

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat. Kendaraan ini menjadi pilihan populer dikarenakan oleh kepraktisan dan nilai ekonomis yang dihadirkan oleh sepeda motor ini. Nilai ekonomis dapat dilihat dari harga sepeda motor yang relatif terjangkau, sedangkan nilai kepraktisan dapat dilihat dari lincahnya kendaraan beroda dua ini. Ada beberapa sistem yang menjadi sistem utama dalam membangun mesin sepeda motor yaitu, sistem bahan bakar, sistem kelistrikan mesin, sistem pemasukan dan pembangunan, dan sistem penerus daya.

2.1. Konversi Sepeda Motor

Konversi adalah perubahan dari satu sistem pengetahuan ke sistem yang lain, serta dapat juga mengubah sesuatu dari satu bentuk atau satuan ke bentuk atau satuan lain. Proses konversi ini bisa terjadi secara alami maupun buatan manusia, dan melibatkan berbagai aspek kehidupan. Pada proyek ini, konversi yang dilakukan adalah proses perubahan suatu sistem. Perubahan sistem yang dilakukan adalah sistem penggerak, sistem bahan bakar, dan sistem kontrol dari sepeda motor.

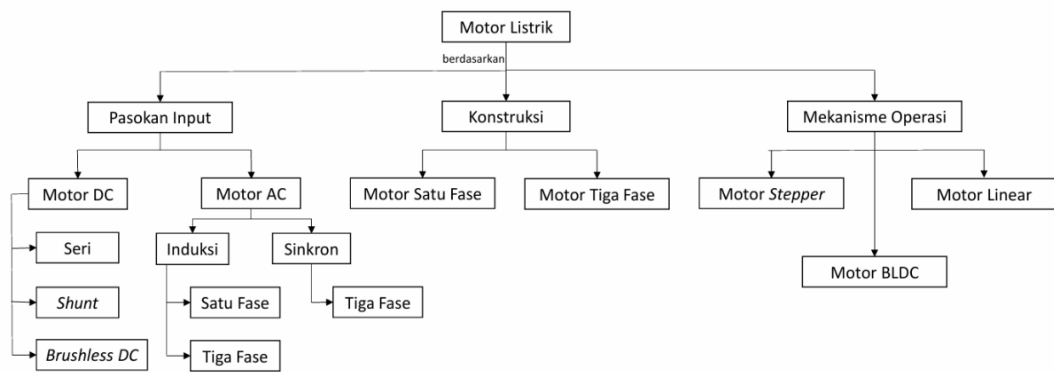
Sepeda motor adalah kendaraan bermotor beroda dua yang digerakkan oleh mesin. Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, sepeda motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor beroda dua dengan atau tanpa rumah-rumah, serta dapat juga berfungsi sebagai kendaraan bermotor beroda dua atau tiga tanpa rumah-rumah (PRESIDEN REPUBLIK

INDONESIA, 2009). Sepeda motor merupakan kendaraan yang kuantitas nya paling besar yang digunakan pada lalu lintas di jalan umum. Hal ini disebabkan karena sepeda motor merupakan jenis kendaraan dengan biaya murah yang dapat dimiliki oleh berbagai kalangan termasuk kalangan berpendapatan rendah dan dianggap praktis serta lebih mudah menerjang kemacetan.

2.2. Motor Listrik

Motor listrik adalah alat atau perangkat elektromagnetis yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan putar. Perubahan energi ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut elektromagnet (Fadianto, 2019). Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan medan magnet tetap yang disebut stator, medan magnet yang dihasilkan berinteraksi dengan medan magnet bergerak yang disebut rotor. Interaksi ini menciptakan gaya elektromagnetik yang mendorong rotor untuk berputar. Gaya yang bekerja pada rotor berdasarkan Hukum Lorentz, dimana arus listrik yang mengalir dalam medan magnet menghasilkan gaya yang menyebabkan gerakan rotasi (Sihombing, 2023).

Motor listrik memiliki beberapa jenis yang berbeda-beda, seperti motor DC, motor AC, motor *brushless* DC, dan motor *stepper*. Setiap motor listrik memiliki karakteristik yang berbeda dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang berbeda juga, tergantung pada kebutuhan. Secara umum, motor listrik terbagi dua, yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC. Berikut adalah bagan klasifikasi dari motor listrik yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2. 1. Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

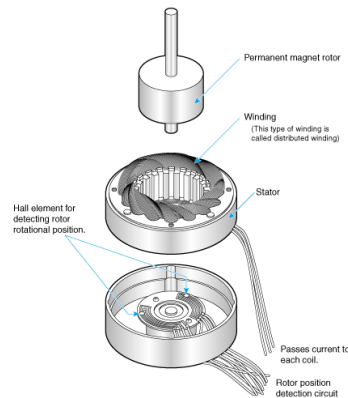
2.3. Motor *Brushless Direct Current*

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) adalah perangkat elektromagnetik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak atau mekanik (Luthfi, 2024). Energi gerak ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti memutar roda, kipas, atau *blower*. Oleh karena itu, motor listrik sering dimanfaatkan di berbagai sektor industri. Motor arus searah (DC) adalah jenis motor listrik yang bergerak dengan aliran arus searah. Motor BLDC, yang juga dikenal sebagai *Permanent Magnet Synchronous Motor* atau *Electronic Commutator Motor*, merupakan motor sinkron DC yang mendapatkan arus melalui inverter atau *switching power supply* (Harjono et al., 2021). Perangkat ini mengubah arus menjadi bentuk bolak-balik (AC) untuk menggerakkan motor melalui pengaturan *loop* tertutup. *Pulsed current* yang dihasilkan pengontrol mengatur torsi dan kecepatan motor.

Motor BLDC tidak menggunakan *carbon brush*, melainkan menggunakan prinsip gaya tarik dan tolak antara kutub magnet (Bagia & Parsa, 2018). Dalam operasinya, proses komutasi digantikan oleh *Hall Effect Sensor* yang mendeteksi sudut rotor dan mengendalikan sakelar semikonduktor, seperti transistor. Sensor ini

mengalirkan arus melalui belitan untuk menghasilkan torsi dalam satu arah dengan memutar atau memutus arus pada setiap rotasi 180° . Tidak adanya kontak geser mengurangi gesekan, sehingga memperpanjang masa pakai motor. Rotor motor BLDC dilengkapi dengan magnet permanen yang berputar di sekitar jangkar, sementara stator terdiri dari belitan yang kutubnya berubah sesuai polaritas arus yang diberikan. Medan magnet yang dihasilkan rotor berputar secara sinkron dengan frekuensi yang sama.

Pengendalian motor BLDC dapat dilakukan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) atau *six-step*, yang mendistribusikan daya melalui sirkuit *solid-state*. Motor BLDC memiliki banyak keunggulan dibandingkan motor DC bersikat, seperti biaya perawatan yang lebih rendah, rasio torsi terhadap berat yang tinggi, efisiensi lebih baik, pengurangan kebisingan, umur pakai lebih panjang, tidak adanya percikan ionisasi dari komutator, serta minimnya gangguan elektromagnetik. Selain itu, motor ini dapat didinginkan dengan konduksi karena tidak menghasilkan gaya sentrifugal, dan desainnya yang tertutup melindungi dari debu dan benda asing. Namun, daya maksimal motor BLDC dibatasi oleh panas, karena panas yang berlebihan dapat melemahkan magnet dan merusak isolasi gulungan. Peningkatan efisiensi motor ini didukung oleh pengaktifan listrik berdasarkan umpan balik dari sensor posisi, seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Konstruksi Motor BLDC
(Sumber: (Harjono & Widodo, 2021))

2.4. Baterai

Baterai merupakan suatu sel listrik yang mengalami proses elektrokimia yang mengubah dari energi kimia menjadi energi listrik dan *reversible* dengan tingkat efisiensi yang tinggi (M.AGUNG, 2020). Proses elektrokimia *reversible* adalah proses yang terjadi di dalam baterai berupa pengubahan energi kimia menjadi energi listrik pada saat proses pengosongan (*discharge*), dan sebaliknya dari energi listrik menjadi energi kimia pada saat proses pengisian kembali (*charge*). Proses pengisian kembali dilakukan dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk menyuplai atau menyediakan listrik sebagai sumber tenaga utama, sistem *starter*, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Baterai juga digunakan sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan pada sepeda motor listrik, dan juga digunakan sebagai penyimpan energi listrik saat terjadi proses pengisian. Peran baterai pada sepeda

motor listrik sangatlah penting, karena apabila tak ada baterai atau baterai tak terisi penuh, maka sepeda motor listrik tidak dapat beroperasi. Secara umum, terdapat dua jenis baterai yang umum digunakan, yaitu:

1. Baterai Primer

Baterai primer adalah jenis baterai yang dirancang untuk digunakan sekali saja, dimana ketika daya pada baterai telah habis, maka tak dapat diisi ulang. Baterai primer memiliki energi spesifik yang tinggi dengan sistem yang digunakan untuk mengonsumsi daya yang rendah, sehingga baterai dapat bertahan lebih lama (Azizah, 2016). Baterai primer terbuat dari sel-sel elektrokimia yang hanya dapat digunakan sekali pakai, contoh dari baterai primer adalah baterai alkaline, baterai *zinc-carbon*, dan baterai lithium.

2. Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan berulang kali dengan menggunakan sistem *charge* atau diisi ulang ketika daya pada baterai telah habis digunakan (Afif et al., 2015). Baterai ini memiliki sel elektrokimia yang reaksi kimianya dapat diputar kembali dan memiliki tegangan tertentu, sehingga daya pada baterai sekunder dapat diisi ulang dan digunakan kembali. Proses pengisian ulang memungkinkan baterai ini untuk digunakan berkali-kali, sehingga lebih ekonomis dalam jangka panjang. Baterai sekunder dengan kapasitas kecil digunakan untuk memberi daya pada perangkat elektronik *portable*. Sementara itu, baterai dengan kapasitas yang besar digunakan pada peralatan elektronik dengan tugas yang berat seperti kendaraan listrik. Contoh jenis baterai sekunder adalah seperti, baterai *Nickel-Cadmium* (NiCd), baterai *Nickel-Metal Hydride* (NiMH), dan baterai *Lithium-Ion* (Li-Ion).

Pada sepeda motor listrik yang akan dirancang pada proyek ini, penulis akan menggunakan jenis baterai sekunder, dimana baterai tersebut dapat digunakan berkali-kali dengan cara diisi ulang (*charge*). Tipe baterai sekunder yang akan digunakan adalah Baterai *Lithium-Ion*. Dengan menggunakan baterai sekunder, maka sepeda motor listrik ini akan menjadi lebih ekonomis dan dapat digunakan dalam jangka panjang.

2.4.1. Baterai *Lithium-Ion*

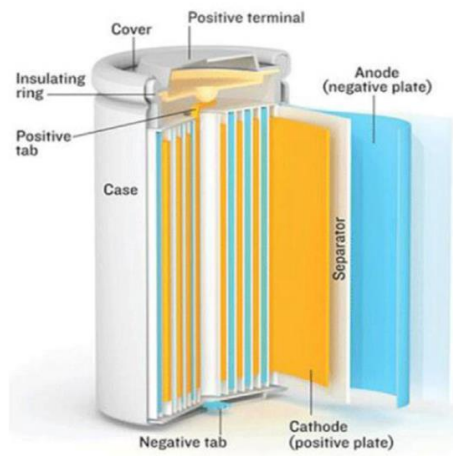
Baterai *Lithium-ion* (Li-ion) adalah salah satu bagian dari baterai sekunder, yang berarti dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai yang berkembang lebih dahulu, yaitu NI-Cd dan Ni-MH (Perdana, 2021). Baterai ini terdiri dari sel-sel elektrokimia yang menggunakan lithium sebagai bahan utama pada katoda dan anoda. Baterai Lithium-ion terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu katoda (elektroda positif), anoda (elektroda negatif), elektrolit, dan separator (Soraya et al., 2023). Selama proses pengisian, ion lithium bergerak dari katoda ke anoda, dan sebaliknya saat digunakan. Prinsip kerja baterai Lithium-ion berlandaskan pada fenomena interkalasi, yaitu proses pemindahan ion lithium dari posisi semula dalam struktur kristal suatu bahan elektroda dan penempatan ion lithium pada posisi lain dalam struktur kristal bahan elektroda yang berbeda.

Baterai Lithium-ion merupakan teknologi penyimpanan energi yang paling banyak digunakan saat ini terutama untuk perangkat yang menggunakan baterai sebagai sumber utamanya (Otong & Aribowo, 2019). Tentunya, baterai ini juga sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pada kendaraan yang mengandalkan sumber energi listrik. Baterai Lithium-ion dapat menghasilkan

energi dan daya densitas yang besar, kelebihan lainnya yaitu efisiensi tinggi, tanpa efek memori dan siklus hidup yang relatif lama.

2.4.2. Bagian Utama Pada Baterai *Lithium-ion*

Pada umumnya, baterai Lithium-ion memiliki empat komponen utama yaitu, elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), elektrolit, dan separator. Seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3. Bagian-Bagian Baterai *Lithium-ion*

(Sumber: (Novianto, 2021))

1. Elektroda Negatif (Anoda)

Anoda merupakan elektroda negatif yang berkaitan dengan reaksi oksidasi, yaitu reaksi setengah sel yang melepaskan elektron ke dalam sirkuit eksternal. Anoda berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif, dimana lembaran pada anoda biasanya berupa tembaga (*Cu foil*). Karakteristik yang harus dimiliki suatu material sehingga dapat dipakai sebagai anoda adalah memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan menyimpan dan melepas muatan atau ion yang efisien, memiliki tingkat siklus pemakaian yang tahan lama, mudah dikelola, aman dalam penggunaan dan

tidak beracun, serta memiliki harga yang terjangkau. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai anoda adalah material berbasis karbon seperti LiC_6 atau grafit.

2. Elektroda Positif (Katoda)

Katoda adalah elektroda positif yang fungsinya sama seperti anoda sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif yang mengalami reaksi kimia. Walaupun memiliki fungsi yang serupa, katoda dan anoda memiliki perbedaan pada polaritas, dimana katoda merupakan elektroda dengan polaritas positif, sedangkan anoda polaritas negatif. Pada katoda, terjadi suatu reaksi setengah sel yang disebut reaksi reduksi, dimana katoda akan menerima elektron dari sirkuit eksternal, sehingga memicu terjadinya reaksi kimia reduksi didalamnya. Karakteristik yang harus dimiliki suatu material yang digunakan sebagai katoda antara lain material tersebut harus memiliki ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki stabilitas yang tinggi, harganya murah dan ramah lingkungan.

3. Elektrolit

Elektrolit adalah elemen dari baterai yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya. Karakteristik dari elektrolit adalah konduktivitas, aman atau tidak beracun, serta harga yang terjangkau. Elektrolit terbagi menjadi dua jenis, yaitu elektrolit cair dan elektrolit padat. Elektrolit cair memiliki konduktivitas ionik yang besar, harga yang terjangkau, dan aman. Namun, performa siklus pemakaian dari elektrolit cair cukup rendah atau tidak tahan lama, biasanya dapat digunakan sekitar 25 kali siklus dan dapat

mengurangi kerapatan energi. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektrolit cair adalah LiNO_3 , LiOCl , Li_2SO_4 , garam LiNO_3 , garam Li_2SO_4 , LiPF_6 (Perdana, 2021). Sedangkan, elektrolit padat memiliki konduktivitas ionik yang juga besar, akan tetapi memiliki daya tahan yang lebih lama dibandingkan dengan elektrolit cair. Material yang dipakai pada elektrolit padat adalah $(\text{La,Li})\text{TiO}_3$.

4. Separator

Separator merupakan suatu material berpori yang ditempatkan di antara anoda dan katoda dalam baterai. Fungsinya adalah untuk memisahkan anoda dan katoda agar tidak terjadi kontak langsung di antara keduanya. Pori-pori dalam separator memungkinkan transfer ion lithium melalui difusi selama proses pengisian dan pengosongan baterai. Beberapa hal yang penting untuk memilih material agar dipilih sebagai separator antara lain material tersebut bersifat insulator, memiliki hambatan listrik yang rendah, kestabilan mekanik yang baik (tidak mudah rusak), memiliki sifat hambatan kimiawi untuk tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang seragam atau sama di seluruh permukaan. Salah satu material yang digunakan sebagai separator adalah polietilena, yang terbuat dari film plastik berpori dengan ukuran nanopori dan ketebalan kurang dari $25\text{ }\mu\text{m}$. Material ini memenuhi kriteria yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi sebagai separator dalam baterai lithium-ion.

2.4.3. Kapasitas Energi Baterai

Kapasitas energi baterai adalah kemampuan baterai untuk menyimpan dan mengeluarkan energi listrik. Kapasitas ini dapat diukur dalam bentuk arus yang

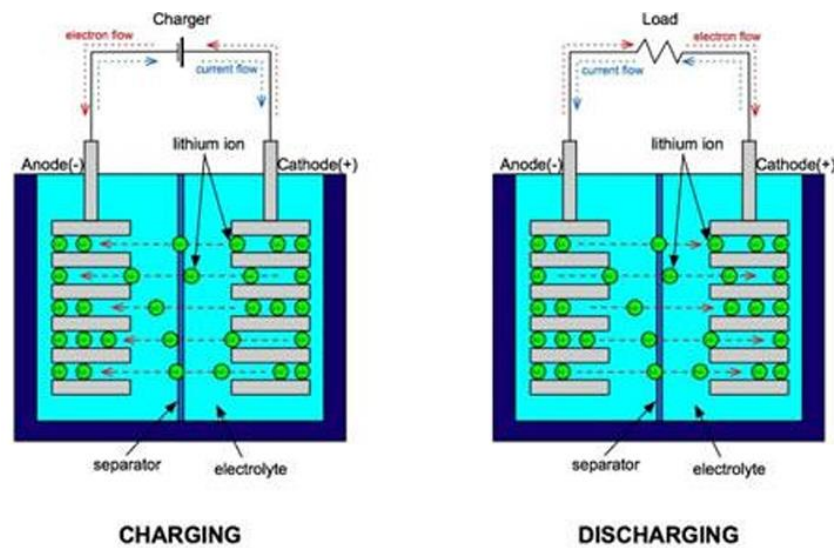
dapat dikeluarkan (*discharging*) dalam periode waktu tertentu, serta dalam bentuk penyerapan muatan listrik saat baterai diisi ulang (*charging*). Besar kapasitas energi baterai bergantung pada jumlah energi yang dapat disimpan, yang diukur dalam satuan *Ampere-hour* (Ah). Kapasitas total baterai dapat diketahui dengan memperhatikan arus dan tegangan operasional baterai, di mana tegangan baterai ditentukan oleh jumlah sel yang ada di dalamnya. Arus hanya akan mengalir apabila baterai terhubung dengan beban yang membutuhkan energi listrik.

Kapasitas energi baterai bisa berbeda dari kapasitas nominalnya. Faktor-faktor seperti usia baterai, kondisi pengisian dan pengeluaran, serta suhu dapat memengaruhi kemampuan baterai dalam menyimpan energi. Sebagai contoh, suhu baterai dapat memengaruhi jumlah energi yang dapat dikeluarkan. Baterai dengan suhu tinggi cenderung memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan baterai yang suhunya rendah. Namun, peningkatan suhu baterai secara sengaja dapat berdampak buruk pada umur pakainya. Meskipun baterai digunakan dengan benar sesuai petunjuk pabrik, kapasitas energi baterai biasanya akan menurun seiring berjalannya waktu.

2.5. Sistem *Charge* dan *Discharge*

Seperti yang diketahui bahwa *Lithium-Ion Battery* tersusun dari empat komponen penting yaitu anoda, katoda, elektrolit serta separator. *Charging* adalah proses pengisian baterai terjadi ketika energi listrik dimasukkan ke dalam baterai untuk mengembalikan energi yang telah digunakan. Sedangkan, *discharging* adalah proses pengosongan terjadi ketika baterai digunakan untuk menyediakan energi ke beban, seperti perangkat elektronik (Azizah, 2016). Kedua proses ini dapat dilihat

pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Proses *Charging* dan *Discharging*

(Sumber: (Perdana, 2021))

Pada proses pemakaian listrik (*discharging*) elektron dari anoda mengalir ke katoda melalui kabel konektor sedangkan lithium yang berada pada sistem (di dalam baterai) lepas dari anoda karena kekurangan elektron untuk berpindah menuju katoda melalui elektrolit. Pada proses pengisian (*charging*), elektron dari katoda mengalir menuju anoda sedangkan ion lithium dalam sistem berpindah dari katoda menuju anoda melalui elektrolit. Proses *charge* dan *discharge* baterai lithium-ion bekerja menurut fenomena interkalasi, yaitu proses pelepasan ion lithium dari tempatnya di struktur kristal suatu bahan elektroda dan penyisipan ion lithium pada tempat di struktur kristal bahan elektroda yang lain (Perdana, 2021).

Kapasitas energi baterai mencerminkan kemampuan baterai untuk melepaskan arus (*discharging*) dalam rentang waktu tertentu. Dengan kata lain, baterai dapat memberikan arus kecil dalam waktu yang lebih lama atau arus besar dalam waktu yang lebih singkat, tergantung pada beban yang terhubung. Ketika baterai sedang diisi (*charging*), energi listrik akan tersimpan di dalamnya. Kapasitas energi baterai

mengacu pada jumlah maksimum muatan listrik yang dapat disimpan oleh baterai. Muatan listrik inilah yang nantinya akan disalurkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dari beban yang terhubung.

2.6. Kontroler Motor Listrik

Pengontrol motor pada kendaraan listrik, yang berfungsi sebagai otak kendaraan, memiliki peran utama dalam mengubah energi listrik dari baterai menjadi energi listrik yang sesuai untuk menggerakkan motor, berdasarkan instruksi pengemudi (seperti pengaturan gigi, *throttle*, pengereman, dll.) (GTAKE, 2024). Pengontrol ini bertanggung jawab atas pengaturan awal motor, pengendalian kecepatan maju dan mundur, kemampuan menanjak, serta berbagai kondisi berkendara lainnya. Selain itu, pengontrol motor dilengkapi dengan fitur seperti umpan balik energi, diagnosis kesalahan, dan perlindungan untuk memastikan kendaraan listrik beroperasi dengan aman dan stabil di berbagai kondisi jalan yang dinamis. Fungsi Utama Pengontrol Motor Listrik adalah sebagai berikut:

1. Konversi dan Transfer Energi

Pengontrol motor mengubah arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC) untuk memasok energi listrik yang dibutuhkan motor penggerak, sehingga memastikan transfer energi yang efisien.

2. Pengaturan Kondisi Berkendara

Berdasarkan perintah pengemudi, pengontrol motor secara presisi mengatur kecepatan, arah, dan torsi motor untuk menyesuaikan keadaan berkendara kendaraan.

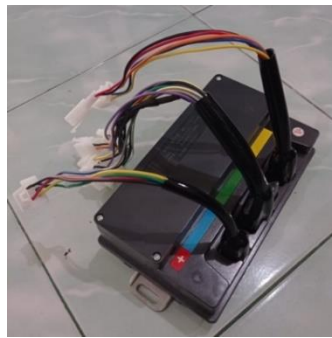
3. Umpan Balik Energi

Saat kendaraan mengerem atau menuruni bukit, pengontrol motor

mengembalikan sebagian energi pengereman ke baterai melalui fungsi umpan balik pengereman, yang membantu meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang jarak tempuh.

4. Diagnosis dan Perlindungan Kesalahan

Pengontrol motor dilengkapi dengan fitur diagnosis dan perlindungan, termasuk perlindungan arus berlebih, tegangan berlebih, dan suhu berlebih. Fitur ini memastikan kendaraan dapat berhenti dengan aman dalam situasi abnormal dan mencegah kerusakan pada motor maupun pengontrol.



Gambar 2. 5. Contoh Kontroler Motor Listrik

(Sumber: (Delasta et al., 2023))

2.7. *Factor of Safety*

Dalam modifikasi *swing arm*, tentu perlu diketahui apakah modifikasi yang dilakukan pada *swing arm* memenuhi standar keamanan atau tidak. Oleh karena itu, akan dilakukan *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan aplikasi Solidworks. FEA digunakan untuk menganalisis kekuatan *swing arm* yang telah dimodifikasi, untuk mengetahui *Factor of Safety* (FoS) dari *swing arm* tersebut. Ketika melakukan analisis, hasil dari *Factor of Safety* harus memenuhi ketentuan seperti hubungan dari *Von Mises Stress* dan *Yield Strength*.

Nilai *Von Mises Stress* adalah tegangan ekuivalen yang dihitung dari kombinasi semua komponen tegangan (normal dan geser) pada suatu titik. *Von Mises*

menggabungkan semua arah tegangan menjadi satu angka setara atau bisa disebut resultan tegangan yang bisa dibandingkan langsung dengan *yield strength*. Sedangkan, *Yield Strength* adalah tegangan batas material mulai mengalami deformasi permanen. Nilai ini diambil dari data material, dimana material yang digunakan pada *swing arm* adalah 1023 *Carbon Steel Sheet*. Jadi, nilai FoS dapat diketahui dari hasil pembagian *Yield Strength* dan Von Mises. Nilai FoS tersebut akan menentukan keamanan dari *swing arm* tersebut, dimana ketika nilai FoS lebih dari 1, maka *swing arm* tersebut dinyatakan elastis dan aman. Kemudian, apabila nilai FoS sama dengan 1, maka *swing arm* tepat pada batas leleh, dimana *swing arm* tersebut rawan gagal kalau ada beban tambahan apabila ada beban tambahan. Namun, jika nilai FoS kurang dari 1, maka *swing arm* tersebut tidak aman dan plastis, karena sudah melebihi batas lelehnya.

2.8. *Dynamometer Test (Dyno Test)*

Dynamometer test atau *dynotest* merupakan proses uji yang dilakukan untuk mengukur performa mesin, seperti daya, torsi, dan efisiensi (UMA, 2024). *Dyno test* umumnya dilakukan dengan menggunakan *dynamometer*, yaitu alat yang dirancang untuk mengevaluasi kinerja mesin dengan menempatkannya dalam kondisi operasi yang terkendali. Pengujian ini bukanlah *test* untuk pengujian bahan bakar. Namun, untuk membandingkan performa sepeda motor dari jenis tenaga penggerak yang digunakan antara sebelum dikonversi dengan sesudah dikonversi. Hal ini dilakukan dengan hanya membedakan tenaga penggeraknya, sementara faktor lain yang mempengaruhi kendaraan dibuat sama, sehingga faktor tersebut dapat diabaikan pada saat sudah mendapatkan hasil pengujian. Faktor yang

dimaksud dapat mempengaruhi performa kendaraan adalah, berat pengendara, jenis tenaga penggerak, suhu kendaraan, suhu dan tekanan udara saat pengujian, dan kelembaban udara.

Tujuan dari pengujian *dynotest* adalah untuk mengetahui nilai performa dan tenaga mesin kendaraan yang diukur dalam satuan tenaga, mulai dari *horsepower* (HP) hingga kilowatt (kW) (Rizki, 2022). Selain mengukur daya maksimum kendaraan, *dynotest* juga dapat mengukur torsi dalam satuan NM dan Kgm yang dihasilkan oleh mesin kendaraan. Proses pengujian ini dipantau melalui perangkat komputer, sehingga rekaman performa mesin kendaraan dapat terlihat pada setiap putaran mesin dan posisi gigi dalam bentuk kurva. Selain itu, tenaga mesin juga dapat dihitung baik pada mesin (*on engine*) maupun pada roda kendaraan (*on wheels*).

Terdapat dua jenis alat *dyno test* yaitu *engine dyno* (mengukur performa mesin secara langsung) dan *chassis dyno* (mengukur performa kendaraan secara keseluruhan) menggunakan *roller* (Burhanudin, 2020).

1. *Engine Dynamometer*

Engine Dynamometer adalah *dynamometer* yang dipasang pada *crankshaft engine*. Digunakan untuk membaca power dan torsi langsung dari engine dan tidak memperhitungkan rugi-rugi transmisi. Pada umumnya, alat ini digunakan di pabrik kendaraan untuk mengukur performa mesin sebelum dipasang pada *body*.

2. *Chassis Dynamometer*

Chassis Dynamometer adalah *dynamometer* yang digunakan untuk membaca *power* dan torsi pada roda kendaraan. Power dan torsi yang dibaca merupakan

power dan torsi *engine* yang telah dikurangi rugi-rugi transmisi dan merupakan performa aktual kendaraan.

Cara kerja dari *dyno test* dimulai dengan memasang mesin yang akan diuji ke dalam *dynamometer*. Kemudian, mesin dijalankan dalam berbagai kondisi operasional, seperti kecepatan putaran yang berbeda atau beban tertentu yang diterapkan pada mesin. Selama pengujian, *dynamometer* akan merekam berbagai parameter kinerja mesin, seperti daya, torsi, putaran per menit (RPM), konsumsi bahan bakar, dan lainnya. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk menilai kinerja mesin serta mengidentifikasi area yang perlu perbaikan atau optimasi (Gunawan et al., 2023).