

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

(Hardiyanto, 2019) dengan skripsinya yang berjudul “Monitoring dan Identifikasi Kerusakan Secara Realtime pada Motor *BLDC* dan Baterai Untuk Aplikasi Kendaraan Skuter Listrik” Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring yang dapat mendeteksi kerusakan pada motor *BLDC* dan baterai secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi kendaraan listrik dengan memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi komponen utama.

(Nainggolan et al., 2016) dengan judul “Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai” pada penelitian ini mempunyai kesimpulan, daya motor listrik yang digunakan dalam penelitian adalah 250 Watt dengan tegangan sumber sebesar 36 volt DC, daya baterai yang digunakan sebagai sumber tegangan DC dalam penelitian adalah 324 *watt-hour*, daya motor listrik adalah 118,138 *watt*. Jika sepeda bergerak dengan kecepatan 5,556 m/detik, maka jarak tempuh yang dapat ditempuh adalah 54,855 km. Perbedaan penelitian ini dengan sekarang yaitu daya motor yang digunakan sebesar 350 watt dengan tegangan input 24 volt DC.

BEMF pada motor *BLDC* berbentuk trapezoid sedangkan pada motor sinkron *AC* berbentuk sinusoidal. Meskipun demikian keduanya memiliki struktur yang sama dan dikendalikan dengan metode six-step maupun metode *PWM* sinusoidal. Dibandingkan dengan motor *DC*, motor *BLDC* memiliki keunggulan yaitu biaya untuk perawatan lebih murah dan kecepatan yang lebih tinggi karena tidak ada gesekan di brush. Walaupun memiliki kelebihan tersebut dibandingkan dengan motor induksi, motor *BLDC* memiliki pengendalian yang lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konstan karena tidak adanya brush yang menunjang proses komutasi. Komutasi tanpa kontak secara mekanis (*brush*) tercipta karena adanya rangkaian inverter yang

terhubung dengan kumparan stator sehingga tidak diperlukan sikat pada motor untuk melakukan komutasi. Pengendalian kecepatan serta arah rotasi motor dapat dikendalikan melalui rangkain kontrol dan sensor posisi rotor (*hall effect sensor*)

No	Peneliti	Judul	Output	Aplikasi Penyajian
1	Dwi Sulistyanto (2008)	“Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Sistem Portable”	Perbedaan penelitian ini dengan sekarang yaitu dari model desain mekanik sampai dengan komponen sistem elektrik yang berbeda.	Sepeda listrik
2	Benhur Nainggolan dan kawan – kawan (2016)	Benhur Nainggolan dan kawan – kawan (2016) dengan judul “Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai”	pada penelitian ini mempunyai kesimpulan, daya motor listrik yang digunakan dalam penelitian adalah 250 Watt dengan tegangan sumber sebesar 36 volt DC,	Panel surya
3	Ramadhan Henrison)	Regulasi Bagi Pengendara Skuter Listrik dan Otoped Listrik di Indonesia	BLDC memiliki keunggulan yaitu biaya untuk perawatan lebih murah dan kecepatan yang lebih tinggi karena tidak ada gesekan di brush	BEMF pada motor BLDC sesuai untuk penggunaan di jalan perkotaan.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Motor Brushless Direct Current (BLDC)

Motor Brushless Direct Current (BLDC) merupakan motor yang populer semenjak penemuannya. Motor *BLDC* digunakan dalam instrumentasi, otomotif, otomasi industri dan lain sebagainya. Sesuai dengan namanya motor *BLDC* tidak menggunakan sikat arang/ brush untuk komutasinya, pada motor dc konvensional atau brushed sikat digunakan untuk mengirimkan daya ke rotor saat rotor berbalik di medan magnet tetap. Karena *BLDC* tidak menggunakan brush / sikat, maka komutasi dilakukan menggunakan rangkaian elektronik yaitu *Electronic speed controller (ESC)*. Untuk dapat mengatur putaran pada motor *BLDC*, diperlukan informasi untuk mengetahui letak rotor. Untuk itu diperlukan sensor pendeteksi posisi rotor yaitu *hall effect sensor* yang merupakan sensor dengan kemampuan mendeteksi letak magnet. Jika dijabarkan *hall effect sensor* memberikan keluaran “0” saat kutub magnet selatan (S) dekat dengan sensor dan akan berlogika “1” saat mendeteksi keberadaan kutub magnet utara (N). (Verryan, 2024)



Gambar 2. 1 Mesin Besin

2.2.2 Controller Motor Brushless Direct Current (BLDC)

Controller pada motor *DC brushless* berperan sangat penting dapat dikatakan sebagai penunjang utama operasi motor *DC brushless* karena motor *DC brushless* membutuhkan suatu *trigger* pulsa yang masuk ke bagian elektromagnetik (stator) motor *DC brushless* untuk memberikan pengaturan besarnya arus yang mengalir sehingga putaran motor dapat diatur secara akurat..

Prinsip Kerja Motor *BLDC* : Kontrol motor *BLDC* melibatkan beberapa aspek penting:

1. **Commutation Elektronik:** Ini adalah proses pengaturan pengaliran arus ke kumparan stator berdasarkan posisi rotor. Pada motor *DC* konvensional, commutation dilakukan secara mekanis dengan menggunakan sikat dan komutator. Namun, pada motor *BLDC*, proses ini dilakukan secara elektronik menggunakan pengontrol berbasis mikrokontroler atau pengendali motor khusus.
2. **Kontrol Kecepatan:** Kecepatan motor *BLDC* dikendalikan dengan mengatur tegangan atau frekuensi yang diberikan ke motor. Teknik yang umum digunakan adalah *PWM (Pulse Width Modulation)*, di mana lebar pulsa tegangan diubah untuk mengontrol kecepatan motor.
3. **Kontrol Posisi:** Dalam aplikasi tertentu, posisi rotor perlu dikendalikan dengan presisi. Ini memerlukan feedback dari sensor posisi dan algoritma kontrol yang lebih kompleks, seperti kontrol *PID (Proportional-Integral-Derivative)*.
4. **Kontrol Torsi:** Torsi motor *BLDC* dapat dikontrol dengan mengatur arus yang mengalir melalui kumparan stator. Dalam aplikasi yang memerlukan torsi konstan, pengontrol harus memastikan bahwa arus tetap konstan meskipun beban berubah.
5. **Aplikasi Motor *BLDC***

Motor *BLDC* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena keunggulannya, seperti pada kendaraan listrik, drone, kipas angin, pompa, dan peralatan industri. Mereka juga sering digunakan dalam perangkat elektronik konsumen seperti komputer (pada kipas pendingin) dan peralatan rumah tangga (misalnya mesin cuci). Secara keseluruhan, motor *BLDC* menawarkan solusi yang efisien dan andal untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pengendalian yang presisi dan performa yang tinggi. Bagian-bagian yang terdapat didalam *controller*, *controller* merupakan salah satu bagian dari motor *BLDC* yang paling vital, dimana semua parameter input diolah pada bagian

ini, terdapat beberapa modul penting yang terdapat didalam controller sebagai berikut;

a) *SPEED CONTROL*

Speed control merupakan salah satu unit dari *controller* Motor *BLDC*. *Speed control* atau kontrol kecepatan adalah proses pengaturan dan pengendalian kecepatan putaran motor listrik agar sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Dalam konteks motor listrik, seperti motor *DC*, motor *BLDC* (*Brushless DC*), atau motor *AC*, kontrol kecepatan adalah bagian penting yang memungkinkan pengguna untuk mengatur dan menjaga kecepatan motor pada tingkat yang diinginkan, baik secara manual maupun otomatis.

Komponen dan Metode Kontrol Kecepatan

1. **Pengontrol Kecepatan (*Speed Controller*):**

- Perangkat ini bertanggung jawab untuk mengatur tegangan atau arus yang disuplai ke motor untuk mencapai kecepatan yang diinginkan.
- Dalam sistem kontrol kecepatan yang canggih, pengontrol ini sering terhubung dengan sensor yang mengukur kecepatan aktual motor, sehingga dapat melakukan penyesuaian secara real-time.

2. **Metode Kontrol:**

- **Kontrol Arus:** Torsi motor sebanding dengan arus yang mengalir melalui motor. Dengan mengontrol arus, kecepatan motor juga dapat diatur, terutama dalam aplikasi yang memerlukan torsi konstan.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Motor *BLDC*

<i>Motor type</i>	<i>Brushless DC</i> motor
<i>Max. Power</i>	200W
<i>Rated voltage</i>	29 V DC
<i>Installation position</i>	Front
<i>Color</i>	Black
<i>Weight</i>	5kg

2.2.3 Trottle Gas

Throttle gas berfungsi sebagai pemberi input pada kontroler untuk mengatur pemberian sinyal terhadap kontroler yang berdasar kan seperti *PWM*.
Variasi handle



Gambar 2. 2 *Trottle Gas*

gas pada sepeda motor listrik ada 2 jenis, model *handle* gas Tarik dan model *thumb throttle* . handle gas Tarik adalah *handle* gas yang bentuknya full grip persis seperti 13 milik motor bensin pada umumnya. Sedangkan *Thumb Throttle* adalah gas dimana model penggunaannya menggunakan dorongan jempol pada tangan. Namun pada proyek akhir ini digunakan adaptor gas Motor Listrik untuk merubah atau konversi putaran gas honda biasa (*handle* gas pada umumnya) menjadi keluaran sinyal input seperti yang tertera pada gambar berikut ini

Twist throttle merupakan perangkat pengatur kecepatan pada skuter listrik yang cara kerjanya menyerupai tuas gas pada sepeda motor. Komponen ini dipasang pada pegangan stang dan dioperasikan dengan cara memutar grip menggunakan tangan pengendara. Ketika throttle diputar,

sensor di dalamnya menghasilkan sinyal listrik yang diteruskan ke motor controller sebagai perintah untuk mengatur putaran motor listrik.

2.2.4 Baterai

Baterai yang saya gunakan untuk menjalankan skuter listrik dengan spesifikasi baterai tersebut 29 *volt* 13Ah. Baterai adalah salah satu alat penting untuk penyimpan dan konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia. Jadi, baterai sebenarnya merupakan sebuah sel elektrokimia. Berdasarkan cara kerjanya, sel elektrokimia dapat dibagi menjadi dua, yaitu: sel galvanis dan sel elektrolisa. Sel galvanis, yang juga disebut sel volta, merubah energi kimia menjadi kerja listrik sedangkan sel elektrolisa merubah kerja listrik untuk menggerakkan reaksi kimia tak spontan. Dalam baterai biasa, komponen kimia terkandung dalam alat itu sendiri. Jika reaktan dipasok dari sumber luar ketika dikonsumsi, alat ini disebut sel bahan bakar (*fuel cell*).

Komponen utama sebuah baterai terdiri dari dua bahan konduktor tak sejenis (elektroda) yang dicelupkan dalam larutan yang mampu menghantarkan listrik (elektrolit). Salah satu elektroda akan bermuatan listrik positif dan yang lain negatif. Ujung elektroda yang menonjol diatas elektrolit dikenal sebagai terminal positif dan terminal negatif. Ketika kedua terminal dihubungkan dengan kawat konduktor (mis.: tembaga), arus listrik akan mengalir melalui kawat dari terminal negatif ke positif. Beda potensial atau tekanan listrik antar terminal tergantung pada bahan elektroda dan elektrolit dan diukur dalam *volt*.

Dalam pemakaiannya, baterai ada yang tidak bisa diisi ulang dan ada yang bisa diisi ulang. Jenis baterai yang tidak bisa diisi ulang disebut baterai primer dan yang bisa diisi ulang disebut baterai sekunder.

(Firanda & Yuhendri, 2021) dalam penelitiannya mengulas tentang *Monitoring State Of Charge Accumulator Berbasis Graphical User Interface* Menggunakan Arduino penelitian ini menggunakan metode perancangan pembuatan dan pengujian menggunakan simulink dan gui matlab. Alat yang digunakan antara lain Aki(*battery*), *charger* aki,

software *MATLAB*, arduino, Sensor Tegangan, Sensor Suhu. Berikut adalah contoh gambar baterai:



Gambar 2. 3 Baterai

Lithium-ion

Tegangan Nominal: 29 volt

Tegangan Output: 0-29 V DC

Arus Output: 0-13 Ah

2.2.5 Charger

Charger baterai 29 volt 13Ah adalah perangkat yang dirancang untuk mengisi daya baterai dengan spesifikasi tersebut, yang umumnya digunakan dalam aplikasi seperti sepeda listrik dan sistem tenaga surya. *Charger* ini berfungsi dengan mengubah arus listrik dari sumber *AC* menjadi arus *DC* yang sesuai untuk pengisian baterai. Proses pengisian ini penting untuk menjaga performa baterai, memastikan bahwa ia dapat menyimpan energi yang cukup untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Pengisian yang tepat juga dapat memperpanjang umur baterai, sehingga menghindari kerusakan atau penurunan kapasitas yang cepat.



Gambar 2. 4 *Charger*

Salah satu hal penting dalam memilih *charger* adalah memastikan bahwa spesifikasi arus pengisian (*charge current*) sesuai dengan kapasitas baterai. Untuk baterai 13Ah, charger dengan arus pengisian sekitar 1-2A biasanya cukup aman dan efisien, karena mengisi daya secara perlahan dapat membantu menjaga kesehatan baterai. Sebaliknya, penggunaan charger dengan arus terlalu tinggi dapat menyebabkan *overcharging*, yang berpotensi merusak baterai. Oleh karena itu, pemilihan *charger* harus mempertimbangkan tidak hanya voltase tetapi juga arus pengisian yang optimal.

2.2.6 Regulator

Regulator 5 Volt atau *DC-DC buck converter* merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk menurunkan tegangan arus searah (DC) dari nilai yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan beban. Pada penelitian ini, modul *regulator* berfungsi mengubah tegangan keluaran baterai skuter listrik sebesar 29 *Volt* menjadi tegangan 5 *Volt* yang diperlukan sebagai sumber catu daya bagi Arduino Uno dan komponen pendukung lainnya.

Cara kerja *regulator* didasarkan pada metode *switching* dengan frekuensi tinggi yang dikendalikan oleh *IC regulator*. Metode ini memungkinkan proses penurunan tegangan berlangsung dengan efisiensi yang tinggi karena kehilangan daya dalam bentuk panas relatif kecil dibandingkan dengan regulator linear. Oleh sebab itu, modul mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil meskipun terjadi perubahan pada tegangan masukan.

Dalam sistem monitoring baterai, tegangan baterai sebesar 29 *Volt* tidak dapat langsung digunakan untuk mencatu Arduino Uno karena melebihi batas tegangan kerja *mikrokontroler*. Oleh karena itu, modul *regulator* dipasang di antara baterai dan Arduino untuk menurunkan tegangan menjadi 5 *Volt* yang stabil. Tegangan keluaran yang stabil sangat diperlukan agar Arduino Uno, *LCD 20×4 I2C*, dan sensor *ACS712* dapat bekerja secara optimal serta menghasilkan pembacaan data yang akurat.

Selain berfungsi sebagai penurun tegangan, modul *regulator* juga berperan sebagai pelindung rangkaian elektronik dari tegangan berlebih (*overvoltage*). Dengan adanya modul ini, kemungkinan terjadinya kerusakan pada Arduino maupun komponen lain akibat tegangan masukan yang terlalu tinggi dapat dikurangi, sehingga keandalan dan umur pakai sistem menjadi lebih baik.

Berdasarkan fungsi tersebut, *regulator 5 Volt* memiliki peran penting dalam sistem monitoring baterai skuter listrik. Modul ini memastikan setiap komponen memperoleh catu daya yang sesuai dengan spesifikasi kerjanya,



sehingga seluruh sistem dapat beroperasi secara stabil, aman, dan mampu melakukan proses monitoring baterai secara real-time.

Gambar 2. 5 *Regulator*

2.2.7 *Arduino UNO*

Pada gambar 2.7 diatas terdapat arduino yang merupakan peralatan sistem kendali berupa mikrokontroller yang dapat digunakan untuk mengontrol suatu sistem secara terprogram. Arduino Uno merupakan salah satu jenis Arduino yang berupa board berbasis mikrokontroler pada *ATmega328 Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi *USB*, dan jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, yang dapat dihubungkan ke komputer dengan kabel *USB* atau sumber tegangan yang bisa diperoleh dari adaptor *AC-DC* atau baterai sebagai sumber tegangannya. [Jurnal Arduino].