

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| BAB I PENDAHULUAN SISTEM STARTER DAN PENGISIAN | 6 |
| 1.1 Definisi dan fungsi | 6 |
| 1.2 Kedudukan dalam Sistem Sepeda Motor (Pengembangan) | 7 |
| 1.3 Tujuan Pembelajaran | 9 |
| BAB II SEJARAH & PERKEMBANGAN | 10 |
| 2.1 Evolusi teknologi sistem starter | 10 |
| 2.2 Evolusi teknologi sistem pengisian | 11 |
| 2.3 Perbandingan motor lama dengan modern | 11 |
| 2.4 Tren global..... | 12 |
| 2.5 Soal formatif..... | 14 |
| BAB III JENIS-JENIS & KLASIFIKASI | 20 |
| 3.1 Jenis-jenis sistem starter | 20 |
| 3.1.1 Starter manual (kick starter) | 20 |
| 3.1.2 Starter elektrik (motor starter) | 20 |
| 3.1.3 Starter Otomatis / Integrated Starter-Generator (ISG)..... | 21 |
| 3.2 Jenis-jenis sistem pengisian..... | 21 |
| 3.2.1 Sistem Pengisian Generator DC (Dynamo) | 21 |
| 3.2.2 Sistem Pengisian Alternator AC | 22 |
| 3.2.3 Sistem Pengisian dengan penyearah (rectifier)..... | 23 |
| 3.2.4 Sistem pengisian dengan regulator tegangan..... | 23 |
| 3.2.5 Sistem pengisian terintegrasi (integrated starter-genotor system) | 24 |
| 3.3 Karakteristik tiap jenis sistem pengisian | 24 |
| 3.3.1 Karakteristik sistem generator DC..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2 Karakteristik sistem generator AC | 25 |
| 3.3.3 Karakteristik Sistem Pengisian Half-Wave dan Full-Wave | 26 |
| 3.3.4 Karakteristik Sistem Pengisian Berdasarkan Tipe Regulator | 27 |
| 3.3.5 Karakteristik Sistem Pengisian Terintegrasi (ISG) | 27 |
| 3.4 Kelebihan dan kekurangan | 28 |
| 3.5 Soal formatif..... | 29 |
| 3.5 RUJUKAN | 35 |
| BAB IV TEORI DASAR & PRINSIP KERJA SISTEM STARTER DAN PENGISIAN..... | 38 |
| 4.1 Mekanisme Kerja Umum BHDE | 38 |
| 4.2 Alur Energi / Fluida / Kelistrikan dalam Sistem | 39 |
| Alur pada Sistem Starter: | 39 |
| Alur pada Sistem Pengisian: | 39 |
| 4.3 Prinsip Kerja Sistem Pengisian dan Stater | 39 |
| 4.4 Diagram Blok Sistem Stater dan Sistem Pengisian..... | 40 |
| Soal Pilihan Ganda Sistem Starter dan Pengisian | 41 |
| 4.5 Daftar Referensi | 47 |
| BAB V KOMPONEN UTAMA SISTEM STARTER DAN SISTEM PENGISIAN | 48 |
| 5.1 Daftar Komponen Sistem Starter | 48 |
| 5.2 Daftar Komponen Sistem Pengisian..... | 48 |
| 5.3 Skema / Ilustrasi | 49 |
| 5.4 Soal Soal Sumatif Pilihan Ganda | 50 |
| 5.5 Daftar Rujukan | 55 |
| BAB VI SUB-KOMPONEN & MATERIAL SISTEM STARTER DAN SISTEM PENGISIAN..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1 Sub-Komponen Sistem Starter | 56 |
| 6.2 Sub-Komponen Sistem Pengisian | 56 |
| 6.3 Material Penyusun Sub-Komponen..... | 57 |
| 6.4 Pengaruh Kualitas Material | 58 |
| 6.5 Soal Formatif 6 (Pilihan Ganda) | 59 |
| 6.6 Daftar Rujukan | 64 |
| BAB VII ANALISIS MEKANISME KERJA SISTEM STARTER PENGISIAN | 65 |
| 7.1 Proses Detail Langkah Demi Langkah..... | 65 |
| 7.3 Ilustrasi Diagram Kerja | 66 |
| BAB VIII STANDAR PABRIKAN & REGULASI | 72 |
| 8.1 Spesifikasi standar (misalnya SNI, JIS) | 72 |
| 8.2 Regulasi emisi & lingkungan | 74 |
| 8.3 Dampak hukum/aturan industry | 75 |
| 8.4 Soal Formatif 8 (25 pilihan ganda)..... | 77 |
| 8.5 Daftar Rujukan | 82 |
| BAB IX PERAWATAN SISTEM STATER DAN PENGISIAN | 83 |
| 9.1 Perawatan rutin | 83 |
| 9.2 Jadwal servis pabrikan..... | 83 |
| 9.3 Dampak jika diabaikan | 84 |
| 9.4 Soal Formatif 9 (25 pilihan ganda)..... | 85 |
| 9.5 Daftar Rujukan | 90 |
| BAB X KERUSAKAN & TROUBLESHOOTING | 92 |
| 10.1 Gejala umum kerusakan | 92 |
| 10.2 Penyebab | 92 |
| 10.3 Tabel diagnosis masalah (Troubleshooting) | 93 |

| | |
|--|------------|
| 10.4 Soal Formatif 10 (25 pilihan ganda)..... | 93 |
| 10.5 Rujukan | 98 |
| BAB XI STUDI KASUS INDUSTRI..... | 99 |
| 11.1 Pengalaman bengkel resmi | 99 |
| 11.2 Wawancara mekanik/teknisi | 99 |
| 11.3 Analisis kerusakan nyata | 100 |
| 11.4 Soal Formatif 11 (25 pilihan ganda)..... | 100 |
| 10.5 Daftar Rujukan | 105 |
| BAB XI STUDI KASUS INDUSTRI..... | 106 |
| 11.1 Pengalaman bengkel resmi | 106 |
| 11.2 Wawancara mekanik/teknisi | 106 |
| 11.3 Analisis kerusakan nyata | 107 |
| 11.4 Soal Formatif 11 (25 pilihan ganda)..... | 107 |
| 11.5 Daftar Rujukan | 112 |
| BAB XII INOVASI & TEKNOLOGI TERKINI..... | 113 |
| 12.1 Teknologi Terbaru dari Pabrikan..... | 113 |
| 12.2 Integrasi dengan Sensor dan ECU Modern | 114 |
| 12.3 Tren Global: Elektrifikasi dan Hybrid..... | 114 |
| 12.4 Soal Formatif 12 | 115 |
| 12.5 Daftar Rujukan | 120 |
| BAB XIII ANALISIS LINGKUNGAN & EFISIENSI ENERGI | 121 |
| 13.1 Konsumsi bahan bakar/energi | 121 |
| 13.2 Emisi gas buang & polusi..... | 122 |
| 13.3 Kontribusi teknologi ramah lingkungan..... | 124 |
| 13.4 Soal Formatif 13 (25 pilihan ganda)..... | 126 |

| | |
|---|-----|
| 13.5 Daftar Rujukan | 132 |
| BAB XIV LATIHAN SOAL DAN DISKUSI | 133 |
| 14.1 Soal SUMATIF pilihan ganda (25 soal) | 133 |
| 14.2 Soal Essay Analisis..... | 138 |
| 14.3 Diskusi Kelompok | 140 |
| 14.5R Rujukan..... | 141 |
| BAB XV RANGKUMAN & EVALUASI KOMPETENSI | 142 |
| 15.1 Ringkasan poin penting | 142 |
| 15.2 Evaluasi capaian mahasiswa | 144 |
| C. Refleksi pembelajaran | 146 |

BAB I

PENDAHULUAN SISTEM STARTER DAN PENGISIAN

1.1 Definisi dan fungsi

Sistem *starter* pada sepeda motor adalah sub-sistem kelistrikan dan mekanik yang bertugas menyediakan dorongan awal (*torque*) untuk memutar poros engkol (*crankshaft*) sehingga mesin dapat memasuki siklus pembakaran secara mandiri. Pada praktiknya fungsi ini biasanya dilaksanakan oleh sebuah motor listrik (*starter motor*) berjumlah kecil yang dipasangkan dengan mekanisme penghubung (*pinion ring gear* atau *Bendix drive*) serta *solenoid/relay* untuk menyalurkan arus besar dari baterai ke motor *starter* ketika saklar *starter* diaktifkan (Willcox, 2020).

Sistem pengisian (*charging system*) pada sepeda motor berfungsi menghasilkan listrik saat mesin berjalan, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (melalui alternator/stator), menyearahkan arus AC menjadi DC (melalui *rectifier*), serta mengatur tegangan keluaran agar baterai dan beban listrik menerima tegangan yang stabil. Komponen dasar sistem pengisian meliputi stator/alternator, penyearah (*rectifier*), regulator tegangan (sering berupa regulator/*rectifier* terpadu pada sepeda motor modern), dan baterai sebagai penyimpan energi. Tujuan utamanya adalah menjaga baterai tetap terisi dan menyuplai beban listrik kendaraan (lampu, sistem pengapian atau ECU, aksesoris) tanpa menyebabkan *over-charging* (Systems, 1998).

Secara fungsional kedua sistem ini saling terkait: *starter* menarik daya besar dari baterai untuk *cranking engine* saat mesin mati, sedangkan pengisian bekerja setelah mesin hidup untuk mengantikan energi yang diambil dari baterai dan untuk mensuplai beban elektrikal. Jika sistem pengisian tidak bekerja memadai (*mis-stator* rusak atau regulator gagal), baterai akan terkuras setelah beberapa kali *start*.

atau selama beban tinggi, sehingga *starter* tidak akan mampu menghidupkan mesin berikutnya (Walker, 2019).

Secara komponen, *starter* motor pada sepeda motor biasanya merupakan motor DC tipe armaturnya seri atau permanent-magnet, dengan *solenoid* yang melakukan dua fungsi yaitu, menutup kontak arus tinggi ke motor *starter*, dan menggerakkan *pinion* untuk mengait ke *ring gear flywheel*. Mekanisme penghubung kadang memakai *Bendix drive* atau sistem gigi lainnya yang memungkinkan pemutusan otomatis setelah mesin menyala (*one-way clutch*). Prinsip elektromagnetik pada *starter* motor mengonversi energi listrik dari baterai menjadi energi mekanik untuk menghasilkan torsi awal tersebut (Kershaw & Halderman, 2007).

Pada bagian pengisian, alternator/stator yang dipasang pada poros mesin menghasilkan arus bolak-balik (AC) sebanding dengan kecepatan putaran mesin; keluaran AC ini kemudian diubah menjadi DC dan distabilkan oleh regulator agar berada pada rentang aman pengisian (~13.5–15.5 V pada sistem 12 V umum). Pada sepeda motor modern regulator dan *rectifier* sering terintegrasi ke dalam satu unit R/R (regulator/*rectifier*), dan desain sistem dapat berupa *3-phase permanent-magnet* alternator untuk memperoleh daya yang memadai pada putaran rendah hingga menengah (Naqvi dkk., 2024).

Pada motor modern, fungsi *starter* dan pengisian semakin terpengaruh oleh subsistem elektronik kendaraan (ECU, fuel injection, sensor) sehingga persyaratan daya dan stabilitas tegangan menjadi lebih ketat. Selain itu muncul inovasi seperti *Integrated Starter-Generator* (ISG), sistem *start-stop*, dan manajemen pengisian cerdas yang dikendalikan ECU untuk efisiensi bahan bakar dan emisi; ini menjadikan desain sistem *starter*-pengisian lebih kompleks dibandingkan motor tradisional yang hanya mengandalkan *starter* elektrik sederhana dan alternator dasar (BOSCH, 2022).

1.2 Kedudukan dalam Sistem Sepeda Motor (Pengembangan)

Dalam sepeda motor, sistem *starter* dan sistem pengisian bukan hanya dua komponen kelistrikan yang berdiri sendiri, tetapi merupakan bagian integral dari keseluruhan *electrical system* yang saling melengkapi. *Starter* bertugas sebagai perangkat yang mengawali operasi mesin ketika *crankshaft* (poros engkol) dalam keadaan diam, sedangkan sistem pengisian memastikan bahwa setelah mesin hidup,

suplai listrik ke komponen-komponen elektrikal (lampu, indikator, sistem pengapian atau ECU, aksesoris tambahan) tetap stabil dan baterai selalu memiliki cadangan energi yang cukup untuk memulai mesin di lain waktu. Tanpa *starter* yang berfungsi baik, motor tidak akan hidup; tanpa sistem pengisian yang memadai, baterai akan cepat kehabisan daya, menyebabkan *starter* gagal bekerja ketika diperlukan.

Komponen-komponen utama dari sistem pengisian biasanya mencakup alternator/stator, penyuarah (*rectifier*), regulator tegangan, dan baterai sebagai penyimpan energi. Alternator atau stator menghasilkan arus AC sebanding dengan kecepatan putaran mesin; *rectifier* mengubah arus AC tersebut ke DC; regulator menjaga agar tegangan output tetap berada dalam rentang aman agar tidak merusak baterai atau komponen listrik lainnya; baterai menyimpan energi saat pengisian dan menyediakan daya saat *starter* bekerja atau beban tinggi yang melebihi output alternator. Komponen *starter* meliputi: baterai, saklar *starter*, *solenoid* atau relay *starter*, motor *starter* itu sendiri, dan perangkat mekanik penghubung seperti *pinion* dan ring gear atau *Bendix drive* untuk *starter* konvensional. Dalam motor modern, beban listrik semakin banyak dan variatif: selain lampu, klakson, dan indikator, ada sistem injeksi bahan bakar, sensor (seperti sensor posisi *throttle*, sensor suhu), ECU (*Electronic Control Unit*), lampu LED, sistem kunci elektronik atau *keyless*, sistem keamanan, bahkan port USB atau perangkat tambahan lainnya. Keseluruhan tambahan beban ini memperbesar kebutuhan arus dari sistem pengisian, sehingga alternator dan regulator harus dirancang lebih kuat dan lebih stabil. Contohnya, sebuah penelitian lokal tentang modul *starter* nirkabel berbasis Arduino menunjukkan bahwa ketika *starter* dan saklar *starter* diaktifkan, konsumsi daya cukup tinggi (sekitar 3,24 watt) bahkan untuk sistem kontrol tambahan, dan penggunaan terus-menerus modul keamanan dapat menguras baterai jika mesin jarang dinyalakan (Arifin & Rahmad, 2022).

Interaksi operasional antara *starter* dan sistem pengisian juga penting: ketika mesin sudah menyala, sistem pengisian mulai mengambil alih suplai listrik ke beban, dan sekaligus mengisi kembali baterai. Jika beban listrik tinggi (misalnya lampu depan, lampu rem, indikator, sistem elektrik lainnya), dan output pengisian tidak mencukupi, maka baterai akan tetap digunakan sebagai sumber daya

tambahan. Jika penggunaan baterai terus berlanjut tanpa pengisian yang memadai, baterai akan lama-kelamaan kehilangan muatannya (voltase menurun), sehingga saat berikutnya *starter* dipakai, baterai tidak mampu menyuplai arus yang cukup besar, dan mesin tidak bisa dihidupkan. Dalam penelitian “Analisis Kelistrikan Sistem *Starter* Tipe Konvensional Untuk Penggerak Mula Motor Bensin”, ditemukan bahwa *starter* memerlukan arus besar (misalnya ~ 100 A pada 12 V) untuk menggerakkan *flywheel*, dan efisiensi input-output *starter* tipe konvensional kira-kira 75% — menunjukkan bahwa banyak energi hilang dalam proses *starter* dan bahwa baterai dan wiring sistem *starter* harus mampu menangani arus tinggi tersebut (Permana dkk., 2023).

Pengaruh desain dan pemeliharaan juga tak kalah penting: kualitas kabel, kondisi sambungan, resistansi internal baterai, kondisi *solenoid*, dan kesesuaian gear/*pinion* sangat memengaruhi performa sistem *starter* dan kemampuan sistem pengisian dalam menjaga stabilitas tegangan. Komponen *starter* yang aus atau gear *pinion* yang tidak presisi bisa menyebabkan kehilangan mekanik, torsi *starter* kurang, dan over-draw (arus berlebihan) dari baterai. Sebaliknya regulator yang rusak atau stator/alternator yang lemah menyebabkan tegangan pengisian tidak mencukupi, sehingga baterai tidak terisi dengan baik, beban listrik bisa merosot, bahkan lampu bisa redup saat mesin berputar rendah. Semua ini menunjukkan bahwa kedudukan sistem *starter* dan pengisian adalah sebagai penentu utama keandalan sistem kelistrikan motor secara keseluruhan.

1.3 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, pembaca diharapkan dapat:

1. Menjelaskan definisi dan fungsi sistem *starter* dan sistem pengisian pada sepeda motor.
2. Menunjukkan posisi dan kedudukan kedua sistem dalam sistem kelistrikan kendaraan.
3. Memahami hubungan fungsional antara sistem *starter* dan pengisian serta batasan operasionalnya.

BAB II

SEJARAH & PERKEMBANGAN

2.1 Evolusi teknologi sistem starter

Pada awal perkembangan kendaraan bermotor, pengaktifan mesin dilakukan secara manual menggunakan sistem *kick starter* (tuas engkol kaki). Sistem ini bekerja dengan memindahkan tenaga manusia melalui tuas ke roda engkol, memutar poros mesin agar mencapai titik pengapian. Penggunaan *kick starter* ini sangat lazim pada sepeda motor hingga pertengahan abad ke-20, terutama sebelum *starter* elektrik menjadi umum (Willcox, 2020).

Seiring munculnya permintaan kenyamanan dan kemajuan kelistrikan, muncul sistem *starter* elektrik, motor listrik kecil yang dihubungkan ke poros mesin melalui mekanisme penghubung (*pinion* dan *ring gear* atau *Bendix drive*). Pada kendaraan bermotor roda empat, motor *starter* elektrik telah diperkenalkan sejak awal abad ke-20; misalnya, Willcox, mematenkan *starter* elektrik pada tahun 1903, dan versi yang lebih matang dikembangkan oleh CHARLTON pada 1911.² Pada sepeda motor, sistem *starter* elektrik mulai diaplikasikan sejak dekade 1910-an, meskipun baru menjadi populer di motor produksi massal beberapa dekade kemudian (Willcox, 2020).

Kemudian, teknologi *starter* terus berkembang dari tipe *inertia drive* ke *pre-engaged* dan selanjutnya *gear reduction starter*. *Gear reduction starter* memperkecil rasio putaran dan meningkatkan torsi output dengan memakai mekanisme gigi antara motor dan *pinion*, sehingga memungkinkan *starter* yang lebih kecil dan ringan namun tetap mampu mengatasi kompresi mesin tinggi. Chrysler menempatkan *gear reduction starter* secara massal pada kendaraan mereka sejak tahun 1962 (Woloszyk, 2022).

Dalam dunia sepeda motor modern, sistem *starter* telah mengalami variasi dan integrasi yang lebih kompleks, seperti sistem *starter otomatis* (misalnya *Integrated Starter-Generator / ISG*), serta sistem *smart start* dan teknologi *idle stop system* (ISS) yang menghentikan mesin ketika *idle* dan kemudian menyalakannya kembali ketika diperlukan. Teknologi semacam ini makin lazim di kendaraan *hybrid* dan

skuter modern guna menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi (Permana dkk., 2023).

2.2 Evolusi teknologi sistem pengisian

Pada tahap awal, sistem kelistrikan kendaraan (termasuk sepeda motor) menggunakan generator DC sederhana untuk menghasilkan listrik. Generator ini menghasilkan arus searah langsung, tetapi kelemahannya adalah kompleksitas mekanik (komutator, sikat karbon) dan keterbatasan dalam efisiensi dan daya keluaran.

Seiring perkembangan teknologi, sistem pengisian kendaraan bergeser ke alternator AC dengan penyearah (*rectifier*). Pada unit alternator, rotor menghasilkan medan magnet yang memutar di dalam stator, menghasilkan arus bolak-balik (AC), kemudian diubah menjadi arus searah melalui penyearah untuk mengisi baterai dan menyuplai beban listrik. Metode ini lebih efisien, lebih ringan, serta memiliki lebih sedikit bagian mekanik yang aus, dibanding generator DC konvensional (*Systems*, 1998).

Dalam sistem pengisian modern, regulator tegangan menjadi komponen penting yang menjaga agar tegangan output tidak melebihi batas aman (biasanya sekitar 14–15,5 volt untuk sistem 12 V). Beberapa teknologi regulator modern memanfaatkan transistor daya (MOSFET) untuk pengaturan yang lebih presisi dan efisiensi yang lebih tinggi dibanding regulator analog tradisional. Integrasi regulator/*rectifier* dalam satu unit juga banyak digunakan pada sepeda motor modern untuk menghemat ruang dan memperbaiki pendinginan (*Systems*, 1998).

Lebih lanjut, inovasi seperti sistem *smart charging* berbasis ECU (*Electronic Control Unit*) mulai diadopsi. Dalam sistem ini, pengisian dapat dikontrol berdasarkan beban, suhu, kecepatan mesin, dan parameter lainnya sehingga pengisian lebih adaptif dan mengurangi kerugian energi. Beberapa motor listrik atau *hybrid* juga menggabungkan mekanisme pengisian regeneratif yang memanfaatkan energi kinetik selama pengereman atau deselerasi untuk mengisi baterai kembali (Setiawan & Prasetyo, 2023).

2.3 Perbandingan motor lama dengan modern

Tabel 1.1 Perbandingan motor lama dengan modern

| Aspek | Motor lama | Motor modern |
|-------------------------|---|---|
| Sistem starter | Manual (<i>kick starter</i>) | Elektrik/ motor <i>starter</i> / sistem otomatis |
| Sistem pengisian | Generator DC sederhana | Alternator AC + regulator modern/ sistem pengisian pintar |
| Efisiensi energi | Rendah, banyak rugi akibat gesekan dan komponen mekanik | Lebih tinggi, penggunaan teknologi elektronik dan minim keausan |
| Kontrol sistem | Mekanis dan statik | Elektronik, adaptif dengan ECU dan sensor |

Motor lama mengandalkan *starter* mekanis (*kick*) dan sistem pengisian konvensional yang kurang efisien dalam mengelola beban listrik. Sementara itu motor modern memiliki sistem *starter* elektrik dan sistem pengisian yang jauh lebih canggih, yang dapat menyesuaikan output berdasarkan beban dan kondisi operasional sehingga kemampuan pengisian dan stabilitas listrik lebih baik.

2.4 Tren global

Perkembangan sistem *starter* dan pengisian sepeda motor terus mengikuti arah kemajuan teknologi otomotif global, terutama dalam aspek efisiensi energi, integrasi sistem, dan pengendalian elektronik. Berbagai inovasi seperti *smart charging*, *Integrated Starter-Generator* (ISG), serta sistem *start-stop* dan *regenerative charging* menjadi fokus utama riset dan pengembangan.

1. *Smart charging* (pengisian pintar)

Smart charging adalah sistem pengisian yang dikontrol secara elektronik melalui *Electronic Control Unit* (ECU). Pengaturan dilakukan berdasarkan kondisi aktual seperti kecepatan mesin, suhu, tegangan baterai, dan permintaan beban listrik. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan arus pengisian secara dinamis, sehingga meningkatkan efisiensi dan memperpanjang umur baterai (Naqvi dkk., 2024).

Menurut penelitian oleh Naqvi dkk., (2024), *smart charging* berperan penting dalam strategi manajemen daya kendaraan modern karena memungkinkan pengurangan konsumsi bahan bakar hingga 5% dengan

mengatur kapan alternator aktif atau nonaktif.³ Hal ini sejalan dengan tren kendaraan hemat energi dan rendah emisi yang sedang digalakkan secara global.

2. *Integrated Starter-Generator (ISG)*

Teknologi *Integrated Starter-Generator* (ISG) merupakan integrasi fungsi *starter* dan alternator dalam satu perangkat. Sistem ini memungkinkan satu unit motor listrik berfungsi sebagai *starter* saat mesin dihidupkan dan sebagai generator saat mesin beroperasi (Redarc Electronics, 2022). Dalam konteks motor modern dan kendaraan *hybrid*, ISG berperan besar untuk mendukung fungsi *start-stop* dan *mild-hybrid systems*.

Studi oleh Mahmood et al. (2022) menegaskan bahwa ISG meningkatkan efisiensi konversi energi hingga 10–15% dibanding sistem *starter* dan pengisian konvensional, karena mengurangi kehilangan energi mekanis dan memanfaatkan energi kinetik untuk pengisian ulang baterai (SAE International, 2019).

3. *Start-stop System dan Regenerative charging*

Salah satu tren global paling signifikan adalah penerapan sistem *start-stop*, di mana mesin otomatis mati saat kendaraan berhenti (misalnya di lampu merah) dan menyala kembali saat throttle dibuka. Sistem ini dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 8% dan emisi CO₂ hingga 5% (Widodo & Suryanto, 2020).

Sistem *regenerative charging* memanfaatkan energi kinetik dari pengereman atau perlambatan untuk diubah kembali menjadi energi listrik. Teknologi ini, yang awalnya populer di kendaraan *hybrid*, kini mulai diadopsi pada sepeda motor premium dengan sistem *hybrid* ringan (*mild hybrid*). Menurut studi oleh Boulon dkk., (2021), sistem *regenerative braking and charging* mampu mengembalikan 5–15% energi yang sebelumnya hilang sebagai panas, sehingga meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Naqvi dkk., 2024).

4. Material dan efisiensi lisrik

Kemajuan material juga menjadi tren penting. Penggunaan magnet permanen neodymium (NdFeB) pada alternator dan ISG menghasilkan *fluks*

magnetik lebih kuat dengan bobot lebih ringan. Selain itu, regulator/*rectifier* berbasis MOSFET menggantikan model SCR lama, memberikan pengendalian lebih efisien dan menurunkan suhu operasi sistem (Redarc Electronics, 2022).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Wang dkk., 2023), penerapan material magnet permanen berkinerja tinggi dapat meningkatkan efisiensi alternator hingga 92%, sementara MOSFET regulator mampu mengurangi rugi daya hingga 20% dibanding desain konvensional (Hackaday, 2022).

2.5 Soal formatif

1. Teknologi *starter* yang umum digunakan pada sepeda motor generasi lama adalah ...
 - a. Motor *starter* DC
 - b. *Kick starter*
 - c. *Integrated Starter-Generator* (ISG)
 - d. Smart *starter*

(Jawaban: b)
2. Fungsi utama sistem *starter* adalah ...
 - a. Mengatur pengisian baterai
 - b. Menghidupkan mesin dengan memutar poros engkol
 - c. Mengatur tegangan listrik kendaraan
 - d. Menyimpan energi listrik sementara

(Jawaban: b)
3. Komponen utama sistem pengisian konvensional adalah ...
 - a. Baterai, regulator, dan busi
 - b. Generator DC, komutator, dan sikat
 - c. Alternator AC dan dinamo *starter*
 - d. Regulator digital dan sensor arus

(Jawaban: b)
4. Alternator pertama kali menggantikan generator DC secara luas pada era ...
 - a. 1930-an
 - b. 1950–1960-an
 - c. 1980-an

d. 2000-an

(Jawaban: b)

5. Kelemahan utama generator DC dibanding alternator adalah ...
 - a. Efisiensinya lebih tinggi
 - b. Ukurannya lebih kecil
 - c. Rawan overcharge dan undercharge
 - d. Tidak memerlukan regulator

(Jawaban: c)

6. Sistem *smart charging* dikendalikan oleh ...
 - a. Regulator mekanik
 - b. ECU dan sensor beban
 - c. Relay pengisian
 - d. Saklar manual

(Jawaban: b)

7. Fungsi regulator/*rectifier* pada sistem pengisian adalah ...
 - a. Mengubah arus DC menjadi AC
 - b. Mengubah arus AC menjadi DC dan menjaga tegangan stabil
 - c. Mengatur waktu pengapian
 - d. Menurunkan arus *starter*

(Jawaban: b)

8. Teknologi *Integrated Starter-Generator (ISG)* menggabungkan fungsi ...
 - a. *Starter* dan alternator
 - b. Pengapian dan pengisian
 - c. ECU dan sensor arus
 - d. Kopling dan *starter*

(Jawaban: a)

9. Salah satu keuntungan ISG dibanding sistem konvensional adalah ...
 - a. Efisiensi energi lebih tinggi
 - b. Konstruksi lebih kompleks
 - c. Tidak dapat digunakan pada motor injeksi
 - d. Hanya bekerja pada motor 2-tak

(Jawaban: a)

10. Sistem *start-stop* berfungsi untuk ...
- Menonaktifkan mesin saat berhenti dan menyalakannya kembali saat berjalan
 - Menjaga putaran mesin tetap konstan
 - Mematikan lampu saat kecepatan rendah
 - Menurunkan tegangan pengisian
- (Jawaban: a)**
11. Regulator jenis MOSFET memiliki keunggulan utama berupa ...
- Ukuran besar dan berat
 - Kemampuan kontrol yang lebih efisien dan suhu rendah
 - Tidak memerlukan pendinginan
 - Hanya bekerja pada generator DC
- (Jawaban: b)**
12. Salah satu alasan alternator lebih efisien dibanding generator DC adalah ...
- Tidak memerlukan komutator dan sikat
 - Menghasilkan arus DC langsung
 - Bekerja hanya pada kecepatan tinggi
 - Menggunakan rotor berbahan baja lunak
- (Jawaban: a)**
13. Energi listrik pada sistem pengisian dihasilkan oleh ...
- Gerakan piston
 - Putaran poros engkol yang menggerakkan rotor
 - Tekanan bahan bakar
 - Aliran udara dari karburator
- (Jawaban: b)**
14. Sistem pengisian *smart charging* membantu menghemat bahan bakar karena ...
- Menurunkan konsumsi arus lampu
 - Mengatur waktu aktif alternator sesuai kebutuhan
 - Menghapus fungsi regulator
 - Mengubah arus listrik menjadi energi panas
- (Jawaban: b)**

15. Salah satu tujuan utama penggunaan *regenerative charging* adalah ...
- Mengubah energi panas menjadi energi kinetik
 - Mengubah energi kinetik saat penggereman menjadi energi listrik
 - Menurunkan daya pengisian
 - Meningkatkan suhu sistem

(Jawaban: b)

16. Komponen yang berperan mengubah arus AC menjadi DC adalah ...
- Regulator
 - Rectifier*
 - Baterai
 - Alternator

(Jawaban: b)

17. Sistem *start-stop* umumnya menggunakan teknologi ...
- Regulator analog
 - ISG atau *starter* berdaya tinggi
 - Kick starter*
 - Manual switch

(Jawaban: b)

18. Penggunaan magnet permanen NdFeB pada alternator bertujuan untuk ...
- Menambah berat sistem
 - Menghasilkan fluks magnetik lebih kuat dan efisien
 - Mengurangi gaya putar rotor
 - Menurunkan efisiensi energi

(Jawaban: b)

19. Sistem pengisian konvensional tidak efisien karena ...
- Tidak memiliki sistem pendingin
 - Banyak rugi energi mekanik dan listrik
 - Menggunakan baterai besar
 - Tidak memiliki sensor suhu
- (Jawaban: b)**
20. Salah satu indikator kerusakan sistem pengisian adalah ...
- Busi cepat hitam

- b. Lampu redup saat mesin hidup
- c. Mesin tersendat karena karburator
- d. Oli cepat habis

(Jawaban: b)

21. Sistem *starter* elektrik membutuhkan komponen tambahan berupa ...

- a. Saklar lampu
- b. Relay *starter* dan *solenoid*
- c. Busi tambahan
- d. Kompresor

(Jawaban: b)

22. Keunggulan alternator dibanding generator DC adalah ...

- a. Tegangan keluaran tidak stabil
- b. Lebih tahan terhadap suhu tinggi dan rpm rendah
- c. Lebih boros energi
- d. Tidak memerlukan baterai

(Jawaban: b)

23. Teknologi *smart alternator* dikembangkan untuk ...

- a. Menghapus fungsi regulator
- b. Mengatur output pengisian sesuai beban dan kondisi baterai
- c. Mengurangi kapasitas baterai
- d. Menghentikan sistem pengisian saat *idle*

(Jawaban: b)

24. Sistem *regenerative braking* pertama kali dikembangkan luas pada ...

- a. Sepeda motor klasik
- b. Kendaraan listrik dan *hybrid*
- c. Mesin diesel industri
- d. Generator DC manual

(Jawaban: b)

25. Tren utama pengembangan sistem *starter* dan pengisian masa depan adalah ...

- a. Sistem mekanik tanpa elektronik
- b. Integrasi sistem berbasis ECU dan efisiensi energi tinggi
- c. Penggunaan generator DC kembali

d. Penghapusan fungsi regulator

(Jawaban: b)

BAB III

JENIS-JENIS & KLASIFIKASI

3.1 Jenis-jenis sistem *starter*

Sistem *starter* pada sepeda motor merupakan mekanisme yang digunakan untuk memutar poros engkol (*crankshaft*) hingga mesin dapat melakukan siklus kerja sendiri. Secara umum, sistem *starter* terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu *starter* manual (*kick starter*), *starter* elektrik (*motor starter*), dan *starter* otomatis / sistem terintegrasi (*Integrated Starter-Generator*) (Walker, 2019).

3.1.1 *Starter* manual (*kick starter*)

Starter manual atau *kick starter* merupakan sistem mekanis yang memanfaatkan tenaga kaki pengendara untuk memutar poros engkol melalui mekanisme tuas, poros penghubung, dan roda gigi penggerak. Sistem ini banyak ditemukan pada motor keluaran lama karena strukturnya sederhana dan tidak membutuhkan daya listrik dari baterai (Walker, 2019).

Mekanisme kerja *kick starter* dimulai ketika pengendara menekan tuas dengan kaki, sehingga tenaga mekanis diteruskan melalui poros dan roda gigi *starter* untuk memutar poros engkol. Saat mesin mulai hidup, kopling satu arah (*starter clutch*) akan melepas hubungan agar tuas tidak ikut berputar. Kelebihan sistem ini adalah tidak bergantung pada kondisi baterai dan mudah dirawat, namun kekurangannya membutuhkan tenaga fisik dan kurang praktis (Walker, 2019).

3.1.2 *Starter* elektrik (*motor starter*)

Starter elektrik bekerja dengan menggunakan motor listrik DC untuk memutar poros engkol mesin. Ketika tombol *starter* ditekan, arus listrik dari baterai mengalir melalui *selenoid* menuju motor *starter*, yang kemudian memutar *pinion gear* dan menghubungkannya ke roda gigi utama pada poros engkol (Hines, 2020).

Sistem ini terdiri dari komponen utama seperti motor *starter*, relay/*selenoid*, saklar *starter*, dan kopling satu arah. Keunggulan sistem elektrik adalah kemudahan pengoperasian, kecepatan *start* yang tinggi, serta mendukung fitur tambahan seperti *start-stop system*. Namun, kelemahannya adalah ketergantungan penuh pada baterai dan kompleksitas perawatan yang lebih tinggi (Kastanos dkk., 2020).

3.1.3 Starter Otomatis / Integrated Starter-Generator (ISG)

Jenis sistem terbaru adalah *Integrated Starter-Generator* (ISG), yaitu sistem gabungan antara *starter* dan generator yang dapat berfungsi ganda: menghidupkan mesin sekaligus mengisi daya baterai. Sistem ISG menggunakan motor listrik yang juga bertindak sebagai generator ketika mesin hidup (Fujita & Sato, 2021).

Teknologi ini banyak digunakan pada motor *hybrid* dan skuter premium. Sistem ISG mengurangi jumlah komponen mekanis, meningkatkan efisiensi energi, serta mendukung fitur otomatis seperti *idle-stop* atau *auto start-stop*. Kekurangannya adalah biaya produksi tinggi dan memerlukan kontrol elektronik kompleks berbasis ECU (Redarc Electronics, 2022).

3.2 Jenis-jenis sistem pengisian

Sistem pengisian adalah jantung kelistrikan kendaraan, sistem ini bertugas menjaga suplai energi listrik tetap tersedia selama sepeda motor beroperasi. Ia memastikan bahwa seluruh perangkat kelistrikan, mulai dari lampu, sistem pengapian, hingga sistem kontrol elektronik (ECU), mendapat pasokan daya yang stabil dan aman (Heisler, 1996). Tanpa sistem pengisian yang baik, baterai akan cepat habis, lampu meredup, dan performa mesin menurun secara drastis.

Seiring kemajuan teknologi otomotif, sistem pengisian telah berevolusi dari generator DC sederhana menuju alternator AC tiga fasa dengan kontrol elektronik adaptif. Saat ini, bahkan beberapa sepeda motor telah mengadopsi sistem “*smart charging*” yang dikendalikan ECU untuk menyesuaikan pengisian daya sesuai kondisi beban dan kecepatan mesin (Kershaw & Halderman, 2007).

Bagi teknisi otomotif dan peserta didik di bidang teknik kendaraan, memahami berbagai jenis sistem pengisian bukan sekadar hafalan komponen, tetapi juga tentang memahami alur energi, prinsip elektromagnetik, dan manajemen daya modern. Pemahaman ini menjadi dasar untuk melakukan diagnosis kerusakan, optimasi efisiensi energi, dan perawatan sistem kelistrikan dengan cara yang tepat (Klett dkk., 2017).

3.2.1 Sistem Pengisian Generator DC (Dynamo)

Pada masa awal perkembangan sepeda motor, sumber pengisian daya listrik masih menggunakan generator arus searah (Direct Current Generator) yang biasa

disebut dynamo. Generator ini bekerja berdasarkan hukum induksi *elektromagnetik Faraday*, di mana konduktor yang berputar dalam medan magnet akan menghasilkan arus listrik (William H. Crouse, 1984).

Generator DC menghasilkan arus searah secara langsung berkat adanya komutator dan sikat (brush) yang berfungsi sebagai penyearah mekanik. Arus yang dihasilkan kemudian dialirkan ke baterai melalui regulator mekanis untuk mengatur besar tegangan. Namun, sistem ini memiliki kelemahan utama: efisiensi rendah pada putaran mesin rendah dan perawatan tinggi karena keausan pada sikat dan komutator (Walker, 2019).

Kelebihan sistem ini adalah desainnya yang sederhana dan tidak memerlukan penyearah elektronik. Namun, pada kendaraan modern yang memerlukan suplai daya tinggi dan stabil (misalnya untuk sistem injeksi, ABS, atau ECU), generator DC tidak lagi mampu memenuhi tuntutan tersebut (Heinz Heisler, 2011).

3.2.2 Sistem Pengisian Alternator AC

Meningkatnya kebutuhan energi listrik mendorong penggantian generator DC dengan alternator AC (Alternating Current Alternator). Alternator bekerja dengan memutar rotor yang menghasilkan medan magnet di sekitar stator tetap (kumparan kawat tembaga). Medan magnet yang berubah menimbulkan arus bolak-balik (AC) yang kemudian disearahkan menjadi arus searah (DC) melalui rangkaian penyearah (*rectifier*) (Boylestad, 2014).

Kelebihan alternator terletak pada kemampuannya menghasilkan arus besar pada kecepatan mesin rendah, efisiensi yang lebih tinggi, serta masa pakai yang lebih lama karena tidak menggunakan komutator. Alternator juga mampu menyesuaikan output listriknya terhadap kebutuhan beban dengan bantuan voltage regulator elektronik (Ingram, 2018).

Dalam sepeda motor modern, terdapat dua tipe utama alternator:

1. Alternator Magnet Permanen (Permanent Magnet Alternator - PMA), umumnya digunakan pada motor kecil hingga menengah. Rotor berisi magnet permanen, dan tegangan diatur oleh regulator eksternal.
2. Alternator Elektromagnetik (Field Coil Alternator), digunakan pada motor besar. Medan magnet dihasilkan oleh kumparan rotor yang mendapat suplai arus dari baterai.

Kedua sistem memiliki efisiensi tinggi dan menjadi standar industri otomotif modern karena kemampuannya menjaga kestabilan tegangan meskipun kecepatan mesin berfluktuasi (Kershaw & Halderman, 2007).

3.2.3 Sistem Pengisian dengan penyearah (*rectifier*)

Setiap alternator menghasilkan arus bolak-balik (AC), sehingga diperlukan sistem penyearah untuk mengubahnya menjadi arus searah (DC) agar bisa mengisi baterai. Berdasarkan metode penyearahannya, sistem ini dibagi menjadi dua jenis utama:

a. *Half-Wave Rectifier* (Setengah Gelombang)

Jenis ini menggunakan satu dioda untuk menyearahkan hanya satu siklus gelombang AC. Karena hanya setengah energi yang digunakan, efisiensinya rendah dan menghasilkan arus DC beriak besar. Sistem ini banyak ditemukan pada sepeda motor lama dengan beban listrik sederhana (Boylestad, 2014).

b. *Full-Wave Rectifier* (Gelombang Penuh)

Pada sistem ini, digunakan empat atau enam dioda untuk menyearahkan kedua siklus gelombang AC menjadi arus DC yang lebih halus. Sistem *Full-Wave* menghasilkan pengisian lebih cepat dan stabil sehingga digunakan hampir pada semua sepeda motor modern (Boylestad, 2014).

3.2.4 Sistem pengisian dengan regulator tegangan

Agar tegangan pengisian tidak melebihi batas yang aman (biasanya 13,8–14,5 V), digunakan voltage regulator. Regulator menjaga kestabilan tegangan dengan cara menyesuaikan jumlah arus yang masuk ke kumparan rotor atau membuang kelebihan arus ke ground.

a. Regulator Konvensional (SCR / Zener Diode)

Regulator tipe ini menggunakan Silicon Controlled *Rectifier* (SCR) atau *Zener Diode* untuk menjaga tegangan tetap stabil. Saat tegangan naik melebihi batas, regulator memotong sebagian arus atau membuangnya sebagai panas. Meskipun sederhana, sistem ini menghasilkan panas berlebih dan kurang efisien (Heinz Heisler, 2011).

b. Regulator MOSFET (Smart Regulator)

Regulator modern berbasis MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) menggantikan sistem lama karena memiliki kemampuan kontrol cepat, suhu kerja lebih rendah, dan efisiensi lebih tinggi. MOSFET mampu menyesuaikan duty cycle secara dinamis berdasarkan beban dan kondisi mesin (BOSCH, 2022).

Sistem regulator MOSFET juga dapat diintegrasikan dengan ECU untuk membentuk *smart charging system*, di mana alternator hanya bekerja ketika diperlukan untuk menghemat bahan bakar dan memperpanjang umur komponen kelistrikan (Hackaday, 2022).

3.2.5 Sistem pengisian terintegrasi (*integrated starter-generator system*)

Evolusi terbaru dalam sistem pengisian adalah *Integrated Starter-Generator* (ISG) sistem ini menggabungkan fungsi *starter* dan alternator dalam satu unit. Ketika mesin berhenti, ISG berfungsi sebagai motor listrik untuk menstarter mesin, dan setelah mesin hidup, sistem yang sama bertindak sebagai alternator untuk mengisi daya baterai (Redarc Electronics, 2022).

Teknologi ini mendukung fitur modern seperti *idle stop-start* dan *regenerative braking*, di mana energi kinetik kendaraan yang biasanya terbuang dapat dikonversi menjadi energi listrik untuk mengisi baterai kembali. ISG juga berkontribusi terhadap penghematan bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang (Boylestad, 2014).

Sistem ini adalah contoh nyata dari arah perkembangan sistem kelistrikan kendaraan masa depan yang menuju elektrifikasi dan efisiensi energi tinggi. Meskipun kompleks, ISG menjadi tonggak penting menuju motor *hybrid* dan kendaraan listrik roda dua yang lebih ramah lingkungan (Maruf, 2021).

3.3 Karakteristik tiap jenis sistem pengisian

Setiap jenis sistem pengisian pada sepeda motor memiliki karakteristik yang berbeda-beda, baik dari segi komponen utama, prinsip kerja, efisiensi energi, hingga metode pengaturan tegangan. Pemahaman karakteristik ini sangat penting bagi peserta didik atau teknisi otomotif agar mampu menganalisis sistem secara tepat, menentukan jenis sistem yang digunakan pada kendaraan tertentu, serta melakukan diagnosis dan perawatan yang efektif (Heinz Heisler, 2011).

Secara umum, karakteristik sistem pengisian dapat dibedakan menjadi empat aspek utama, yaitu:

1. Sumber energi magnetik (magnet permanen atau elektromagnet).
2. Jenis arus keluaran (AC atau DC).
3. Metode penyearahan (*Half-Wave*, *Full-Wave*, atau elektronik).
4. Tipe pengaturan tegangan (mekanis, *Zener diode*, SCR, atau MOSFET).

Keempat aspek tersebut menentukan bagaimana energi listrik dihasilkan, disalurkan, dan diatur untuk menjaga stabilitas sistem kelistrikan kendaraan (Kurniawan, 2019).

3.3.1 Karakteristik sistem generator DC

Setiap jenis sistem pengisian pada sepeda motor memiliki karakteristik yang berbeda-beda, baik dari segi komponen utama, prinsip kerja, efisiensi energi, hingga metode pengaturan tegangan. Pemahaman karakteristik ini sangat penting bagi peserta didik atau teknisi otomotif agar mampu menganalisis sistem secara tepat, menentukan jenis sistem yang digunakan pada kendaraan tertentu, serta melakukan diagnosis dan perawatan yang efektif (Karimatun & Muh Qidam Agwalul Santoso, 2022).

Secara umum, karakteristik sistem pengisian dapat dibedakan menjadi empat aspek utama, yaitu:

1. Sumber energi magnetik (magnet permanen atau elektromagnet).
2. Jenis arus keluaran (AC atau DC).
3. Metode penyearahan (*Half-Wave*, *Full-Wave*, atau elektronik).
4. Tipe pengaturan tegangan (mekanis, *Zener diode*, SCR, atau MOSFET).

Keempat aspek tersebut menentukan bagaimana energi listrik dihasilkan, disalurkan, dan diatur untuk menjaga stabilitas sistem kelistrikan kendaraan (Widodo & Suryanto, 2020).

3.3.2 Karakteristik sistem generator AC

Sistem alternator AC adalah yang paling umum digunakan pada sepeda motor modern. Alternator menghasilkan arus bolak-balik (AC) melalui rotor magnet yang berputar di dalam stator. Tegangan yang dihasilkan cenderung

meningkat seiring bertambahnya putaran mesin, sehingga diperlukan penyearah (*rectifier*) dan regulator untuk menghasilkan arus DC stabil (Rashid dkk., 2020).

Ciri khas utama alternator AC antara lain:

- Output tinggi dan stabil pada berbagai kecepatan mesin.
- Tidak memerlukan perawatan intensif, karena tidak memiliki komutator atau sikat.
- Efisiensi tinggi pada sistem pengisian daya baterai dan beban kelistrikan.
- Konstruksi ringan dan ringkas, cocok untuk kendaraan modern berkecepatan tinggi.

Selain itu, alternator AC dapat dikategorikan menjadi dua tipe utama:

1. Magnet permanen (Permanent Magnet Alternator - PMA): rotor terbuat dari magnet permanen, menghasilkan medan magnet konstan.
2. Elektromagnetik (Field Coil Alternator): medan magnet diatur melalui arus listrik eksternal ke kumparan rotor.

PMA lebih sederhana dan umum digunakan pada motor kecil seperti Honda Beat, sedangkan *field coil alternator* banyak digunakan pada motor besar seperti Yamaha XSR atau Kawasaki Versys (Karimatum & Muh Qidam Agwalul Santoso, 2022).

3.3.3 Karakteristik Sistem Pengisian *Half-Wave* dan *Full-Wave*

Pada sistem ini, hanya setengah siklus gelombang AC yang digunakan untuk mengisi baterai.

Karakteristik utamanya antara lain:

- Tegangan pengisian tidak stabil pada putaran rendah.
- Ripple arus tinggi, menyebabkan pengisian tidak efisien.
- Komponen sederhana (1–2 dioda), cocok untuk motor kecil atau skuter.

b. Sistem *Full-Wave Rectifier*

Sistem ini menggunakan empat dioda (atau enam pada sistem tiga fasa) untuk menyearahkan seluruh siklus AC menjadi DC.

Karakteristiknya:

- Efisiensi tinggi dan pengisian cepat.

- Ripple arus rendah, menghasilkan daya DC yang stabil.
- Daya tahan lebih tinggi karena tegangan kerja diatur merata.

Sistem ini merupakan standar industri sepeda motor modern, digunakan pada motor injeksi dan motor listrik *hybrid* karena kestabilan dan efisiensinya (Feng dkk., 2024).

3.3.4 Karakteristik Sistem Pengisian Berdasarkan Tipe Regulator

a. Regulator konvensional (*SCR/Zener diode*)

Sistem regulator konvensional menggunakan komponen SCR atau dioda *Zener* untuk membuang kelebihan arus pengisian ke ground. Sistem ini sederhana dan murah, namun menghasilkan panas tinggi serta memiliki respon lambat terhadap perubahan beban listrik (Widodo & Suryanto, 2020).

Regulator jenis ini banyak ditemukan pada sepeda motor keluaran 1980–1990-an seperti Yamaha RX-King dan Honda GL-Pro.

b. Regulator elektronik (MOSFET dan *smart charging*)

Regulator modern berbasis MOSFET menawarkan pengaturan arus lebih cepat dan efisien. Komponen ini mengatur tegangan secara dinamis menggunakan kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). Sistem *smart charging* bahkan terhubung dengan ECU dan dapat menyesuaikan tegangan pengisian berdasarkan kondisi baterai, suhu, dan kebutuhan daya kendaraan (Hackaday, 2022).

3.3.5 Karakteristik Sistem Pengisian Terintegrasi (ISG)

Sistem *Integrated Starter-Generator* (ISG) adalah inovasi masa kini yang menggabungkan dua fungsi utama, *starter* dan generator dalam satu unit. Sistem ini menggunakan motor listrik brushless yang dikendalikan oleh ECU (*Electronic Control Unit*), sehingga dapat berfungsi sebagai *starter* saat mesin dimatikan dan generator saat mesin hidup (Lei dkk., 2019).

Keunggulannya:

- Pengoperasian senyap (*silent start*) tanpa suara mekanis.
- Mendukung fitur *regenerative braking*, yang mengubah energi pengereman menjadi listrik untuk mengisi baterai.

- Efisiensi tinggi dan ramah lingkungan.

Sistem ISG digunakan pada Honda PCX e:HEV, Yamaha Grand Filano *Hybrid*, dan beberapa motor listrik kelas menengah di Asia. Teknologi ini menjadi pondasi menuju kendaraan listrik penuh (EV) (Fujita & Sato, 2021).

3.4 Kelebihan dan kekurangan

Setiap jenis sistem *starter* dan pengisian memiliki keunggulan dan keterbatasan yang memengaruhi performa, biaya perawatan, dan efisiensi kendaraan. Pemilihan sistem yang tepat bergantung pada jenis sepeda motor, tujuan penggunaan, dan kebutuhan energi listrik kendaraan (Setiawan & Prasetyo, 2023). Sistem konvensional seperti *kick starter* dan generator DC dikenal sederhana, mudah diperbaiki, dan murah. Namun, sistem ini memiliki efisiensi rendah dan kurang cocok untuk sepeda motor dengan banyak perangkat elektronik modern (Willcox, 2020). Sebaliknya, *starter* elektrik dan alternator AC menawarkan kepraktisan dan kestabilan pengisian tinggi, tetapi bergantung pada baterai dan membutuhkan perawatan sistem kelistrikan lebih teliti (Klett dkk., 2017). Sementara itu, sistem terintegrasi ISG (*Integrated Starter-Generator*) menghadirkan efisiensi energi tertinggi serta mendukung teknologi *idle stop* dan *regenerative braking*. Kekurangannya adalah biaya tinggi dan kompleksitas sistem kontrol elektronik yang memerlukan teknisi berkeahlian khusus (Fujita & Sato, 2021).

Berikut adalah tabel perbandingan kelebihan dan kekurangan sistem *starter* dan pengisian.

Tabel 1.2 Perbandingan kelebihan dan kekurangan sistem *starter* dan pengisian

| Jenis sistem | Kelebihan | Kekurangan | Contoh aplikasi |
|---------------------|--|---|--|
| <i>Kick starter</i> | Sederhana, tidak butuh baterai, mudah diperbaiki | Membutuhkan tenaga fisik, tidak efisien | Motor klasik,, bebek lama (Honda Astrea) |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <i>Starter</i> | Praktis, cepat, mudah digunakan | Tergantung baterai, perawatan motor | Motor modern (Yamaha Mio, Honda Vario) |
| | | starter | |
| <i>Generator DC</i> | Desain sederhana, mudah dipelajari | Efisiensi rendah, perawatan tinggi (sikat & komutator) | Motor vintage atau motor |
| <i>Alternator AC</i> | Efisiensi tinggi, arus stabil, bebas perawatan | Kompleks, biaya penggantian tinggi | Motor injeksi (Honda CBR150R, Yamaha Nmax) |
| <i>Full-wave rectifier</i> | Tegangan stabil, efisiensi pengisian tinggi | Membutuhkan Regulator kompleks | Motor dengan sistem injeksi elektronik |
| <i>ISG (Integrated Starter Generator)</i> | Efisien, mendukung start-stop dan regenerative braking | Biaya tinggi, butuh ECU | Motor <i>hybrid</i> (Honda PCX e:HEV, Yamaha Grand Filano Hybrid) |

3.5 Soal formatif

1. Prinsip kerja utama sistem *starter* adalah ...
 - a. Mengubah energi mekanik menjadi energi listrik
 - b. Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memutar poros engkol
 - c. Mengatur waktu pengapian pada mesin
 - d. Menstabilkan arus pengisian

(Jawaban: b)
2. Energi listrik untuk menggerakkan motor *starter* berasal dari ...
 - a. Alternator
 - b. Busi

- c. Baterai
- d. Regulator

(Jawaban: c)

3. Komponen yang menghubungkan motor *starter* dengan roda gigi poros engkol disebut ...
 - a. Rotor
 - b. *Solenoid*
 - c. Kopling satu arah (*starter clutch*)
 - d. *Rectifier*

(Jawaban: c)

4. Fungsi utama *solenoid starter* adalah ...
 - a. Menyalurkan arus pengisian ke baterai
 - b. Menggerakkan *pinion* gear agar terhubung ke *flywheel*
 - c. Mengatur arus ke regulator
 - d. Mengubah arus AC menjadi DC

(Jawaban: b)

5. Arus listrik yang digunakan pada sistem *starter* memiliki karakteristik ...
 - a. Tegangan tinggi dan arus kecil
 - b. Tegangan rendah dan arus besar
 - c. Tegangan tinggi dan arus besar
 - d. Tegangan rendah dan arus kecil

(Jawaban: b)

6. Sistem pengisian berfungsi untuk ...
 - a. Menyediakan tenaga mekanik ke roda belakang
 - b. Menyuplai listrik untuk mengisi baterai dan beban kendaraan
 - c. Menyalurkan bahan bakar ke karburator
 - d. Mengatur sistem pendinginan mesin

(Jawaban: b)

7. Komponen utama yang menghasilkan arus listrik pada sistem pengisian adalah ...
 - a. Stator dan rotor
 - b. Regulator

c. *Selenoid*

d. CDI

(Jawaban: a)

8. Fungsi utama regulator adalah ...

a. Mengubah arus DC menjadi AC

b. Mengatur dan menstabilkan tegangan agar tidak overcharge

c. Mengalirkan arus ke *starter*

d. Menggerakkan rotor

(Jawaban: b)

9. Komponen yang mengubah arus AC dari alternator menjadi DC untuk mengisi baterai adalah ...

a. *Selenoid*

b. *Rectifier* (penyearah)

c. Regulator

d. Relay

(Jawaban: b)

10. Prinsip kerja alternator adalah ...

a. Menghasilkan arus searah melalui komutator

b. Mengubah energi mekanik menjadi arus bolak-balik (AC)

c. Mengubah energi panas menjadi listrik

d. Menyimpan energi listrik sementara

(Jawaban: b)

11. Komponen yang menghasilkan fluks magnetik berputar dalam sistem alternator adalah ...

a. Rotor

b. Stator

c. Dioda

d. Regulator

(Jawaban: a)

12. Arus AC yang dihasilkan alternator kemudian ...

a. Langsung digunakan untuk lampu

b. Diperkuat oleh *selenoid*

- c. Disearahkan menjadi arus DC oleh dioda
- d. Disimpan sementara di ECU

(Jawaban: c)

13. Tegangan normal pengisian baterai pada motor adalah ...

- a. 9–11 volt
- b. 12–13 volt
- c. 13,5–14,5 volt
- d. 16–18 volt

(Jawaban: c)

14. Jika regulator rusak, maka gejala yang mungkin terjadi adalah ...

- a. Lampu lebih terang dari biasanya
- b. Mesin berasap
- c. Oli cepat habis
- d. Suhu radiator naik

(Jawaban: a)

15. Dalam sistem *Full-Wave rectifier*, jumlah dioda yang digunakan minimal ...

- a. 1 buah
- b. 2 buah
- c. 4 buah
- d. 6 buah

(Jawaban: c)

16. Perbedaan utama antara generator DC dan alternator AC terletak pada ...

- a. Jenis arus yang dihasilkan
- b. Posisi rotor
- c. Ukuran fisik
- d. Jenis bahan magnet

(Jawaban: a)

17. Komponen yang berputar pada sistem alternator sepeda motor adalah ...

- a. Stator
- b. Rotor
- c. Dioda

d. Regulator

(Jawaban: b)

18. Sistem pengisian tipe *smart charging* bekerja dengan ...

- a. Mengatur tegangan berdasarkan beban dan suhu
- b. Menghentikan arus pengisian saat *idle*
- c. Meningkatkan tegangan konstan
- d. Menghapus fungsi regulator

(Jawaban: a)

19. Salah satu keunggulan sistem ISG (Integrated Starter Generator) adalah ...

- a. Dapat melakukan fungsi *starter* dan pengisian dalam satu unit
- b. Tidak membutuhkan baterai
- c. Tidak memerlukan ECU
- d. Hanya bekerja saat mesin mati

(Jawaban: a)

20. Sistem *starter* elektrik akan berhenti bekerja ketika ...

- a. Saklar utama mati
- b. Mesin hidup dan kopling satu arah memutus hubungan
- c. Baterai penuh
- d. Regulator aktif

(Jawaban: b)

21. Jika sistem pengisian tidak bekerja, maka ...

- a. Mesin tetap hidup tanpa masalah
- b. Baterai akan habis setelah beberapa waktu
- c. Tegangan meningkat terus
- d. Lampu menjadi lebih terang

(Jawaban: b)

22. Kelebihan alternator dibanding generator DC adalah ...

- a. Lebih mudah diperbaiki
- b. Tidak menggunakan sikat karbon dan lebih efisien
- c. Menghasilkan arus DC langsung
- d. Bekerja hanya pada rpm tinggi

(Jawaban: b)

23. Energi mekanik dari poros engkol diubah menjadi energi listrik oleh ...

- a. *Rectifier*
- b. Regulator
- c. Alternator
- d. *Starter*

(Jawaban: c)

24. Salah satu penyebab tegangan pengisian terlalu tinggi adalah ...

- a. Stator kotor
- b. Dioda putus
- c. Regulator rusak
- d. Rotor lemah

(Jawaban: c)

25. Teknologi ISG banyak digunakan pada sepeda motor modern karena ...

- a. Meningkatkan efisiensi bahan bakar melalui sistem *start-stop*
- b. Mengurangi daya tahan baterai
- c. Menyulitkan perawatan sistem
- d. Menghambat sistem pendinginan

(Jawaban: a)

3.5 RUJUKAN

- Arifin, T., & Rahmad, D. (2022). Perancangan Sistem *Starter* Nirkabel Berbasis Arduino pada Sepeda Motor. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Otomotif Indonesia*, 3(1), 21–30.
- BOSCH. (2022). BOSCH Automotive Handbook - 2022 . In *Bosch* (10th ed.). John Wiley \& Sons. <https://www.scribd.com/document/575688940/BOSCH-Automotive-Handbook-2022>
- Boulon, L., Dinh, T. Q., & Desrochers, A. (2021). *Regenerative braking Energy Recovery in Hybrid Two-Wheelers: Efficiency and Control*. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 13(3), 245–260.
- Boylestad, R. (2014). Electronic Devices and Circuit Theory. In *Studies in Family Planning* (11th ed., Vol. 45, Nomor 2). Pearson Education. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24946764>
- CHARLTON, T. M. (1959). Engineering Statics. *Nature*, 184(4700), 1674–1675. <https://doi.org/10.1038/1841674b0>
- Feng, J., Liang, J., Lu, Y., Zhuang, W., Pi, D., Yin, G., Xu, L., Peng, P., & Zhou, C. (2024). An Integrated Control Framework for Torque Vectoring and Active Suspension System. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 37(1). <https://doi.org/10.1186/s10033-024-00999-6>
- Fujita, Y., & Sato, K. (2021). Development of *Integrated Starter-Generator* for *Hybrid* Motorcycles. *SAE Technical Paper*, 2021-32-0003.
- Hackaday. (2022). *Motorcycle Voltage Regulator Uses MOSFETs*.
- Heinz Heisler. (2011). *Vehicle And Engine Technology by Heinz Heisler* (2nd ed.). SAE International.
- Heisler, H. (1996). Advanced engine technology. In *Choice Reviews Online* (Vol. 33, Nomor 10). SAE International. <https://doi.org/10.5860/choice.33-5733>
- Hines, J. (2020). *Starter Motor Principles and Troubleshooting*. *SAE Technical Paper*, 2020-01-0456.

- Ingram, W. (2018). The Art of Electronics. In *infocus Magazine* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.22443/rms.inf.1.168>
- Karimatun, & Muh Qidam Agwalul Santoso. (2022). Analisis Perbedaan Generator Dan Effisiensi Gear Ratio PLTMH Vortex Turbine Di Waduk Desa Bujel. *Jurnal JEETech*, 3(1), 52–56. <https://doi.org/10.48056/jeetech.v3i1.200>
- Kastanos, V. S., Andreev, P. Y., Gorodnov, D. A., & Chabunin, I. S. (2020). On the impact of unsprung weight of mobile vehicles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 747(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/747/1/012113>
- Kershaw, J. F., & Halderman, J. D. (2007). Automotive Electrical and Electronic Systems. In *Chilton's automotive industries* (Vol. 174, Nomor 9). Routledge.
- Klett, D. E., Afify, E. M., Srinivasan, K. K., & Jacobs, T. J. (2017). Internal combustion engines. In *Energy Conversion, Second Edition* (5th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1201/9781315374192>
- Kurniawan, A. (2019). Analisis Sistem Pengisian dan Regulator Tegangan pada Motor Yamaha NMAX. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 18(3), 111–118.
- Lei, Y., Hu, J., Fu, Y., Sun, S., Li, X., Chen, W., Hou, L., & Zhang, Y. (2019). Control strategy of automated manual transmission based on active synchronisation of driving motor in electric bus. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(4), 1–17. <https://doi.org/10.1177/1687814019846734>
- Maruf, M. N. I. (2021). Open model-based analysis of a 100% renewable and sector-coupled energy system—The case of Germany in 2050. *Applied Energy*, 288, 116618. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116618>
- Naqvi, S. A., Ahmad, K., & Wu, F. (2024). Smart charging Control for Motorcycles with Electronic Control Units. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 10(2), 144–156.
- Permana, T., Daryanto, E., & Hutajulu, O. Y. (2023). Analisis Kelistrikan Sistem Starter Tipe Konvensional Untuk Penggerak Mula Motor Bensin. *Jurnal Insinyur Profesional*, 2(3), 45–53. <https://doi.org/10.24114/jip.v2i3.42493>

- Rashid, M., Dhinakaran, V., & Jagadeesha, T. (2020). Topology optimization of rigid flanged couplings using finite element analysis. *AIP Conference Proceedings*, 2283(October). <https://doi.org/10.1063/5.0024913>
- Redarc Electronics. (2022). *Smart Alternator vs Fixed Alternator: Understanding the Difference*.
- SAE International. (2019). *SAE J56: Motorcycle Electrical Systems – Charging and Starting Requirements*. SAE International.
- Setiawan, A., & Prasetyo, H. (2023). Efisiensi Sistem Pengisian Berbasis ECU pada Sepeda Motor Injeksi. *Jurnal Energi dan Otomotif Indonesia*, 7(1), 12–25.
- Systems, M. C. (1998). *Charging systems. Paperboard Packaging*, 83(6), 88. <https://doi.org/10.4324/9780080492490-12>
- Walker, J. (2019). *Motorcycle Maintenance and Technology*. Haynes Publishing.
- Wang, T., Li, X., & Chen, Y. (2023). High-Efficiency Permanent Magnet Alternators for Small Vehicle Applications. *Applied Energy*, 341, 121056.
- Widodo, P., & Suryanto, B. (2020). Perbandingan Kinerja Alternator Konvensional dan MOSFET Regulator pada Sepeda Motor. *Jurnal Teknologi Otomotif Terapan*, 5(2), 67–78.
- Willcox, G. &. (2020). *Charging and Starting Systems Outcomes* (I. Copyright Goodheart-Willcox Co. (ed.); Chapter 17). Modern Automotive Technology. https://www.goodheartwillcox.com/assets/files/pdf/sampchap/9781685844103_Ch17.pdf?utm_source=chartgpt.com
- William H. Crouse. (1984). *Automotive Mechanics* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Woloszyk, K. (2022). Impact of thermal loading into the structural performance of ships: A review. *Ocean Engineering*, 243(July). <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110238>

BAB IV

TEORI DASAR & PRINSIP KERJA SISTEM STARTER DAN PENGISIAN

4.1 Mekanisme Kerja Umum BHDE

Sistem starter dan sistem pengisian merupakan dua komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan bermotor (Hyundai Motor Indonesia, 2022).

Sistem Starter

Sistem starter berfungsi untuk memutar poros engkol (*crankshaft*) mesin agar mesin dapat hidup. Pada saat mesin dalam keadaan mati, tidak ada gaya putar yang cukup untuk menggerakkan piston. Oleh karena itu, motor starter memanfaatkan energi listrik dari baterai untuk menghasilkan energi mekanik awal. Energi mekanik ini digunakan untuk:

- Memutar *flywheel*
- Menggerakkan piston melalui *connecting rod*
- Menghasilkan kompresi dan pembakaran awal di dalam silinder

Setelah mesin menyala, starter akan otomatis berhenti bekerja agar tidak mengalami keausan atau kerusakan (Daihatsu Indonesia, 2023; Geraiteknologi, 2021).

Sistem Pengisian

Sistem pengisian berfungsi untuk menyuplai energi listrik ke seluruh sistem kelistrikan kendaraan dan mengisi kembali daya baterai setelah digunakan saat starter. Ketika mesin menyala, alternator yang digerakkan oleh sabuk (*belt*) akan menghasilkan arus listrik AC, kemudian disearahkan menjadi arus DC oleh dioda penyearah (*rectifier*). Energi listrik ini kemudian digunakan untuk:

- Mengisi baterai
- Menyediakan daya untuk lampu, instrumen panel, sistem injeksi, dan komponen kelistrikan lainnya

Regulator tegangan akan menjaga tegangan pengisian agar tetap stabil sesuai kebutuhan sistem (biasanya sekitar 13,8 – 14,5 Volt pada kendaraan ringan) (Delcoribo, 2022; How a Car Works, 2022).

4.2 Alur Energi / Fluida / Kelistrikan dalam Sistem

Alur pada Sistem Starter:

- Baterai menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia.
- Saat kunci kontak diputar ke posisi “START”, arus listrik mengalir dari baterai ke solenoid starter.
- Solenoid menghubungkan arus besar ke motor starter dan sekaligus mendorong pinion gear menuju flywheel.
- Motor starter mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.
- Pinion gear memutar flywheel, sehingga poros engkol berputar dan mesin menyala.
- Setelah mesin hidup, kunci kontak kembali ke posisi “ON” dan aliran ke starter terputus (Hyundai Motor Indonesia, 2022; Geraiteknologi, 2021).

Alur pada Sistem Pengisian:

- Ketika mesin hidup, poros engkol memutar pulley alternator melalui belt.
- Rotor alternator menghasilkan medan magnet berputar yang memotong kumparan stator, sehingga timbul arus listrik AC.
- Arus AC disearahkan oleh rectifier (dioda) menjadi arus DC.
- Arus DC dikontrol oleh regulator tegangan agar tidak melebihi kapasitas sistem.
- Daya listrik ini kemudian dialirkkan ke beban listrik kendaraan dan mengisi ulang baterai (How a Car Works, 2022; Delcoribo, 2022).

4.3 Prinsip Kerja Sistem Pengisian dan Stater

Sistem Pengisian:

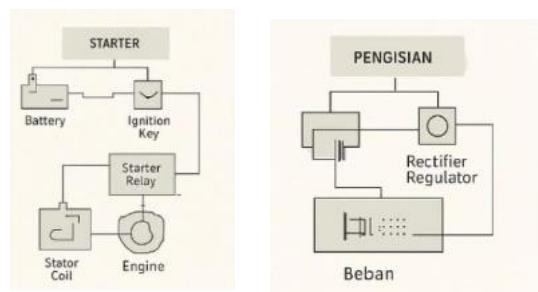
1. Saat mesin berputar, magnet (rotor) ikut berputar di sekitar stator coil.

2. Perubahan medan magnet menimbulkan arus bolak-balik (AC) pada lilitan stator.
3. Arus AC ini dialirkan ke rectifier/regulator untuk diubah menjadi arus searah (DC) dan distabilkan tegangannya sekitar 12–14 volt.
4. Arus DC yang sudah stabil kemudian digunakan untuk mengisi baterai dan menyuplai beban listrik lain seperti lampu, klakson, atau sistem pengapian.
5. Saat mesin mati, baterai kembali menjadi sumber utama arus listrik.

Sistem Starter:

1. Saat kunci kontak diputar ke posisi START, arus listrik dari baterai mengalir ke solenoid starter.
2. Solenoid berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang menghubungkan arus besar dari baterai ke motor starter serta mendorong pinion gear agar berkaitan dengan flywheel.
3. Motor starter kemudian mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa torsi putar pada poros armature.
4. Pinion gear yang terhubung dengan flywheel akan memutar poros engkol (crankshaft) sehingga piston bergerak dan proses kompresi serta pembakaran awal terjadi.
5. Setelah mesin menyala, kunci kontak kembali ke posisi ON, arus ke starter terputus, dan pinion gear otomatis terlepas dari flywheel melalui mekanisme overrunning clutch, sehingga motor starter berhenti bekerja.

4.4 Diagram Blok Sistem Stater dan Sistem Pengisian



Soal Pilihan Ganda Sistem Starter dan Pengisian

1. Fungsi utama sistem starter pada kendaraan bermotor adalah

- A. Mengatur tegangan pengisian baterai
- B. Menyediakan tenaga awal untuk memutar poros engkol
- C. Menyimpan energi listrik cadangan
- D. Menyalurkan bahan bakar ke ruang bakar

Jawaban: B

2. Komponen yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik dalam sistem starter adalah

- A. Rectifier
- B. Alternator
- C. Solenoid starter
- D. Regulator tegangan

Jawaban: C

3. Energi yang digunakan sistem starter berasal dari

- A. Alternator
- B. Busi
- C. Baterai
- D. Flywheel

Jawaban: C

4. Komponen yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam sistem starter adalah

- A. Alternator
- B. Motor starter
- C. Solenoid
- D. Regulator

Jawaban: B

5. Pinion gear berfungsi untuk

- A. Menyalurkan arus listrik ke baterai
- B. Menyambungkan motor starter dengan flywheel
- C. Menstabilkan tegangan listrik

- D. Menyimpan energi listrik sementara

Jawaban: B

- 6. Saat mesin menyala, motor starter berhenti bekerja karena

- A. Alternator mati

- B. Solenoid bekerja terus-menerus

- C. Pinion gear rusak

- D. Arus ke starter terputus saat kunci kontak kembali ke posisi ON

Jawaban: D

- 7. Mekanisme yang mencegah pinion gear ikut berputar saat mesin hidup adalah

- A. Overrunning clutch

- B. Belt tensioner

- C. Voltage regulator

- D. Rotor stator

Jawaban: A

- 8. Fungsi flywheel dalam sistem starter adalah

- A. Menyimpan energi listrik

- B. Menghasilkan arus listrik

- C. Meneruskan torsi dari starter ke mesin

- D. Menahan arus balik dari baterai

Jawaban: C

- 9. Urutan aliran energi pada sistem starter yang benar adalah

- A. Baterai → Motor Starter → Solenoid → Flywheel

- B. Motor Starter → Baterai → Flywheel → Mesin

- C. Baterai → Solenoid → Motor Starter → Flywheel → Mesin

- D. Baterai → Flywheel → Solenoid → Motor Starter

Jawaban: C

- 10. Saat kunci kontak diputar ke posisi “START”, maka

- A. Alternator mengisi baterai

- B. Starter bekerja menggerakkan mesin

- C. Busi memutus arus listrik

D. Regulator mengatur putaran mesin

Jawaban: B

11. Fungsi utama sistem pengisian adalah

A. Menyediakan arus listrik saat mesin mati

B. Menyediakan daya listrik dan mengisi baterai saat mesin hidup

C. Menghidupkan mesin kendaraan

D. Menyaring arus listrik dari baterai

Jawaban: B

12. Komponen utama pada sistem pengisian adalah, kecuali

A. Alternator

B. Regulator tegangan

C. Rectifier

D. Motor starter

Jawaban: D

13. Komponen yang menghasilkan arus listrik AC pada sistem pengisian

adalah

A. Rotor

B. Stator

C. Busi

D. Belt

Jawaban: B

14. Komponen yang mengubah arus AC menjadi DC pada sistem pengisian
adalah

A. Rotor

B. Regulator

C. Rectifier (dioda)

D. Flywheel

Jawaban: C

15. Komponen sistem pengisian yang mengatur tegangan agar stabil adalah
....

A. Baterai

B. Rectifier

- C. Rotor
- D. Regulator tegangan

Jawaban: D

16. Tegangan output alternator pada kendaraan ringan biasanya sekitar
- A. 6 – 8 volt
 - B. 9 – 11 volt
 - C. 13,8 – 14,5 volt
 - D. 15 – 20 volt

Jawaban: C

17. Proses pembangkitan arus listrik pada alternator terjadi karena
- A. Reaksi kimia dalam baterai
 - B. Gesekan pulley
 - C. Induksi elektromagnetik
 - D. Tegangan konstan

Jawaban: C

18. Saat mesin mati, sumber utama arus listrik kendaraan berasal dari
- A. Alternator
 - B. Regulator
 - C. Baterai
 - D. Dioda

Jawaban: C

19. Bagian yang berputar dalam alternator disebut
- A. Stator
 - B. Rotor
 - C. Rectifier
 - D. Regulator

Jawaban: B

20. Alternator menghasilkan arus listrik
- A. DC langsung
 - B. AC tiga fasa
 - C. Tegangan campuran

D. Tegangan rendah AC

Jawaban: B

21. Komponen yang menyuplai arus awal saat proses starter adalah

A. Alternator

B. Regulator

C. Baterai

D. Rectifier

Jawaban: C

22. Setelah mesin menyala, komponen yang berfungsi sebagai sumber utama kelistrikan adalah

A. Baterai

B. Alternator

C. Motor starter

D. Pinion gear

Jawaban: B

23. Jika alternator tidak bekerja, maka

A. Mesin tetap menyala selamanya

B. Baterai tidak akan terisi ulang

C. Regulator akan memproduksi listrik

D. Motor starter otomatis aktif kembali

Jawaban: B

24. Kegagalan solenoid starter dapat menyebabkan

A. Pengisian baterai menjadi berlebih

B. Starter tidak dapat menggerakkan mesin

C. Alternator rusak

D. Dioda terbakar

Jawaban: B

25. Komponen yang bertanggung jawab menjaga kestabilan tegangan dalam sistem pengisian adalah

A. Solenoid

B. Rectifier

C. Regulator tegangan

D. Rotor

Jawaban: C

4.5 Daftar Referensi

- Daihatsu Indonesia. (2023). *Mengenal apa itu sistem starter mobil beserta komponennya*. Retrieved from <https://daihatsu.co.id>
- Delcoribo. (2022). *Introduction to vehicle charging system*. Retrieved from <https://www.delcoribo.com>
- Geraiteknologi. (2021). *Sistem starter mobil dan cara kerjanya*. Retrieved from <https://www.geraiteknologi.com>
- How a Car Works. (2022). *How the charging system works*. Retrieved from <https://www.howacarworks.com>
- Hyundai Motor Indonesia. (2022). *Ternyata begini cara kerja sistem starter pada mobil*. Retrieved from <https://www.hyundai.com/id/en>
- Nugroho, A. (2018). *Teknologi Otomotif: Sistem Kelistrikan Otomotif*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Toyota Motor Corporation. (2017). *Automotive Electrical Systems: Starter and Charging System*. Toyota Technical Training Series.
- Wiyono, S. (2019). *Dasar-dasar Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Kemdikbud.

BAB V

KOMPONEN UTAMA SISTEM STARTER DAN SISTEM PENGISIAN

5.1 Daftar Komponen Sistem Starter

Sistem starter merupakan rangkaian kelistrikan yang berfungsi memberikan tenaga awal untuk memutar poros engkol mesin. Komponen-komponen utamanya antara lain:

| No | Komponen | Fungsi Utama |
|----|----------------------------|--|
| 1 | Baterai | Menyediakan energi listrik awal untuk menggerakkan sistem starter. |
| 2 | Kunci kontak | Sebagai saklar utama untuk menghubungkan dan memutus arus listrik ke starter. |
| 3 | Solenoid starter | Saklar elektromagnetik yang menghubungkan arus besar ke motor starter dan mendorong pinion gear. |
| 4 | Motor starter | Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memutar flywheel. |
| 5 | Pinion gear | Menghubungkan motor starter dengan flywheel untuk memutar poros engkol. |
| 6 | Flywheel | Menyalurkan putaran awal dari starter ke mesin. |
| 7 | Overrunning clutch/Bendi X | Mencegah pinion gear ikut berputar saat mesin sudah menyala. |
| 8 | Relay starter | Mengendalikan arus ke solenoid agar kinerja starter lebih stabil. |
| 9 | Kabel starter | Menyalurkan arus listrik dari baterai ke solenoid dan motor starter. |

5.2 Daftar Komponen Sistem Pengisian

Sistem pengisian berfungsi menyuplai energi listrik saat mesin hidup dan mengisi ulang daya baterai. Komponen utamanya adalah:

| No | Komponen | Fungsi Utama |
|----|------------------------|--|
| 1 | Alternator | Mengubah energi mekanik menjadi energi listrik AC melalui induksi elektromagnetik. |
| 2 | Rotor | Komponen berputar yang menghasilkan medan magnet. |
| 3 | Stator | Kumparan tempat timbulnya arus AC akibat pergerakan rotor. |
| 4 | Rectifier (Dioda) | Mengubah arus AC menjadi arus DC. |
| 5 | Regulator Tegangan | Menjaga tegangan output alternator tetap stabil ($\pm 13,8\text{--}14,5$ Volt). |
| 6 | Pulley dan Belt | Menyalurkan putaran mesin ke alternator. |
| 7 | Baterai | Menyimpan energi listrik yang dihasilkan alternator. |
| 8 | Kabel Pengisian | Menyalurkan arus dari alternator ke baterai dan beban kendaraan. |
| 9 | Lampu indikator CHG | Memberi tanda jika sistem pengisian tidak bekerja dengan baik. |

5.3 Skema / Ilustrasi

5.3.1 Skema Sistem Starter

[Baterai]



[Kunci Kontak]



[Relay Starter]



[Solenoid Starter] → [Pinion Gear] → [Flywheel]



[Motor Starter]



[Mesin Menyala]

5.3.2 Skema Sistem Pengisian

[Mesin]

↓ (Pulley & Belt)

[Alternator (Rotor & Stator)]

↓

[Rectifier / Dioda Penyearah]

↓

[Regulator Tegangan]

↓

[Baterai] + [Beban Kelistrikan]

5.4 Soal Soal Sumatif Pilihan Ganda

1. Komponen yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah ...
 - A. Alternator
 - B. Motor starter
 - C. Regulator
 - D. Pinion gear

Jawaban: B

2. Komponen starter yang mencegah pinion gear ikut berputar saat mesin hidup adalah ...
 - A. Rectifier
 - B. Bendix/overrunning clutch
 - C. Regulator
 - D. Pulley

Jawaban: B

3. Komponen yang menjadi sumber energi utama saat proses starter berlangsung adalah ...
 - A. Alternator
 - B. Motor starter

C. Baterai

D. Flywheel

Jawaban: C

4. Kunci kontak pada sistem starter berfungsi untuk ...

A. Menstabilkan tegangan listrik

B. Menyambungkan arus listrik ke solenoid

C. Menyimpan daya listrik

D. Menyetel kecepatan motor starter

Jawaban: B

5. Pinion gear berfungsi untuk ...

A. Mengubah arus listrik

B. Menyalurkan putaran ke flywheel

C. Mengatur arus ke baterai

D. Menyerap getaran mesin

Jawaban: B

6. Fungsi solenoid starter adalah ...

A. Mengatur arus pengisian

B. Mengubah AC ke DC

C. Saklar elektromagnetik dan pendorong pinion

D. Menahan tegangan balik

Jawaban: C

7. Kabel starter berfungsi untuk ...

A. Menyimpan arus listrik

B. Menyalurkan arus dari baterai ke starter

C. Menahan arus balik dari alternator

D. Menstabilkan tegangan

Jawaban: B

8. Komponen yang langsung terhubung dengan flywheel adalah ...

A. Rectifier

B. Pinion gear

C. Rotor

D. Regulator

Jawaban: B

9. Setelah mesin menyala, motor starter berhenti bekerja karena ...

A. Kunci kontak kembali ke posisi ON

B. Alternator mati

C. Busi aktif

D. Dioda terbuka

Jawaban: A

10. Komponen yang menyalurkan arus ke solenoid agar starter lebih stabil adalah ...

A. Kabel massa

B. Relay starter

C. Alternator

D. Regulator

Jawaban: B

11. Komponen utama penghasil arus listrik dalam sistem pengisian adalah ...

A. Baterai

B. Alternator

C. Rectifier

D. Regulator

Jawaban: B

12. Komponen berputar pada alternator adalah ...

A. Rectifier

B. Rotor

C. Stator

D. Regulator

Jawaban: B

13. Komponen yang tetap diam pada alternator adalah ...

A. Rotor

B. Pulley

C. Stator

D. Belt

Jawaban: C

14. Fungsi rectifier dalam sistem pengisian adalah ...

- A. Mengatur tegangan listrik
- B. Mengubah arus AC menjadi DC
- C. Menyimpan daya listrik
- D. Menyalurkan arus ke starter

Jawaban: B

15. Regulator tegangan berfungsi untuk ...

- A. Menyimpan energi listrik
- B. Menstabilkan tegangan output alternator
- C. Menghasilkan medan magnet
- D. Menyambungkan flywheel

Jawaban: B

16. Tegangan normal sistem pengisian pada kendaraan ringan sekitar ...

- A. 6–8 V
- B. 9–11 V
- C. 13,8–14,5 V
- D. 16–20 V

Jawaban: C

17. Saat mesin mati, sumber daya utama kendaraan adalah ...

- A. Alternator
- B. Baterai
- C. Rectifier
- D. Regulator

Jawaban: B

18. Induksi elektromagnetik pada alternator terjadi di ...

- A. Busi
- B. Flywheel
- C. Stator
- D. Relay starter

Jawaban: C

19. Lampu indikator CHG akan menyala jika ...

- A. Mesin normal
- B. Baterai penuh
- C. Sistem pengisian bermasalah
- D. Alternator menyala

Jawaban: C

20. Pulley dan belt pada sistem pengisian berfungsi untuk ...

- A. Menyalurkan putaran mesin ke alternator
- B. Mengubah AC menjadi DC
- C. Menyimpan energi listrik
- D. Menahan tegangan balik

Jawaban: A

21. Komponen yang aktif terlebih dahulu saat mesin dinyalakan adalah ...

- A. Alternator
- B. Motor starter
- C. Regulator
- D. Rectifier

Jawaban: B

22. Setelah mesin hidup, sumber daya utama kendaraan adalah ...

- A. Baterai
- B. Alternator
- C. Solenoid
- D. Motor starter

Jawaban: B

23. Jika alternator rusak, maka ...

- A. Motor starter mati
- B. Baterai tidak terisi ulang
- C. Flywheel berhenti
- D. Mesin langsung mati

Jawaban: B

24. Fungsi baterai dalam sistem starter dan pengisian adalah ...

- A. Menjadi beban listrik

- B. Menyimpan dan menyuplai energi listrik
- C. Mengatur tegangan alternator
- D. Menggerakkan flywheel langsung

Jawaban: B

25. Komponen pengatur tegangan sistem pengisian adalah ...

- A. Rectifier
- B. Solenoid
- C. Regulator tegangan
- D. Pulley

Jawaban: C

5.5 Daftar Rujukan

Daihatsu Indonesia. (2023). *Mengenal apa itu sistem starter mobil beserta komponennya*. Retrieved from <https://daihatsu.co.id>

Delcoribo. (2022). *Introduction to vehicle charging system*. Retrieved from <https://www.delcoribo.com>

Geraiteknologi. (2021). *Sistem starter mobil dan cara kerjanya*. Retrieved from <https://www.geraiteknologi.com>

How a Car Works. (2022). *How the charging system works*. Retrieved from <https://www.howacarworks.com>

Hyundai Motor Indonesia. (2022). *Ternyata begini cara kerja sistem starter pada mobil*. Retrieved from <https://www.hyundai.com/id/en>

Nugroho, A. (2018). *Teknologi Otomotif: Sistem Kelistrikan Otomotif*. Yogyakarta: Andi Offset.

Toyota Motor Corporation. (2017). *Automotive Electrical Systems: Starter and Charging System*. Toyota Technical Training Series.

Wiyono, S. (2019). *Dasar-dasar Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Kemdikbud.

BAB VI

SUB-KOMPONEN & MATERIAL SISTEM STARTER DAN SISTEM PENGISIAN

6.1 Sub-Komponen Sistem Starter

Selain komponen utama, sistem starter juga memiliki sub-komponen atau bagian kecil yang berperan penting dalam mendukung fungsi kerja sistem secara keseluruhan.

| No | Sub-Komponen | Fungsi Utama |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | Armature | Inti besi berlapis kumparan tembaga yang berputar menghasilkan torsi. |
| 2 | Field coil / Permanent magnet | Membentuk medan magnet dalam motor starter. |
| 3 | Brush (sikat karbon) | Menghubungkan arus listrik ke armature melalui komutator. |
| 4 | Komutator | Mengubah arah arus listrik di armature agar motor berputar kontinu. |
| 5 | Bearing / bushing | Menopang poros motor agar berputar stabil dan mengurangi gesekan. |
| 6 | Return spring (pegas balik) | Mengembalikan pinion gear ke posisi semula setelah mesin hidup. |
| 7 | Housing / casing | Melindungi seluruh komponen starter dari kotoran dan benturan luar. |
| 8 | Terminal listrik | Titik sambungan kabel positif dari baterai ke starter. |
| 9 | Seal dan gasket kecil | Menjaga komponen dari debu dan kebocoran air. |
| 10 | Gear reduction (jika ada) | Menambah torsi dengan mengurangi kecepatan putar. |

6.2 Sub-Komponen Sistem Pengisian

Sama seperti starter, sistem pengisian juga memiliki bagian-bagian kecil yang mendukung fungsi alternator dan regulator.

| No | Sub-Komponen | Fungsi Utama |
|----|----------------------------------|---|
| 1 | Slip ring | Menyalurkan arus eksitasi ke rotor saat berputar. |
| 2 | Brush (sikat) | Menyambungkan arus dari regulator ke slip ring. |
| 3 | Bearing | Menopang poros rotor agar stabil berputar. |
| 4 | Kipas pendingin (cooling fan) | Mendinginkan alternator saat bekerja. |
| 5 | Heat sink pada rectifier | Menyerap panas dari dioda agar tidak overheat. |
| 6 | Dioda kecil | Menyearahkan arus AC menjadi DC. |
| 7 | Regulator internal chip | Mengontrol arus eksitasi rotor. |
| 8 | Terminal output | Menyalurkan arus ke baterai. |
| 9 | Terminal sensing | Membaca tegangan baterai untuk pengaturan otomatis. |
| 10 | Rubber seal | Melindungi alternator dari air dan debu. |

6.3 Material Penyusun Sub-Komponen

Sub-komponen sistem starter dan sistem pengisian terbuat dari berbagai jenis material, disesuaikan dengan sifat dan fungsinya:

| Jenis Material | Komponen yang Menggunakan | Alasan Penggunaan |
|----------------|--|--|
| Tembaga | Kumparan armature, field coil, slip ring | Konduktor listrik yang baik, tahan panas, fleksibel. |
| Baja | Poros motor, gear, housing | Kuat menahan beban mekanik dan panas. |
| Aluminium | Casing alternator, heat sink | Ringan, tahan korosi, dan pengantar panas baik. |
| Karbon | Brush / sikat | Tahan aus, konduktor sedang, mudah diganti. |

| | | |
|--------------------------------|------------------------------|---|
| Karet | Seal, gasket, isolator kabel | Fleksibel, kedap air, tahan getaran. |
| Plastik isolator | Terminal listrik, konektor | Isolasi listrik, ringan, murah. |
| Dioda silikon | Rectifier | Menyearahkan arus listrik, tahan panas dan tegangan tinggi. |
| Tembaga berlapis enamel | Kumparan stator/rotor | Isolasi internal untuk mencegah short circuit. |

6.4 Pengaruh Kualitas Material

Kualitas material yang digunakan pada sub-komponen sistem starter dan sistem pengisian sangat memengaruhi performa, daya tahan, dan efisiensi sistem.

Beberapa contoh pengaruhnya antara lain:

1. Brush dengan karbon berkualitas buruk cepat aus dan mengakibatkan starter tidak kuat memutar mesin.
2. Kumparan tembaga dengan isolasi tipis mudah short dan merusak motor starter atau alternator.
3. Bearing murahan cepat aus sehingga poros motor goyah dan suara kasar timbul.
4. Seal karet yang lemah dapat menyebabkan air atau debu masuk ke komponen internal.
5. Dioda dan regulator berkualitas rendah dapat membuat tegangan tidak stabil, yang berpotensi merusak baterai dan sistem elektronik kendaraan.

Oleh karena itu, pemilihan material berkualitas tinggi dan perawatan rutin sangat penting untuk menjaga kinerja sistem kelistrikan kendaraan.

6.5 Soal Formatif 6 (Pilihan Ganda)

1. Komponen kecil pada motor starter yang berfungsi sebagai penghantar arus ke armature adalah ...

- A. Bearing
- B. Brush
- C. Komutator
- D. Gear reduction

Jawaban: B

2. Armature pada motor starter berfungsi untuk ...

- A. Menyearahkan arus
- B. Menyimpan arus listrik
- C. Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik
- D. Menstabilkan tegangan

Jawaban: C

3. Fungsi komutator pada sistem starter adalah ...

- A. Mengatur tegangan
- B. Menyambungkan arus bolak-balik
- C. Membalik arah arus pada armature
- D. Menyimpan arus listrik

Jawaban: C

4. Bahan brush starter umumnya terbuat dari ...

- A. Aluminium
- B. Karbon
- C. Baja
- D. Plastik

Jawaban: B

5. Fungsi return spring pada pinion gear adalah ...

- A. Mengatur tegangan
- B. Mengembalikan gear ke posisi semula
- C. Meneruskan arus listrik
- D. Mendinginkan motor starter

Jawaban: B

6. Housing starter biasanya terbuat dari ...

- A. Plastik
- B. Baja atau aluminium
- C. Karbon
- D. Karet

Jawaban: B

7. Seal pada starter berfungsi untuk ...

- A. Menahan tegangan listrik
- B. Menahan air dan debu masuk ke dalam komponen
- C. Menambah kekuatan gear
- D. Mengontrol arus listrik

Jawaban: B

8. Gear reduction bertujuan untuk ...

- A. Menambah torsi starter
- B. Menambah tegangan
- C. Mengurangi panas
- D. Menyearahkan arus

Jawaban: A

9. Terminal listrik pada starter terbuat dari ...

- A. Karet
- B. Tembaga
- C. Baja
- D. Aluminium

Jawaban: B

10. Bearing pada starter berfungsi untuk ...

- A. Menyimpan arus listrik
- B. Menopang poros motor agar stabil berputar
- C. Menyearahkan arus
- D. Mendinginkan brush

Jawaban: B

11. Slip ring pada alternator berfungsi untuk ...

- A. Menyambungkan arus eksitasi ke rotor

- B. Menyearahkan arus AC
- C. Menahan tegangan lebih
- D. Menstabilkan suhu alternator

Jawaban: A

12. Brush pada alternator bekerja bersama slip ring untuk ...

- A. Mendinginkan alternator
- B. Mengatur arus listrik ke rotor
- C. Menambah tegangan output
- D. Menahan getaran

Jawaban: B

13. Dioda pada rectifier berfungsi untuk ...

- A. Mengubah DC menjadi AC
- B. Mengubah AC menjadi DC
- C. Menambah torsi
- D. Menahan debu

Jawaban: B

14. Heat sink pada rectifier berfungsi untuk ...

- A. Menyimpan listrik
- B. Menyerap panas dari dioda
- C. Menambah daya output
- D. Menstabilkan arus

Jawaban: B

15. Rubber seal pada alternator berfungsi untuk ...

- A. Menambah konduksi listrik
- B. Menahan debu dan air
- C. Menambah arus output
- D. Menyearahkan arus

Jawaban: B

16. Bearing pada alternator terbuat dari ...

- A. Baja keras
- B. Karbon
- C. Plastik

D. Karet

Jawaban: A

17. Kipas pendingin alternator berfungsi untuk ...

- A. Meningkatkan torsi alternator
- B. Menjaga suhu alternator tetap stabil
- C. Menyimpan panas
- D. Mengatur tegangan

Jawaban: B

18. Terminal sensing digunakan untuk ...

- A. Mengatur tegangan pengisian
- B. Menambah torsi rotor
- C. Menyearahkan arus
- D. Menghubungkan pinion gear

Jawaban: A

19. Bahan slip ring umumnya terbuat dari ...

- A. Karbon
- B. Tembaga atau kuningan
- C. Karet
- D. Baja ringan

Jawaban: B

20. Kualitas dioda berpengaruh pada ...

- A. Arus starter
- B. Stabilitas tegangan pengisian
- C. Putaran flywheel
- D. Tekanan bahan bakar

Jawaban: B

21. Brush dengan kualitas buruk akan ...

- A. Memperpanjang umur starter
- B. Cepat aus dan menyebabkan starter lemah
- C. Menstabilkan arus listrik
- D. Tidak berpengaruh pada performa

Jawaban: B

22. Bearing berkualitas rendah dapat menyebabkan ...

- A. Suhu alternator turun
- B. Putaran motor menjadi tidak stabil
- C. Tegangan meningkat
- D. Konsumsi bahan bakar turun

Jawaban: B

23. Seal karet yang buruk menyebabkan ...

- A. Alternator lebih kuat
- B. Masuknya air dan debu
- C. Tegangan lebih stabil
- D. Torsi meningkat

Jawaban: B

24. Kumparan tembaga berkualitas rendah menyebabkan ...

- A. Starter lebih cepat
- B. Tegangan tidak stabil
- C. Sistem bekerja lebih efisien
- D. Tegangan lebih tinggi

Jawaban: B

25. Penggunaan material berkualitas tinggi pada sub-komponen akan ...

- A. Mempercepat kerusakan
- B. Meningkatkan performa dan keandalan sistem
- C. Menurunkan torsi starter
- D. Menambah beban baterai

Jawaban: B

6.6 Daftar Rujukan

Daihatsu Indonesia. (2023). *Mengenal apa itu sistem starter mobil beserta komponennya*. Retrieved from <https://daihatsu.co.id>

Delcoribo. (2022). *Introduction to vehicle charging system*. Retrieved from <https://www.delcoribo.com>

Geraiteknologi. (2021). *Sistem starter mobil dan cara kerjanya*. Retrieved from <https://www.geraiteknologi.com>

How a Car Works. (2022). *How the charging system works*. Retrieved from <https://www.howacarworks.com>

Hyundai Motor Indonesia. (2022). *Ternyata begini cara kerja sistem starter pada mobil*. Retrieved from <https://www.hyundai.com/id/en>

Nugroho, A. (2018). *Teknologi Otomotif: Sistem Kelistrikan Otomotif*. Yogyakarta: Andi Offset.

Toyota Motor Corporation. (2017). *Automotive Electrical Systems: Starter and Charging System*. Toyota Technical Training Series.

Wiyono, S. (2019). *Dasar-dasar Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Kemdikbud.

BAB VII

ANALISIS MEKANISME KERJA SISTEM STARTER PENGISIAN

7.1 Proses Detail Langkah Demi Langkah

Pada sistem starter dan pengisian sepeda motor, analisis mekanisme kerja bertujuan untuk memahami urutan operasi dari awal sampai akhir proses agar dapat melakukan diagnosis dan perawatan dengan benar.

A. Sistem Starter (Starting System)

1. Kunci kontak ON → Arus mengalir dari baterai ke sistem starter.
2. Tombol starter ditekan → Arus mengalir ke relay starter (solenoid).
3. Solenoid aktif → Kontak magnet tertutup dan menghubungkan arus besar ke motor starter.
4. Motor starter berputar → Menggerakkan pinion gear melalui mekanisme overrunning clutch untuk memutar roda gila (flywheel).
5. Crankshaft berputar → Proses pembakaran mulai terjadi di ruang bakar.
6. Tombol dilepas → Arus ke motor starter terputus, pinion gear kembali ke posisi semula.

B. Sistem Pengisian (Charging System)

7. Mesin hidup → Rotor (magnet permanen) berputar bersama poros engkol.
8. Medan magnet berubah → Menimbulkan arus bolak-balik (AC) pada stator coil.
9. Arus AC → Dihantarkan ke rectifier (dioda penyearah).
10. Rectifier → Mengubah arus AC menjadi DC.
11. Regulator → Menstabilkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan sistem (biasanya 12–14,5 volt).
12. Arus DC → Dialirkkan untuk mengisi baterai dan menyuplai beban listrik seperti lampu, klakson, dan sistem pengapian.

7.2 Perhitungan Sederhana

Contoh Perhitungan Arus Starter:

Diketahui:

Tegangan baterai (V) = 12 V

Daya motor starter (P) = 480 W

Maka arus yang mengalir:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{480}{12} = 40 \text{ A}$$

Artinya, motor starter memerlukan arus sebesar 40 ampere saat bekerja.

Contoh Perhitungan Pengisian:

Jika stator menghasilkan 14 V dan arus pengisian 6 A, maka:

$$P = V \times I = 14 \times 6 = 84 \text{ W}$$

Jadi daya pengisian ke baterai adalah 84 watt.

7.3 Ilustrasi Diagram Kerja

A. Diagram Alir Sistem Starter

[Baterai]



[Saklar Starter]



[Relay / Solenoid]



[Motor Starter]



[Flywheel / Crankshaft]



[Mesin Hidup]

B. Diagram Alir Sistem Pengisian

[Rotor Magnet]



[Stator Coil (AC)]



[Rectifier (Dioda)]



[Regulator Tegangan]



[Baterai + Sistem Kelistrikan]

7.4 Soal Formatif 7 (25 Pilihan Ganda)

1. Komponen pertama yang menerima arus saat tombol starter ditekan adalah ...

- A. Stator
- b. Solenoid starter (benar)
- c. Regulator
- d. Baterai

2. Fungsi utama motor starter adalah ...

- a. Mengisi baterai
- b. Menghidupkan sistem pengapian
- c. Memutar poros engkol saat awal start (benar)
- d. Mengatur tegangan

3. Komponen yang mengubah arus AC menjadi DC adalah ...

- A. Stator
- b. Rotor
- c. Regulator
- d. Rectifier (benar)

4. Arus pada motor starter berasal dari ...

- a. Stator
- b. Baterai (benar)
- c. Regulator
- d. Alternator

5. Ketika tombol starter dilepas, motor starter berhenti karena ...

- A. Arus berhenti mengalir (benar)
- b. Relay tetap aktif
- c. Pinion gear mengunci flywheel
- d. Baterai kosong

6. Fungsi overrunning clutch adalah ...

- a. Meneruskan putaran dari motor starter ke flywheel (benar)
 - b. Mengatur tegangan arus
 - c. Menyerap getaran
 - d. Menyimpan energi listrik
7. Besarnya arus pada motor starter dipengaruhi oleh ...
- A. Ukuran kabel
 - b. Daya dan tegangan kerja (benar)
 - c. Jenis aki
 - d. Panjang poros
8. Saat mesin hidup, arus listrik dihasilkan oleh ...
- A. Motor starter
 - b. Baterai
 - c. Generator atau alternator (benar)
 - d. Regulator
9. Output dari stator sebelum masuk ke rectifier berupa arus ...
- A. DC
 - b. AC (benar)
 - c. Campuran
 - d. Tidak menentu
10. Fungsi regulator adalah ...
- a. Mengatur arus pengapian
 - b. Menstabilkan tegangan pengisian (benar)
 - c. Mengubah arus AC ke DC
 - d. Menghidupkan motor starter
11. Bila tegangan pengisian terlalu tinggi, akibatnya ...
- a. Baterai cepat rusak (benar)
 - b. Lampu redup
 - c. Motor starter berat
 - d. Mesin mogok
12. Komponen yang menghasilkan medan magnet berputar adalah ...
- A. Stator
 - b. Rotor (benar)

- c. Dioda
 - d. Regulator
13. Bila dioda rectifier rusak, maka arus yang masuk ke baterai menjadi ...
- A. Stabil
 - b. AC (**benar**)
 - c. DC murni
 - d. Tidak mengalir
14. Nilai tegangan normal sistem pengisian berkisar antara ...
- A. 9–10 V
 - b. 11–12 V
 - c. 12–14,5 V (**benar**)
 - d. 15–18 V
15. Fungsi utama baterai setelah mesin hidup adalah ...
- A. Menyimpan energi listrik (**benar**)
 - b. Mengubah energi panas
 - c. Menghasilkan arus AC
 - d. Menyaring tegangan
16. Sistem pengisian disebut juga ...
- a. Alternator system (**benar**)
 - b. Ignition system
 - c. Starter system
 - d. Lighting system
17. Komponen yang mengalirkan arus besar ke motor starter adalah ...
- A. Saklar starter
 - b. Solenoid (**benar**)
 - c. Regulator
 - d. Busi
18. Ketika mesin berjalan, arus dari alternator dialirkan ke ...
- A. Regulator dan baterai (**benar**)
 - b. Motor starter
 - c. Busi
 - d. Flywheel

19. Arus listrik dihasilkan karena adanya ...
- Gaya magnet yang berubah (**benar**)
 - Tegangan konstan
 - Medan listrik tetap
 - Putaran roda
20. Arus yang digunakan pada kendaraan roda dua umumnya berjenis ...
- AC
 - DC (**benar**)
 - Campuran
 - Tidak menentu
21. Komponen yang menyuplai arus ke sistem starter saat kunci kontak ON adalah ...
- Alternator
 - Baterai (**benar**)
 - Dioda
 - Regulator
22. Jika regulator rusak, tegangan pengisian menjadi ...
- Stabil
 - Terlalu tinggi atau rendah (**benar**)
 - Hilang
 - Tidak berubah
23. Untuk menghitung besar arus, digunakan rumus ...
- $I = P \times V$
 - $I = V \div P$
 - $I = P \div V$ (**benar**)
 - $I = P + V$
24. Bila pengisian tidak bekerja, maka ...
- Lampu redup (**benar**)
 - Mesin lebih bertenaga
 - Starter ringan
 - Aki cepat penuh
25. Proses awal sistem starter dimulai dari ...

- a. Busi memercikkan api
- b. Tombol starter ditekan (**benar**)
- c. Regulator aktif
- d. Rotor berputar

Daryanto. (2011). *Teknik Sepeda Motor untuk SMK/MAK Kelas XI*. Bandung: Yrama Widya.

Soebagio, B. (2014). *Dasar-dasar Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Bumi Aksara.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2018). *Acuan Teknik Pembelajaran TBSM*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.

BAB VIII

STANDAR PABRIKAN & REGULASI

8.1 Spesifikasi standar (misalnya SNI, JIS)

Sistem starter dan sistem pengisian merupakan bagian penting dalam kelistrikan sepeda motor. Keduanya memiliki fungsi yang saling berkaitan agar mesin dapat bekerja dengan baik. Sistem starter berperan untuk memutar poros engkol sehingga proses pembakaran awal bisa terjadi dan mesin dapat hidup, sedangkan sistem pengisian bertugas untuk mengisi kembali arus listrik ke aki serta menyediakan tenaga bagi komponen listrik selama mesin beroperasi. Dalam sistem starter, sumber tenaga utama berasal dari aki dengan tegangan sekitar 12 volt sesuai standar SNI 04-6507-2001 dan JIS D5301. Aki menyimpan arus listrik yang akan digunakan untuk memutar motor starter. Saat kunci kontak diputar ke posisi “ON” dan tombol starter ditekan, arus dari aki mengalir menuju relay atau solenoid starter. Solenoid berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang menghubungkan arus besar dari aki ke motor starter sekaligus mendorong roda gigi kecil (pinion gear) agar terhubung dengan roda gigi besar (flywheel) di poros engkol mesin.

Motor starter mengubah energi listrik menjadi tenaga putar melalui komponen armature di dalamnya. Daya motor starter biasanya berkisar antara 0,2 sampai 0,4 kilowatt, sesuai dengan ketentuan JIS D5901. Putaran motor starter diteruskan ke flywheel sehingga poros engkol ikut berputar dan proses pembakaran awal terjadi. Setelah mesin menyala, arus menuju motor starter terputus dan pinion gear kembali ke posisi semula dengan bantuan kopling satu arah (*overrunning clutch*). Arus yang dibutuhkan pada awal kerja starter mencapai 60 hingga 120 ampere sebagaimana diatur dalam JIS D5302, dengan torsi sekitar 0,3 hingga 0,5 kilogram meter agar mampu memutar poros engkol dengan kuat. Ketika mesin sudah hidup, sistem pengisian mulai bekerja. Sistem ini berfungsi menghasilkan arus listrik untuk mengisi ulang aki dan memenuhi kebutuhan listrik pada kendaraan seperti lampu, sistem injeksi, dan indikator panel. Cara kerjanya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dari

alternator. Alternator terdiri dari rotor bermagnet permanen dan stator yang berisi lilitan kawat tembaga. Saat rotor berputar bersama mesin, medan magnetnya memotong lilitan stator sehingga timbul arus bolak-balik (AC).

Arus tersebut kemudian dialirkan ke *rectifier* untuk diubah menjadi arus searah (DC) yang bisa digunakan untuk mengisi aki. Selanjutnya, tegangan diatur oleh *voltage regulator* agar tetap stabil dan tidak melebihi kapasitas aki. Regulator modern menggunakan sirkuit elektronik (IC Regulator) sesuai dengan standar JIS D5104. Tegangan pengisian ideal berada di kisaran 13,8 sampai 14,4 volt DC pada putaran mesin sekitar 5.000 rpm, sesuai ketentuan SNI 04-0225-2000 dan JIS D0203. Arus pengisian yang dihasilkan umumnya antara 10 hingga 20 ampere tergantung tipe motor dan kapasitas mesinnya. Sistem pengisian yang baik harus mampu menjaga keseimbangan antara penggunaan listrik kendaraan dan pengisian aki. Bila sistem pengisian bermasalah, aki tidak akan terisi penuh dan sistem starter tidak dapat digunakan karena kekurangan arus listrik.

Hubungan antara sistem starter dan sistem pengisian sangat erat. Sistem starter menggunakan energi dari aki untuk menyalakan mesin, sedangkan sistem pengisian akan mengantikan energi yang telah digunakan dengan cara mengisi ulang aki selama mesin berputar. Kedua sistem ini dilengkapi dengan perlindungan seperti kabel dan sekring sesuai dengan ketentuan SNI dan JIS, agar aman serta tahan lama. Secara keseluruhan, sistem starter dan sistem pengisian bekerja saling mendukung. Sistem starter memberikan kemudahan dalam menyalakan mesin tanpa tenaga manual, sedangkan sistem pengisian memastikan pasokan listrik selalu stabil selama kendaraan digunakan. Pemeriksaan rutin terhadap kondisi aki, sambungan kabel, alternator, dan regulator sangat penting untuk menjaga kinerja kedua sistem ini. Dengan mengikuti standar seperti SNI 04-6507-2001, SNI 04-0225-2000, JIS D5301, dan JIS D5104, sistem kelistrikan sepeda motor dapat bekerja dengan efisien, aman, dan memiliki umur pemakaian yang panjang.

8.2 Regulasi emisi & lingkungan

Sistem starter dan sistem pengisian pada sepeda motor tidak hanya berperan untuk menghidupkan mesin dan menjaga kelistrikan tetap stabil, tetapi juga memiliki kaitan penting dengan pengendalian emisi dan perlindungan lingkungan. Kedua sistem ini membantu memastikan proses pembakaran di dalam mesin berlangsung sempurna, sehingga gas buang yang dihasilkan tidak melebihi batas yang telah ditetapkan dalam peraturan pemerintah. Sistem starter berfungsi agar mesin bisa menyala dengan cepat dan lancar. Saat mesin mudah dihidupkan, proses pembakaran awal menjadi lebih efisien, sehingga bahan bakar tidak terbuang percuma dan gas buang berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), serta nitrogen oksida (NOx) dapat ditekan. Sebaliknya, jika sistem starter bermasalah dan mesin sulit hidup, bahan bakar akan terbakar tidak sempurna, yang berakibat pada meningkatnya kadar emisi di udara. Dengan kata lain, sistem starter yang baik turut membantu mengurangi polusi udara dan menjaga efisiensi bahan bakar.

Sementara itu, sistem pengisian memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan arus listrik pada sepeda motor. Sistem ini memastikan seluruh perangkat elektronik, termasuk sistem pengapian dan injeksi bahan bakar, bekerja dengan tegangan yang stabil. Pada sepeda motor modern yang sudah menggunakan sistem Electronic Fuel Injection (EFI), kestabilan arus listrik sangat berpengaruh terhadap jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar. Dengan suplai listrik yang baik, campuran bahan bakar dan udara dapat diatur secara tepat, sehingga pembakaran menjadi sempurna dan emisi gas buang lebih rendah. Pemerintah Indonesia menetapkan aturan mengenai emisi gas buang melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017, yang mengacu pada standar Euro 3 dan Euro 4. Regulasi ini mengatur batas maksimal kandungan CO, HC, dan NOx pada gas buang kendaraan bermotor. Untuk memenuhi standar tersebut, sistem kelistrikan seperti starter dan pengisian harus berfungsi dengan baik agar proses pembakaran di mesin tetap efisien. Selain itu, SNI

19-7118.1-2005 juga menetapkan ambang batas emisi untuk kendaraan roda dua di Indonesia, sehingga produsen harus memastikan setiap komponen kendaraan mendukung pengurangan emisi dan efisiensi energi.

Dari sisi lingkungan, sistem pengisian yang bekerja dengan baik membantu menjaga konsumsi bahan bakar agar tidak berlebihan. Aki yang terisi dengan benar tidak akan membebani mesin, sehingga tenaga yang dihasilkan lebih efisien dan bahan bakar yang digunakan menjadi lebih hemat. Jika sistem pengisian tidak efisien, mesin akan bekerja lebih berat dan menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Dengan demikian, kondisi sistem kelistrikan yang baik secara langsung berperan dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon.

Di Jepang, pengaturan mengenai sistem kelistrikan kendaraan juga diatur dalam standar Japanese Industrial Standards (JIS), seperti JIS D5104 untuk pengatur tegangan, JIS D5301 untuk aki, dan JIS D5901 untuk motor starter. Standar ini menjamin setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi sehingga tidak menimbulkan beban berlebih pada mesin. Secara keseluruhan, sistem starter dan pengisian bukan hanya mendukung performa kendaraan, tetapi juga berperan penting dalam menjaga kebersihan udara dan keberlanjutan lingkungan. Dengan penerapan standar SNI dan JIS, serta perawatan rutin terhadap aki, kabel, alternator, dan regulator, sepeda motor dapat beroperasi secara efisien, hemat bahan bakar, dan tetap ramah lingkungan sesuai dengan ketentuan regulasi emisi yang berlaku.[2]

8.3 Dampak hukum/aturan industry

Sistem starter dan sistem pengisian pada sepeda motor bukan sekadar bagian teknis dari kendaraan, tetapi juga berhubungan langsung dengan aturan hukum dan ketentuan industri otomotif. Setiap komponen kendaraan wajib memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah dan lembaga resmi, agar kendaraan aman digunakan, efisien, serta tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Di Indonesia, pengaturan tentang

kendaraan bermotor diatur oleh Kementerian Perhubungan, Kementerian Perindustrian, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Dasar hukumnya tertuang dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, yang menegaskan bahwa kendaraan yang digunakan di jalan umum harus memenuhi syarat teknis dan laik jalan. Persyaratan tersebut mencakup sistem kelistrikan, sistem rem, penerangan, serta batas emisi gas buang dan tingkat kebisingan mesin.

Agar mutu kendaraan tetap terjamin, pemerintah juga mewajibkan penerapan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk setiap komponen penting, termasuk aki, motor starter, dan sistem pengisian. Misalnya, SNI 04-6507-2001 mengatur tentang aki kendaraan, sedangkan SNI 04-0225-2000 membahas sistem pengisian. Standar ini diterapkan agar produk yang beredar di pasaran memiliki kualitas yang sesuai dan tidak membahayakan pengguna. Produsen yang tidak mematuhi aturan ini bisa dikenai sanksi, seperti denda, pencabutan izin usaha, atau penarikan produk dari peredaran. Selain standar nasional, industri otomotif di Indonesia juga mengacu pada Japanese Industrial Standards (JIS) dan ISO (International Organization for Standardization). Standar internasional ini digunakan supaya produk otomotif dalam negeri bisa bersaing di pasar global. Contohnya, JIS D5301 mengatur tentang aki kendaraan, JIS D5104 mengatur regulator tegangan, dan JIS D5901 mengatur motor starter. Dengan mengikuti standar ini, kualitas komponen kendaraan bisa lebih konsisten dan mudah diterima di pasar ekspor.

Dari sisi lingkungan, regulasi emisi gas buang juga menjadi hal penting. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017, kendaraan bermotor yang dijual di Indonesia harus memenuhi standar emisi Euro 3 atau Euro 4, tergantung tahun produksinya. Jika kendaraan tidak memenuhi standar tersebut, produsen tidak boleh memasarkan produknya. Kebijakan ini menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap aturan bukan hanya soal teknis, tetapi juga tanggung jawab terhadap masyarakat dan lingkungan. Selain itu, Peraturan

Pemerintah Nomor 45 Tahun 2022 tentang Standar Nasional Indonesia dan Penilaian Kesesuaian mengatur bahwa setiap produk yang berisiko terhadap keselamatan atau lingkungan wajib memenuhi standar SNI. Bila perusahaan melanggar, bisa dikenai sanksi berat seperti penarikan produk, denda, bahkan pencabutan izin usaha.

Secara keseluruhan, aturan dan regulasi di bidang otomotif dibuat untuk melindungi konsumen, menjaga keselamatan berkendara, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sistem starter dan pengisian yang dibuat sesuai standar tidak hanya menjamin performa kendaraan yang baik, tetapi juga menjadi bukti bahwa produsen mematuhi hukum dan bertanggung jawab terhadap produk yang mereka hasilkan. Melalui penerapan standar seperti SNI, JIS, dan aturan emisi lingkungan, industri otomotif Indonesia diharapkan mampu menghasilkan kendaraan yang aman, efisien, dan ramah lingkungan sesuai perkembangan teknologi dan tuntutan global.

8.4 Soal Formatif 8 (25 pilihan ganda)

1. Fungsi utama sistem starter pada sepeda motor adalah
 - a. Menyalakan lampu utama
 - b. Menghidupkan mesin pertama kali
 - c. Mengisi daya baterai
 - d. Mengatur arus ke koil pengapian

Jawaban: b
2. Komponen yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah
 - a. Regulator
 - b. Motor starter
 - c. Baterai
 - d. Flywheel

Jawaban: b
3. Energi yang digunakan sistem starter berasal dari
 - a. Koil

- b. Alternator
- c. Aki (baterai)
- d. Magneto

Jawaban: c

4. Komponen yang mendorong pinion gear agar mengait ke flywheel adalah

- a. Relay starter
- b. Solenoid starter
- c. Regulator
- d. Field coil

Jawaban: b

5. Setelah mesin hidup, pinion gear akan

- a. Tetap berputar bersama flywheel
- b. Lepas dari flywheel
- c. Menyentuh armature
- d. Mengunci poros engkol

Jawaban: b

6. Fungsi utama sistem pengisian adalah

- a. Menyimpan arus listrik
- b. Menghasilkan arus listrik untuk mengisi baterai
- c. Mengatur waktu pengapian
- d. Menggerakkan motor starter

Jawaban: b

7. Komponen utama sistem pengisian adalah

- a. Koil, busi, CDI
- b. Alternator, regulator, baterai
- c. Starter, relay, fuse
- d. Magneto, kopling, roda gila

Jawaban: b

8. Fungsi regulator rectifier pada sistem pengisian adalah

- a. Mengatur arus ke motor starter
- b. Mengubah arus AC menjadi DC dan menstabilkan tegangan

- c. Menyimpan energi listrik
- d. Menyalakan lampu

Jawaban: b

9. Pada sistem pengisian tipe AC–DC, arus AC diubah menjadi DC oleh
- a. Baterai
 - b. Regulator rectifier
 - c. Stator coil
 - d. Magnet permanen

Jawaban: b

10. Tegangan pengisian aki sepeda motor umumnya berkisar antara
- a. 6–8 Volt
 - b. 9–10 Volt
 - c. 13–15 Volt
 - d. 17–20 Volt

Jawaban: c

11. Komponen yang menghasilkan arus listrik dalam sistem pengisian adalah
- a. Stator coil dan rotor
 - b. Solenoid dan relay
 - c. Regulator dan baterai
 - d. Motor starter dan gear

Jawaban: a

12. Pada sepeda motor, rotor biasanya terbuat dari
- a. Aluminium
 - b. Baja biasa
 - c. Magnet permanen
 - d. Tembaga murni

Jawaban: c

13. Bila sistem pengisian rusak, gejala yang muncul adalah
- a. Mesin mudah panas
 - b. Lampu redup dan aki cepat habis
 - c. Starter berputar kencang

- d. Motor lebih cepat akselerasinya

Jawaban: b

14. Komponen yang berfungsi menutup dan membuka aliran arus besar ke motor starter adalah

- a. Kunci kontak
- b. Solenoid starter
- c. Relay starter
- d. Regulator

Jawaban: c

15. Jenis motor starter yang umum digunakan pada sepeda motor adalah

- a. Motor induksi
- b. Motor DC seri
- c. Motor AC sinkron
- d. Motor universal

Jawaban: b

16. Pada motor starter, komponen yang menyalurkan arus ke armature adalah

- a. Field coil
- b. Komutator dan sikat (brush)
- c. Pinion gear
- d. Rotor

Jawaban: b

17. Fungsi *overrunning clutch* pada sistem starter adalah

- a. Menahan putaran roda gila
- b. Melindungi motor starter dari putaran mesin berlebih
- c. Mempercepat putaran starter
- d. Mengatur arus ke field coil

Jawaban: b

18. Jika ketika starter ditekan hanya terdengar bunyi "klik", kemungkinan

- a. Aki habis atau lemah
- b. Mesin macet
- c. Busi basah

- d. Relay rusak

Jawaban: a

19. Fungsi utama baterai dalam sistem kelistrikan adalah

- a. Menghasilkan arus AC
- b. Menyimpan dan menyalurkan energi listrik DC
- c. Mengatur arus ke lampu
- d. Menggerakkan regulator

Jawaban: b

20. Pada sistem pengisian tipe DC, arus listrik ke lampu utama berasal dari

- a. Aki
- b. Spul penerangan
- c. CDI
- d. Regulator

Jawaban: a

21. Jika tegangan pengisian terlalu tinggi, maka akibatnya adalah

- a. Aki cepat penuh
- b. Aki cepat rusak dan air aki cepat habis
- c. Motor lebih cepat hidup
- d. Sistem pengapian terganggu

Jawaban: b

22. Salah satu penyebab sistem pengisian tidak bekerja adalah

- a. Sekring putus
- b. Busi kotor
- c. Filter udara tersumbat
- d. Oli kurang

Jawaban: a

23. Apa fungsi dioda dalam regulator rectifier?

- a. Menyimpan arus listrik
- b. Mengubah arus AC menjadi DC
- c. Meningkatkan tegangan
- d. Mengatur waktu pengapian

Jawaban: b

24. Sistem pengisian pada sepeda motor disebut juga dengan

- a. Ignition system
- b. Charging system
- c. Lighting system
- d. Starting system

Jawaban: b

25. Jika lampu redup saat putaran mesin rendah, tetapi terang saat putaran tinggi, kemungkinan

- a. Regulator rusak
- b. Aki lemah
- c. Alternator tidak stabil
- d. Semua benar

Jawaban: d

8.5 Daftar Rujukan

T. Permana, E. Daryanto, and O. Y. Hutajulu, “Analisis Kelistrikan Sistem Starter Tipe Konvensional Untuk Penggerak Mula Motor Bensin,” *J. Ins. Prof.*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.24114/jip.v2i3.42493.

KEMENTERIAN LHK, “Baku Mutu Kendaraan Bermotor,” vol. 624, no. 624, pp. 1–14, 2023.

RSNI3 2052:2024, “Rsni 3,” *Badan Stand. Nas.*, 2024.

M. F. Rizki, “Identifikasi Sistem Starter Dan Pengisian Pada Motor Diesel Toyota 2L-T,” p. 16, 2021.

L. Abia Theodorus Siboro, A. Hamid, and B. Rahmat, “Analisis Performa Mesin Sepeda Motor Dan Emisi Gas Buang Akibat Pemakaian Bahan Bakar Dengan Oktan Yang Berbeda,” *Zo. Mesin Progr. Stud. Tek. Mesin Univ. Batam*, vol. 15, no. 1, pp. 13–21, 2025, doi: 10.37776/zm.v15i1.1814.

BAB IX

PERAWATAN SISTEM STATER DAN PENGISIAN

9.1 Perawatan rutin

Sistem starter dan pengisian merupakan dua bagian penting dalam sistem kelistrikan sepeda motor. Sistem starter berfungsi untuk memutar poros engkol mesin saat pertama kali dihidupkan, sedangkan sistem pengisian berfungsi mengisi kembali energi listrik ke baterai agar tetap memiliki daya untuk mengoperasikan semua komponen listrik. Agar kedua sistem ini bekerja optimal, diperlukan perawatan rutin sesuai dengan jadwal servis pabrikan. Pemeriksaan yang tepat waktu akan mencegah kegagalan start, kehabisan daya baterai, serta kerusakan komponen seperti dinamo starter, kiprok, atau spul.

9.2 Jadwal servis pabrikan

Jadwal servis pabrikan adalah pedoman resmi yang dikeluarkan oleh produsen kendaraan untuk menentukan waktu dan langkah-langkah perawatan sistem stater dan pengisian secara berkala. Tujuannya agar setiap komponen selalu bekerja dengan baik, mencegah kerusakan dini, dan menjaga performa kendaraan tetap optimal. Pemeriksaan rutin dilakukan pada beberapa komponen utama, yaitu aki (baterai), dinamo stater, alternator, kabel dan konektor, serta sekring dan relay. Aki diperiksa kondisi tegangannya, terminal, dan cairan elektrolitnya. Terminal aki harus dibersihkan dari karat dan dikencangkan, sedangkan cairan elektrolit perlu dijaga sesuai batas yang ditentukan. Dinamo stater diperiksa pada bagian sikat (brush), kumparan, dan solenoid untuk memastikan tidak ada keausan atau kerusakan. Alternator diperiksa pada bagian rotor, stator, bearing, dan regulator tegangan untuk memastikan proses pengisian berlangsung normal. Selain itu, kabel, konektor, sekring, dan relay juga harus diperiksa agar sambungan kelistrikan tetap baik dan aman.

Secara umum, pabrikan merekomendasikan pemeriksaan ringan sistem stater dan pengisian setiap 1.000 sampai 3.000 kilometer atau setiap satu bulan sekali. Pemeriksaan ini meliputi pengecekan kebersihan terminal aki dan kekencangan kabel pada stater dan alternator. Setiap 5.000 sampai 10.000 kilometer, dilakukan pemeriksaan tegangan pengisian alternator, tegangan aki, kondisi tali kipas atau belt, serta brush pada stater. Pada jarak 20.000 kilometer atau sekitar satu tahun pemakaian, dilakukan pembersihan menyeluruh pada dinamo stater dan alternator, serta pemeriksaan terhadap regulator dan bearing. Sedangkan pada 40.000 kilometer atau dua tahun pemakaian, biasanya dilakukan penggantian komponen yang sudah aus seperti brush, bearing, atau regulator, dan pemeriksaan total seluruh sistem stater serta pengisian. Dalam melakukan perawatan, disarankan selalu menggunakan suku cadang asli pabrikan agar kualitas dan standar kerja sistem kelistrikan tetap terjaga. Penggunaan komponen yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan gangguan pada sistem pengisian seperti overcharging atau undercharging. Selain itu, setiap hasil pemeriksaan dan tindakan servis sebaiknya dicatat dalam buku servis kendaraan agar menjadi referensi untuk perawatan berikutnya.

9.3 Dampak jika diabaikan

Mengabaikan perawatan sistem starter dan pengisian dapat menimbulkan berbagai masalah pada sepeda motor, di antaranya:

1. Motor sulit distarter karena baterai lemah atau arus tidak tersalurkan dengan baik.
2. Baterai cepat rusak akibat overcharge atau undercharge dari regulator yang tidak berfungsi.
3. Dinamo starter terbakar karena sikat arang aus atau poros gigi macet.
4. Lampu redup dan sistem kelistrikan tidak stabil karena tegangan pengisian tidak sesuai.
5. Motor tiba-tiba mati di jalan akibat pengisian aki tidak berlangsung normal.

6. Kerusakan pada kiprok dan spul yang dapat menimbulkan biaya perbaikan tinggi.
7. Kabel terbakar akibat hubungan singkat (short circuit) yang tidak terdeteksi sejak awal.

9.4 Soal Formatif 9 (25 pilihan ganda)

Petunjuk:

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf A, B, C, D, atau E!

1. Fungsi utama sistem starter adalah ...
 - A. Mengisi baterai
 - B. Menyalakan lampu utama
 - C. Memutar poros engkol saat menyalakan mesin
 - D. Mengatur arus listrik
 - E. Menyimpan energi listrikJawaban: C
2. Komponen utama sistem starter elektrik adalah ...
 - A. Spul dan kiprok
 - B. Dinamo starter dan relay starter
 - C. Lampu dan aki
 - D. Regulator dan saklar lampu
 - E. CDI dan busiJawaban: B
3. Komponen yang berfungsi mengatur arus pengisian ke aki adalah ...
 - A. Spul
 - B. Sekring
 - C. Regulator rectifier (kiprok)
 - D. Relay starter
 - E. Saklar utamaJawaban: C
4. Tegangan pengisian aki pada motor normalnya berkisar antara ...
 - A. 9–10 V

- B. 11–12 V
- C. 13,5–14,5 V
- D. 15–17 V
- E. 18–20 V

Jawaban: C

5. Jika sikat arang (brush) pada dinamo starter aus, maka ...

- A. Starter akan berputar cepat
- B. Starter tidak mau berputar
- C. Arus listrik meningkat
- D. Lampu menjadi terang
- E. Pengisian aki meningkat

Jawaban: B

6. Fungsi utama spul pengisian adalah ...

- A. Menyimpan energi listrik
- B. Mengubah energi mekanik menjadi listrik
- C. Mengatur arus ke dinamo starter
- D. Mengontrol lampu utama
- E. Mengubah arus AC ke DC

Jawaban: B

7. Jika kiprok rusak, akibat yang mungkin terjadi adalah ...

- A. Aki cepat penuh
- B. Tegangan pengisian tidak stabil
- C. Mesin lebih bertenaga
- D. Starter lebih cepat
- E. Konsumsi bahan bakar menurun

Jawaban: B

8. Baterai berfungsi sebagai ...

- A. Penghasil listrik utama
- B. Penyimpan dan penyuplai listrik
- C. Pengubah energi panas menjadi listrik
- D. Pengatur arus dari alternator

E. Penstabil sistem pendingin

Jawaban: B

9. Overcharge pada aki dapat menyebabkan ...

- A. Aki cepat panas dan rusak
- B. Arus berkurang
- C. Lampu lebih terang
- D. Mesin tidak hidup
- E. Spul mati total

Jawaban: A

10. Relay starter berfungsi untuk ...

- A. Menyalakan lampu
- B. Mengatur tekanan bensin
- C. Menghubungkan arus besar dari aki ke dinamo starter
- D. Mengatur putaran mesin
- E. Mengubah arus AC ke DC

Jawaban: C

11. Tanda aki lemah adalah ...

- A. Klakson keras
- B. Starter cepat berputar
- C. Lampu redup dan starter berat
- D. Mesin lebih halus
- E. Suhu mesin meningkat

Jawaban: C

12. Pemeriksaan tegangan pengisian dilakukan dengan alat ...

- A. Tang
- B. Multimeter
- C. Obeng
- D. Palu
- E. Dongkrak

Jawaban: B

13. Terminal aki berkarat akan menyebabkan ...

- A. Arus listrik lancar

- B. Pengisian aki cepat
- C. Hambatan arus meningkat
- D. Starter lebih ringan
- E. Spul tidak berfungsi

Jawaban: C

14. Sumber utama listrik pada sepeda motor ketika mesin hidup adalah ...

- A. Aki
- B. Spul pengisian
- C. CDI
- D. Busi
- E. Lampu

Jawaban: B

15. Fungsi sekring dalam sistem kelistrikan adalah ...

- A. Menyimpan energi
- B. Melindungi rangkaian dari arus berlebih
- C. Menambah arus listrik
- D. Mengatur waktu pengapian
- E. Mengubah tegangan

Jawaban: B

16. Jika motor sering digunakan jarak pendek tanpa pengisian cukup, akibatnya ...

- A. Aki cepat penuh
- B. Aki lemah karena tidak terisi optimal
- C. Dinamo starter panas
- D. Kiprok bekerja lebih baik
- E. Arus listrik stabil

Jawaban: B

17. Pengisian aki yang terlalu rendah disebut ...

- A. Undercharge
- B. Overcharge
- C. Short circuit
- D. Discharge penuh

E. Overcurrent

Jawaban: A

18. Komponen yang mengubah arus AC menjadi DC adalah ...

A. Spul

B. Kiprok

C. Relay

D. Sekring

E. CDI

Jawaban: B

19. Penyebab utama motor tidak bisa distarter padahal lampu menyala adalah ...

A. Kiprok rusak

B. Relay starter tidak bekerja

C. Spul terbakar

D. Saklar lampu rusak

E. CDI mati

Jawaban: B

20. Pemeriksaan sistem starter dilakukan setiap ...

A. 1.000 km

B. 4.000–8.000 km

C. 10.000 km

D. 15.000 km

E. 20.000 km

Jawaban: B

21. Salah satu fungsi kiprok adalah ...

A. Meningkatkan arus starter

B. Menstabilkan tegangan pengisian

C. Mengatur waktu pengapian

D. Mengubah arus DC ke AC

E. Memutuskan arus starter

Jawaban: B

22. Jika sistem pengisian tidak bekerja, sumber energi listrik hanya berasal dari ...

- A. Spul
- B. Kiprok
- C. Aki
- D. CDI
- E. Busi

Jawaban: C

23. Salah satu tanda kiprok rusak adalah ...

- A. Lampu terlalu terang atau redup
- B. Mesin mudah hidup
- C. Busi cepat hitam
- D. Aki tetap penuh
- E. Starter ringan

Jawaban: A

24. Untuk membersihkan terminal aki, gunakan ...

- A. Oli
- B. Air biasa
- C. Air panas dan soda kue
- D. Bensin
- E. Semir logam

Jawaban: C

25. Tujuan utama perawatan sistem starter dan pengisian adalah ...

- A. Meningkatkan konsumsi bahan bakar
- B. Menjaga keandalan sistem kelistrikan motor
- C. Mengurangi arus pengisian
- D. Mematikan sistem pengapian
- E. Menghemat pelumas mesin

Jawaban: B

9.5 Daftar Rujukan

Aji, R. (2020). Teknologi Sepeda Motor Modern. Yogyakarta: Andi Offset.

- Daryanto. (2018). Sistem Kelistrikan Sepeda Motor. Bandung: Alfabeta.
- Honda Motor Co. (2021). Service Manual Honda Beat eSP. Jakarta: PT Astra Honda Motor.
- Yamaha Motor Indonesia. (2020). Panduan Servis Sistem Starter & Pengisian. Jakarta.
- Susanto, H. (2022). Dasar-Dasar Kelistrikan Otomotif. Malang: UM Press.

BAB X

KERUSAKAN & TROUBLESHOOTING

10.1 Gejala umum kerusakan

Sistem stater dan pengisian merupakan bagian penting dari sistem kelistrikan kendaraan. Kerusakan pada sistem ini dapat menyebabkan kendaraan sulit dihidupkan, aki cepat lemah, atau sistem listrik tidak berfungsi dengan baik. Beberapa gejala umum yang sering muncul antara lain:

1. Mesin tidak dapat distarter sama sekali.
2. Starter berputar lemah atau tersendat-sendat.
3. Bunyi “klik” terdengar saat kunci kontak diputar tetapi mesin tidak berputar.
4. Lampu-lampu kendaraan redup atau tidak menyala.
5. Aki sering tekor meskipun sudah diisi.
6. Indikator pengisian (lampu aki) menyala terus di panel instrumen.
7. Tegangan output alternator tidak stabil.
8. Tercium bau hangus atau adanya suara mendengung dari alternator.
9. Terminal aki sering panas atau berkarat.
10. Sabuk penggerak alternator kendor atau aus.

10.2 Penyebab

Beberapa faktor penyebab umum kerusakan pada sistem stater dan pengisian antara lain:

1. Aki melemah akibat usia pakai atau pengisian tidak sempurna.
2. Terminal aki longgar atau berkarat sehingga arus listrik terhambat.
3. Dinamo stater aus pada bagian sikat (brush) atau solenoidnya rusak.
4. Kabel penghubung antar komponen putus, longgar, atau terkelupas.
5. Alternator mengalami kerusakan pada rotor, stator, atau regulator tegangan.
6. Belt penggerak alternator terlalu kendor atau slip.
7. Sekring atau relay sistem kelistrikan putus.

8. Overload penggunaan listrik (misalnya aksesoris tambahan berlebihan).
9. Kesalahan pemasangan komponen saat servis atau perawatan.
10. Penggunaan komponen tidak sesuai spesifikasi pabrikan.

10.3 Tabel diagnosis masalah (Troubleshooting)

Langkah umum diagnosis sistem stater dan pengisian meliputi:

1. Pemeriksaan awal dilakukan dengan mengamati gejala, mendengarkan bunyi stater, dan melihat kondisi indikator aki.
2. Pemeriksaan aki dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan multimeter. Tegangan normal aki berada di kisaran 12,4 – 12,8 volt saat mesin mati. Bila di bawah 12 volt, aki perlu diisi atau diganti.
3. Pemeriksaan terminal dan kabel dilakukan untuk memastikan tidak ada korosi, sambungan longgar, atau kabel putus.
4. Pemeriksaan dinamo stater dilakukan dengan mengukur arus stater dan kondisi brush serta solenoid. Jika arus terlalu besar dan motor stater lemah, kemungkinan brush aus atau kumparan rusak.
5. Pemeriksaan alternator dilakukan dengan mengukur tegangan pengisian saat mesin hidup. Tegangan ideal sistem pengisian berada di kisaran 13,8 – 14,5 volt. Jika lebih rendah, berarti sistem tidak mengisi; jika lebih tinggi, regulator tegangan rusak.
6. Pemeriksaan belt penggerak alternator untuk memastikan tidak kendor atau aus. Belt yang slip dapat menyebabkan tegangan pengisian menurun.
7. Pemeriksaan beban listrik dilakukan dengan mematikan dan menyalakan komponen seperti lampu, klakson, dan pendingin untuk melihat kestabilan sistem.

10.4 Soal Formatif 10 (25 pilihan ganda)

1. Komponen utama yang berfungsi untuk memutar mesin pertama kali saat dihidupkan adalah...
 - a. Alternator
 - b. Aki

c. Dinamo stater

d. Regulator

Jawaban: c

2. Fungsi utama alternator adalah...

a. Menyimpan energi listrik

b. Menghasilkan arus listrik untuk mengisi aki

c. Mengatur arus ke sistem pengapian

d. Memutar mesin kendaraan

Jawaban: b

3. Tegangan pengisian normal pada sistem kendaraan adalah...

a. 10–11 volt

b. 12–13 volt

c. 13,8–14,5 volt

d. 15–16 volt

Jawaban: c

4. Bila lampu indikator aki menyala terus saat mesin hidup, artinya...

a. Aki penuh

b. Alternator rusak

c. Regulator bekerja normal

d. Sekring putus

Jawaban: b

5. Aki cepat tekor biasanya disebabkan oleh...

a. Belt alternator kendor

b. Overcharging

c. Brush stater baru

d. Terminal aki bersih

Jawaban: a

6. Bunyi “klik” tanpa putaran mesin saat distarter menandakan...

a. Gigi pinion aus

b. Solenoid tidak bekerja sempurna

c. Regulator rusak

d. Aki terlalu penuh

Jawaban: b

7. Belt alternator yang kendor akan menyebabkan...

a. Overcharging

b. Tegangan pengisian turun

c. Mesin sulit dihidupkan

d. Lampu depan terlalu terang

Jawaban: b

8. Tegangan aki di bawah 12 volt menunjukkan...

a. Aki lemah atau rusak

b. Regulator normal

c. Alternator bekerja baik

d. Belt terlalu kencang

Jawaban: a

9. Overcharging pada aki disebabkan oleh...

a. Regulator rusak

b. Aki baru diganti

c. Kabel positif putus

d. Alternator kotor

Jawaban: a

10. Sikat (brush) pada dinamo stater berfungsi untuk...

a. Menyalurkan arus ke komutator

b. Menyimpan arus listrik

c. Mengatur arus ke regulator

d. Menghubungkan aki ke alternator

Jawaban: a

11. Jika stater berputar cepat tetapi mesin tidak hidup, maka kemungkinan...

a. Gigi pinion tidak mengait flywheel

b. Aki tekor

c. Regulator rusak

d. Sabuk alternator putus

Jawaban: a

12. Salah satu penyebab alternator tidak mengisi adalah...

- a. Kumparan rotor putus
- b. Regulator baru
- c. Belt kencang
- d. Aki penuh

Jawaban: a

13. Terminal aki berkarat menyebabkan...

- a. Arus listrik lancar
- b. Hambatan arus meningkat
- c. Tegangan stabil
- d. Aki cepat penuh

Jawaban: b

14. Arus pengisian terlalu besar dapat menyebabkan...

- a. Aki cepat panas dan rusak
- b. Mesin sulit hidup
- c. Belt cepat putus
- d. Lampu menjadi redup

Jawaban: a

15. Pemeriksaan awal sistem pengisian dilakukan dengan...

- a. Membongkar alternator
- b. Mengamati indikator aki
- c. Mengukur tahanan stator
- d. Melepas regulator

Jawaban: b

16. Fungsi regulator tegangan adalah...

- a. Meningkatkan arus listrik
- b. Menyimpan energi listrik
- c. Menjaga tegangan pengisian tetap stabil
- d. Mengatur rotasi alternator

Jawaban: c

17. Alternator yang mengeluarkan suara mendengung menandakan...

- a. Brush aus

- b. Bearing rusak
- c. Regulator longgar
- d. Belt baru diganti

Jawaban: b

18. Lampu redup saat stater ditekan menandakan...

- a. Aki lemah
- b. Belt alternator kencang
- c. Regulator normal
- d. Alternator baik

Jawaban: a

19. Sabuk penggerak alternator yang terlalu kencang dapat menyebabkan...

- a. Overcharging
- b. Bearing alternator cepat aus
- c. Tegangan pengisian turun
- d. Belt tidak slip

Jawaban: b

20. Cara memeriksa kondisi aki yang benar adalah...

- a. Mengukur tegangan dengan multimeter
- b. Mengukur arus pengisian
- c. Membongkar terminal negatif
- d. Memutar stater tanpa kunci kontak

Jawaban: a

21. Bila stater berputar tetapi mesin tidak hidup, kemungkinan...

- a. Sistem bahan bakar atau pengapian bermasalah
- b. Belt alternator kendor
- c. Regulator rusak
- d. Kabel positif longgar

Jawaban: a

22. Fungsi utama solenoid stater adalah...

- a. Menyimpan energi listrik
- b. Mendorong pinion dan menyalurkan arus besar ke motor stater
- c. Mengatur tegangan pengisian

d. Mengubah arus AC ke DC

Jawaban: b

23. Regulator rusak akan menyebabkan...

- a. Tegangan pengisian tidak stabil
- b. Aki cepat penuh
- c. Motor stater cepat panas
- d. Belt cepat aus

Jawaban: a

24. Lampu indikator aki tidak menyala sama sekali menunjukkan...

- a. Bo lampu indikator putus
- b. Aki penuh
- c. Alternator overcharge
- d. Regulator baik

Jawaban: a

25. Arus listrik dari alternator menuju aki mengalir melalui...

- a. Terminal IG
- b. Terminal B+
- c. Terminal E
- d. Terminal N

Jawaban: b

10.5 Rujukan

Daryanto. (2010). *Teknologi dan Reparasi Otomotif*. Bandung: Alfabeta.

Sutrisno, E. (2018). *Sistem Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Erlangga.

Toyota Training Center. (2016). *Electrical System Service Manual*. Toyota Astra Motor.

Honda Motor Co. (2019). *Service Manual Motorcycle Electrical System*. Honda Global.

Harinaldi. (2014). *Sistem Pengisian dan Stater Kendaraan Bermotor*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

BAB XI

STUDI KASUS INDUSTRI

11.1 Pengalaman bengkel resmi

Dalam praktik industri otomotif, sistem stater dan pengisian merupakan dua komponen penting yang sering menjadi perhatian utama dalam perawatan kendaraan. Berdasarkan pengalaman bengkel resmi, seperti bengkel Honda, Yamaha, dan Toyota, permasalahan yang paling sering dijumpai adalah aki lemah, alternator tidak mengisi, serta dinamo stater yang aus pada bagian brush atau solenoid. Bengkel resmi selalu menerapkan prosedur pemeriksaan sesuai standar pabrikan, seperti mengukur tegangan aki menggunakan multimeter, mengecek tegangan pengisian alternator saat mesin hidup, dan memeriksa kebersihan terminal aki. Pemeriksaan ini dilakukan secara berkala sesuai jadwal servis agar sistem kelistrikan tetap stabil dan umur aki lebih panjang. Selain itu, bengkel resmi juga menggunakan alat diagnosis elektronik (scan tool) untuk mendeteksi gangguan kelistrikan yang tidak tampak secara fisik, seperti kerusakan pada regulator internal atau sensor tegangan. Dengan cara ini, proses perbaikan menjadi lebih cepat dan akurat.

11.2 Wawancara mekanik/teknisi

Hasil wawancara dengan seorang mekanik senior di bengkel resmi menunjukkan bahwa 60% kendaraan yang masuk ke bengkel mengalami masalah pada sistem pengisian. Penyebab utama umumnya berasal dari perawatan aki yang kurang rutin dan penggunaan aksesoris berlebihan yang melebihi kapasitas alternator. Teknisi juga menegaskan pentingnya pemeriksaan sederhana yang bisa dilakukan oleh pemilik kendaraan, seperti menjaga kebersihan terminal aki, memastikan tegangan aki tetap stabil, serta memperhatikan tanda-tanda seperti lampu aki yang menyala atau suara aneh dari alternator. Jika gejala tersebut muncul, disarankan segera memeriksakan kendaraan ke bengkel agar kerusakan tidak menjalar ke komponen lain. Menurut teknisi, sistem stater dan pengisian yang dirawat

dengan benar akan memperpanjang umur aki hingga dua kali lipat dibandingkan kendaraan yang tidak dirawat dengan baik.

11.3 Analisis kerusakan nyata

Kasus nyata di bengkel resmi menunjukkan contoh berikut: Sebuah sepeda motor mengalami keluhan “tidak bisa distarter dan lampu redup”. Setelah dilakukan pemeriksaan, ditemukan bahwa tegangan aki hanya 10,8 volt. Setelah aki diisi ulang, kendaraan kembali hidup, tetapi setelah beberapa hari, keluhan kembali muncul. Pemeriksaan lanjutan menunjukkan tegangan pengisian alternator hanya 12,2 volt, padahal standar minimal 13,8 volt. Setelah alternator dibongkar, diketahui regulator internal rusak dan brush sudah aus. Kasus ini menunjukkan pentingnya pemeriksaan sistem pengisian secara menyeluruh. Kerusakan pada satu komponen kecil seperti regulator dapat mempengaruhi seluruh sistem kelistrikan. Perawatan berkala dan penggantian komponen sesuai jadwal pabrikan menjadi kunci utama dalam mencegah kerusakan berulang.

11.4 Soal Formatif 11 (25 pilihan ganda)

1. Masalah yang paling sering terjadi pada sistem pengisian kendaraan adalah...
 - a. Pengapian terlambat
 - b. Aki overheat
 - c. Alternator tidak mengisi
 - d. Regulator tegangan rusakJawaban: c
2. Tujuan penggunaan alat scan tool di bengkel resmi adalah untuk...
 - a. Mengukur tekanan oli
 - b. Mendeteksi gangguan kelistrikan secara elektronik
 - c. Mengatur putaran mesin
 - d. Membersihkan terminal akiJawaban: b

3. Aki cepat lemah dapat disebabkan oleh...
 - a. Belt alternator kencang
 - b. Tegangan pengisian terlalu rendah
 - c. Regulator baru
 - d. Terminal aki bersih

Jawaban: b
4. Pemeriksaan pertama saat kendaraan sulit distarter adalah...
 - a. Membongkar alternator
 - b. Mengukur tegangan aki
 - c. Mengganti kabel positif
 - d. Menyetel karburator

Jawaban: b
5. Jika lampu aki tetap menyala setelah mesin hidup, berarti...
 - a. Sistem pengisian bermasalah
 - b. Aki dalam kondisi penuh
 - c. Lampu indikator rusak
 - d. Sekring putus

Jawaban: a
6. Brush alternator yang aus menyebabkan...
 - a. Tegangan pengisian tidak stabil
 - b. Aki cepat penuh
 - c. Mesin sulit dihidupkan
 - d. Belt cepat putus

Jawaban: a
7. Kerusakan pada regulator internal alternator menyebabkan...
 - a. Belt slip
 - b. Pengisian aki berlebihan atau kurang
 - c. Aki cepat bocor
 - d. Starter macet

Jawaban: b
8. Salah satu tanda alternator rusak adalah...
 - a. Lampu redup dan indikator aki menyala

- b. Mesin berasap
- c. Oli bocor
- d. Knalpot hitam

Jawaban: a

9. Dalam studi kasus bengkel, tegangan pengisian ideal adalah...

- a. 10 volt
- b. 12 volt
- c. 13,8–14,5 volt
- d. 15 volt

Jawaban: c

10. Perawatan aki tipe basah dilakukan dengan cara...

- a. Mengisi air aki sesuai batas
- b. Mengguncang aki
- c. Memanaskan aki
- d. Melepas terminal setiap hari

Jawaban: a

11. Komponen yang berfungsi menjaga tegangan stabil saat pengisian adalah...

- a. Alternator
- b. Regulator
- c. Sekring
- d. Solenoid

Jawaban: b

12. Terminal aki yang berkarat mengakibatkan...

- a. Arus listrik lancar
- b. Arus listrik terhambat
- c. Pengisian aki meningkat
- d. Belt alternator aus

Jawaban: b

13. Suara mendengung dari alternator menandakan...

- a. Bearing aus
- b. Belt longgar

c. Regulator bagus

d. Aki lemah

Jawaban: a

14. Jika aki sering tekor meskipun baru, maka kemungkinan...

a. Alternator tidak mengisi

b. Aki palsu

c. Belt baru

d. Regulator normal

Jawaban: a

15. Penggunaan aksesoris berlebihan dapat menyebabkan...

a. Alternator terbebani

b. Aki semakin awet

c. Belt lebih kuat

d. Regulator stabil

Jawaban: a

16. Salah satu gejala sistem stater rusak adalah...

a. Bunyi klik tanpa putaran mesin

b. Mesin tersendat

c. Lampu depan menyala terang

d. Pengapian normal

Jawaban: a

17. Pemeriksaan alternator dilakukan dengan...

a. Mengukur tegangan pengisian

b. Menguras aki

c. Menyetel kabel gas

d. Mengganti sekring

Jawaban: a

18. Fungsi utama belt alternator adalah...

a. Menghubungkan alternator dengan putaran mesin

b. Menyimpan energi listrik

c. Mengalirkan arus ke aki

d. Mengatur regulator

Jawaban: a

19. Komponen yang mendorong pinion agar mengait flywheel adalah...

- a. Brush
- b. Solenoid
- c. Rotor
- d. Bearing

Jawaban: b

20. Salah satu penyebab pengisian aki berlebih adalah...

- a. Regulator rusak
- b. Belt kendur
- c. Terminal aki kotor
- d. Aki baru

Jawaban: a

21. Pemeriksaan visual sistem pengisian mencakup...

- a. Belt, terminal aki, dan konektor
- b. Oli mesin
- c. Tekanan ban
- d. Pendingin radiator

Jawaban: a

22. Komponen utama penghasil arus listrik kendaraan adalah...

- a. Aki
- b. Alternator
- c. Stater
- d. Regulator

Jawaban: b

23. Jika tegangan pengisian terlalu tinggi, akibatnya...

- a. Aki cepat rusak
- b. Lampu lebih terang
- c. Mesin lebih kuat
- d. Belt cepat putus

Jawaban: a

24. Dalam kasus nyata, brush alternator aus dapat diperbaiki dengan...

- a. Mengganti brush baru
- b. Membersihkan dengan air
- c. Menyemprot pelumas
- d. Mengencangkan belt

Jawaban: a

25. Perawatan rutin sistem stater dan pengisian sebaiknya dilakukan...

- a. Setiap 1–3 bulan atau 3.000–5.000 km
- b. Setiap hari
- c. Setiap tahun
- d. Saat terjadi kerusakan

Jawaban: a

11.5 Daftar Rujukan

- Daryanto. (2010). *Teknologi dan Reparasi Otomotif*. Bandung: Alfabeta.
- Sutrisno, E. (2018). *Sistem Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Erlangga.
- Toyota Training Center. (2016). *Electrical System Service Manual*. Toyota Astra Motor.
- Honda Motor Co. (2019). *Service Manual Motorcycle Electrical System*. Honda Global.
- Harinaldi. (2014). *Sistem Pengisian dan Stater Kendaraan Bermotor*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

BAB XI

STUDI KASUS INDUSTRI

11.1 Pengalaman bengkel resmi

Dalam praktik industri otomotif, sistem stater dan pengisian merupakan dua komponen penting yang sering menjadi perhatian utama dalam perawatan kendaraan. Berdasarkan pengalaman bengkel resmi, seperti bengkel Honda, Yamaha, dan Toyota, permasalahan yang paling sering dijumpai adalah aki lemah, alternator tidak mengisi, serta dinamo stater yang aus pada bagian brush atau solenoid. Bengkel resmi selalu menerapkan prosedur pemeriksaan sesuai standar pabrikan, seperti mengukur tegangan aki menggunakan multimeter, mengecek tegangan pengisian alternator saat mesin hidup, dan memeriksa kebersihan terminal aki. Pemeriksaan ini dilakukan secara berkala sesuai jadwal servis agar sistem kelistrikan tetap stabil dan umur aki lebih panjang. Selain itu, bengkel resmi juga menggunakan alat diagnosis elektronik (scan tool) untuk mendeteksi gangguan kelistrikan yang tidak tampak secara fisik, seperti kerusakan pada regulator internal atau sensor tegangan. Dengan cara ini, proses perbaikan menjadi lebih cepat dan akurat.

11.2 Wawancara mekanik/teknisi

Hasil wawancara dengan seorang mekanik senior di bengkel resmi menunjukkan bahwa 60% kendaraan yang masuk ke bengkel mengalami masalah pada sistem pengisian. Penyebab utama umumnya berasal dari perawatan aki yang kurang rutin dan penggunaan aksesoris berlebihan yang melebihi kapasitas alternator. Teknisi juga menegaskan pentingnya pemeriksaan sederhana yang bisa dilakukan oleh pemilik kendaraan, seperti menjaga kebersihan terminal aki, memastikan tegangan aki tetap stabil, serta memperhatikan tanda-tanda seperti lampu aki yang menyala atau suara aneh dari alternator. Jika gejala tersebut muncul, disarankan segera memeriksakan kendaraan ke bengkel agar kerusakan tidak menjalar ke komponen lain. Menurut teknisi, sistem stater dan pengisian yang dirawat dengan benar akan

memperpanjang umur aki hingga dua kali lipat dibandingkan kendaraan yang tidak dirawat dengan baik.

11.3 Analisis kerusakan nyata

Kasus nyata di bengkel resmi menunjukkan contoh berikut: Sebuah sepeda motor mengalami keluhan “tidak bisa distarter dan lampu redup”. Setelah dilakukan pemeriksaan, ditemukan bahwa tegangan aki hanya 10,8 volt. Setelah aki diisi ulang, kendaraan kembali hidup, tetapi setelah beberapa hari, keluhan kembali muncul. Pemeriksaan lanjutan menunjukkan tegangan pengisian alternator hanya 12,2 volt, padahal standar minimal 13,8 volt. Setelah alternator dibongkar, diketahui regulator internal rusak dan brush sudah aus. Kasus ini menunjukkan pentingnya pemeriksaan sistem pengisian secara menyeluruh. Kerusakan pada satu komponen kecil seperti regulator dapat mempengaruhi seluruh sistem kelistrikan. Perawatan berkala dan penggantian komponen sesuai jadwal pabrikan menjadi kunci utama dalam mencegah kerusakan berulang.

11.4 Soal Formatif 11 (25 pilihan ganda)

1. Masalah yang paling sering terjadi pada sistem pengisian kendaraan adalah...
 - a. Pengapian terlambat
 - b. Aki overheat
 - c. Alternator tidak mengisi
 - d. Regulator tegangan rusak

Jawaban: c
2. Tujuan penggunaan alat scan tool di bengkel resmi adalah untuk...
 - a. Mengukur tekanan oli
 - b. Mendeteksi gangguan kelistrikan secara elektronik
 - c. Mengatur putaran mesin
 - d. Membersihkan terminal aki

Jawaban: b

3. Aki cepat lemah dapat disebabkan oleh...
 - a. Belt alternator kencang
 - b. Tegangan pengisian terlalu rendah
 - c. Regulator baru
 - d. Terminal aki bersih

Jawaban: b
4. Pemeriksaan pertama saat kendaraan sulit distarter adalah...
 - a. Membongkar alternator
 - b. Mengukur tegangan aki
 - c. Mengganti kabel positif
 - d. Menyetel karburator

Jawaban: b
5. Jika lampu aki tetap menyala setelah mesin hidup, berarti...
 - a. Sistem pengisian bermasalah
 - b. Aki dalam kondisi penuh
 - c. Lampu indikator rusak
 - d. Sekring putus

Jawaban: a
6. Brush alternator yang aus menyebabkan...
 - a. Tegangan pengisian tidak stabil
 - b. Aki cepat penuh
 - c. Mesin sulit dihidupkan
 - d. Belt cepat putus

Jawaban: a
7. Kerusakan pada regulator internal alternator menyebabkan...
 - a. Belt slip
 - b. Pengisian aki berlebihan atau kurang
 - c. Aki cepat bocor
 - d. Starter macet

Jawaban: b
8. Salah satu tanda alternator rusak adalah...
 - a. Lampu redup dan indikator aki menyala

- b. Mesin berasap
- c. Oli bocor
- d. Knalpot hitam

Jawaban: a

9. Dalam studi kasus bengkel, tegangan pengisian ideal adalah...

- a. 10 volt
- b. 12 volt
- c. 13,8–14,5 volt
- d. 15 volt

Jawaban: c

10. Perawatan aki tipe basah dilakukan dengan cara...

- a. Mengisi air aki sesuai batas
- b. Mengguncang aki
- c. Memanaskan aki
- d. Melepas terminal setiap hari

Jawaban: a

11. Komponen yang berfungsi menjaga tegangan stabil saat pengisian adalah...

- a. Alternator
- b. Regulator
- c. Sekring
- d. Solenoid

Jawaban: b

12. Terminal aki yang berkarat mengakibatkan...

- a. Arus listrik lancar
- b. Arus listrik terhambat
- c. Pengisian aki meningkat
- d. Belt alternator aus

Jawaban: b

13. Suara mendengung dari alternator menandakan...

- a. Bearing aus
- b. Belt longgar

c. Regulator bagus

d. Aki lemah

Jawaban: a

14. Jika aki sering tekor meskipun baru, maka kemungkinan...

a. Alternator tidak mengisi

b. Aki palsu

c. Belt baru

d. Regulator normal

Jawaban: a

15. Penggunaan aksesoris berlebihan dapat menyebabkan...

a. Alternator terbebani

b. Aki semakin awet

c. Belt lebih kuat

d. Regulator stabil

Jawaban: a

16. Salah satu gejala sistem stater rusak adalah...

a. Bunyi klik tanpa putaran mesin

b. Mesin tersendat

c. Lampu depan menyala terang

d. Pengapian normal

Jawaban: a

17. Pemeriksaan alternator dilakukan dengan...

a. Mengukur tegangan pengisian

b. Menguras aki

c. Menyetel kabel gas

d. Mengganti sekring

Jawaban: a

18. Fungsi utama belt alternator adalah...

a. Menghubungkan alternator dengan putaran mesin

b. Menyimpan energi listrik

c. Mengalirkan arus ke aki

d. Mengatur regulator

Jawaban: a

19. Komponen yang mendorong pinion agar mengait flywheel adalah...

- a. Brush
- b. Solenoid
- c. Rotor
- d. Bearing

Jawaban: b

20. Salah satu penyebab pengisian aki berlebih adalah...

- a. Regulator rusak
- b. Belt kendur
- c. Terminal aki kotor
- d. Aki baru

Jawaban: a

21. Pemeriksaan visual sistem pengisian mencakup...

- a. Belt, terminal aki, dan konektor
- b. Oli mesin
- c. Tekanan ban
- d. Pendingin radiator

Jawaban: a

22. Komponen utama penghasil arus listrik kendaraan adalah...

- a. Aki
- b. Alternator
- c. Stater
- d. Regulator

Jawaban: b

23. Jika tegangan pengisian terlalu tinggi, akibatnya...

- a. Aki cepat rusak
- b. Lampu lebih terang
- c. Mesin lebih kuat
- d. Belt cepat putus

Jawaban: a

24. Dalam kasus nyata, brush alternator aus dapat diperbaiki dengan...

- a. Mengganti brush baru
- b. Membersihkan dengan air
- c. Menyemprot pelumas
- d. Mengencangkan belt

Jawaban: a

25. Perawatan rutin sistem stater dan pengisian sebaiknya dilakukan...

- a. Setiap 1–3 bulan atau 3.000–5.000 km
- b. Setiap hari
- c. Setiap tahun
- d. Saat terjadi kerusakan

Jawaban: a

11.5 Daftar Rujukan

Daryanto. (2010). *Teknologi dan Reparasi Otomotif*. Bandung: Alfabeta.

Sutrisno, E. (2018). *Sistem Kelistrikan Otomotif*. Jakarta: Erlangga.

Toyota Training Center. (2016). *Electrical System Service Manual*. Toyota Astra Motor.

Honda Motor Co. (2019). *Service Manual Motorcycle Electrical System*. Honda Global.

Harinaldi. (2014). *Sistem Pengisian dan Stater Kendaraan Bermotor*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

BAB XII

INOVASI & TEKNOLOGI TERKINI

12.1 Teknologi Terbaru dari Pabrikan

Perkembangan teknologi otomotif terus mendorong pabrikan sepeda motor seperti Yamaha, Honda, Suzuki, dan Kawasaki untuk menyematkan inovasi terbaru pada sistem starter dan pengisian. Berikut beberapa teknologi yang menonjol:

a. Honda - ACG Starter (Alternating Current Generator Starter)

Honda memperkenalkan ACG Starter yang berfungsi ganda sebagai motor starter dan generator pengisian. Teknologi ini memungkinkan proses start mesin lebih halus dan senyap, karena tidak menggunakan gigi starter konvensional.

b. Yamaha - Smart Motor Generator

Yamaha mengadopsi sistem serupa yang disebut Smart Motor Generator, khususnya pada model-model skutik generasi baru. Sistem ini menyatukan generator dan motor starter dalam satu unit, mengurangi gesekan mekanis serta meningkatkan efisiensi daya.

c. Suzuki - Easy Start System

Suzuki menerapkan sistem Easy Start, cukup dengan satu kali sentuhan tombol starter tanpa perlu menekan terus-menerus. ECU akan mengatur durasi starter secara otomatis.

d. Kawasaki – Teknologi FI dan Battery Monitoring

Kawasaki mulai menyematkan sistem pengisian terintegrasi dengan monitoring baterai dan ECU, terutama di motor sport mereka yang berkapasitas besar. Hal ini memungkinkan deteksi dini masalah pada sistem pengisian.

12.2 Integrasi dengan Sensor dan ECU Modern

Pada motor-motor modern, sistem starter dan pengisian telah diintegrasikan dengan berbagai sensor serta Electronic Control Unit (ECU). ECU memantau berbagai parameter kendaraan, seperti:

- Tegangan baterai (Battery Voltage Sensor)
- Putaran mesin (RPM sensor)
- Sensor suhu mesin
- Sensor posisi crankshaft (CKP Sensor)
- Sensor throttle (TPS)

Integrasi ini memungkinkan:

- Deteksi kondisi baterai lemah dan peringatan dini.
- Penyesuaian waktu starter dan pengisian secara otomatis berdasarkan beban mesin.
- Pengaktifan sistem idle stop, yang secara otomatis mematikan dan menghidupkan mesin saat berhenti.

12.3 Tren Global: Elektrifikasi dan Hybrid

Tren global dalam industri sepeda motor mulai bergeser ke arah elektrifikasi dan sistem hybrid, yang membawa perubahan besar dalam sistem starter dan pengisian:

- a. Sepeda Motor Listrik (EV - Electric Vehicle)

Tidak menggunakan starter konvensional, tetapi controller yang mengatur arus langsung ke motor listrik.

Sistem pengisian dilakukan melalui charger eksternal, bukan dari alternator.

Regenerative braking juga berfungsi sebagai sistem pengisian baterai saat deselerasi.

b. Sepeda Motor Hybrid

Menggabungkan mesin bensin dengan motor listrik.

Menggunakan starter-generator sebagai penggerak awal mesin bensin dan sebagai pengisi daya baterai saat berjalan.

Sistem ini memerlukan kontrol ECU yang kompleks untuk sinkronisasi antara dua sumber tenaga.

Contoh pabrikan yang mengembangkan motor hybrid:

Honda PCX Hybrid

Yamaha E01 (prototipe EV)

Piaggio MP3 Hybrid

12.4 Soal Formatif 12

Petunjuk: Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Teknologi ACG Starter pada motor Honda berfungsi untuk...

- A. Menambah suara mesin saat start
- B. Mempercepat pemanasan mesin
- C. Menghidupkan dan mengisi baterai secara efisien
- D. Mematikan mesin secara otomatis

Jawaban: C

2. Sistem Smart Motor Generator pada Yamaha berfungsi untuk...

- A. Mengatur kecepatan motor
- B. Menyalakan lampu rem secara otomatis
- C. Membuat starter lebih halus dan senyap
- D. Menonaktifkan sensor suhu

Jawaban: C

3. Fungsi utama ECU dalam sistem starter modern adalah...

- A. Menyimpan bahan bakar
- B. Menyalakan lampu utama
- C. Mengatur proses starter dan pengisian
- D. Memutar kipas pendingin

Jawaban: C

4. Komponen sistem pengisian yang mengubah energi mekanik menjadi listrik adalah...

- A. Busi
- B. Injektor
- C. Alternator
- D. CDI

Jawaban: C

5. Sistem Easy Start dari Suzuki memungkinkan...

- A. Pemanasan mesin secara manual
- B. Starter dilakukan hanya dengan sekali sentuh
- C. Pengisian bahan bakar otomatis
- D. Penyalaan mesin melalui remote

Jawaban: B

6. Sensor CKP mendeteksi...

- A. Tekanan udara
- B. Posisi crankshaft
- C. Warna asap knalpot
- D. Suhu radiator

Jawaban: B

7. Sistem idle stop akan aktif ketika...

- A. Mesin dipacu kecepatan tinggi
- B. Motor dalam kondisi diam beberapa detik
- C. Mesin overheated
- D. Starter ditekan lama

Jawaban: B

8. Sistem starter-generator pada motor hybrid bekerja sebagai...
 - A. Pelumas mesin
 - B. Kompresor AC
 - C. Motor penggerak dan pengisi baterai
 - D. Penyaring bahan bakar

Jawaban: C

9. Apa fungsi regulator pada sistem pengisian?
 - A. Memanaskan bahan bakar
 - B. Menstabilkan dan mengatur arus ke aki
 - C. Menambah kecepatan motor
 - D. Menyalakan lampu sen

Jawaban: B

10. Salah satu kelebihan ACG Starter adalah...
 - A. Biaya produksi lebih tinggi
 - B. Suara starter lebih senyap
 - C. Tidak memerlukan aki
 - D. Memperbesar getaran mesin

Jawaban: B

11. Sistem starter konvensional biasanya menggunakan...
 - A. Motor listrik murni
 - B. Dinamo starter
 - C. Solar cell
 - D. Alternator pintar

Jawaban: B

12. Motor listrik tidak menggunakan...
 - A. Aki
 - B. Busi
 - C. Controller
 - D. Inverter

Jawaban: B

13. Regenerative braking berfungsi untuk...
 - A. Memanaskan baterai

- B. Mengisi daya baterai saat pengereman
- C. Menambah kecepatan saat turunan
- D. Mendinginkan motor listrik

Jawaban: B

14. Teknologi hybrid menggabungkan...

- A. Tenaga listrik dan tenaga surya
- B. Mesin bensin dan motor listrik
- C. Aki dan solar panel
- D. Motor listrik dan air radiator

Jawaban: B

15. Apa keunggulan motor listrik dibanding konvensional dalam hal sistem starter?

- A. Tidak perlu sistem starter terpisah
- B. Lebih sulit dihidupkan
- C. Waktu starter lebih lama
- D. Menggunakan busi ganda

Jawaban: A

16. Sensor TPS berfungsi untuk...

- A. Mengatur tekanan udara
- B. Mendeteksi posisi throttle
- C. Menghitung volume bahan bakar
- D. Menentukan arah kendaraan

Jawaban: B

17. ECU modern akan menghentikan starter jika...

- A. Tegangan aki rendah
- B. Mesin sudah hidup
- C. Pengendara memakai helm
- D. Temperatur mesin tinggi

Jawaban: B

18. Salah satu alasan penggunaan sensor pada sistem pengisian modern adalah...

- A. Mengurangi bobot kendaraan

- B. Meningkatkan beban mesin
- C. Efisiensi dan kontrol otomatis
- D. Mengurangi daya baterai

Jawaban: C

19. Keunggulan teknologi Smart Motor Generator adalah...

- A. Suara start lebih kasar
- B. Proses starter lebih halus
- C. Menggunakan gigi starter
- D. Memerlukan banyak perawatan

Jawaban: B

20. Fungsi utama alternator adalah...

- A. Menyimpan daya listrik
- B. Mengisi oli mesin
- C. Mengubah energi mekanik menjadi listrik
- D. Mengatur pembakaran bahan bakar

Jawaban: C

21. Komponen utama dalam sistem pengisian EV (motor listrik) adalah...

- A. Alternator dan aki
- B. Controller dan charger
- C. Busi dan radiator
- D. Karburator dan kipas

Jawaban: B

22. Sistem hybrid membutuhkan ECU untuk...

- A. Menyalakan lampu sein
- B. Sinkronisasi mesin bensin dan listrik
- C. Mengatur posisi gear
- D. Memompa bahan bakar

Jawaban: B

23. Motor listrik biasanya menggunakan daya dari...

- A. Alternator
- B. Genset
- C. Baterai/aki

D. Karburator

Jawaban: C

24. Salah satu ciri motor dengan idle stop system adalah...

- A. Mesin tetap menyala saat berhenti
- B. Mesin mati otomatis saat idle
- C. Starter harus ditekan lama
- D. Menggunakan busi ganda

Jawaban: B

25. Motor hybrid seperti Honda PCX Hybrid menggunakan sistem starter...

- A. Kick starter
- B. Dinamo konvensional
- C. Starter-generator terintegrasi
- D. Sistem pengapian manual

Jawaban: C

12.5 Daftar Rujukan

1. Astra Honda Motor. (2021). *Teknologi ACG Starter dan Idling Stop System pada Motor Honda*. Jakarta: PT AHM.
2. Yamaha Motor Indonesia. (2022). *Smart Motor Generator Technology Overview*. Diakses dari: <https://www.yamaha-motor.co.id>
3. Suzuki Indonesia. (2021). *Easy Start System pada Sepeda Motor Suzuki*. Diakses dari: <https://www.suzuki.co.id>
4. Daryanto, A. (2019). *Sistem Kelistrikan Otomotif Modern*. Bandung: Yrama Widya.
5. Pranoto, R. (2020). *Sistem Starter dan Pengisian Sepeda Motor*. Yogyakarta: Andi Offset.
6. Kawasaki Global. (2022). *Electric & Hybrid Motorcycle Development*. Diakses dari: <https://www.kawasaki.com>

BAB XIII

ANALISIS LINGKUNGAN & EFISIENSI ENERGI

13.1 Konsumsi bahan bakar/energi

Sistem starter dan sistem pengisian pada sepeda motor sebenarnya tidak secara langsung memengaruhi seberapa banyak bahan bakar yang digunakan mesin, tetapi keduanya tetap memiliki peran penting terhadap efisiensi energi secara keseluruhan. Keduanya bekerja dengan memanfaatkan energi listrik yang bersumber dari hasil pembakaran bahan bakar di mesin. Sistem starter berfungsi untuk menyalakan mesin dengan cara memutar poros engkol menggunakan tenaga listrik dari aki. Saat tombol starter ditekan, motor starter akan bekerja dan mengubah energi listrik menjadi energi gerak agar mesin bisa mulai berputar dan proses pembakaran dapat dimulai. Proses ini memang hanya berlangsung sebentar, tetapi memerlukan arus listrik yang cukup besar, biasanya antara 60 hingga 100 ampere tergantung tipe motor. Setelah mesin menyala, energi listrik yang sudah dipakai untuk menghidupkan mesin akan digantikan kembali oleh sistem pengisian.

Sistem pengisian sendiri bertugas menjaga agar suplai listrik di sepeda motor selalu cukup. Komponen utamanya adalah spul (alternator) dan regulator rectifier. Spul menghasilkan arus listrik ketika mesin berputar, lalu arus tersebut diatur oleh regulator agar tegangannya stabil dan sesuai untuk mengisi aki. Proses ini sebenarnya mengambil sedikit tenaga dari mesin, karena spul digerakkan oleh putaran magnet yang terhubung dengan poros engkol. Dengan kata lain, sebagian kecil tenaga hasil pembakaran bahan bakar digunakan untuk menghasilkan listrik. Semakin banyak beban kelistrikan yang digunakan—seperti lampu, klakson, atau sistem injeksi—semakin besar pula tenaga yang dibutuhkan mesin untuk memutar alternator. Walaupun efeknya tidak terlalu besar, sistem pengisian tetap menambah sedikit beban pada mesin. Dalam kondisi normal, pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar hanya sekitar satu hingga tiga persen dari

total tenaga mesin. Namun, jika sistem pengisian bermasalah—misalnya spul rusak atau regulator tidak bekerja dengan baik—pengisian daya menjadi tidak stabil, aki cepat lemah, dan sistem listrik bekerja lebih berat. Hal ini dapat membuat mesin bekerja lebih keras dan sedikit meningkatkan konsumsi bahan bakar.

Kondisi aki juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi energi. Aki yang sudah lemah akan memaksa sistem pengisian bekerja lebih keras untuk mengembalikan daya, sementara aki yang masih baik akan lebih cepat terisi dan membuat sistem bekerja lebih ringan. Karena itu, menjaga aki agar selalu dalam kondisi prima merupakan salah satu cara untuk menghemat energi dan bahan bakar. Beberapa motor keluaran terbaru sudah menggunakan teknologi starter-generator (SGCU), yaitu sistem yang menggabungkan fungsi starter dan pengisian dalam satu unit. Sistem ini jauh lebih efisien karena mampu menyalakan mesin dengan halus dan mengatur pengisian daya sesuai kebutuhan secara otomatis. Dengan teknologi ini, kerja mesin jadi lebih ringan dan konsumsi bahan bakar pun bisa lebih hemat.

Secara keseluruhan, sistem starter dan pengisian memang tidak secara langsung “membakar” bahan bakar, tetapi sangat berpengaruh pada bagaimana energi dari bahan bakar digunakan secara efisien. Jika kedua sistem ini dirawat dengan baik, arus listrik akan stabil, aki lebih awet, dan tidak ada energi yang terbuang sia-sia. Hasilnya, motor menjadi lebih irit, performa tetap prima, dan penggunaan bahan bakar pun lebih efisien.

13.2 Emisi gas buang & polusi

Sistem starter dan sistem pengisian pada sepeda motor sebenarnya tidak secara langsung menghasilkan gas buang atau polusi, karena keduanya bukan bagian dari proses pembakaran di mesin. Namun, kedua sistem ini tetap memiliki pengaruh tidak langsung terhadap tingkat emisi dan efisiensi penggunaan bahan bakar. Hal ini terjadi karena sistem starter dan pengisian bekerja dengan memanfaatkan energi listrik yang sumbernya berasal dari

hasil pembakaran bahan bakar di mesin. Jadi, semakin efisien kedua sistem ini bekerja, semakin ringan beban mesin, dan otomatis emisi gas buang yang dihasilkan juga akan lebih sedikit.

Pada sistem starter, energi listrik digunakan hanya dalam waktu singkat, yaitu saat mesin pertama kali dihidupkan. Namun, kalau sistem starter bermasalah—misalnya motor starter lemah, kabel longgar, atau aki sudah lemah—maka mesin akan sulit dinyalakan dan butuh beberapa kali percobaan. Kondisi ini membuat mesin bekerja lebih berat dan pembakaran bahan bakar tidak sempurna, sehingga muncul peningkatan emisi sementara seperti gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Sementara itu, sistem pengisian punya peran jangka panjang terhadap efisiensi mesin dan polusi. Spul dan regulator rectifier dalam sistem ini berfungsi menjaga agar tegangan listrik tetap stabil dan aki selalu terisi. Kalau salah satu dari komponen ini rusak, daya listrik yang dihasilkan menjadi tidak stabil, sehingga sistem pengapian motor tidak bekerja dengan baik. Akibatnya, pembakaran di ruang mesin menjadi tidak sempurna dan gas buang yang keluar lebih kotor karena banyak mengandung CO, HC, dan sisa bahan bakar yang tidak terbakar sempurna.

Sistem pengisian yang tidak efisien juga membuat mesin bekerja lebih berat karena alternator atau spul harus berputar lebih keras untuk menghasilkan listrik. Hal ini menambah beban pada mesin dan secara tidak langsung meningkatkan pemakaian bahan bakar, yang akhirnya berpengaruh pada naiknya jumlah gas buang. Untuk mengatasi hal ini, pabrikan sepeda motor kini banyak mengembangkan sistem starter dan pengisian yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu contohnya adalah teknologi Integrated Starter Generator (ISG), yaitu sistem yang menggabungkan fungsi starter dan alternator dalam satu unit. Sistem ini mampu menyalakan mesin dengan halus dan juga bisa mematikan mesin secara otomatis saat motor berhenti (fitur idling stop). Dengan begitu, bahan bakar tidak terbuang percuma saat motor diam, dan emisi gas buang pun bisa ditekan.

Selain itu, regulator rectifier pada motor modern kini dirancang lebih pintar karena dapat menyesuaikan pengisian daya sesuai kebutuhan aki. Dengan pengisian yang efisien, tidak ada energi yang terbuang, beban mesin berkurang, dan konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat. Hal ini otomatis membuat emisi gas seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), dan hidrokarbon (HC) yang dilepaskan ke udara menjadi lebih sedikit. singkat, walaupun sistem starter dan pengisian tidak secara langsung menghasilkan gas buang, keduanya tetap berpengaruh terhadap seberapa efisien mesin bekerja dan seberapa besar polusi yang dihasilkan. Jika kedua sistem ini dirawat dengan baik, motor akan bekerja dengan lebih ringan, pembakaran menjadi sempurna, konsumsi bahan bakar lebih hemat, dan udara yang dihasilkan dari sisa pembakaran juga lebih bersih. Merawat sistem kelistrikan dengan benar bukan hanya menjaga performa motor tetap prima, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran udara dan menjaga lingkungan tetap sehat.

13.3 Kontribusi teknologi ramah lingkungan

Saat ini, perkembangan sepeda motor tidak hanya berfokus pada tenaga dan kenyamanan, tetapi juga pada bagaimana kendaraan bisa lebih ramah terhadap lingkungan. Dua sistem penting yang ikut berperan dalam hal ini adalah sistem starter dan sistem pengisian. Kedua sistem ini kini banyak mengalami inovasi agar bisa bekerja lebih efisien, hemat energi, dan membantu mengurangi emisi gas buang dari proses pembakaran mesin. Pada sistem starter konvensional, motor starter menggunakan tenaga listrik dari aki untuk memutar mesin agar bisa hidup. Meskipun terlihat sederhana, sistem ini tetap membutuhkan energi dari bahan bakar yang dibakar di mesin. Karena itu, muncul teknologi baru bernama Integrated Starter Generator (ISG). Teknologi ini menggabungkan fungsi starter dan generator (spul) dalam satu komponen. Artinya, selain menyalakan mesin, ISG juga berfungsi untuk mengisi daya aki ketika mesin sudah hidup. Dengan sistem ini, proses menyalakan motor menjadi lebih halus, cepat, dan tidak banyak menguras energi seperti sistem lama.

Kelebihan utama dari teknologi ISG adalah kemampuannya mendukung fitur idling stop system, yaitu sistem yang secara otomatis mematikan mesin ketika motor berhenti sejenak — misalnya di lampu merah — dan langsung menyalakannya lagi ketika pengendara memutar gas. Dengan fitur ini, bahan bakar tidak terbuang percuma ketika motor tidak bergerak, sehingga konsumsi bahan bakar bisa lebih hemat dan emisi gas buang berkurang. Teknologi ini sudah banyak digunakan di motor keluaran baru, seperti Honda dan Yamaha, karena lebih ramah lingkungan dan sesuai dengan standar emisi modern seperti Euro 3, Euro 4, hingga Euro 5. Sementara itu, pada sistem pengisian, teknologi ramah lingkungan diterapkan lewat penggunaan regulator rectifier pintar, yang bisa menyesuaikan pengisian daya berdasarkan kondisi aki. Pada sistem lama, pengisian dilakukan terus-menerus walaupun aki sudah penuh, sehingga energi dari mesin terbuang sia-sia. Dengan teknologi baru, pengisian dilakukan hanya saat dibutuhkan. Begitu aki penuh, arus akan dikurangi atau dihentikan, membuat mesin bekerja lebih ringan dan konsumsi bahan bakar jadi lebih irit.

Selain itu, motor modern juga dilengkapi dengan sistem pengisian berdaya tinggi yang mampu menghasilkan listrik stabil meski mesin berputar pada kecepatan rendah. Dengan begitu, tidak perlu membebani mesin berlebihan, dan hasilnya adalah efisiensi bahan bakar yang lebih baik serta polusi yang lebih rendah. Inovasi lainnya ada pada jenis baterai yang digunakan. Motor sekarang banyak memakai aki tipe Maintenance Free (MF) atau bahkan aki lithium-ion. Kedua jenis aki ini lebih tahan lama, ringan, dan efisien dibanding aki biasa. Aki lithium-ion juga tidak menggunakan cairan asam, sehingga lebih aman dan ramah lingkungan. Selain itu, daya simpan dan kemampuan pengisian ulangnya lebih baik, yang berarti sistem starter dan pengisian bekerja lebih ringan dan stabil.

Secara keseluruhan, penerapan teknologi ramah lingkungan di sistem starter dan pengisian membawa banyak manfaat. Mesin jadi lebih ringan kerjanya, bahan bakar lebih hemat, dan emisi gas buang berkurang.

Teknologi seperti ISG, idling stop system, smart regulator, dan penggunaan aki lithium-ion adalah bukti nyata bahwa dunia otomotif terus berinovasi menuju kendaraan yang lebih efisien dan lebih bersih bagi lingkungan. Dengan perkembangan ini, sepeda motor tidak hanya menjadi alat transportasi yang praktis, tapi juga berperan penting dalam menjaga kebersihan udara dan mengurangi dampak pencemaran di masa depan.

13.4 Soal Formatif 13 (25 pilihan ganda)

1. Sistem starter pada sepeda motor menggunakan energi dari ...

- a. Bahan bakar
- b. Aki
- c. Oli mesin
- d. Pendingin mesin

Jawaban: b

2. Konsumsi bahan bakar akan meningkat jika sistem pengisian ...

- a. Bekerja dengan efisien
- b. Dalam kondisi baik
- c. Mengalami gangguan
- d. Menggunakan aki baru

Jawaban: c

3. Salah satu penyebab meningkatnya emisi gas buang adalah ...

- a. Pembakaran sempurna
- b. Mesin bekerja efisien
- c. Sistem starter macet
- d. Pengapian terlalu kuat

Jawaban: c

4. Teknologi *Idling Stop System* berfungsi untuk ...

- a. Menghemat bahan bakar
- b. Mempercepat starter
- c. Meningkatkan kecepatan mesin
- d. Mengurangi daya aki

Jawaban: a

5. Gas karbon monoksida (CO) dihasilkan dari ...

- a. Pembakaran sempurna
- b. Pembakaran tidak sempurna
- c. Reaksi kimia oli
- d. Pendinginan mesin

Jawaban: b

6. Sistem pengisian yang tidak stabil dapat menyebabkan ...

- a. Baterai cepat penuh
- b. Konsumsi bahan bakar berkurang
- c. Mesin bekerja lebih berat
- d. Emisi gas buang menurun

Jawaban: c

7. Salah satu komponen utama sistem pengisian adalah ...

- a. Motor starter
- b. Regulator rectifier
- c. Karburator
- d. Katup buang

Jawaban: b

8. Teknologi ramah lingkungan pada sistem starter dan pengisian bertujuan untuk ...

- a. Menambah berat kendaraan
- b. Menghemat energi dan mengurangi polusi
- c. Membuat mesin lebih cepat panas

d. Meningkatkan konsumsi bahan bakar

Jawaban: b

9. Emisi gas buang terutama terdiri dari ...

a. Oksigen, CO₂, CO, dan HC

b. Hanya air

c. Karbon padat

d. Uap bahan bakar murni

Jawaban: a

10. Sistem pengisian yang efisien membantu ...

a. Menghemat bahan bakar

b. Mempercepat pembakaran

c. Mengurangi kapasitas aki

d. Memperbanyak emisi

Jawaban: a

11. Aki tipe *Maintenance Free (MF)* disebut ramah lingkungan karena ...

a. Menggunakan cairan asam berlebih

b. Tidak perlu diganti

c. Tidak perlu ditambah air aki

d. Menghasilkan gas buang

Jawaban: c

12. Teknologi *Integrated Starter Generator (ISG)* menggabungkan fungsi

...

a. Starter dan pendingin

b. Starter dan pengisian

c. Starter dan pengapian

d. Starter dan karburator

Jawaban: b

13. Gas hidrokarbon (HC) berasal dari ...

- a. Oli mesin yang terbakar
- b. Bahan bakar yang belum terbakar sempurna
- c. Udara luar
- d. Proses pendinginan mesin

Jawaban: b

14. Aki lithium-ion lebih ramah lingkungan karena ...

- a. Mengandung cairan asam
- b. Beratnya lebih ringan dan bisa didaur ulang
- c. Mudah rusak
- d. Menghasilkan panas tinggi

Jawaban: b

15. Jika sistem pengisian bermasalah, maka dampak utamanya adalah ...

- a. Aki cepat penuh
- b. Mesin cepat panas
- c. Aki tidak terisi dan mesin sulit distarter
- d. Motor menjadi lebih irit

Jawaban: c

16. Salah satu cara menekan polusi dari sepeda motor adalah ...

- a. Menggunakan bahan bakar premium
- b. Melepas knalpot
- c. Menjaga sistem starter dan pengisian tetap baik
- d. Menghidupkan motor lama sebelum jalan

Jawaban: c

17. Emisi gas buang bisa meningkat jika ...

- a. Sistem pengisian efisien
- b. Mesin dalam kondisi optimal

- c. Aki rusak dan sistem pengapian lemah
- d. Menggunakan teknologi ISG

Jawaban: c

18. Sistem *Idling Stop* mengurangi emisi karena ...

- a. Mesin tetap hidup saat berhenti
- b. Mesin dimatikan saat tidak digunakan
- c. Mesin menambah putaran otomatis
- d. Aki tidak digunakan

Jawaban: b

19. Penggunaan *smart regulator* pada sistem pengisian berfungsi untuk ...

- a. Menambah beban mesin
- b. Menjaga pengisian aki agar efisien
- c. Meningkatkan putaran mesin
- d. Mengurangi tegangan aki

Jawaban: b

20. Teknologi sistem pengisian modern dapat menyesuaikan arus pengisian agar ...

- a. Mesin tetap panas
- b. Tidak boros energi
- c. Aki cepat habis
- d. Polusi meningkat

Jawaban: b

21. Jika pembakaran dalam mesin tidak sempurna, maka gas buang yang meningkat adalah ...

- a. CO₂
- b. O₂
- c. CO dan HC

d. H₂O

Jawaban: c

22. Penggunaan teknologi efisien pada sistem kelistrikan membantu ...

- a. Menghemat bahan bakar dan menurunkan emisi
- b. Membuat mesin boros
- c. Meningkatkan konsumsi bahan bakar
- d. Menghambat putaran mesin

Jawaban: a

23. Salah satu tujuan utama teknologi ramah lingkungan adalah ...

- a. Menurunkan performa motor
- b. Mengurangi dampak polusi udara
- c. Meningkatkan suara mesin
- d. Membuat motor boros bahan bakar

Jawaban: b

24. Aki yang terlalu sering kosong bisa menyebabkan ...

- a. Pembakaran lebih sempurna
- b. Mesin sulit distarter dan emisi meningkat
- c. Konsumsi bahan bakar menurun
- d. Mesin lebih ringan

Jawaban: b

25. Inovasi seperti ISG dan *smart charging system* dikembangkan agar ...

- a. Motor lebih berat
- b. Mesin lebih boros
- c. Motor lebih efisien dan ramah lingkungan
- d. Daya starter berkurang

Jawaban: c

13.5 Daftar Rujukan

- T. Permana, E. Daryanto, and O. Y. Hutajulu, “Analisis Kelistrikan Sistem Starter Tipe Konvensional Untuk Penggerak Mula Motor Bensin,” *J. Ins. Prof.*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.24114/jip.v2i3.42493.
- KEMENTERIAN LHK, “Baku Mutu Kendaraan Bermotor,” vol. 624, no. 624, pp. 1–14, 2023.
- RSNI3 2052:2024, “Rsni 3,” *Badan Stand. Nas.*, 2024.
- M. F. Rizki, “Identifikasi Sistem Starter Dan Pengisian Pada Motor Diesel Toyota 2L-T,” p. 16, 2021.
- L. Abia Theodorus Siboro, A. Hamid, and B. Rahmat, “Analisis Performa Mesin Sepeda Motor Dan Emisi Gas Buang Akibat Pemakaian Bahan Bakar Dengan Oktan Yang Berbeda,” *Zo. Mesin Progr. Stud. Tek. Mesin Univ. Batam*, vol. 15, no. 1, pp. 13–21, 2025, doi: 10.37776/zm.v15i1.1814.

BAB XIV

LATIHAN SOAL DAN DISKUSI

14.1 Soal SUMATIF pilihan ganda (25 soal)

1. Fungsi utama sistem starter pada sepeda motor adalah ...

- a. Mengatur arus pengisian aki
- b. Menyalakan mesin dengan tenaga listrik dari aki
- c. Menyimpan arus listrik ke aki
- d. Mengontrol pembakaran bahan bakar

Jawaban: b

2. Komponen utama yang berperan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik pada sistem starter adalah ...

- a. Regulator
- b. Motor starter
- c. Spul
- d. Relay

Jawaban: b

3. Aki berfungsi sebagai ...

- a. Pengubah energi panas menjadi energi listrik
- b. Penyimpan dan penyedia energi listrik
- c. Pengatur tegangan arus
- d. Sumber utama bahan bakar

Jawaban: b

4. Prinsip kerja sistem pengisian adalah mengubah ...

- a. Energi listrik menjadi panas
- b. Energi kimia menjadi mekanik
- c. Energi mekanik menjadi listrik
- d. Energi cahaya menjadi listrik

Jawaban: c

5. Regulator rectifier berfungsi untuk ...

- a. Menghidupkan motor starter
- b. Menstabilkan dan menyearahkan arus listrik

- c. Menyimpan energi listrik
- d. Mengontrol sistem pembakaran

Jawaban: b

6. Salah satu penyebab aki cepat habis adalah ...

- a. Sistem pengisian bekerja normal
- b. Regulator rusak
- c. Spul menghasilkan tegangan stabil
- d. Penggunaan lampu hemat energi

Jawaban: b

7. Sistem starter tipe *electric starter* dioperasikan dengan ...

- a. Pedal kaki
- b. Tombol starter
- c. Tarikan kabel gas
- d. Engkol manual

Jawaban: b

8. Pada sistem pengisian, komponen yang menghasilkan listrik adalah ...

- a. Spul
- b. CDI
- c. Relay
- d. Fuse

Jawaban: a

9. Tegangan pengisian aki yang ideal pada sepeda motor adalah sekitar ...

- a. 10–11 volt
- b. 11–12 volt
- c. 13,5–14,5 volt
- d. 15–17 volt

Jawaban: c

10. Teknologi *Integrated Starter Generator (ISG)* menggabungkan fungsi ...

- a. Starter dan karburator
- b. Starter dan generator
- c. Generator dan CDI

d. Starter dan sistem pendingin

Jawaban: b

11. Salah satu manfaat sistem *Idling Stop* adalah ...

- a. Membuat mesin boros bahan bakar
- b. Menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi
- c. Menambah beban aki
- d. Menambah tenaga mesin

Jawaban: b

12. Emisi gas buang meningkat jika ...

- a. Pembakaran sempurna
- b. Sistem pengisian efisien
- c. Aki lemah dan pengapian tidak stabil
- d. Sistem starter bekerja cepat

Jawaban: c

13. Gas karbon monoksida (CO) terbentuk akibat ...

- a. Pembakaran sempurna
- b. Pembakaran tidak sempurna
- c. Reaksi kimia pendingin
- d. Tegangan aki berlebih

Jawaban: b

14. Aki tipe *Maintenance Free (MF)* lebih ramah lingkungan karena ...

- a. Tidak perlu ditambah air aki
- b. Mudah bocor
- c. Mengandung cairan asam pekat
- d. Harus sering diservis

Jawaban: a

15. Konsumsi bahan bakar bisa meningkat jika ...

- a. Sistem pengisian efisien
- b. Spul atau regulator rusak
- c. Aki baru diganti

d. Starter bekerja normal

Jawaban: b

16. Fungsi relay starter adalah ...

- a. Menambah tenaga motor starter
- b. Menghubungkan arus besar tanpa membebani sakelar
- c. Mengatur sistem pendinginan
- d. Menstabilkan tegangan spul

Jawaban: b

17. Salah satu efek dari sistem pengisian yang rusak adalah ...

- a. Aki cepat penuh
- b. Aki tidak terisi dan mesin sulit distarter
- c. Lampu menjadi lebih terang
- d. Motor lebih irit

Jawaban: b

18. Teknologi *smart regulator* bekerja dengan cara ...

- a. Menghentikan pengisian aki saat aki penuh
- b. Menguras energi aki
- c. Menambah arus tanpa batas
- d. Menonaktifkan sistem starter

Jawaban: a

19. Komponen yang mengatur arus bolak-balik menjadi arus searah adalah ...

- a. Regulator
- b. Rectifier
- c. Fuse
- d. Relay

Jawaban: b

20. Standar tegangan aki motor dalam kondisi mati biasanya sekitar ...

- a. 12 volt
- b. 15 volt
- c. 10 volt

d. 18 volt

Jawaban: a

21. Salah satu tujuan perawatan sistem starter dan pengisian adalah ...

- a. Menambah emisi gas buang
- b. Menjaga kelistrikan tetap stabil
- c. Membuat mesin cepat panas
- d. Mengurangi umur aki

Jawaban: b

22. Teknologi ramah lingkungan berfokus pada ...

- a. Meningkatkan konsumsi bahan bakar
- b. Mengurangi dampak polusi udara
- c. Membuat motor lebih berat
- d. Memperbanyak gas buang

Jawaban: b

23. Jika sistem starter sering gagal menghidupkan mesin, kemungkinan besar ...

- a. Regulator rectifier rusak
- b. Aki lemah atau motor starter bermasalah
- c. CDI normal
- d. Spul terlalu kuat

Jawaban: b

24. Teknologi *charging efficiency system* berguna untuk ...

- a. Meningkatkan efisiensi pengisian daya
- b. Menambah beban mesin
- c. Mengurangi daya lampu
- d. Menguras aki

Jawaban: a

25. Hubungan antara sistem pengisian dan emisi gas buang adalah ...

- a. Tidak ada kaitan sama sekali
- b. Sistem pengisian yang baik membantu pembakaran lebih efisien sehingga emisi berkurang
- c. Sistem pengisian membuat bahan bakar boros

d. Sistem pengisian hanya mempengaruhi lampu

Jawaban: b

14.2 Soal Essay Analysis

1. Jelaskan hubungan antara sistem starter dan sistem pengisian dalam mendukung kinerja kelistrikan sepeda motor secara keseluruhan!
2. Analisis bagaimana sistem pengisian yang tidak efisien dapat memengaruhi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang sepeda motor!
3. Dalam konteks regulasi lingkungan, bagaimana standar emisi (misalnya Euro 3–Euro 5) memengaruhi desain sistem starter dan pengisian pada motor modern?
4. Bandingkan sistem starter konvensional dengan sistem *Integrated Starter Generator (ISG)* dari segi efisiensi energi dan dampak terhadap lingkungan!
5. Jelaskan dampak yang mungkin timbul apabila perawatan sistem starter dan pengisian diabaikan dalam jangka panjang!
6. Analisis bagaimana teknologi *smart regulator rectifier* dapat mendukung efisiensi energi dan memperpanjang umur aki pada sepeda motor!
7. Bagaimana kontribusi inovasi seperti fitur *idling stop system* terhadap pengurangan polusi udara di perkotaan yang padat lalu lintas?
8. Dalam praktik industri otomotif, mengapa pabrikan harus mematuhi standar SNI atau JIS dalam sistem kelistrikan sepeda motor? Jelaskan dampaknya bagi keamanan dan keandalan kendaraan!
9. Sebutkan dan jelaskan keterkaitan antara kondisi aki, efisiensi sistem pengisian, dan performa pembakaran mesin pada sepeda motor!
10. Berdasarkan tren teknologi masa kini, bagaimana sistem starter dan pengisian dikembangkan untuk mendukung kendaraan hybrid dan listrik masa depan?

Jawaban Soal

1. Sistem starter berfungsi menghidupkan mesin menggunakan daya dari aki, sedangkan sistem pengisian bertugas mengembalikan energi listrik yang terpakai selama proses starter. Keduanya saling mendukung agar suplai listrik pada sepeda

motor tetap stabil, sehingga semua komponen kelistrikan seperti lampu dan sistem pengapian dapat berfungsi normal.

2. Sistem pengisian yang tidak efisien membuat aki cepat lemah, sehingga sistem pengapian bekerja tidak stabil dan pembakaran menjadi tidak sempurna.

Akibatnya, mesin memerlukan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan tenaga yang sama, dan emisi gas buang seperti CO serta HC meningkat.

3. Standar emisi seperti Euro 3 hingga Euro 5 menuntut efisiensi pembakaran yang tinggi dan konsumsi bahan bakar yang rendah. Karena itu, sistem starter dan pengisian dirancang lebih efisien, ringan, dan hemat energi agar beban mesin berkurang serta emisi dapat ditekan.

4. Sistem konvensional menggunakan motor starter dan alternator terpisah, sedangkan sistem ISG menggabungkannya menjadi satu unit. ISG lebih efisien karena mengurangi kehilangan energi dan mendukung fitur *idling stop*, sehingga konsumsi bahan bakar lebih rendah dan emisi lebih sedikit.

5. Jika sistem starter dan pengisian tidak dirawat, aki cepat soak, motor sulit distarter, lampu redup, dan pengapian tidak stabil. Dalam jangka panjang, hal ini dapat memperpendek umur komponen kelistrikan dan meningkatkan risiko kerusakan mesin.

6. *Smart regulator rectifier* bekerja dengan menyesuaikan arus pengisian sesuai kondisi aki. Ketika aki sudah penuh, arus dikurangi sehingga tidak ada energi yang terbuang. Hal ini menjaga suhu aki tetap stabil, memperpanjang masa pakainya, dan mengurangi beban mesin.

7. Fitur *idling stop* secara otomatis mematikan mesin saat kendaraan berhenti, sehingga bahan bakar tidak terbuang sia-sia dan emisi gas buang berkurang. Fitur ini efektif di kota besar dengan lalu lintas padat karena mengurangi polusi udara dari kendaraan yang berhenti lama di lampu merah.

8. Kepatuhan terhadap standar SNI atau JIS memastikan komponen kelistrikan memenuhi spesifikasi keamanan dan kualitas tertentu. Hal ini mencegah risiko korsleting, overvoltage, dan kegagalan sistem yang dapat membahayakan pengguna serta menjaga keandalan produk di pasaran.

9. Aki yang sehat memastikan suplai listrik stabil ke sistem pengapian. Jika aki lemah dan sistem pengisian tidak efisien, tegangan menjadi turun, pembakaran di ruang bakar tidak sempurna, dan performa mesin menurun. Ketiga hal ini saling berkaitan erat dalam menjaga efisiensi motor.

10. Pada kendaraan hybrid dan listrik, sistem starter dan pengisian dikembangkan menjadi satu kesatuan berbasis motor listrik dan baterai berkapasitas besar. Teknologi seperti *regenerative braking* digunakan untuk mengisi ulang energi secara otomatis, menjadikan sistem lebih efisien dan bebas emisi.

14.3 Diskusi Kelompok

Sistem Starter dan Pengisian Sepeda Motor

Kasus 1:

Motor sulit distarter meskipun aki masih bagus, hanya terdengar bunyi “klik”.

Pertanyaan:

- Apa penyebab masalah tersebut?
- Bagaimana cara memperbaikinya?

Kasus 2:

Lampu motor redup dan aki cepat habis meskipun baru diganti.

Pertanyaan:

- Apa hubungan antara regulator rectifier dan sistem pengisian?
- Apa dampaknya jika sistem pengisian rusak?

Kasus 3:

Motor menghasilkan emisi gas buang yang tinggi.

Pertanyaan:

- Bagaimana sistem pengisian bisa mempengaruhi emisi gas buang?
- Solusi apa yang bisa dilakukan untuk menguranginya?

Kasus 4:

Motor dengan fitur *Idling Stop System (ISS)* digunakan di lalu lintas padat.

Pertanyaan:

- Apa manfaat fitur ini bagi lingkungan?
- Apa kendala teknis yang mungkin muncul?

Kasus 5:

Motor modern menggunakan aki lithium-ion.

Pertanyaan:

- Apa keunggulan aki lithium-ion dibanding aki biasa?
- Bagaimana sistem pengisian menyesuaikan dengan jenis aki ini?

14.5 Daftar Rujukan

[T. Permana, E. Daryanto, and O. Y. Hutajulu, “Analisis Kelistrikan Sistem Starter Tipe Konvensional Untuk Penggerak Mula Motor Bensin,” *J. Ins. Prof.*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.24114/jip.v2i3.42493.

KEMENTERIAN LHK, “Baku Mutu Kendaraan Bermotor,” vol. 624, no. 624, pp. 1–14, 2023.

RSNI3 2052:2024, “Rsni 3,” *Badan Stand. Nas.*, 2024.

M. F. Rizki, “Identifikasi Sistem Starter Dan Pengisian Pada Motor Diesel Toyota 2L-T,” p. 16, 2021.

L. Abia Theodorus Siboro, A. Hamid, and B. Rahmat, “Analisis Performa Mesin Sepeda Motor Dan Emisi Gas Buang Akibat Pemakaian Bahan Bakar Dengan Oktan Yang Berbeda,” *Zo. Mesin Progr. Stud. Tek. Mesin Univ. Batam*, vol. 15, no. 1, pp. 13–21, 2025, doi: 10.37776/zm.v15i1.1814.

BAB XV

RANGKUMAN & EVALUASI KOMPETENSI

15.1 Ringkasan poin penting

1. Sistem Starter

Sistem starter berfungsi menghidupkan mesin dengan tenaga listrik yang berasal dari aki. Saat tombol starter ditekan, listrik dari aki mengalir ke relay dan diteruskan ke motor starter. Motor starter inilah yang mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanik untuk memutar poros engkol mesin hingga motor menyala. Setelah mesin hidup, sistem starter berhenti bekerja.

Agar sistem ini tetap berfungsi baik, perlu dilakukan pengecekan rutin pada kondisi aki, terminal kabel, dan sikat karbon di dalam motor starter. Jika salah satu komponen bermasalah — misalnya aki lemah atau sambungan kabel longgar — motor bisa menjadi sulit dinyalakan.

2. Sistem Pengisian

Sistem pengisian berfungsi mengganti energi listrik yang sudah terpakai saat motor dinyalakan dan memasok daya ke semua komponen listrik saat mesin hidup. Komponen utama sistem ini adalah spul (stator), magnet (rotor), regulator rectifier, dan aki.

Cara kerjanya cukup sederhana: putaran mesin menghasilkan energi mekanik yang kemudian diubah oleh spul menjadi energi listrik. Listrik ini disalurkan ke regulator rectifier untuk diubah menjadi arus searah (DC) dan disesuaikan tegangannya agar aman bagi aki. Tegangan pengisian yang ideal biasanya berada di kisaran 13,5 hingga 14,5 volt.

Kalau sistem pengisian tidak bekerja dengan baik, aki tidak akan terisi penuh dan suplai listrik ke motor menjadi tidak stabil. Akibatnya, lampu

bisa redup, starter lemah, dan bahan bakar bisa jadi lebih boros karena mesin harus bekerja lebih keras.

3. Konsumsi Energi dan Emisi

Kinerja sistem starter dan pengisian ternyata juga berpengaruh pada efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang. Sistem pengisian yang tidak efisien dapat membuat pembakaran di mesin tidak sempurna. Hal ini menyebabkan munculnya gas buang seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dalam jumlah lebih banyak. Sebaliknya, jika sistem kelistrikan bekerja optimal, mesin lebih hemat bahan bakar dan emisi yang dikeluarkan pun lebih rendah.

4. Teknologi Ramah Lingkungan

Saat ini banyak sepeda motor yang sudah dibekali teknologi kelistrikan yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Contohnya:

- Integrated Starter Generator (ISG), yaitu sistem yang menggabungkan starter dan generator dalam satu unit sehingga proses menyalakan mesin lebih halus dan hemat energi.
- Idling Stop System (ISS), fitur yang membuat mesin mati otomatis saat berhenti sejenak, misalnya di lampu merah, untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi polusi.
- Smart Regulator Rectifier, alat yang mengatur arus pengisian aki agar tidak berlebihan, sehingga energi tidak terbuang dan umur aki lebih panjang.
- Aki Lithium-ion, jenis aki modern yang lebih ringan, awet, cepat mengisi, dan tidak menggunakan cairan asam berbahaya, sehingga lebih aman bagi lingkungan.

5. Perawatan dan Jadwal Servis

Agar sistem starter dan pengisian tetap dalam kondisi baik, perawatan rutin sangat penting dilakukan. Pemeriksaan biasanya dilakukan

setiap 3.000–5.000 kilometer, sedangkan servis besar dilakukan setiap 10.000–12.000 kilometer. Pemeriksaan meliputi tegangan aki, kondisi terminal, kabel, relay, motor starter, spul, dan regulator. Dengan perawatan teratur, aki jadi lebih awet, motor mudah dinyalakan, dan sistem listrik tetap stabil.

6. Regulasi dan Standar Industri

Sistem kelistrikan sepeda motor juga harus mengikuti standar keamanan seperti SNI atau JIS, serta standar emisi Euro 3 sampai Euro 5. Tujuannya adalah agar motor aman digunakan, efisien dalam penggunaan energi, dan ramah terhadap lingkungan. Standar ini juga menjadi acuan bagi pabrikan untuk menjaga kualitas dan keselamatan produk mereka.

15.2 Evaluasi capaian mahasiswa

1. Aspek Pengetahuan (Cognitive)

Mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan fungsi dan prinsip kerja sistem starter dan sistem pengisian.
- Mengidentifikasi komponen utama beserta fungsinya pada kedua sistem tersebut.
- Memahami hubungan antara sistem starter, sistem pengisian, dan sistem kelistrikan secara keseluruhan.
- Menjelaskan pengaruh sistem pengisian terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.
- Mengetahui penerapan teknologi ramah lingkungan seperti *Integrated Starter Generator (ISG)*, *Idling Stop System (ISS)*, *smart regulator*, dan aki lithium-ion.

Indikator capaian:

Mahasiswa mampu menjawab soal teori, menjelaskan proses kerja sistem, serta menerapkan konsep efisiensi energi dalam analisis teknis.

2. Aspek Keterampilan (Psychomotor)

Mahasiswa diharapkan dapat:

- Melakukan pemeriksaan dan pengukuran tegangan aki menggunakan multimeter.
- Mengecek dan menganalisis kondisi motor starter, relay, spul, dan regulator rectifier.
- Melakukan perawatan sistem kelistrikan secara benar sesuai prosedur pabrikan.
- Mengidentifikasi dan memperbaiki gangguan ringan pada sistem starter dan pengisian.
- Menunjukkan kemampuan problem solving terhadap kasus sistem kelistrikan yang tidak berfungsi normal.

Indikator capaian:

Mahasiswa mampu melakukan diagnosis sederhana, menentukan penyebab gangguan, dan memberi solusi teknis yang tepat.

3. Aspek Sikap (Affective)

Mahasiswa diharapkan menunjukkan:

- Disiplin dan tanggung jawab dalam melakukan pemeriksaan serta perawatan sistem kelistrikan.
- Sikap teliti dan berhati-hati saat bekerja dengan peralatan listrik.
- Kepedulian terhadap penerapan teknologi hemat energi dan ramah lingkungan.
- Kemampuan bekerja sama dalam tim saat melakukan diskusi dan praktik bengkel.

Indikator capaian:

Mahasiswa aktif dalam diskusi kelompok, mematuhi prosedur keselamatan kerja, dan menunjukkan kesadaran terhadap pentingnya efisiensi energi serta pengurangan polusi.

4. Penilaian Akhir

Penilaian dilakukan melalui kombinasi antara:

- Tes Tertulis (30%) → Mengukur pemahaman konsep dan teori.
- Praktik Lapangan (40%) → Menilai kemampuan analisis dan keterampilan teknis.
- Diskusi dan Problem Solving (20%) → Menguji kemampuan berpikir kritis dan kerja sama.
- Sikap dan Etika Kerja (10%) → Menilai kedisiplinan, ketelitian, dan tanggung jawab.

15.3. Refleksi pembelajaran

Melalui pembelajaran tentang sistem starter dan sistem pengisian sepeda motor, mahasiswa memahami pentingnya peran kelistrikan dalam mendukung kinerja kendaraan. Mahasiswa belajar bagaimana kedua sistem ini saling berkaitan, cara kerja dan perawatannya, serta pengaruhnya terhadap efisiensi energi dan emisi gas buang. Selain kemampuan teknis, pembelajaran ini juga menumbuhkan kesadaran akan pentingnya teknologi ramah lingkungan dan tanggung jawab dalam menjaga performa kendaraan secara berkelanjutan.