stabil.

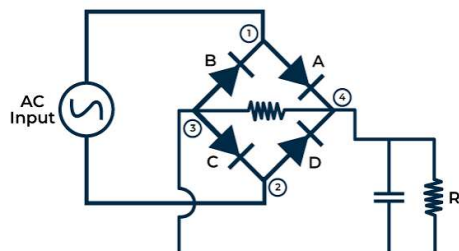


Gambar 2.10 *V-Belt*

2.3.11 Rangkaian Rectifier FullWave

Pada penelitian ini digunakan rangkaian penyearah jembatan penuh (*full-wave bridge rectifier*) yang terdiri dari empat buah dioda. Rangkaian ini dipilih karena mampu memanfaatkan kedua siklus gelombang AC, baik siklus positif maupun siklus negatif, sehingga menghasilkan tegangan DC yang lebih besar dan lebih stabil dibandingkan penyearah setengah gelombang. Selain itu, penyearah jembatan penuh tidak memerlukan transformator dengan center tap sehingga konstruksinya lebih sederhana dan efisien untuk diterapkan pada sistem pembangkit listrik skala kecil.

Penggunaan penyearah jembatan penuh pada sistem generator bertujuan untuk mengubah tegangan keluaran generator yang masih berupa AC menjadi tegangan DC sehingga dapat digunakan untuk mengisi baterai $LiFePO_4$ dan menyuplai beban DC. Tegangan DC yang dihasilkan kemudian dapat diratakan menggunakan kapasitor filter sehingga nilai ripple dapat dikurangi dan kualitas tegangan menjadi lebih baik. Adapun rangkaian fullwave ac ke dc dapat dilihat berdasarkan gambar dibawah ini:



Gambar 2.11 Rangkaian Rectifier AC to DC FullWave

Selain berfungsi sebagai penyearah, dioda pada rangkaian jembatan penuh juga berperan sebagai pengaman terhadap arus balik (reverse current). Ketika generator berhenti berputar, tegangan keluaran generator akan turun hingga lebih rendah dibandingkan tegangan baterai. Apabila tidak terdapat dioda, arus dari baterai dapat mengalir kembali menuju lilitan generator. Kondisi ini dapat menyebabkan generator bekerja seperti motor listrik sehingga energi yang tersimpan pada baterai terbuang dan berpotensi menimbulkan pemanasan pada lilitan generator. Oleh karena itu, pemasangan dioda pada rangkaian penyearah tidak hanya berfungsi sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC, tetapi juga sebagai pembatas aliran arus agar energi listrik hanya mengalir dari generator

menuju baterai atau beban, sehingga keamanan dan efisiensi sistem dapat terjaga.