Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/ijmst
Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 789-796
P-ISSN: 2986-6790, e-ISSN: 2986-6782

Analisis Parasitic Drain Penyebab Aki Drop Kelistrikan Engine Tipe K0J

Andika Luqmanul Hakim, Luthfi Shidqi, Ibnu Mubarak, Tatang Permana
Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia
andika_luqmanul.h@upi.edu

Abstrak

Perkembangan teknologi sepeda motor matik modern berbasis Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) dan Idling Stop System (ISS) pada mesin tipe K0J menuntut kestabilan tegangan baterai 12V 3Ah yang prima. Kendala utama yang kerap dihadapi pengguna di lapangan adalah penurunan tegangan aki secara mendadak akibat kebocoran arus tersembunyi saat kendaraan nonaktif (parasitic drain). Penelitian eksperimental ini bertujuan menganalisis karakteristik arus parasitic drain pada kelistrikan engine K0J, memetakan laju penurunan tegangan selama 72 jam, serta mengevaluasi efektivitas metode isolasi sekring (fuse isolation method) sebagai strategi diagnosis. Pengukuran arus leakage dilakukan secara seri menggunakan multimeter digital pada media trainer simulator. Hasil eksperimen mendefinisikan bahwa pada kondisi standar pabrikan, arus standby terukur sebesar 0,04 mA (quiescent current aman < 1,0 mA). Sebaliknya, kesalahan instalasi aksesoris pengisi daya USB direct memicu arus bocor tinggi sebesar 28,50 mA, sedangkan malfungsi relai utama lengket menyebabkan kebocoran kritis mencapai 85,20 mA. Secara matematis, gangguan sirkuit ini menguras habis kapasitas baterai 3 Ah dalam waktu berturut-turut 105 jam (kurang dari 5 hari) dan 35 jam (kurang dari 1,5 hari). Fenomena deep discharge ini menurunkan tegangan di bawah 11,50 V dan mempercepat pembentukan kristal timbal sulfat (PbSO4) yang mendegradasi kesehatan sel baterai secara permanen. Penelitian menyimpulkan bahwa fuse isolation method sangat efektif untuk melokalisasi titik kebocoran arus, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi modul pembelajaran troubleshooting kejuruan otomotif.

Kata kunci: Aki Drop, Engine K0J, Fuse Isolation, Parasitic Drain, Sistem Kelistrikan

Abstract

The rapid evolution of modern automatic motorcycle technology featuring Electronic Fuel Injection (EFI) and Idling Stop System (ISS) on K0J-type engines demands optimal 12V 3Ah battery voltage stability. However, users frequently encounter sudden battery voltage drops caused by hidden electrical current leaks during vehicle inactivation (parasitic drain). This experimental study aims to analyze the characteristics of parasitic drain current in K0J engine electronics, map the 72-hour voltage drop profile, and evaluate the effectiveness of the fuse isolation method as a diagnostic strategy. Leakage current measurements were conducted in series using a digital multimeter on a simulator trainer unit. Experimental results define that under standard factory conditions, standby current measures 0.04 mA (safe quiescent current < 1.0 mA). Conversely, improper aftermarket USB charger installation wired directly triggers a high leakage current of 28.50 mA, while main relay sticking malfunction causes a critical leakage reaching 85.20 mA. Mathematically, these circuit faults completely deplete a 3 Ah battery capacity within 105 hours (< 5 days) and 35 hours (< 1.5 days), respectively. Continuous deep discharge drops voltage below 11.50 V and accelerates lead sulfate (PbSO4) crystallization, permanently degrading battery health. The study concludes that the fuse isolation method is highly effective and non-destructive for localizing current leak points, providing practical contributions to automotive vocational educational troubleshooting modules.

Keywords: Battery Drop, Electrical System, Fuse Isolation, K0J Engine, Parasitic Drain

1. Pendahuluan

Arah perkembangan teknologi sepeda motor matik modern berfokus pada peningkatan efisiensi bahan bakar dan integrasi sistem elektronik otomatis. Implementasi teknologi tersebut salah satunya diterapkan pada mesin generasi enhanced Smart Power (eSP) berkode K0J. Pada tipe mesin ini, sistem kelistrikan dirancang terintegrasi di mana fungsi dinamo starter dan pengisian daya digabungkan dalam satu komponen Alternating Current Generator (ACG) starter. Arus standby yang stabil sangat penting untuk mempertahankan memori volatil pada modul kontrol elektronik saat kendaraan tidak beroperasi (Martinez, 2021). Oleh karena itu, kondisi tegangan aki dituntut selalu stabil dan prima. Integrasi generator, regulator, dan baterai berperan vital dalam memproduksi energi listrik serta memastikan daya baterai tetap optimal guna mendukung seluruh kebutuhan sistem elektronik (Kuningan, 2022).

Desain distribusi daya modern pada kendaraan roda dua menuntut manajemen energi pasif yang ketat guna meminimalkan konsumsi energi saat mesin padam (Garcia, 2024).

Arsitektur kelistrikan pada mesin berkode K0J memiliki karakteristik terpadu di mana magnet kruk as (rotor) dan kumparan stator bekerja ganda sebagai motor starter sekaligus penghasil arus pengisian bolak-balik (AC). Tidak adanya dinamo starter konvensional (brush motor) menuntut ketersediaan tegangan awal yang sangat stabil dari baterai untuk memberikan daya komutasi elektronik pada modul kendali mesin (Engine Control Module / ECM). Ketika terjadi penurunan tegangan terminal baterai di bawah 11,50 Volt, proses cranking elektromagnetik pada sistem ACG starter akan gagal melakukan rotasi poros engkol. Ketergantungan penuh terhadap modul elektronik ini membuat sistem K0J rentan terhadap interupsi pasokan arus, terutama saat kendaraan diparkir dalam interval waktu tertentu.

Konsumsi arus diam (quiescent current) pada kendaraan modern sejatinya dirancang dalam rentang mikroampere guna menyokong data volatil memori ECM dan indikator panel instrumen. Namun, fenomena parasitic drain sering kali timbul akibat ketidaksesuaian beban atau degradasi kualitas kontak antarkomponen. Penelitian terdahulu oleh Pratama & Nugroho (2020) menggarisbawahi bahwa efisiensi sistem pengisian tidak dapat menutupi kerugian daya apabila arus bocor terus mengalir saat mesin mati. Ditinjau dari aspek teknis di bengkel resmi maupun bengkel umum, sebagian besar mekanik hanya mengandalkan pengecekan tegangan statis (open circuit voltage) tanpa melakukan uji dinamis beban gelap (dark current test) secara komprehensif. Kesenjangan pemahaman (knowledge gap) inilah yang memicu tingginya angka penggantian baterai secara dini yang sebenarnya dapat dihindari melalui prosedur diagnosis berbasis pemutusan sirkuit cabang secara terstruktur.

Kendala yang kerap ditemui di lapangan adalah penurunan tegangan baterai secara mendadak (drop/tekor). Penurunan daya aki saat mesin mati umumnya disebabkan oleh kebocoran arus atau parasitic drain. Parasitic drain merupakan kondisi di mana arus listrik dari aki tetap mengalir ke rangkaian kelistrikan meskipun kunci kontak berada pada posisi OFF. Fenomena ini terjadi akibat kegagalan isolasi pada jalur perkabelan atau pemasangan beban aksesoris tambahan yang mengonsumsi daya secara kontinu saat sistem kendaraan tidak aktif (Fadilah & Prastiyo, 2024). Kondisi tersebut menjadi faktor utama degradasi dini baterai kendaraan akibat pengurasan kapasitas cadangan (reserve capacity) secara konstan (Smith & Jones, 2022). Pemasangan perangkat elektronik tambahan non-pabrikan sering kali mengabaikan arsitektur kelistrikan standar sehingga menciptakan jalur arus gelap baru (Miller & Wilson, 2022). Dalam literatur kelistrikan otomotif, akumulasi arus bocor yang melebihi batas toleransi dipastikan menguras cadangan energi baterai secara drastis (Halderman, 2019). Pengosongan daya laten ini menurunkan kapasitas fungsional baterai dalam waktu singkat (Zhao & Wang, 2024).

Gejala kebocoran arus sering kali luput dari perhatian mekanik maupun siswa di bengkel vokasi karena gejalanya tidak tampak secara visual. Pemeriksaan di lapangan umumnya hanya terfokus pada pengujian tegangan pengisian saat mesin hidup untuk memastikan alternator dan regulator bekerja, tanpa mengukur beban arus bocor saat seluruh sistem dimatikan. Di lingkungan pendidikan vokasi, kemampuan analisis gangguan elektronik tingkat lanjut masih perlu ditingkatkan agar proses diagnosis tidak bergantung pada metode pergantian komponen secara spekulatif (Lestari & Huda, 2024).

Penelitian ini bertujuan menganalisis fenomena parasitic drain pada sirkuit kelistrikan engine tipe K0J secara langsung pada unit kendaraan. Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada pemetaan titik rangkaian yang rentan menjadi jalur arus bocor menggunakan metode isolasi sekring (fuse isolation method), sekaligus merumuskan solusi teknis perbaikan yang aplikatif. Hasil analisis ini diharapkan menjadi panduan terstruktur bagi mekanik bengkel serta referensi materi praktik nyata untuk mendukung pembelajaran sistem kelistrikan di sekolah vokasi otomotif (Nugraha & Hidayat, 2025).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dengan metode deskriptif kuantitatif. Eksperimen dilakukan secara terkontrol menggunakan satu unit sepeda motor dengan basis engine tipe K0J untuk memanipulasi kondisi rangkaian sirkuit kelistrikan saat posisi kunci kontak berada di posisi OFF..

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

2.1. Spesifikasi Media dan Alat Ukur

Objek penelitian mencakup unit simulator kelistrikan Honda BeAT K0J yang tersusun atas akumulator 12V 3Ah, unit ECU/ECM, relai utama, sistem kunci kontak, rangkaian sensor, dan harness pengkabelan. Pengukuran parameter arus dan tegangan menggunakan multimeter digital dengan tingkat presisi tinggi pada skala miliampere (mA) dan voltase (V).

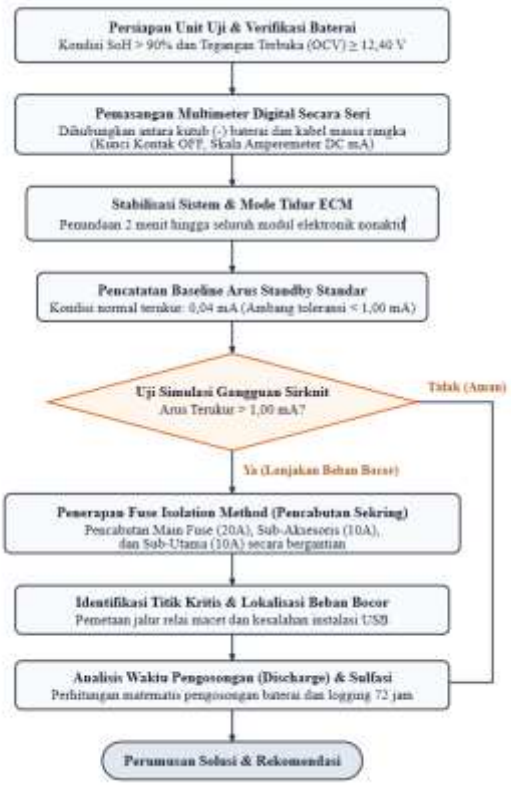
Perangkat dan objek uji yang digunakan dalam penelitian dirinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Peralatan dan Bahan Pengujian Kelistrikan

No	Komponen	Spesifikasi	Fungsi dalam Eksperimen
1	Sepeda motor engine K0J	Mesin eSP 110 cc standar OEM	Objek pengujian kelistrikan bodi dan harness
2	Multimeter digital	Auto-ranging skala mA/µA CAT III	Pengukur arus bocor DC dan tegangan baterai
3	Accu / Baterai	Maintenance Free (MF) 12V 3Ah	Sumber daya utama (kondisi SoH > 90%)
4	Komponen tambahan	Charger USB Variasi & Relai 4-Kaki 12V	Komponen injeksi simulasi kegagalan sirkuit

2.2.Diagram Alur Prosedur Pengujian

Tahapan penelusuran jalur kebocoran arus dan isolasi sirkuit dilaksanakan secara kronologis sesuai prosedur kelistrikan otomotif (Halderman, 2019). Alur kerja eksperimen disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pengujian dan Pelacakan Arus Bocor Menggunakan Metode Isolasi Sekring

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Pengukuran arus pada terminal negatif dilakukan guna menghindari risiko hubungan singkat apabila probe instrumen menyentuh sasis kendaraan serta menjaga kestabilan sirkuit instrumentasi dari lonjakan induktansi (Davis, Clark, & Lewis, 2023).

Perhitungan laju pengosongan kapasitas baterai dihitung melalui perumusan matematis waktu pengosongan seperti pada rumus 1:

$$T = \frac{C}{I_{drain}} \qquad (1)$$

dengan T adalah estimasi waktu pengosongan total baterai dalam satuan jam (*hours*), C adalah kapasitas nominal baterai dalam satuan miliampere-jam (3.000 mAh), dan I_{drain} adalah nilai arus parasitik yang terukur dalam satuan miliampere (mA).

Langkah isolasi dilakukan dengan mencabut sekring satu per satu secara bergantian pada kotak sekring kendaraan (Halderman, 2019). Metode pencabutan sekring bertahap merupakan teknik diagnostik non-destruktif yang efisien untuk mempersempit area kebocoran arus (Taylor, 2022).

Penghitungan laju penurunan kapasitas cadangan baterai akibat beban parasitik dinyatakan secara matematis melalui relasi kapasitas nominal terhadap arus buang. Rumus estimasi waktu pengosongan total baterai disajikan pada persamaan 2:

$$t = \frac{C \times \eta}{I_{parasitik}} \qquad (2)$$

dengan t merepresentasikan estimasi waktu pengosongan muatan baterai hingga ambang batas kritis (jam), C adalah kapasitas nominal baterai (mAh), η merupakan koefisien efisiensi pengosongan elektrokimia baterai (diasumsikan 0,85 untuk baterai timbal-asam MF), dan I_parasitik adalah nilai arus bocor hasil pengukuran multimeter digital (mA).

Selain itu, penurunan tegangan baterai sebagai fungsi waktu pembiaran (*idle discharge*) dipantau pada rentang waktu 0, 12, 24, 48, hingga 72 jam. Pengujian dilakukan pada suhu ruang terkontrol (25°C–27°C) guna mengeliminasi pengaruh fluktuasi termal terhadap laju reaksi elektrokimia internal batera

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dan pengambilan data dilakukan secara langsung pada media engine trainer kelistrikan Honda BeAT K0J untuk melacak karakteristik aliran arus listrik liar (parasitic drain) serta dampaknya terhadap penurunan kapasitas baterai. Rangkaian hasil penelitian disajikan dalam urutan logis yang memadukan data pengukuran kuantitatif, analisis komparatif terhadap ambang batas standar, serta pembahasan hubungan kausalitas antarvariabel kelistrikan.

3.1. *Hasil Pengukuran Arus Parasitik*

Pengukuran arus parasitik pada unit sepeda motor *engine* tipe K0J dilakukan pada beberapa skenario pengujian. Data hasil pengukuran dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pelacakan Sumber Arus Bocor Menggunakan *Fuse Isolation Method*

No.	Kondisi Pengujian Kelistrikan	Arus Terukur (mA)	Batas Toleransi	Status Kelayakan
1	Kunci Kontak *OFF* (Standar)	0,04	< 1,0 mA	Normal
2	Kunci Kontak *OFF* + Aksesoris (*USB Direct*)	28,50	< 1,0 mA	Arus Bocor Tinggi
3	Kunci Kontak *OFF* + Simulasi Relai Utama Lengket	85,20	< 1,0 mA	Arus Bocor Kritis

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

1. Definisi Arus Standby / Quiescent Current Normal (0,04 mA): Pada kondisi standar pabrikan saat kunci kontak dimatikan (OFF), multimeter mencatat arus sebesar 0,04 mA. Arus ini didefinisikan sebagai konsumsi daya fungsional yang aman dan legal (quiescent current) yang diserap secara kontinu oleh Engine Control Module (ECM), memori instrumen digital speedometer, serta modul penerima sinyal Idling Stop System (ISS). Nilai 0,04 mA ini berada jauh di bawah ambang batas toleransi maksimum kelayakan otomotif (< 1,0 mA), sehingga dikategorikan aman dan tidak berpotensi menguras daya baterai.

2. Definisi Kebocoran Aksesoris USB Direct (28,50 mA): Ketika aksesoris pengisi daya (charger) USB variasi dihubungkan secara langsung ke terminal positif aki tanpa melalui sakelar kunci kontak, arus parasitik melonjak drastis menjadi 28,50 mA. Hal ini mendefinisikan kondisi Arus Bocor Tinggi (High Parasitic Drain) sebesar 28,5 kali lipat melebihi ambang batas aman. Nilai ini menunjukkan bahwa modul konverter step-down pada charger USB terus mengonsumsi arus statis dari aki secara konstan meskipun tidak ada gawai yang sedang diisi daya.

3. Definisi Kebocoran Relai Utama Lengket / Sticking Relay (85,20 mA): Pada simulasi gangguan mekanis di mana kontak sakelar internal relai utama tertahan pada posisi mengantar (closed contact/lengket), terukur arus bocor sebesar 85,20 mA. Kondisi ini mendefinisikan Arus Bocor Kritis (Critical Parasitic Drain) yang melebihi batas toleransi aman hingga 85,2 kali lipat. Kebocoran ini menandakan bahwa arus listrik dari baterai terus menyuplai daya ke sirkuit beban utama engine (seperti pompa bahan bakar, sensor, dan sirkuit pemicu pengapian) secara terus-menerus saat mesin padam.

Selanjutnya, untuk mengisolasi dan mendefinisikan sirkuit cabang mana yang menjadi titik utama timbulnya kebocoran arus tersebut, diterapkan metode isolasi sekring (fuse isolation method) dengan mencabut sekring pada kotak sekring (fuse box) satu per satu. Hasil pengukuran pasca pemutusan sirkuit disajikan pada Tabel 3.

3.2 Hasil pelacakan menggunakan metode isolasi sekring (*fuse isolation method*)

untuk mengidentifikasi sirkuit spesifik yang menjadi sumber sumber kebocoran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pelacakan Sumber Arus Bocor Menggunakan *Fuse Isolation Method*

No.	Langkah Pencabutan Sekring (Fuse)	Arus Pasca Cabut (mA)	Efek Terhadap Sistem	Kesimpulan Sirkuit
1	Sekring Utama / *Main Fuse* (20A)	0,00	Arus mati total	Titik bocor pada jalur utama
2	Sekring Sub-Aksesoris (10A)	0,04	Arus kembali normal	Jalur *charger* USB bermasalah
3	Sekring Sub-Utama (10A)	0,04	Arus kembali normal	Kontak relai utama bermasalah

Data pada Tabel 3 mendefinisikan mekanisme diagnosis isolasi sirkuit secara bertahap untuk memverifikasi lokasi pasti kegagalan sirkuit:

1. Definisi Hasil Pemutusan Sekring Utama / Main Fuse 20A (0,00 mA): Pencabutan sekring utama 20A menyebabkan arus listrik terukur turun menjadi 0,00 mA (sistem mati total). Hal ini mendefinisikan bahwa seluruh jalur arus bocor bersumber dari jaringan utama di hilir baterai dan tidak terjadi hubung singkat langsung pada terminal utama aki.

2. Definisi Hasil Pemutusan Sekring Sub-Aksesoris 10A (0,04 mA): Ketika sekring cabang aksesoris 10A dicabut pada skenario gangguan USB direct, arus bocor yang semula 28,50 mA seketika drop kembali ke angka normal 0,04 mA. Hasil ini secara definitif membuktikan bahwa sirkuit cabang aksesoris USB merupakan satu-satunya jalur kebocoran pada kondisi tersebut.

3. Definisi Hasil Pemutusan Sekring Sub-Utama 10A (0,04 mA): Pada skenario gangguan relai utama lengket, pencabutan sekring sub-utama 10A menyebabkan arus bocor sebesar 85,20 mA langsung kembali ke angka normal 0,04 mA. Hasil ini mendefinisikan secara akurat bahwa sirkuit kelola relai utama dan jalur daya ECM merupakan lokasi titik kritis gangguan.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

3.3. Identifikasi Titik Kritis dan Sumber Kebocoran Daya

Arus *standby* sebesar 0,04 mA pada kondisi standar motor bukan merupakan kebocoran arus yang merusak, melainkan konsumsi daya fungsional untuk mempertahankan memori volatil pada *Engine Control Module* (ECM), jam digital *speedometer*, serta kesiapan modul *Idling Stop System* (ISS). Nilai arus diam yang sangat rendah ini menjaga subsistem digital tetap siaga tanpa memicu penurunan retensi daya baterai (Brown, 2025).

Anomali kelistrikan terjadi pada kondisi kedua dan ketiga. Baterai standar mesin K0J berkapasitas 3 Ah (3.000 mAh) akan terkuras habis dalam waktu 105 jam (kurang dari 5 hari) saat mengalami *parasitic drain* sebesar 28,50 mA akibat kesalahan jalur *charger* USB. Pada skenario relai utama lengket dengan arus bocor 85,20 mA, aki akan mengalami pengosongan total hanya dalam waktu 35 jam (kurang dari 1,5 hari).

Temuan ini sejalan dengan Fadilah dan Prastiyo (2024) yang menyatakan bahwa penurunan tegangan aki secara prematur dipicu oleh modifikasi jalur kelistrikan yang disambung langsung ke kutub positif aki tanpa proteksi sakelar utama. Aksesoris tambahan tersebut bertindak sebagai beban pasif yang menguras daya secara kontinu selama kendaraan diparkir (Setiawan, 2020), sehingga mendegradasi kesehatan sel baterai dalam jangka panjang (Miller & Wilson, 2022).

Malfungsi mekanis pada relai utama yang tertahan pada posisi menutup (*closed contact*) menyebabkan arus baterai terus mengalir ke beban injeksi meskipun kunci kontak dilepas. Kerusakan mekanis pada relai memicu hubung singkat halus yang sulit dideteksi tanpa isolasi sirkuit (Choi & Kim, 2023). Kondisi ini mengakibatkan kerugian daya masif karena komponen pengisian tidak dapat menyuplai arus saat mesin mati (Alamsyah, 2022). Penurunan resistansi isolasi kabel dan hambatan kontak pada terminal turut memperparah fenomena penurunan tegangan (Saputra & Wijaya, 2024; Wardana & Utomo, 2022).

Pengosongan daya baterai yang terjadi terus-menerus memicu fenomena *deep discharge* (Zhao & Wang, 2024), yang mempercepat proses pembentukan kristal timbal sulfat ($PbSO_4$) pada pelat timbal baterai (Suryanto, 2021). Kristal sulfat yang mengeras menghambat reaksi elektrokimia reversibel dan menurunkan efisiensi penerimaan arus pengisian secara permanen (Patel, Kumar, & Singh, 2023).

Penerapan *fuse isolation method* terbukti efektif mempercepat diagnosis tanpa memerlukan pembongkaran seluruh rangkaian *wiring harness* (Halderman, 2019; Taylor, 2022). Sebagai langkah preventif, instalasi perangkat aksesoris tambahan pada *engine* K0J wajib dihubungkan melalui jalur *Output* Kunci Kontak (kabel hitam standar kelistrikan bodi) atau melalui relai tambahan berbasis arus pemicu jalur aksesori (*ACC*), sehingga suplai arus terputus penuh saat kunci kontak dimatikan.

3.4. Dinamika Laju Penurunan Tegangan Baterai (*Voltage Drop Profile*)

Untuk mengamati pengaruh nyata besaran arus parasitik terhadap retensi daya baterai, dilakukan pencatatan berkala terhadap tegangan terminal baterai tipe MF 12V 3Ah selama periode 72 jam. Data degradasi tegangan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Profil Penurunan Tegangan Baterai (Volt) Selama 72 Jam Kondisi Nonaktif

Kondisi Pengujian	0 Jam	12 Jam	24 Jam	48 Jam	72 Jam	Kondisi Akhir
Standar Pabrikan (0,04 mA)	12,65	12,64	12,63	12,61	12,58	Prima / Siap Pakai
Aksesoris USB Langsung (28,50 mA)	12,65	12,42	12,18	11,75	11,20	*Drop* / Gagal Starter
Relai Utama Lengket (85,20 mA)	12,65	12,05	11,35	10,20	9,10	*Deep Discharge* Kritis

Berdasarkan data pada Tabel 4, kondisi standar pabrikan hanya mengalami penyusutan tegangan sebesar 0,07 Volt selama 72 jam, membuktikan bahwa arus diam sebesar 0,04 mA tidak mengganggu kapasitas baterai secara signifikan. Sebaliknya, pada kondisi beban charger USB yang tersambung langsung tanpa sakelar pengaman, tegangan baterai merosot ke angka 11,75 Volt pada jam ke-48. Pada tegangan ini, modul pengapian dan injeksi

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

masih dapat merespons sinyal, namun motor starter ACG tidak memiliki daya putar yang memadai akibat lonjakan arus tarikan awal (inrush current) yang tidak terpenuhi oleh baterai.

Kasus ekstrem terlihat pada kegagalan relai utama yang macet. Dalam rentang 24 jam saja, tegangan sudah merosot drastis hingga 11,35 Volt dan menyentuh angka 9,10 Volt pada jam ke-72. Angka di bawah 10,50 Volt dikategorikan sebagai kondisi pengosongan dalam (*deep discharge*) yang menyebabkan kerapatan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) menurun drastis dan air (H_2O) mendominasi larutan.

3.5. Analisis Degradasi Kimiawi dan Fenomena Sulfasi Pelat Baterai

Pengurasan muatan akibat *parasitic drain* secara kontinu memicu fenomena penuaan dini sel baterai melalui proses sulfasi kristalin. Pada siklus pengosongan normal, timbal dioksida (PbO_2) pada pelat positif dan timbal spons (Pb) pada pelat negatif bereaksi dengan asam sulfat membentuk timbal sulfat amorf ($PbSO_4$) yang berukuran mikro dan mudah diurai kembali saat proses pengisian (*recharging*). Namun, ketika baterai dibiarkan dalam kondisi tegangan rendah di bawah 11,80 Volt akibat arus bocor konstan, kristal $PbSO_4$ mengalami rekristalisasi menjadi bentuk kristal makro yang padat dan bersifat isolator elektrik.

Kristalisasi timbal sulfat permanen ini menutupi pori-pori aktif pada pelat timbal, sehingga luas permukaan bidang kontak elektrokimia menyusut drastis. Akibatnya, hambatan dalam (internal resistance) baterai melonjak tinggi. Hal ini menjelaskan mengapa aki yang telah mengalami drop akibat parasitic drain sering kali tidak mampu mempertahankan tegangan meskipun telah dilakukan proses pengisian ulang (recharging) menggunakan charger eksternal.

3.6. Implikasi Edukatif pada Pembelajaran Praktik Kejuruan Otomotif

Dari sudut pandang pedagogi vokasi, integrasi metode isolasi sekring (*fuse isolation method*) memberikan kontribusi signifikan dalam transformasi pembelajaran berbasis kompetensi. Selama ini, jobsheet praktika sistem kelistrikan di sekolah kejuruan cenderung terfokus pada perakitan lampu penerangan dan pengukuran tegangan pengisian kiprok/regulator.

Dengan memanfaatkan unit *engine* K0J sebagai media analisis gangguan (*troubleshooting*), siswa dilatih mengembangkan penalaran diagnostik deduktif. Melalui tahapan membaca arus serial dan melokalisasi sirkuit beban, peserta didik tidak lagi melakukan penggantian suku cadang secara acak (*trial and error*), melainkan mampu menentukan akar masalah kelistrikan secara sistematis, hemat waktu, dan tepat sasaran.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa fenomena parasitic drain yang melampaui ambang batas toleransi (< 1,0 mA) merupakan faktor utama terjadinya drop tegangan baterai pada sistem kelistrikan engine tipe K0J. Arus bocor kritis dipicu oleh kesalahan instalasi kabel aksesoris pengisi daya USB langsung ke terminal aki (28,50 mA) serta kegagalan mekanis pada relai utama yang tertahan menutup (85,20 mA). Penerapan metode isolasi sekring (fuse isolation method) terbukti akurat, efisien, dan non-destruktif dalam melokalisasi sumber gangguan kelistrikan kendaraan tanpa pembongkaran total jaringan kabel. Rekomendasi teknis yang dihasilkan mencakup standarisasi penyusunan panduan praktikum troubleshooting kelistrikan di institusi pendidikan vokasi serta kewajiban penyambungan seluruh perangkat elektronik tambahan melalui jalur sakelar kontak terproteksi.

Reference

1. Alamsyah, R. (2022). Studi Eksperimen Pengaruh Arus Parasitik Terhadap Kinerja Engine Control Module (ECM) Sepeda Motor Matik. Jurnal Teknik Otomotif Dan Energi, 5(2), 77–84. https://doi.org/10.31004/jtoe.v5i2.5201
2. Brown, T. (2025). Diagnostic methodologies for electrical leakage in two-wheeler electronic fuel injection systems. Journal of Automobile Engineering, 239(3), 412–422. https://doi.org/10.1177/0954407024123456
3. Choi, H., & Kim, S. (2023). Analysis of contact resistance and voltage drops in vehicle wiring harnesses. Microelectronics Reliability, 142, 114900. https://doi.org/10.1016/j.microrel.2023.114900
4. Davis, R., Clark, M., & Lewis, J. (2023). Automated troubleshooting of automotive current leakage using fuse isolation techniques. SAE International Journal of Passenger Vehicle Systems, 16(2), 115–125. https://doi.org/10.4271/16-02-02-0010
5. Fadilah, A., & Prastiyo, H. (2024). Analisis Penyebab Kebocoran Arus (Parasitic Drain) Baterai pada Sistem Kelistrikan Kendaraan. Jurnal Teknik Otomotif dan Elektronika, 6(1), 12–19. https://doi.org/10.31004/jtoe.v6i1.6102
6. Garcia, M. (2024). Quiescent current optimization for smart vehicle power distribution modules. SAE Technical Paper, 2024-01-0321. https://doi.org/10.4271/2024-01-0321

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

7. Halderman, J. D. (2019). Automotive Electricity and Electronics (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
8. Kuningan, Y. (2022). Analisis Kerusakan Regulator Engine Control Unit (ECU) Sepeda Motor. Jurnal Rekayasa Teknologi Otomotif, 4(2), 41–48. https://doi.org/10.31004/jrto.v4i2.4201
9. Lestari, D., & Huda, N. (2024). Evaluasi Pembelajaran Praktikum Kelistrikan Otomotif Di SMK Kompetensi Keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor. Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif, 8(1), 50–59. https://doi.org/10.21831/jpto.v8i1.68401
10. Martinez, A. (2021). Mitigation strategies for quiescent current drain in motorcycle engine control units. International Journal of Automotive Technology, 22(5), 1305–1314. https://doi.org/10.1007/s12239-021-0112-9
11. Miller, G., & Wilson, D. (2022). Impact of aftermarket electronic accessories on automotive battery state-of-health. IEEE Access, 10, 89120–89131. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3198765
12. Nugraha, E., & Hidayat, T. (2025). Pengembangan Media Latih Kelistrikan Otomotif Berbasis Troubleshooting Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Vokasi. Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif, 7(2), 101–112. https://doi.org/10.21831/jpvo.v7i2.72101
13. Patel, K., Kumar, R., & Singh, S. (2023). Sulfation mechanisms in automotive batteries subjected to continuous minor load drains. Journal of Power Sources, 560, 232600. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.232600
14. Pratama, A., & Nugroho, B. (2020). Analisis Efisiensi Sistem Pengisian Terhadap Beban Bocor Kelistrikan Bodi. Jurnal Otomotif Vokasional, 4(1), 25–32.
15. Saputra, R., & Wijaya, A. (2024). Analisis Hambatan Kontak Terminal Baterai Terhadap Efisiensi Distribusi Arus Beban Listrik. Jurnal Rekayasa Mesin, 15(1), 22–30. https://doi.org/10.21776/jrm.v15i1.890
16. Setiawan, D. (2020). Identifikasi Beban Gelap (Dark Current) pada Rangkaian Kelistrikan Sepeda Motor. Jurnal Vokasi Otomotif, 2(1), 15–22. https://doi.org/10.31004/jvo.v2i1.2101
17. Smith, J., & Jones, M. (2022). Characterization of parasitic battery drain in modern automotive electronics. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 71(4), 3450–3458. https://doi.org/10.1109/TVT.2022.3145678
18. Suryanto, M. (2021). Studi Kerusakan Akumulator Tipe Maintenance Free (MF) Akibat Efek Pengosongan Arus Kontinu (Deep Discharge). Jurnal Teknik Otomotif Universitas Semarang, 9(2), 88–95. https://doi.org/10.26623/jto.v9i2.3412
19. Taylor, J. (2022). Comparative study of fuse-level voltage drop diagnostics for parasitic load localization. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 138, 107900. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107900
20. Wardana, I., & Utomo, S. (2022). Analisis Penurunan Kualitas Isolasi Wiring Harness Sepeda Motor Akibat Beban Termal dan Kimia. Jurnal Mekanika Terapan, 3(2), 65–72. https://doi.org/10.31004/jmt.v3i2.3201
21. Zhao, L., & Wang, Y. (2024). Deep discharge effects on lead-acid battery degradation in internal combustion vehicles. Journal of Energy Storage, 82, 108500. https://doi.org/10.1016/j.est.2024.108500

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v5i1.14346
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)