

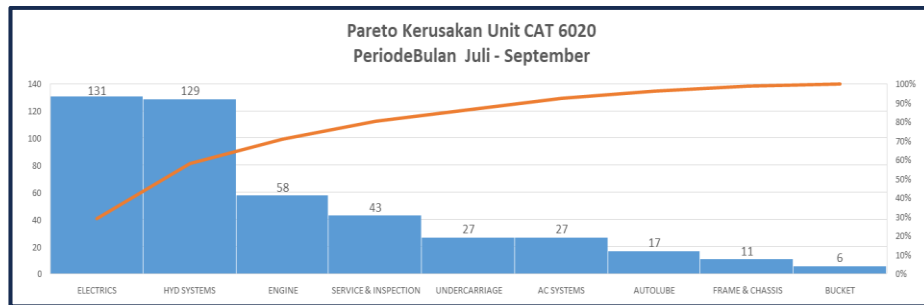
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang pertambangan batubara (Sukamto et al., 2023). Batubara merupakan salah satu hasil bahan galian bumi yang menjadi bahan utama hilirisasi dalam *Grand Strategy* energi nasional (Ghony et al., 2023). Dalam dunia pertambangan, alat berat berperan penting dalam menunjang kelancaran operasional. Alat berat sudah bukan hal yang asing lagi untuk didengar dan dilihat. Alat-alat ini digunakan untuk menunjang proses pertambangan mulai dari pembukaan tambang, pembuatan jalan, penggalian serta pengangkutan bahan tambang menuju ke proses berikutnya. Alat berat merupakan suatu mesin atau peralatan mekanis yang didesain untuk melakukan fungsi konstruksi meliputi *attachment* penggunaannya, baik yang bergerak dengan otomatis (*self-propelled*) atau manual dengan tenaga tarik (*towed type*) serta yang menetap (*stationer*) (Aldyansyah et al., 2023).

Salah satunya adalah unit *excavator* yang digunakan secara intensif untuk berbagai pekerjaan yang memerlukan tenaga besar. Di PT BUMA *Site Adaro Kalimantan Selatan*, unit *excavator* CAT 6020 menjadi peran penting untuk produktifitas pertambangan. Unit ini sangat bergantung pada unit kontrol elektronik (ECU). ECU adalah otak yang mengelola data dari berbagai sensor untuk mengontrol fungsi mesin dan hidrolik. *Excavator* CAT 6020 juga menggunakan sistem hidrolik dengan manajemen pompa elektronik, sehingga kinerja pompa sangat bergantung pada pembacaan sensor yang akurat serta kondisi *wiring harness* dan sambungan konektor antar *wiring harness* terhubung dengan baik.



Gambar 1.1 Pareto kerusakan unit CAT 6020
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Observasi awal penulis dari Gambar 1.1 menunjukkan tingginya kerusakan sistem elektrikal unit *excavator* CAT 6020. Masalah ini menghambat pencapaian target produksi dan menimbulkan kerugian finansial bagi perusahaan. Tanpa identifikasi penyebab akar masalah yang jelas dan solusi yang tepat, kerusakan ini akan terus terjadi dan berdampak negatif pada kinerja operasional. Oleh karena itu, analisis mendalam mengenai pola, penyebab, dan dampak kerusakan berulang pada sistem elektrikal unit *excavator* CAT 6020 menjadi sangat penting. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman komprehensif mengenai permasalahan yang ada, serta merumuskan rekomendasi praktis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keandalan sistem elektrikal, mengurangi *downtime*, dan pada akhirnya meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional di PT BUMA Site Adaro.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam proposal tugas akhir ini sebagai berikut :

- a. Apa penyebab kerusakan sistem elektrikal terhadap unit *excavator* CAT 6020?
- b. Bagaimana melakukan pencegahan terhadap kerusakan sistem elektrikal unit *excavator* CAT 6020?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah dalam penelitian ini dilakukan pada unit *excavator* CAT 6020 yang ada di *site* Buma Adaro Tutupan Kalimantan Selatan. Kerusakan yang terjadi berdasarkan histori *breakdown* antara lain: *unit can't start, unit low power* yang diakibatkan dari kesalahan *electrical system, error can bus*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui penyebab kerusakan sistem elektrikal pada unit *excavator* CAT 6020.
- b. Menghasilkan rekomendasi konkret untuk perbaikan kerusakan sistem elektrikal unit *excavator* CAT 6020 dan strategi pencegahan agar kerusakan berulang tidak terjadi lagi.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang akan didapatkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Manfaat Bagi Mahasiswa
 1. Mempunyai kesempatan untuk menerapkan pengetahuan teoritis yang telah diterima di bangku kuliah ke dalam permasalahan praktis di dunia industri.
 2. Melatih kemampuan dalam melakukan analisis masalah, pengumpulan data, interpretasi hasil, dan perumusan solusi secara sistematis.
 3. Meningkatkan kompetensi spesifik di bidang sistem elektrikal alat berat *maintenance engineering*.

b. Manfaat Bagi Perusahaan

1. Dengan hasil analisis yang tepat, Perusahaan dapat mengambil Tindakan korektif dan preventif untuk meningkatkan keandalan dan ketersediaan operasional unit *excavator* CAT 6020.
2. Temuan dari penelitian dapat digunakan menjadi standar operasional prosedur untuk perawatan, *troubleshooting*, dan perbaikan sistem elektrikal, sehingga lebih efektif dan efisien.

c. Manfaat Bagi Politeknik Negeri Balikpapan

1. Penelitian ini menyajikan studi kasus nyata mengenai masalah teknis di industri pertambangan, yang dapat memperkaya literatur dan referensi di bidang Teknik Mesin, khususnya terkait sistem elektrikal alat berat.
2. Hasil penelitian memberikan data empiris mengenai jenis dan pola kerusakan pada alat berat spesifik, yang dapat menjadi landasan bagi penelitian-penelitian selanjutnya di bidang perawatan dan keandalan mesin.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian Nurjanah dengan judul Analisis Penentuan Komponen Kritis *Small Excavator* Menggunakan Metode FMEA dan Diagram Pareto berdasarkan hasil pembahasan dari analisis FMEA dan diagram pareto dapat disimpulkan bahwa sistem kerja *excavator* terbagi menjadi 6 sub-sistem yakni yakni sub-sistem elektrik, kendali, hidrolik, *engine*, *lower structure*, dan *upper structure* (Nurjanah et al., 2024).

Berdasarkan penelitian Rustanto dalam ketersediaan fisik dan waktu rata-rata antara kegagalan unit komatsu PC2000-8 pada PT United Tractors, dapat diketahui beberapa masalah utama yang menyebabkan ketersediaan fisik dan waktu rata-rata antara kegagalan *excavator* Komatsu PC2000-8 tidak mencapai target, antara lain *wiring harness* unit *intermittent* (Rustanto et al., 2023).

Berdasarkan penelitian Ahmad Sanusi, implementasi teknologi *Electronic Control Unit* (ECU) dalam kendaraan bermotor terbukti meningkatkan kinerja mesin, pengoptimalan bahan bakar, dan mengurangi emisi gas buang, sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Sebagian besar responden survei memiliki pandangan positif terhadap ECU, meskipun tantangan seperti biaya perawatan tinggi dan kebutuhan akan peningkatan pemahaman teknis masih menjadi perhatian. Wawancara dengan pakar otomotif juga menyoroti peran ECU sebagai komponen utama yang mengintegrasikan fungsi kendaraan, memberikan efisiensi optimal melalui pengelolaan pembakaran dan pengendalian sistem keselamatan. Seiring dengan perkembangan teknologi, integrasi ECU dengan *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) di masa depan diproyeksikan akan menciptakan kendaraan yang lebih canggih, efisien, dan ramah

lingkungan, sehingga menjadikannya komponen kunci dalam inovasi otomotif modern (Sanusi et al., 2025).

2.2 Pengenalan Unit *Excavator* CAT 6020

Excavator CAT 6020 pada Gambar 2.1 merupakan alat berat jenis *hydraulic mining shovel* (HMS) yang dirancang untuk pekerjaan tambang berskala besar, seperti penggalian *overburden* dan pemuatan material ke *dump truck* besar (misalnya CAT 777 atau CAT 785). Daya, kapasitas, dan sistem hidroliknya memungkinkan produktifitas tinggi dengan efisiensi bahan bakar yang baik.



Gambar 2.1 Unit *Excavator* CAT 6020
Sumber: https://www.cat.com/id_ID/products

Dengan Spesifikasi umum sebagai berikut:

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| a. <i>Output Engine</i> – SAEJ1995 | 1040 hp |
| b. Muatan <i>Bucket</i> | 23.8 ton |
| c. Bobot kerja | 253.8 ton |
| d. Kapasitas <i>Bucket</i> standar | 15.7 yd ³ |

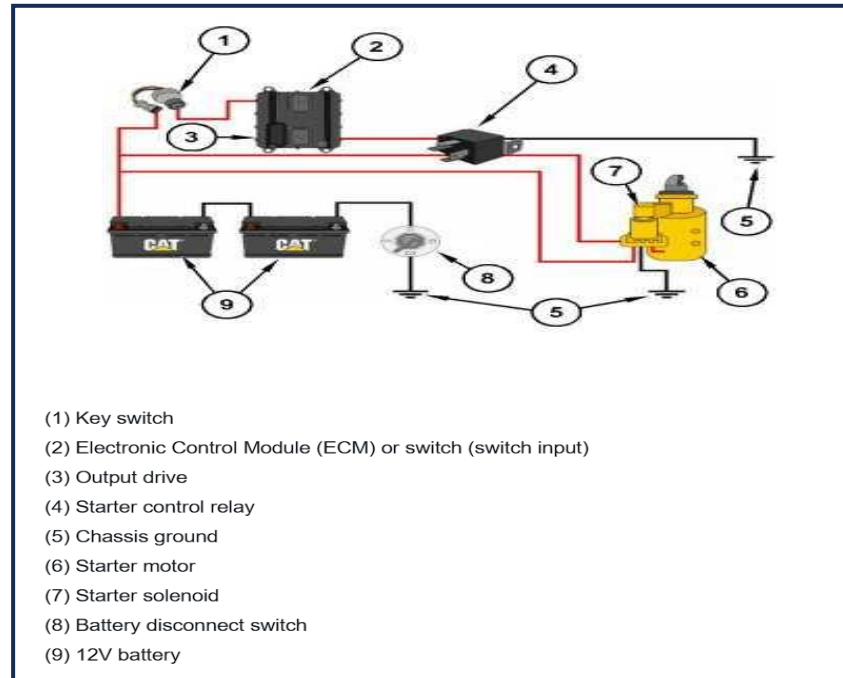
2.3 Sistem Kelistrikan Pada Unit CAT 6020

Sistem kelistrikan pada alat berat *excavator* adalah sistem vital yang berfungsi untuk menghidupkan mesin, mengontrol sistem kerja, memberikan penerangan, dan mendukung sistem hidrolik serta elektronik modern. Sistem ini bekerja dengan prinsip dasar yang sama seperti kendaraan bermotor, tetapi didesain lebih kuat, tahan getaran, dan berdaya besar karena kebutuhan operasional yang ekstrem. Adapun komponen utama sistem kelistrikan yaitu: baterai, *alternator*, *starting motor*, *voltage regulator*, *switch* dan *relay*, *fuse / circuit breaker*, *wiring harness*, *sensor* dan *actuator*, *controller / ECU*.

Berikut sistem-sistem elektrikal yang utama:

2.3.1 Starting System

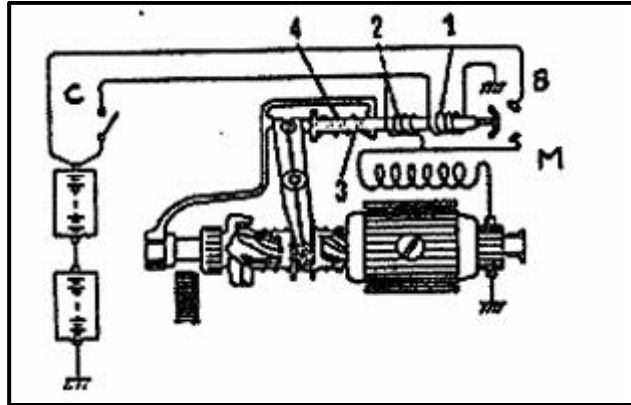
Fungsi sistem *start* adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen yang digunakan untuk menghidupkan *engine*. Komponen-komponen utama yang termasuk dalam sistem *start* ini terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian *Starting System*

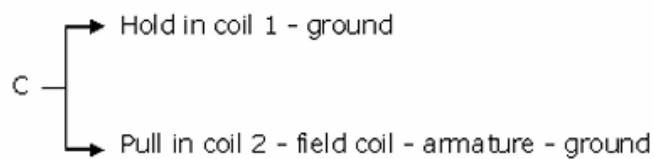
Sumber: <http://sis2.cat.com>

Fungsi dari *starting motor* adalah untuk memutar engine saat *start* awal menghidupkan *engine* dengan prinsip merubah energi listrik menjadi energi mekanis. Pada Gambar 2.3 menunjukkan skematik diagram *starting motor*.



Gambar 2.3 Skematik diagram *starting motor*
Sumber: ("Starting & Charging System," 2020)

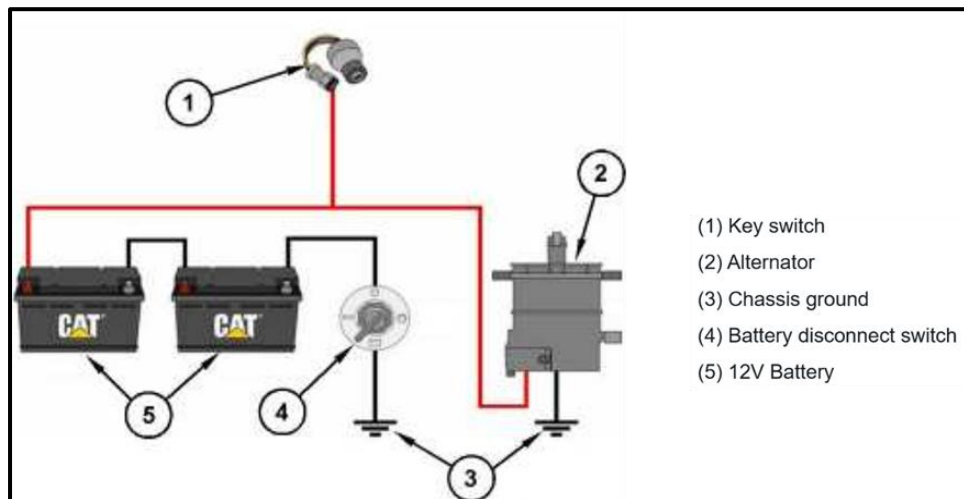
Ketika *starting switch* diposisikan *start* maka jalannya arus adalah:



Kemagnetan yang terjadi mampu melawan *spring* (4), menarik *plunger* (3) sehingga terminal B-M berhubungan. Saat terminal B-M berhubungan, *pull in coil* (2) tidak bekerja, sedangkan *hold in coil* (1) bekerja untuk mempertahankan agar terminal B-M tetap berhubungan. Dengan adanya mekanisme *shift lever*, maka saat *plunger* bergerak pada *pinion gear* akan bergerak maju contact dengan gear *fly wheel*. Sedangkan pada *field coil* timbul medan magnet sehingga saat *armature* mendapat arus akan dapat digerakkan berputar (kopel) untuk memutar *engine*.

2.3.2 Charging System

Sistem *charging* (pengisian) pada alat berat adalah rangkaian sistem listrik yang berfungsi untuk mengisi kembali baterai dan menyediakan suplai listrik bagi seluruh komponen kelistrikan ketika mesin hidup. Sistem ini sangat penting agar baterai tidak cepat habis dan seluruh sistem listrik (lampu, ECU, sistem injeksi, dll.) dapat berfungsi dengan stabil.



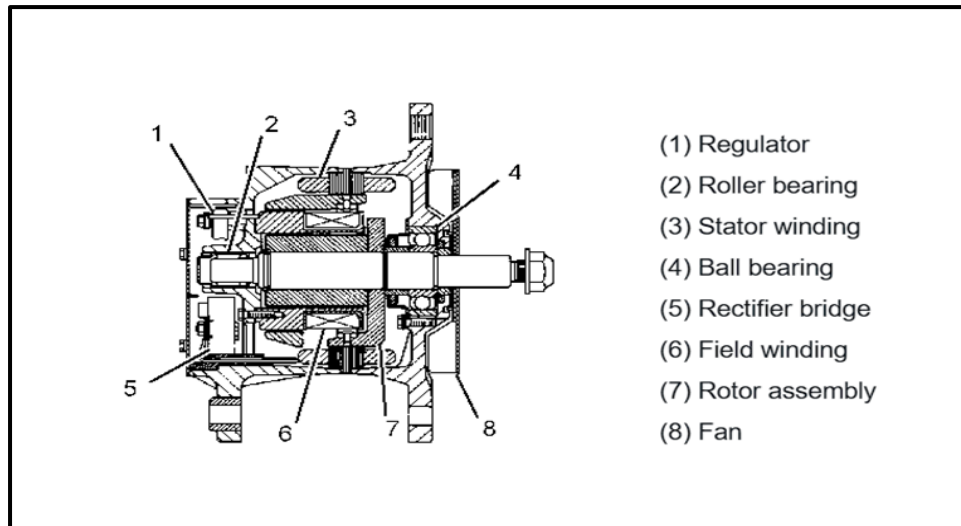
Gambar 2.4 Rangkaian *charging system*

Sumber: <https://sis2.cat.com>

Pada Gambar 2.4 *alternator* digerakkan oleh sabuk (*belt*) yang terhubung dengan *crankshaft pulley*. *Alternator* ini merupakan unit pengisian 3 fasa yang dapat menyearahkan arus sendiri, dan *regulator* tegangannya merupakan bagian dari *alternator* tersebut. Desain *alternator* ini tidak memerlukan *slip ring*, dan satu-satunya bagian yang bergerak adalah *rotor assembly*. Konduktor yang termasuk dalam rangkaian ini adalah:

- a. *Field winding*
- b. *Stator windings*
- c. *Rectifying diode*
- d. *Regulator circuit components*

Alternator adalah komponen utama dalam sistem pengisian alat berat dengan prinsip mengubah energi mekanik dari mesin menjadi energi listrik. Energi listrik ini digunakan untuk mengisi baterai dan menyalurkan listrik ke seluruh sistem kelistrikan saat mesin hidup.



Gambar 2.5 Alternator

Sumber: <https://sis2.cat.com>

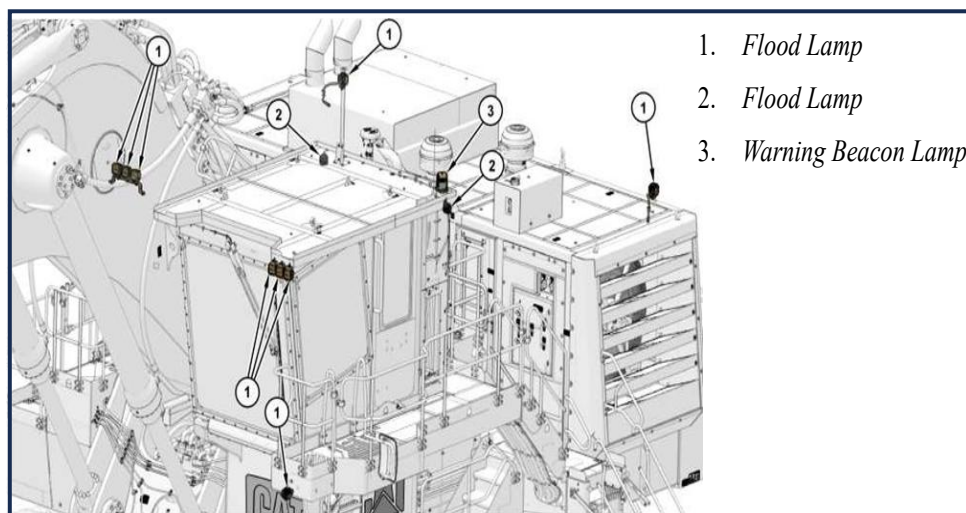
Pada Gambar 2.5 saat *alternator* di berikan tegangan, *rotor assembly* memiliki banyak kutub magnet yang berbentuk seperti jari (*finger poles*) dengan celah udara di antara kutub berlawanan. Kutub-kutub ini memiliki magnet sisa (*residual magnetism*). Magnet sisa tersebut menghasilkan medan magnet kecil di antara kutub-kutub. Ketika rotor mulai berputar di antara lilitan medan dan lilitan *stator*, sejumlah kecil arus bolak-balik (AC) dihasilkan. Arus AC ini timbul di lilitan *stator* akibat medan magnet kecil tersebut. Arus AC kemudian diubah menjadi arus searah (DC) ketika melewati dioda pada jembatan penyearah (*rectifier bridge*). Arus DC yang dihasilkan digunakan untuk:

- a. Mengisi baterai
- b. Menyuplai sirkuit aksesoris dengan arus kecil
- c. Memperkuat medan magnet.

Dua fungsi utama menggunakan Sebagian besar arus yang dihasilkan. Ketika arus DC meningkat melalui *field winding*, kekuatan medan magnet pun bertambah. Medan magnet yang semakin kuat akan menghasilkan lebih banyak arus AC di lilitan *stator*. Selain itu, semakin cepat *rotor* berputar, semakin besar pula arus dan tegangan keluaran *alternator*. *Regulator* tegangan (*voltage regulator*) adalah saklar elektronik berbasis *solid-state*. *Regulator* ini mendeteksi tegangan sistem dan beroperasi dengan cara beralih *ON* dan *OFF* berkali-kali per detik untuk mengontrol arus medan (*field current*) pada *alternator*. *Alternator* kemudian menggunakan arus medan tersebut untuk menghasilkan tegangan keluaran yang dibutuhkan.

2.3.3 Sistem Penerangan

Sistem penerangan pada Gambar 2.6 merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang berfungsi untuk memberikan visibilitas dan keamanan kerja, baik bagi operator maupun lingkungan sekitar alat. Karena alat berat ini sering beroperasi pada malam hari di area tambang, kondisi cuaca ekstrem, maka sistem penerangan dirancang lebih kuat, tahan guncangan, dan tahan air/debu (*heavy-duty & waterproof design*).



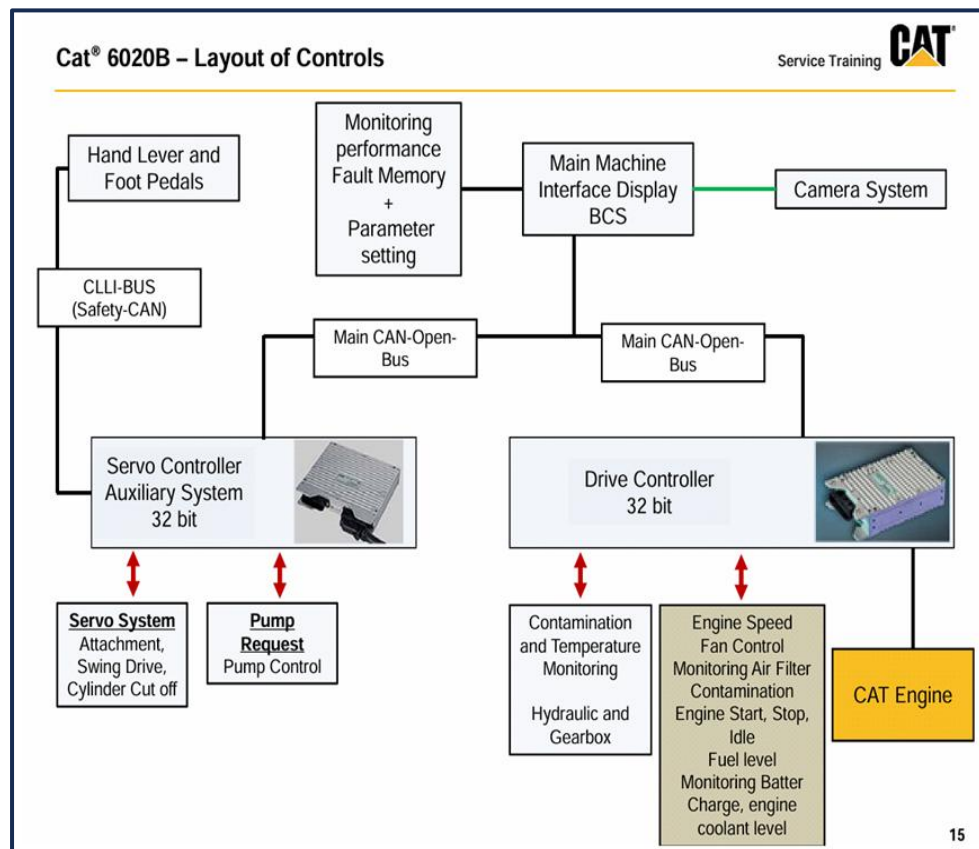
Gambar 2.6 Ilustrasi lampu penerangan

Sumber: <https://sis2.cat.com>

2.3.4 Sistem Kontrol Elektronik

Sistem control elektronik pada alat berat merupakan otak pengendali utama yang mengatur berbagai fungsi mesin, transmisi, hidrolik, dan sistem pendukung lainnya secara otomatis dan presisi. Sistem ini bekerja menggunakan sensor, aktuator, dan *Electronic Control Unit (ECU)* yang saling terhubung melalui jaringan komunikasi data (CAN BUS).

Teknologi ini menggantikan sistem mekanis dan hidrolik manual yang dulu digunakan, dengan tujuan meningkatkan efisiensi bahan bakar, performa, keamanan, dan kemudahan diagnosa gangguan. Pada Gambar 2.7 terlampir *layout control system* pada unit *excavator CAT 6020*.



Gambar 2.7 *Layout of control excavator CAT 6020*

Sumber: <https://sis2.cat.com>

2.3.4.1 Board Control System (BCS)

Monitor panel unit *excavator* atau lebih dikenal *Board Control System (BCS)* pada Gambar 2.8 menggunakan generasi yang keempat. BCS

berkomunikasi dengan komponen *electronic* lainnya yang tersusun dalam suatu rangkaian *electronic system*. Berfungsi mengontrol aktuasi dan memonitor, seperti motor manajemen, sebagai *drive control* untuk *hydraulic pump*, dan *pilot control*. Komponen electrical system lainnya yang berkomunikasi dengan BCS terletak di kabinet dalam modul di bawah kabin operator, pada *pump compartment*, dan *engine compartment*. CAN BUS berperan penting sebagai sarana pertukaran data antara sensor, *controller*, BCS dan beberapa komponen lainnya yang terlibat.



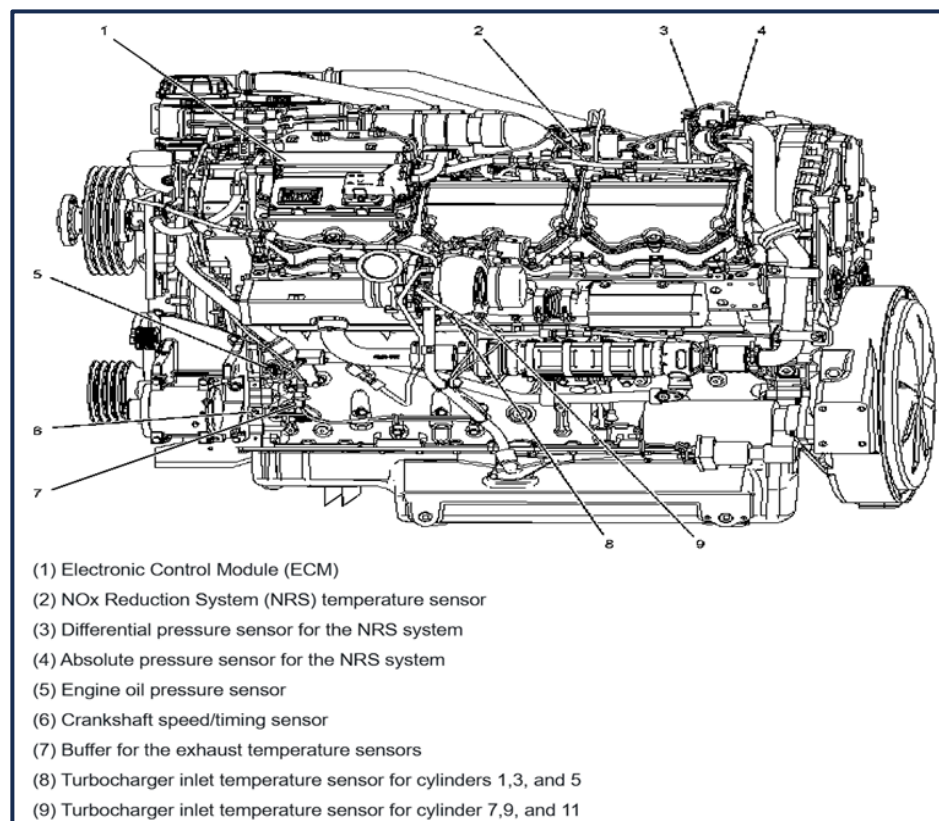
Gambar 2.8 Monitor panel

Sumber: Handbook Buma *product knowledge* unit CAT 6020

BCS memonitor seluruh fungsi penting dari *hydraulic shovel* dan semua komponennya. BCS akan mengirimkan signal yang tepat ketika posisi nilai maksimum/minimum terlewat dan akan mengirimkan laporan untuk disimpan di *bank memory*. Jika status normal operasi bisa dicapai dengan cara mengurangi *output* dari *hydraulic shovel* secara *temporary*, disinilah BCS berperan dalam memonitor kondisi tersebut kemudian akan memerintahkan *electrical system* untuk melakukan penyesuaian. Jika dibutuhkan *action* dari operator, maka akan muncul perintah yang sesuai di BCS *screen*. BCS juga menyediakan informasi untuk *service* dan *troubleshooting*. Beberapa sensor terpasang di beberapa tempat pada

hydraulic shovel, secara konstan akan mengirimkan data kondisi *machine* yang terbaca (berupa *signal electric*), melalui *controller* dari BCS *system*. Setiap bagian penting dari data operasional akan ditampilkan di BCS *screen* dalam bentuk tampilan data dan *gauge*.

2.3.4.2 *Electronic Control Module Engine*



Gambar 2.9 *Electronic control system engine*

Sumber: <https://sis2.cat.com>

Pada Gambar 2.9 sistem control elektronik dirancang secara terpadu dengan sistem bahan bakar serta sistem pemasukan dan pembuangan udara mesin untuk mengontrol suplai bahan bakar secara elektronik. Sistem control elektronik ini memberikan pengaturan waktu injeksi (*timing*) dan rasio udara-bahan bakar (*air-fuel ratio*) yang lebih akurat dibandingkan dengan mesin konvensional yang menggunakan sistem mekanis. Waktu injeksi bahan bakar dicapai melalui pengendalian presisi pada injektor

bahan bakar, sedangkan kecepatan mesin diatur dengan cara menyesuaikan durasi injeksi (lamanya bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar).

Electronic control module (ECM) mengaktifkan (memberi energi) solenoid pada unit injektor untuk memulai proses penyemprotan bahan bakar, dan menonaktifkan (memutus energi) solenoid tersebut untuk menghentikan proses injeksi bahan bakar. Dengan cara ini, ECM mampu mengatur jumlah dan waktu bahan bakar yang diinjeksikan secara presisi, sehingga performa mesin menjadi lebih efisien, responsif, dan menghasilkan emisi yang lebih rendah.

2.3.4.3 *Main Pump Control*

Main pump pada *excavator Cat 6020* adalah sekumpulan enam pompa hidrolik *piston variabel* yang dikontrol secara elektronik untuk menghasilkan aliran oli bertekanan tinggi yang masif, memastikan tenaga, kecepatan, dan efisiensi tertinggi dalam operasi pertambangan.

Berikut *input* dan *output* untuk *pump control* ditunjukkan pada Gambar 2.10:

- a. *Joystick* (1) : *speed request* (0-100%)
- b. *Hydraulic oil temperature* (2)
- c. *Engine temperature* (3) : dari *engine* ECM
- d. *Engine load* (rpm) (4) : dari *engine* ECM

Nilai minimum pada *mainpump*:

- a. 180 mA
- b. 40 *liter per minute*

Nilai maksimum pada *mainpump*:

- a. 700 mA
- b. 400 *liter per minute*

Pump control suplai tegangan 24 volt.

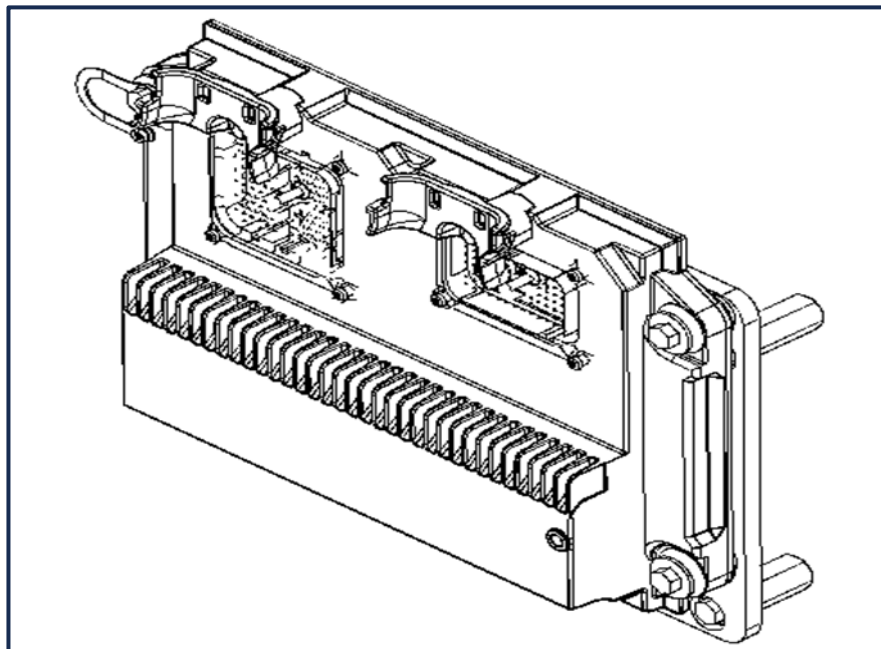
Pada sistem *control mainpump* mempunyai sistem pengaman apabila ketidaknormalan terjadi pada *engine* atau sistem hidrolik saat unit beroperasi. Aliran akan berkurang pada pump jika salah satu kondisi dibawah ini:

- a. *Temperature hydraulic oil* mencapai 176° F (80° C)
- b. *Temperature engine coolant* mencapai 212° F (100° C)
- c. *Temperature intake manifold* mencapai 118° F (48° C)

Servo controller akan membatasi nilai signal (mA) ke *pump proportional valve* kurang dari 600 mA. Nilai mA yang rendah akan menghasilkan menurunnya aliran oli. Pada kondisi *actual derate hydraulic*, 0% pergerakan *joystick* akan menghasilkan 0% *actual signal* dan 100% pergerakan *joystick* akan menghasilkan 70% *actual signal*.

2.4 *Electronic Control Module (ECM)*

Unit *excavator* CAT 6020 menggunakan beberapa ECM diantaranya *servo controller*, *drive controller*, *engine controller*. ECM Adalah perangkat berbasis mikroprosesor.



Gambar 2.11 *Engine Controller*

Sumber: <https://sis2.cat.com>

Gambar 2.11 adalah *engine controller* yang dipasang di bagian atas penutup katup depan di sisi kiri mesin. *Input* dan *output* ke ECM dirancang untuk menahan korsleting tanpa merusak modul kontrol. Sistem kontrol mesin elektronik memiliki fitur-fitur berikut yang dirancang ke dalam sistem ketahanan terhadap frekuensi radio dan ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik. Catu daya ECM menyediakan daya listrik ke semua sensor dan aktuator yang terpasang di mesin. ECM juga memantau semua *input* sensor dan ECM menyediakan *output* yang benar selain bertindak sebagai catu daya. Selain itu, ECM memastikan operasi mesin yang diinginkan.

ECM diprogram untuk melakukan fungsi-fungsi berikut:

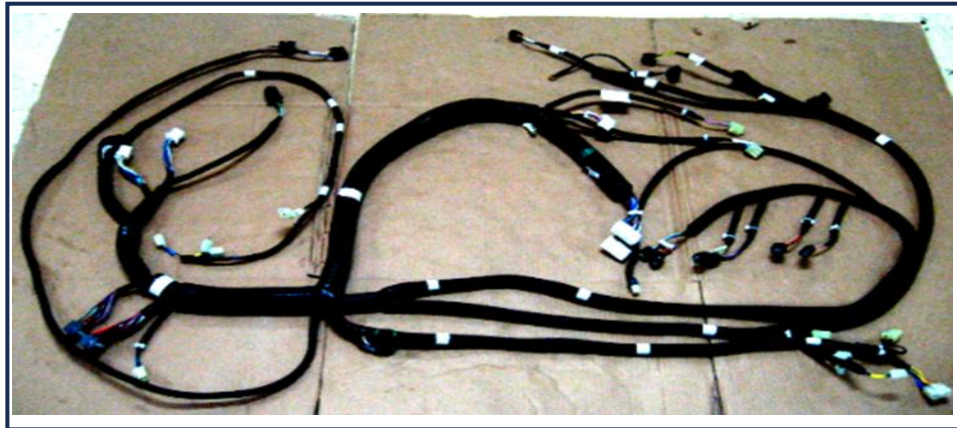
- a. Uji diagnostik pada semua *input*
- b. Uji diagnostik pada semua *output*
- c. Mengidentifikasi sirkuit yang rusak

Setelah kerusakan terdeteksi, kerusakan tersebut dapat ditampilkan pada lampu diagnostik. Kode diagnostik dapat dibaca menggunakan *tool diagnostic Caterpillar (Cat ET)*. Multimeter dapat digunakan untuk memeriksa sebagian besar masalah. Juga, multimeter dapat digunakan untuk memecahkan sebagian besar masalah. ECM akan merekam sebagian besar kode diagnostik yang dihasilkan selama operasi mesin. Kode yang tercatat ini atau kode intermiten dapat dibaca oleh *Cat ET*.

2.5 *Wiring Harness*

Wiring harness adalah salah satu komponen elektrikal yang merupakan serangkaian kabel/*wire* atau *circuit* yang digabungkan dalam satu rangkaian yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik atau sinyal dalam suatu kendaraan. Jika dianalogikan dengan tubuh kita, *wiring harness* adalah pembuluh darah yang memompakan darah dari jantung ke seluruh tubuh atau sebagai saraf yang menyalurkan sinyal dari otak ke seluruh fungsi yang ada di tubuh (Febriana, 2019). Rangkaian kabel (*wiring harness*) pada Gambar 2.12 menyediakan komunikasi ke area-area berikut:

- a. ECM
- b. Berbagai sensor
- c. Konektor tautan data (*data link connector*)
- d. Konektor mesin (*engine connectors*)



Gambar 2.12 *Wiring Harness*

Sumber: Warriornux.com

(United Tractors, 2016) instalasi *wiring harness* pada alat berat harus dilakukan dengan prosedur yang benar untuk menjaga performa unit dalam kondisi yang prima. Selain itu perlu dilakukan perawatan terhadap kondisi *wiring harness* dari kemungkinan kerusakan yang terjadi. Akan terjadi beberapa masalah apabila tidak dilakukan perawatan pada instalasi *wiring harness* yaitu:

a. Kerusakan kabel dan konektor

Kabel dan konektor yang terpasang pada unit sangat rentan terhadap kerusakan yang diakibatkan air dan panas, baik panas matahari maupun panas yang berasal dari mesin itu sendiri. Hal ini membuat umur kabel dan konektor menjadi lebih cepat mengalami kerusakan karena terjadi deformasi pada bahan yang digunakan.

b. Kerusakan kontak konektor

Kerusakan pada kontak dari suatu konektor adalah masalah yang sering terjadi. Penyebab kerusakan ini sendiri biasanya terjadi saat pemasangan yang tidak benar (sempurna), selain itu dapat juga disebabkan oleh

terjadinya korosi ataupun oksidasi. Jika hal ini terjadi akan menyebabkan *intermitten* pada sistem elektrikal.

c. Proses penyambungan kabel yang tidak tepat

Proses penyambungan kabel dengan cara *crimping* juga harus memperhatikan prosedur yang benar. Jika pada saat proses *crimping* dilakukan dengan cara yang tidak tepat maka dapat menyebabkan kabel tidak tersambung dengan sempurna ataupun dapat menyebabkan putus pada kabel.

d. Pelepasan konektor tidak sesuai prosedur

Pada saat melakukan *remove* pada komponen elektrik dan harus melepaskan konektor, maka prosedur yang benar pada saat pelepasan konektor adalah dengan cara memegang pada bagian konektor. Tidak dianjurkan melepaskan konektor dengan menarik kabelnya karena hal ini akan menyebabkan *disconnection* pada kabel.

e. Penyemprotan air ke konstruksi konektor

Konstruksi konektor yang terpasang pada alat berat sudah didesain sedemikian rupa oleh pabrik untuk mencegah air dapat masuk ke dalam. Tetapi jika air bertekanan tinggi disemprotkan ke konektor, maka air dapat masuk ke konektor dengan menyebabkan *short circuit* pada sistem elektrik. Untuk mencegah hal ini, maka hindari menyemprotkan air bertekanan ke arah konektor.

2.6 8 Steps Troubleshooting

Troubleshooting merupakan pencarian sumber masalah secara sistematis sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan dan proses penghilangan penyebab potensial dari suatu masalah. Dengan melakukan *troubleshooting* dapat ditemukan masalah yang terjadi pada sistem elektrikal dan penyebab terjadinya masalah sehingga sistem elektrikal dapat diperbaiki dan berfungsi optimal seperti semula. Secara teknis, untuk prosedur *troubleshooting* dapat dilakukan tiga Langkah yaitu *Detection* merupakan kemampuan melakukan “*Best Guesses* (perkiraan terbaik)”, yaitu menentukan seperti apa masalah yang terjadi pada unit tersebut. Sedangkan *Diagnostic* merupakan kegiatan

melakukan pengetesan terhadap “*Guess* (perkiraan)” dan *Repair* berarti melakukan perbaikan terhadap masalah atau kerusakan yang ditemukan, sehingga masalah tersebut tidak terulang kembali (Hersalniar. Firdaus. Hanwar, Oong, 2020).

Secara umum 8 *steps troubleshooting* sebagai berikut:

a. Step 1

Bila menerima informasi unit *trouble*, mintalah informasi tentang unit antara lain:

1. Nama *costumer*.
2. Tipe dan *serial number* dari unit.
3. Detail dari lokasi.

Kemudian sedapat mungkin mendapatkan informasi tentang *trouble*:

1. Kondisi kerusakan
2. Pekerjaan yang dilakukan saat terjadinya *trouble*.
3. Kondisi lingkungan sekitar tempat operasi.

b. Step 2

Sebelum mendatangi lokasi unit dan memeriksa unit, perlu dikaji beberapa analisis kemungkinan penyebab terjadinya *trouble*, dan juga persiapan *tool* yang diperlukan.

c. Step 3

Tuntunan dalam *troubleshooting* (mengatasi gangguan) jangan terburu-buru langsung membongkar komponen, karena apabila hal ini dilakukan bisa menyebabkan:

1. Ikut terbongkarnya *part* yang tidak ada hubungannya dengan kerusakan.
2. Hal tersebut akan menyulitkan penemuan penyebab kerusakan.
3. Hal lain bisa menyebabkan waktu terbuang percuma, biaya menjadi bertambah.

d. Step 4

Lakukan pemeriksaan dan pengukuran serta percobaan secara langsung ke unit. Bila perlu operasikan sendiri unit tersebut untuk meyakinkan *trouble* yang terjadi. Lakukan pencatatan atas hasil pengukuran.

e. Step 5

Lakukan perbandingan berdasarkan data-data yang diperoleh dengan standar yang ada. Gunakan *shop manual* sebagai acuan pengukuran standar.

f. Step 6

Dengan menggunakan bantuan *troubleshooting chart*, temukan bagian-bagian yang kemungkinan besar tidak berfungsi dengan normal sehingga menyebabkan *trouble*. Perlu diperhatikan apakah tidak normal itu:

1. Hanya akibat dari bagian lain.
2. Atau memang merupakan penyebab utama.

g. Step 7

Pastikan penyebab *trouble*, dengan melakukan pengecekan poin-poin yang didapat dari Langkah ke-6. Temukan langkah perbaikan yang akan diambil.

h. Step 8

Setelah dilakukan perbaikan, Diskusikan dengan *costumer* langkah-langkah untuk meminimalkan *trouble* terulang Kembali. Selanjutnya setelah semua selesai ada kegiatan yang tidak boleh terlewat, yaitu Buat laporan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian lapangan (*field research*) yaitu penelitian yang langsung dilakukan dilapangan (Sangadji & Sopiah, 2024). Penelitian yang dilakukan melalui pengumpulan data atau informasi yang baru dan terkait dengan kondisi nyata yang ada dilapangan dengan metode investigasi lapangan. Investigasi lapangan yang dilakukan adalah dengan melakukan pemeriksaan kerusakan pada komponen sistem elektrikal tersebut, sehingga Ketika sudah diketahui penyebabnya penulis akan menganalisis upaya untuk mencegah kerusakan sistem elektrikal pada unit *excavator* CAT 6020 serta memberikan rekomendasi konkret untuk perbaikan sistem elektrikal dan strategi pencegahan agar kerusakan berulang tidak terjadi lagi.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di site BUMA *site* Tutupan km 73, Kalimantan Selatan. Waktu penelitian dilakukan pada tanggal 01 Juli – 30 November 2025.

3.3 Jenis Sumber data

Untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian ini, penulis melakukan pengumpulan data dari lapangan dengan melakukan inspeksi langsung terhadap komponen sistem elektrikal, histori kerusakan dari Perusahaan berupa laporan pemeliharaan dan perbaikan sistem elektrikal, *shop manual*, dan jurnal yang berkaitan dengan kerusakan elektrik sistem pada alat berat sebagai referensi dalam penelitian.

3.4 Metode Pengumpulan data

Observasi terhadap kerusakan sistem elektrikal yang terjadi pada unit, serta identifikasi komponen sistem elektrikal yang berpotensi menyebabkan

sistem elektrikal pada unit bermasalah dengan metode pengukuran dan pengujian.

3.5 Objek Penelitian

Objek yang diambil dari penelitian ini Adalah kondisi *wiring harness* dan konektor *wiring harness* unit *excavator* CAT 6020.

3.6 Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk menentukan penyebab kerusakan sistem elektrikal pada unit *excavator* CAT 6020 adalah sebagai berikut:

- a. Analisis *trend* untuk melihat pola kerusakan sistem elektrikal berdasarkan data pemeliharaan dan perbaikan unit.
- b. Analisis visual untuk identifikasi komponen elektrikal yang berpotensi menyebabkan kerusakan sistem elektrikal.

Teknik analisis data ini berdasarkan hasil setelah dilakukan pemeriksaan pada unit. Teknik analisis data ini menghasilkan data yang lebih objektif, logis dan tidak bias karena hasil yang didapatkan berasal dari pemeriksaan langsung terhadap unit. Selain itu hasil yang didapat juga mewakili titik permasalahannya. Hal ini karena sample yang diambil sudah mewakili pengukuran tertentu yang dianggap sudah mewakili penyebabnya.

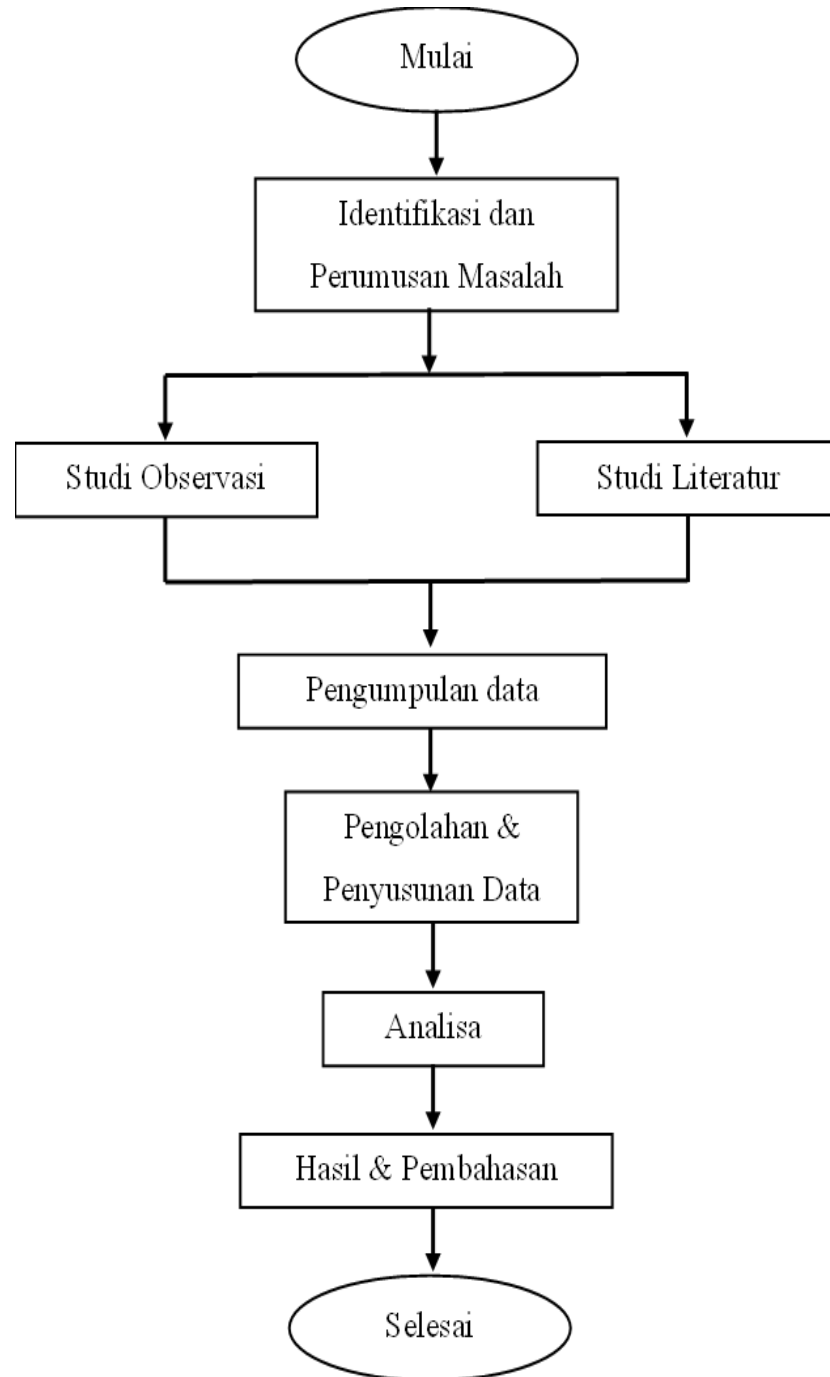
3.7 Alat Penelitian

Untuk mengumpulkan data atau informasi, dibutuhkan alat penelitian sebagai berikut:

- a. Kamera
- b. *Toolbox*
- c. *Avometer*
- d. *Probe*
- e. Majun dan *contact cleaner*
- f. *Shopmanual*
- g. *Part book*

3.8 Diagram Alir

Berikut diagram alir penelitian analisis kerusakan sistem elektrikal pada unit *excavator* CAT 6020:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.8.1 Identifikasi dan perumusan masalah

Berdasarkan data *Daily Monitoring Breakdown* (DMBD) dari perusahaan yang penulis kumpulkan, unit *excavator* CAT 6020 sering mengalami kerusakan pada sistem elektrikal. Kerusakan yang sering terjadi pada unit yaitu: *can't start*, *low power hidroulic*, serta *error communication* CAN BUS. Pola kerusakan ini muncul pasca hujan atau pada saat setelah unit dilakukan pencucian (*washing*). Sehingga penulis berasumsi bahwa kerusakan yang terjadi pada sistem elektrik dikarenakan adanya *wiring harness* atau sambungan konektor antar *wiring harness* tidak terhubung dengan baik. Dari permasalahan ini penulis ingin memberikan hasil identifikasi penyebab kerusakan dan memberikan solusi atas permasalahan yang terjadi.

3.8.2 Studi Observasi

1. Dokumentasi

Pengambilan foto dengan menggunakan *handphone*, seperti foto dan komponen yang mengalami kerusakan.

2. Pengambilan data

Pengambilan data histori pemeliharaan dan perbaikan unit, data tersebut berfungsi sebagai acuan penelitian pada analisis kerusakan sistem elektrikal ini.

3. Wawancara ditujukan kepada mekanik untuk memperoleh informasi mengenai seberapa sering kerusakan ini terjadi, perbaikan yang sudah dilakukan, dan apa dampak dari kerusakan ini apabila tidak segera ditindak lanjuti.

3.8.3 Studi Literatur

a. *Shop Manual*

Menggunakan *shop manual* untuk melihat dan mengetahui standar perawatan sistem elektrikal agar tidak ada kesalahan saat melakukan penelitian.

b. Internet

Mencari informasi atau jurnal dari internet seperti *google scholar* yang berhubungan dengan analisis kerusakan sistem elektrikal.

c. Buku referensi

Menambah sumber referensi dari buku-buku yang berhubungan dengan sistem elektrikal.

3.8.4 Pengumpulan data

Dalam proses ini setelah dilakukan studi literatur dan studi observasi lapangan, penulis mengumpulkan data tersebut, selanjutnya setelah itu dilakukan baru bisa melangkah ke tahap selanjutnya.

3.8.5 Pengolahan dan penyusunan data

Setelah dilakukan proses pengumpulan data, selanjutnya adalah melakukan analisis. Disini semua data-data yang telah diperoleh sebelumnya akan diolah untuk mendapatkan hasil yang bisa memberikan Solusi untuk permasalahan ini.

3.8.6 Analisis

Dalam pembahasan ini penulis akan melakukan proses analisis terkait dengan temuan dan data-data yang sudah dikumpulkan dari hasil observasi serta data lainnya yang berhubungan dengan penyebab terjadinya kerusakan sistem elektrikal pada unit ini. Metode analisis dapat dilakukan dengan *8 steps troubleshooting* yang terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Uraian dan Tahapan-tahapan 8 *steps troubleshooting*

<i>Steps</i>	Uraian	Tahap
1	Yakinkan <i>Problem</i> benar-benar terjadi	Tahap pendefinisian <i>problem</i>
2	Tentukan <i>Problem</i> dengan mencatat	
3	Periksa komponen elektrikal secara visual	Tahap evaluasi <i>problem</i>
4	Catat kemungkinan penyebab kerusakan	
5	Periksa sistem elektrikal secara operasional (jika memungkinkan), catat data yang ditemukan	
6	Temukan <i>root cause</i> (penyebab) / <i>part</i> terkait (tentukan berdasarkan logika dengan fakta yang ada, hindari dugaan yang tidak berdasar)	
7	Benahi <i>problem</i> / perbaiki kerusakan (setelah berkomunikasi dengan pihak terkait)	Penyempitan masalah
8	Analisis kerusakan : Mengapa <i>problem</i> bisa terjadi	Analisis kerusakan (untuk mencegah <i>problem</i> terulang)

3.8.7 Hasil dan pembahasan

Berdasarkan hasil dari analisis data awal terjadinya kerusakan, dan solusi untuk menanggulangi ataupun mencegah kerusakan sistem elektrikal terjadi lagi.

