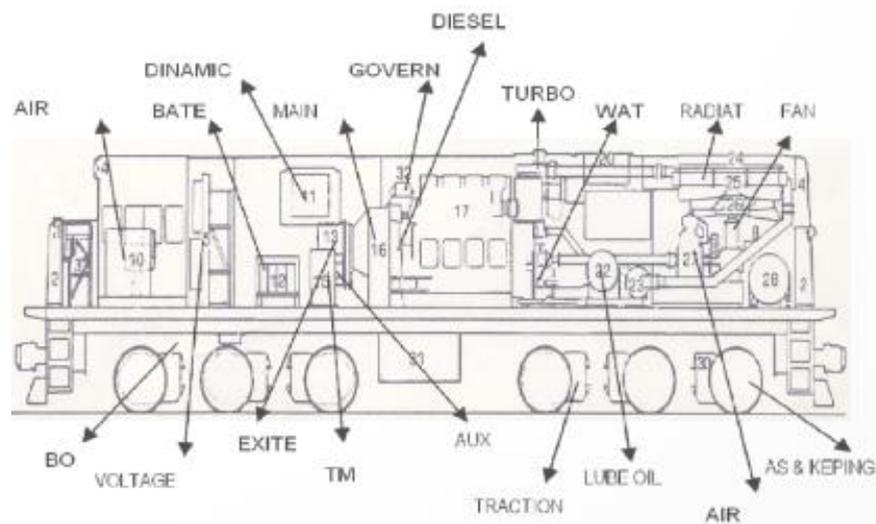


BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

A. Hasil Pengumpulan Data Analisa Penyebab Gangguan Lokomotif

Berikut adalah gambar yang menunjukkan letak dari komponen-komponen lokomotif:



Gambar V.1 Letak komponen lokomotif

1. Komponen Lokomotif

Lokomotif CC 201 yang memulai pengoperasiannya di Indonesia menjadi model untuk seri lokomotif berikutnya, CC 203 dan CC 204, sehingga tidak banyak perbedaan pada komponen-komponennya. Bentuk CC203 dan CC204, yang lebih lebar dan aerodinamis demi kenyamanan yang ditingkatkan, memiliki bentuk yang cukup berbeda. Komponen lokomotif tertera di bawah ini, berikut dengan penjelasan bagaimana komponen tersebut bekerja atau berperan dalam lokomotif.

Tabel V.1 Penjelasan komponen lokomotif

No	Komponen	Fungsi
1	Motor <i>diesel</i>	Alat ini digunakan untuk memutar generator utama dan alat bantu lainnya. Alat ini mempunyai peran yang paling besar dalam membantu berjalannya sebuah lokomotif.
2	Sistem kontrol (listrik)	Alat ini digunakan untuk mengontrol sebagian besar komponen lokomotif, di antaranya kekuatan, sistem pendingin, pelumasan dan lain-lain.
3	<i>Battery</i>	Di dalam lokomotif, <i>battery</i> digunakan untuk menghidupkan mesin, arus listrik dialirkan ke main generator.
4	<i>Voltage Regulator</i>	Pengatur tegangan pada saat pengisian baterai.
5	<i>Fan Radiator</i>	Alat ini berfungsi sebagai alat yang mengeluarkan panas mesin agar tidak melebihi batas yang ditentukan.
6	Radiator	Alat ini berfungsi sebagai media pelepasan panas yang menjaga agar suhu mesin stabil
7	<i>Lube oil cooler</i>	Alat ini terletak di bawah tangki air pendingin. Alat ini berguna untuk menyaring kotoran yang ada di minyak pelumas dan juga untuk mendinginkan oli yang sudah panas
8	As dan keping roda	Alat ini termasuk kedalam alat utama menjalankan roda.
9	<i>Frame bogi</i>	Alat ini merupakan rangka tempat as dan keping roda.
10	<i>Air Compressor</i>	Alat ini terletak di ruangan radiator, berguna untuk memproduksi angin, yang akan dialirkan ke tangki induk.
11	<i>Automatic brake</i>	Alat ini bekerja sebagai pengatur pengereman yang terjadi pada lokomotif.
12	<i>Independent brake</i>	Alat ini digunakan pada saat rangkaian kereta melewati tanjakan atau turunan, agar lokomotif dapat menstabilkan kecepatan.
13	Traksi motor	Motor penggerak roda-roda lokomotif.
14	<i>Fuel pump</i>	Alat ini berguna untuk memompa bahan bakar dari tangki induk ke bagian silinder mesin melalui pipa injeksi dan untuk mempertahankan tekanan bahan bakar agar tetap stabil.
15	<i>Governor mesin diesel</i>	Alat ini digunakan untuk mengatur perputaran mesin <i>diesel</i> .
16	<i>Blower dynamic brake</i>	Pendingin rem yang berada di atas <i>battery</i> yang bekerja secara dinamis.
17	<i>Blower traksi motor</i>	Alat ini berguna untuk menghisap udara dari luar yang akan digunakan untuk mendinginkan dan membuang kotoran atau debu pada traksi motor.

No	Komponen	Fungsi
18	<i>Main Generator</i>	Generator utama yang menghidupkan mesin <i>diesel</i> dan juga sebagai sumber pembangkit tenaga listrik untuk menjalankan lokomotif.
19	<i>Aux. generator</i>	Generator bantu untuk pengisian <i>battery</i> dan pelayanan komponen-komponen yang lain.
20	<i>Exciter generator</i>	Komponen ini akan menghasilkan arus listrik yang nantinya akan digunakan untuk menguatkan medan magnet generator utama.
21	Sistem udara masuk + Turbo	Alat ini digunakan untuk mengatur suhu udara yang akan masuk ke lokomotif, yang nantinya bisa mengatur besarnya tenaga lokomotif.

2. Data Teknis Lokomotif CC 204

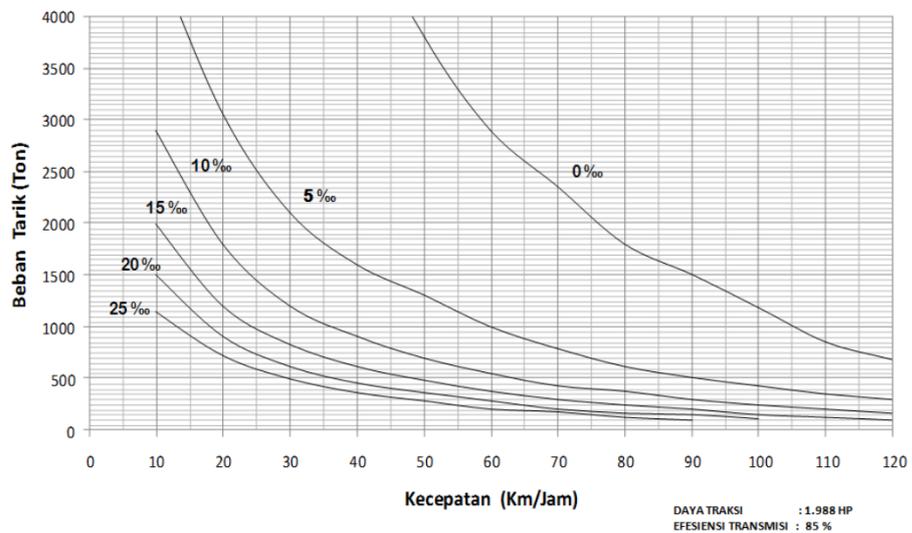
Bekerja sama dengan PT *General Electric*, lokomotif CC204 diproduksi di Indonesia. Dari bentuk hingga jumlah bogienya 2 (dua) buah untuk tiap lokomotif. Lokomotif CC203 dan CC204 memiliki banyak kesamaan. Dengan kecepatan tertinggi 120 km/jam, lokomotif ini dapat menarik hingga 12 gerbong. Meskipun menghasilkan tenaga yang sama dengan lokomotif CC203, lokomotif ini memiliki daya tarik yang lebih besar dan sering disebut sebagai "Raja tanjakan di Indonesia". Depo Lokomotif Yogyakarta memiliki 7 lokomotif. Pada tabel dapat dilihat data dari teknik lokomotif CC204.

Tabel V.2 Data Teknik Lokomotif CC204

SPESIFIKASI UTAMA		KOMPONEN UTAMA	
A. Berat Kosong	: 84 Ton	A. Model	: GE C20 –EMP Locomotive
B. Kecepatan Maximum	: 120 Km/jam	B. Motor Diesel	: GE 7FDL8 EFI
C. Gear Ratio	: 90 : 21	- Tipe	: 4 Langkah, 8 Cylinder dengan Turbo Charger After Cooled
D. Putaran Engine :		- Fuel Injection	: Electronically Controlled
-Maximum	: 1050 Rpm	- Valve	: 2 Intake + 2 exhaust/cylinder
- Normal Idle	: 450 Rpm	- Compression Ratio	: 15.7 : 1
- Low Idle	: 385 Rpm	- Konsumsi BBM	: 2,6 liter/KM
E. Tipe Transmisi	: Electric, AC/DC	C. Tipe Turbo Charger	: General Electric 7S1508
F. Traction Power		D. Motor Traksi (Traction Motor)	: GE 5GE761A22 or Equivalent
- Nominal Notch 8 @ 1050 rpm	: 1988 Hp	- Tipe	: DC, 4 pole, series wound, IEEE Class H
- Gross Horsepower @ 1050 rpm	: 2150 Hp	- Suspensi	: Sleeve Bearing, Axle Support
G. Kemampuan Tarik (Tractive Effort)		E. Radiator	: Mechanically Bonded
- Maximum	: 247.6 kN	- Fan Radiator	: GE 5GDY38H1 Fan Gear unit or Equivalent
- Continous	: 205.8 kN	- Tipe	: Diameter 1524 mm (60 inch), 6 blades
H. Peak Breaking Effort	: 123.6 kN	- Coolant	: Borate-Nitrite Treated Water
I. Tipe Kabin Masinis	: Single semi-streamlined full-width cabs with dual operator's stands	F. Braking/Pengereman	: Air Brake System, Dynamic Brake dan Handbrake
J. Roda	: Class B solid (non-tired) monoblock wheel	G. Model Kompresor	: Triangle type TEW60823 or Equivalent
K. Axle	: Forged steel with 6.5" journal, to AAR M101 standard	- Tipe	: 2 stage, water-cooled reciprocating
K. Journal Bearing	: Class F	- Net Displacement	: 6.68 m ³ /min at 1050 rpm
L. Sistem Kontrol	: GE Microprocessor control system	- Governor Setting	: 862-945 kPa (125-140 psi)
- Diagnostic Display	: Tersedia/ada	- Kapasitas Tangki Utama (MR)	: 695 liter
- Alarterm	: Tersedia/ada	- Moisture Removal	: Tersedia MR Drain Valve dan Air Dryer
		H. Alternator	: GE 5GTA11H1, Self-ventilated, or Equivalent
		-Tipe	: 3-phase AC, IEEE Class H insulation
		I. Baterai	: 50 cell; 15 amp per 5 hours; 64 volt Nicad or equivalent

Sumber: Album Lokomotif Rollingstock Assets Tahun, 2019

Hauling Load Lokomotif merupakan suatu kemampuan lokomotif untuk menarik beban (dalam ton) pada kondisi berbagai lereng tanjakan tertentu dengan kecepatan tertentu. Dari hasil perhitungan Hauling Load Lokomotif tersebut kemudian dibuatkan sebuah grafik yang dikenal dengan Grafik Hauling Load. Grafik ini dapat digunakan dengan mudah di lapangan, yaitu dengan mengetahui lintas jalan rel pada suatu lereng tanjakan tertentu dan kecepatan lokomotif. Untuk mempermudah pemakaian di lapangan (bagian operasional) telah dibuatkan tabel, untuk berbagai lokomotif dengan kecepatan dan lereng tertentu, oleh bagian engineering.



Gambar V.2 Diagram Hauling Load CC204

Sumber: Album Lokomotif Rollingstock Assets Tahun, 2019

3. Daftar Gangguan pada lokomotif CC 204 tahun 2022-2023

Permasalahan lokomotif CC204 siap operasi (SO) di lintas yang mengalami cukup banyak kerusakan di lintas sehingga dapat mengganggu kinerja dan kehandalan lokomotif tersebut, untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi di lintas dari lokomotif CC204 dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel V.3 Daftar Gangguan Lokomotif CC 204

No	No Seri	Jenis Gangguan	Penanganan	Kategori Gangguan
1	0305	Lok mati	Dilakukan restart ulang oleh masinis dan bisa hidup kembali dan melanjutkan perjalanan	L
2	0302	Kode eror	Temuan E 172 load gak bisa max, TL reset level 2 lanjut di kawal sampai yk	L
3	0304	Lok Mati	Ganti 1 buah Sensor COP kiriman Byyk Lok	L
4	0301	Lok Mati	Rencana ganti sensor COP dan card 122	L
5	0307	Tenaga Hilang	Periksa line kabel mulai dari exciter didapati kabel F2 putus pada skun kabel.	L
6	0305	Pc Open	Gangguan E126 reset berhasil	L
7	0305	Sistem Peranginan	Bersihkan Slot Card 21	L
8	0307	Roda Selip	Potong tm 1	TM
9	0305	Wiper	Pasang kembali selang wiper	SUT
10	0305	Alarm Unit	Reset lok 2 kali oleh petugas dipo lok	L
11	0304	Lok Mati	Reset bisa normal kembali	L
12	0301	Bocoran Oli	Pemeriksaan untuk rembesan dinyatakan oleh pihak sarana Mn masih dalam batas aman.	MD
13	0301	Sistem Peranginan	Suara suling loko kurang keras dan ijin Blb Sta Gi guna pengecekan suling loko.	SUT
14	0303	Tenaga Hilang	Ganti skun dan pasang kembali kabel yg putus.Kabel didalam skun kendor akibat cramping yg tdk sempurna sehingga terjadi flash over	L
15	0303	Sistem Kelistrikan	Pastikan suku cadang baik dan dilakukan pemeriksaan semua konektor	L
16	0302	Deadman pedal	Per deadman pedal rusak TL Perbaikan per deadman pedal rusak	SUT
17	0301	Pc Open	Reset lok oleh masinis dipandu dinas sarana berhasil	L
18	0301	Roda Selip	Potong TM 2 normal kembali	TM
19	0302	Tenaga Hilang	Program Sta Kroya ganti lok CC 206 13 43(Pwt),lepas dan pasang kembali amphenol governour Lok normal kembali	L

No	No Seri	Jenis Gangguan	Penanganan	Kategori Gangguan
20	0305	Lok Mati	koordinasi dipo lok slo program di slo pengecekan lanjutan	L
21	0305	Sistem Peranginan	Reset lokomotif oleh masinis dan normal kembali.	L
22	0307	Sistem Peranginan	Tindak lanjut Normalkan kran yg ke CMV ikat kawat ,periksa tekanan kompresor cut in 125 psi cut out 135 psi	L
23	0301	Tenaga Lemah	Tenaga loko normal, tekanan turbo bekerja setelah dibantu petugas Dipolok Sdt mereset lok di Sta Sgu	L
24	0302	Tenaga Lemah	Reset oleh masinis	L
25	0301	Tenaga Lemah	Ganti kabel F1 & F2.	L
26	0306	Sistem Kelistrikan	Potong TM2 dan uji coba maju mundur baik	L
27	0306	Tenaga Lemah	Ganti Skun Kabel RBB1 1A	L
28	0307	Tenaga Hilang	Ganti Skun kabel F1 dan pasang kembali, hidupan lokomotif dan dicoba gerak hasil baik	L
29	0304	Lok mati	Cek kabel dan restart ulang lokomotif	L
30	0304	Lok mati	Reset level 2 belum berhasil muncul indikator tidak ada pengisian battery, coba start ulang menyala dan ready	L
31	0306	Sistem Kelistrikan	Didapati amp TM 2 tidak muncul maka dilakukan pemutusan TM 2 (potong TM2)	TM
32	0306	Lok mati	flushing tanki BB, ganti filter BB, ganti governor, dan Periksa mekanik Fuel rack	L

Sumber: Depo Lokomotif Yogyakarta, 2023

Gangguan dominan yang terjadi dari tahun 2022 hingga Mei 2023 pada lokomotif CC204 dapat dilihat pada tabel jenis gangguan lokomotif CC204.

Tabel V.4 Jenis gangguan lokomotif CC204

NO	Jenis Gangguan	Frekuensi
1	Lok Mati	8
2	Tenaga Lemah	4
3	Tenaga Hilang	4
4	Sistem Peranginan	4
5	PC Open	2
6	Sistem Kelistrikan	3
7	Wiper	1

NO	Jenis Gangguan	Frekuensi
8	Roda Selip	2
9	Alarm Unit	1
10	Bocoran Oli	1
11	Deadman pedal	1
12	Kode Eror	1

Sumber: Depo Lokomotif Yogyakarta, 2023

B. Pengolahan Data Tindakan Perawatan

1. Definisi Batasan Sistem

Menurut (Andina N.S et al., 2014) batasan sistem diperlukan untuk mengetahui apa yang menjadi masukan dan keluaran sistem. Definisi batasan sistem ini terdiri atas mayor equipment dan batasan fisik primer. Mayor equipment untuk sistem elektrik adalah main generator, deadman device, traksi motor, baterai, exciter, dan auxiliary generator dengan batasan fisik primer berupa:

- a. HSD (*High Speed Diesel*) keluar dari tangki bahan bakar melalui fuel pump.
- b. Arus listrik keluar dari baterai.
- c. Daya listrik kembali ke auxiliary.
- d. Tegangan listrik disalurkan ke traksi motor.
- e. Traksi motor menyalurkan energi mekanik.

Berikut ini merupakan batasan sistem untuk sistem elektrik secara keseluruhan.

Tabel V.5 Batasan Sistem Elektrik

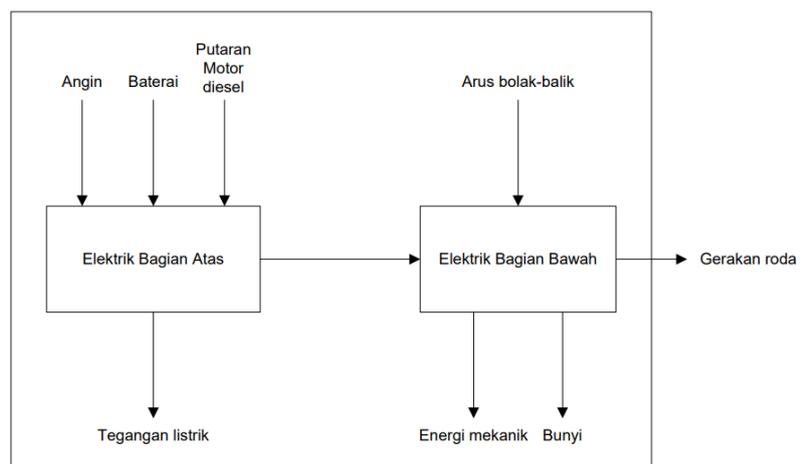
Batasan Sistem	Tipe	<i>Interface Location</i>
Manusia	In	Operator panel-panel untuk mengatur jalannya lokomotif
Angin	<i>In</i>	Angin masuk ke dalam kompressor untuk pelayanan pengereman
	<i>In</i>	Angin menggerakkan kompressor
Baterai	<i>In</i>	Fungsi pertama <i>start</i> dan sebagai arus cadangan

Batasan Sistem	Tipe	<i>Interface Location</i>
Angin	<i>Out</i>	Menunjang pengereman deadman pedal
Energi mekanik	<i>Out</i>	Traksi motor menggerakkan roda
Energi listrik	<i>Out</i>	Generator menghasilkan tegangan listrik
Atmosfer	<i>Out</i>	Udara kotor tersaring dibuang melalui pipa udara ke atas lokomotif
Lingkungan	<i>Out</i>	Bunyi yang ditimbulkan lokomotif

Sumber: Andina N.S et al., 2014

2. Penyusunan *Functional Block Diagram*

Tujuan dari pendeskripsian sistem adalah untuk menjelaskan bagaimana sebuah sistem beroperasi sehingga desain sistem yang penting, interaksi antar komponen, dan dampak dari hubungan tersebut terhadap kinerja sistem dapat diketahui. Ada dua subsistem dalam sistem kelistrikan yaitu subsistem elektrik bagian atas dan subsistem elektrik bagian bawah. Hubungan antar subsistem ditampilkan menggunakan diagram blok fungsional (Andina N.S et al., 2014).



Sumber: Andina N.S et al., 2014

Gambar V.3 *Functional Blok Diagram*

Dalam Depo Yogyakarta pekerjaan dibagi menjadi 4 jenis pekerjaan, yaitu angin, diesel, elektrik, dan mekanik. Kelompok angin bertanggung jawab pada sistem peunematic dari kompresor

hingga ke peralatan yang membutuhkan udara bertekanan. Kelompok diesel bertanggung jawab pada engine untuk menghasilkan putaran. Sedangkan kelompok elektrik bertanggung jawab memastikan peralatan yang menghasilkan listrik dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan mekanik bertanggung jawab terhadap rangka atas dan rangka bawah.

3. *Failure Mode and Effect Analysis*

Berikut ini merupakan hasil penilaian RPN melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk analisis gangguan lokomotif CC204 agar bisa dilakukan pengkategorian konsekuensi kegagalan yang terjadi pada setiap subsistem. Pada tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) tertera setiap subsistem pada gangguan beserta kegagalan, efek kegagalan, dan kegagalan fungsi. Juga terdapat rangking dari tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk masing-masing subsistem tersebut untuk nilai ditentukan oleh pihak Depo. Penentuan nilai tersebut berdasarkan tabel kriteria tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dari nilai tersebut nantinya yang akan digunakan untuk melakukan kegiatan *maintenance*.

Berikut ini merupakan tabel komponen gangguan dominan dengan menggunakan FMEA.

Tabel V.6 Analisa FMEA untuk gangguan komponen pada lokomotif mati

Komponen Kegagalan	<i>Function</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Potensial Effect of Failure</i>	<i>Potensial Effect cause of Failure</i>	<i>Current Control</i>	S	O	D	RPN
Sensor COP (<i>Crackcase Over Pressure</i>)	Pengamanan ini bekerja jika tekanan udara di dalam crankcase mencapai 1,9-2,1 kg/cm ²	Sensor COP rusak	Lokomotif mati	Tidak bisa mendeteksi tekanan udara berlebih diatas 2,1 kg/cm ² maka lokomotif akan mati	Ganti sensor COP, reset lokomotif dan atur penggunaan tenaga	6	2	2	24
Sensor LOP (<i>Low Oil Pressure</i>)	Sensor ini bekerja apabila tekanan minyak pelumas pada waktu idle kurang dari 12, dan not 8 kurang dari 46 psi.	Sensor LOP rusak	Lokomotif mati	Lokomotif mati bilamana tekanan oli kurang dari standarnya	Ganti sensor LOP, Tekan reset RELAY LOPHR sampai lampu indikator padam dan bel berhenti berbunyi	6	2	2	24
Sensor LWP (<i>Low Water Pressure</i>)	Alat ini bekerja apabila tekanan pada saluran sirkulasi air pendingin : a. Pada posisi idle kurang dari 8,5 Psi , b. Pada posisi notch 8 kurang dari 28 Psi	Sensor LWP rusak	Lokomotif mati	Lokomotif mati bilamana tekanan air kurang dari standarnya	Ganti sensor LWP, Periksa permukaan air pendingin, lokomotif hidupkan kembali dan atur penggunaan tenaga	6	2	2	24

Komponen Kegagalan	<i>Function</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Potensial Effect of Failure</i>	<i>Potensial Effect cause of Failure</i>	<i>Current Control</i>	S	O	D	RPN
Sistem Bahan bakar	Untuk mengamankan motor disel dari kerusakan akibat pembakaran tidak sempurna	Filter bahan bakar buntu	Lokomotif mati	Bahan bakar tidak dapat terisi	Flusing tanki bahan bakar, ganti filter bahan bakar	6	3	2	36

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berikut ini hasil rekapitulasi perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang telah diurutkan dari tertinggi sampai terendah

Tabel V.7 Akumulasi Nilai RPN lokomotif mati

Komponen	RPN	Urutan
Sistem Bahan Bakar	36	1
Sensor COP	24	2
Sensor LOP	24	3
Sensor LWP	24	4

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Dari Hasil rekapitulasi dari perhitungan *risk priority number* terdapat komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu komponen sistem bahan bakar. Berdasarkan analisa FMEA didapatkan masing-masing nilai RPN pada komponen lokomotif mati yang menunjukkan kepentingan dari komponen yang dianggap memiliki tingkat resiko tinggi mengalami kerusakan dan membutuhkan perlakuan perawatan yang khusus.

- a. Sistem Bahan Bakar
Sebab : Filter bahan bakar buntu
Akibat : Menyebabkan bahan bakar mampet / tidak terisi.
- b. Sensor COP
Sebab : Sensor COP rusak
Akibat : Tidak bisa mendeteksi tekanan berlebih diatas 2 In HG maka lokomotif akan mati
- c. Sensor LOP
Sebab : Sensor LOP rusak
Akibat : Lokomotif mati bilamana tekanan oli kurang dari standarnya
- d. Sensor LWP
Sebab : Sensor LWP rusak
Akibat : Lokomotif mati bilamana tekanan air kurang dari standarnya.

Tabel V.8 Analisa FMEA untuk gangguan tenaga lemah

Komponen kegagalan	<i>Function</i>	Potensial Failure Mode	Potensial <i>Effect of Failure</i>	Potensial <i>Effect cause of Failure</i>	<i>Current Control</i>	S	O	D	RPN
Rectifier blower	Output dari alternator adalah listrik AC.satu inverter bisa dipakai untuk mengontrol empat motor traksi dengan susunan paralel	DID menyala kecepatan hanya sampai not 1 sekitar 10 km/jam	Tenaga Lemah	Tekanan Udara Platform Rendah (E126)	Reset E126, tenaga lokomotif kembali normal	6	3	2	36
Traksi Motor	Motor penggerak roda-roda lokomotif	Bel berbunyi Muncul di layar DID ground power TM hubung singkat dengan bodi	Tenaga Lemah	Terjadi ground pada traksi motor	Reset tombol ground, potong Traksi Motor melalui MCO secara berurutan	6	2	1	12

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Untuk tabel RPN pada gangguan tenaga lemah dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel V.9 Akumulasi Nilai RPN Tenaga Lemah

Komponen	RPN	Urutan
Rectifier Blower	36	1
Traksi Motor	12	2

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Dari Hasil rekapitulasi dari perhitungan *risk priority number* terdapat komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu komponen Rectifier Blower. Berdasarkan analisa FMEA didapatkan masing-masing nilai RPN pada komponen tenaga lemah yang menunjukkan kepentingan dari komponen yang dianggap memiliki tingkat resiko tinggi mengalami kerusakan dan membutuhkan perlakuan perawatan yang khusus.

a. Rectifier Blower

Sebab : DID (*Demam Indikator Display*) menyala kecepatan hanya sampai not 1 sekitar 10 km/jam.

Akibat : Tekanan Udara Platform Rendah (E126) sehingga tidak terjadi pendinginan dalam ruang tersebut.

b. Traksi Motor

Sebab : Bel berbunyi muncul di layar DID ground power TM hubung singkat dengan bodi

Akibat : Terjadi ground pada traksi motor sehingga menghidupkan relay ground dan terjadi lompatan arus sehingga menyebabkan *flash over* maka dapat merusak komponen TM.

Tabel V.10 Analisa FMEA untuk gangguan tenaga hilang

Komponen	<i>Function</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Potensial Effect of Failure</i>	<i>Potensial Effect cause of Failure</i>	<i>Current Control</i>	S	O	D	RPN
Alternator	Alternator mengubah putaran dari mesin diesel menjadi listrik	Ditemukan kabel brush holder alternator putus	Tenaga Hilang	Kabel didalam skun kendur akibat cramping yang tidak sempurna sehingga terjadi flash over	Ganti skun kabel F1 dan F2 alternator dan pasang kembali kabel yang putus.	6	2	1	12
Exciter	Memberi arus eksitasi pada kutub main generator agar terjadi pembangkitan lapang magnit pada kutub-kutub tersebut	Layar monitor muncul indikator E0E4	Tenaga Hilang	Kabel F1 pada exciter kondisi putus pada skun kabel	Ganti skun kabel F 1, pemeriksaan lebih lanjut untuk setiap lok yang dirawat	6	2	1	12

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Untuk tabel RPN pada gangguan tenaga lemah dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel V.11 Akumulasi Nilai RPN Tenaga Hilang

Komponen	RPN	Urutan
Alternator	12	1
Exciter	12	1

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Dari Hasil rekapitulasi dari perhitungan *risk priority number* terdapat komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu komponen Alternator dan Exciter yang memiliki nilai RPN yang sama. Berdasarkan analisa FMEA didapatkan masing-masing nilai RPN pada komponen tenaga lemah yang menunjukkan kepentingan dari komponen yang dianggap memiliki tingkat resiko tinggi mengalami kerusakan dan membutuhkan perlakuan perawatan yang khusus.

a. Alternator

Sebab : Ditemukan kabel brush holder alternator putus

Akibat : *Cramping* yang tidak sempurna sehingga terjadi *flash over*.

b. Exciter

Sebab : Layar monitor muncul indikator E0E4.

Akibat : Jalur eksitasi ditemukan kabel F1 pada exciter kondisi putus pada skun kabe maka aliran listrik juga terhenti.

4. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan pendekatan FMEA, tahap selanjutnya adalah menganalisis *menggunakan Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menentukan jenis perawatan yang tepat, praktis, dan sesuai untuk menangani setiap mode kerusakan. Komponen dengan nilai tertinggi pada gangguan lokomotif diidentifikasi menggunakan temuan FMEA. Berikut analisis di bawah ini menggunakan LTA.

Tabel V.12 *Logic Tree Analysis* dan Gangguan dominan lokomotif

Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Evident	Safety	Outage	Category
Sensor COP (<i>Crancase over pressure</i>)	Sensor COP rusak	Tidak bisa mendeteksi tekanan udara berlebih diatas 2 In Hg maka lokomotif akan mati	Y	N	Y	B
Sensor LOP (<i>Low Oil Pressure</i>)	Sensor LOP rusak	Lokomotif mati bilamana tekanan oli kurang dari standarnya	Y	N	Y	B
Sensor LWP (<i>Low Water Pressure</i>)	Sensor LWP	Lokomotif mati bilamana tekanan air kurang dari standarnya	Y	N	Y	B
Sistem Bahan bakar	Filter bahan bakar buntu	Bahan bakar tidak dapat terisi	Y	N	Y	B
Rectifier blower	DID menyala kecepatan hanya sampai not 1 sekitar 10 km/jam	Tekanan Udara Platform Rendah (E126)	Y	N	N	C
Traksi Motor	Bel berbunyi Muncul di layar DID ground power TM hubung singkat dengan bodi	Terjadi ground pada traksi motor	Y	N	N	C
Alternator	Ditemukan kabel brush holder alternator putus	Kabel didalam skun kendor akibat cramping yang tidak sempurna sehingga terjadi flash over.	Y	N	Y	B
Exciter	Layar monitor muncul indikator E0E4	Kabel F1 pada exciter kondisi putus pada skun kabel	Y	N	Y	B

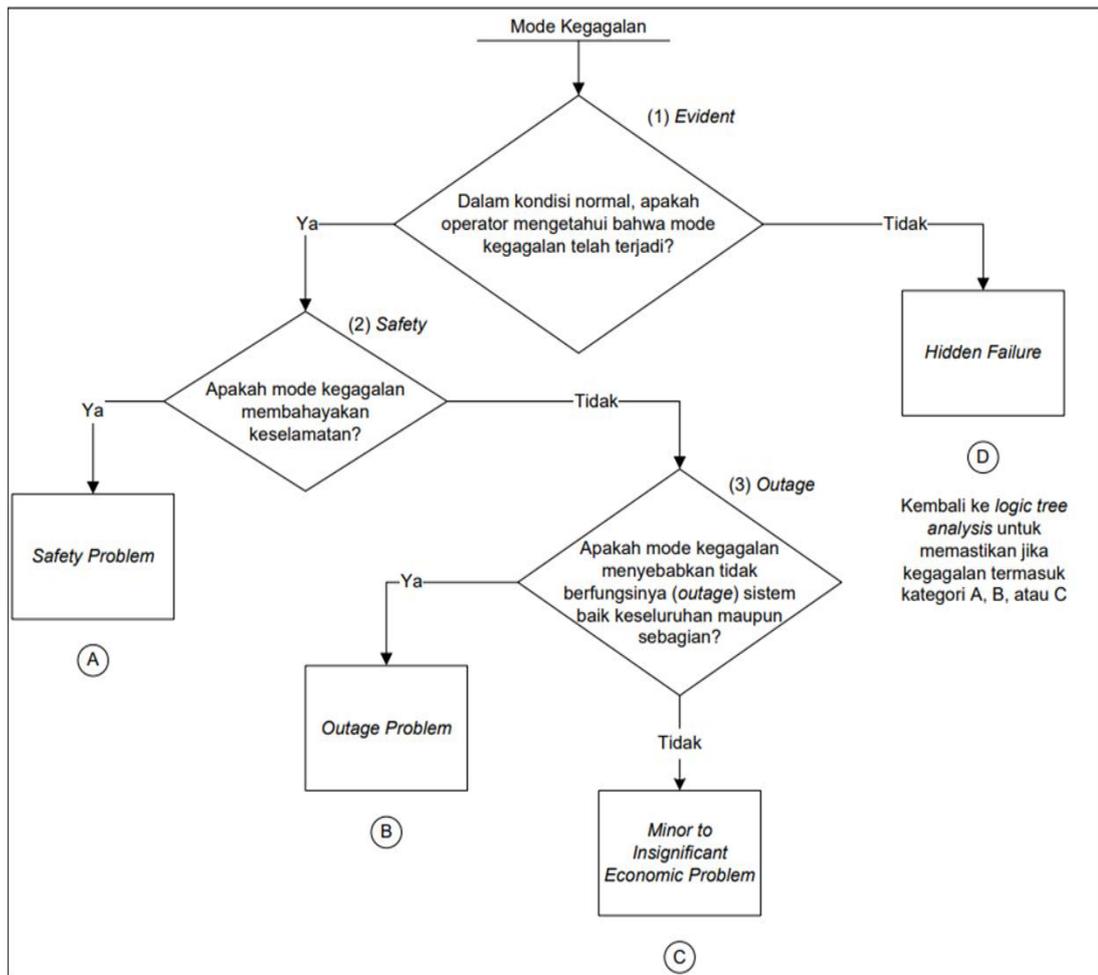
Sumber: Hasil Analisa, 2023

Keterangan tabel:

- a. *Evident* : Apakah perawat mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi sebuah gangguan system?
- b. *Safety* : Apakah mode kerusakan menyebabkan masalah pada keselamatan?
- c. *Outage* : Apakah mode kegagalan menyebabkan semua atau beberapa bagian mesin berhenti?
- d. *Category* : Pengkategorian yang digunakan setelah menjawab pertanyaan yang telah diajukan.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka failure mode dapat digolongkan menjadi beberapa kategori tersebut:

- a. Kategori A Apabila *failure mode* memiliki efek terhadap lingkungan memiliki efek terhadap keselamatan.
- b. Kategori B Apabila *failure mode* menyebabkan sistem kerja berhenti sebagian atau keseluruhan sehingga dapat mempengaruhi terhadap operasional.
- c. Kategori C Apabila *failure mode* tidak berpengaruh pada safety dan tidak berpengaruh terhadap ekonomi.
- d. Kategori D Apabila *failure mode* tergolong sebagai hidden failure atau kegagalan tersembunyi



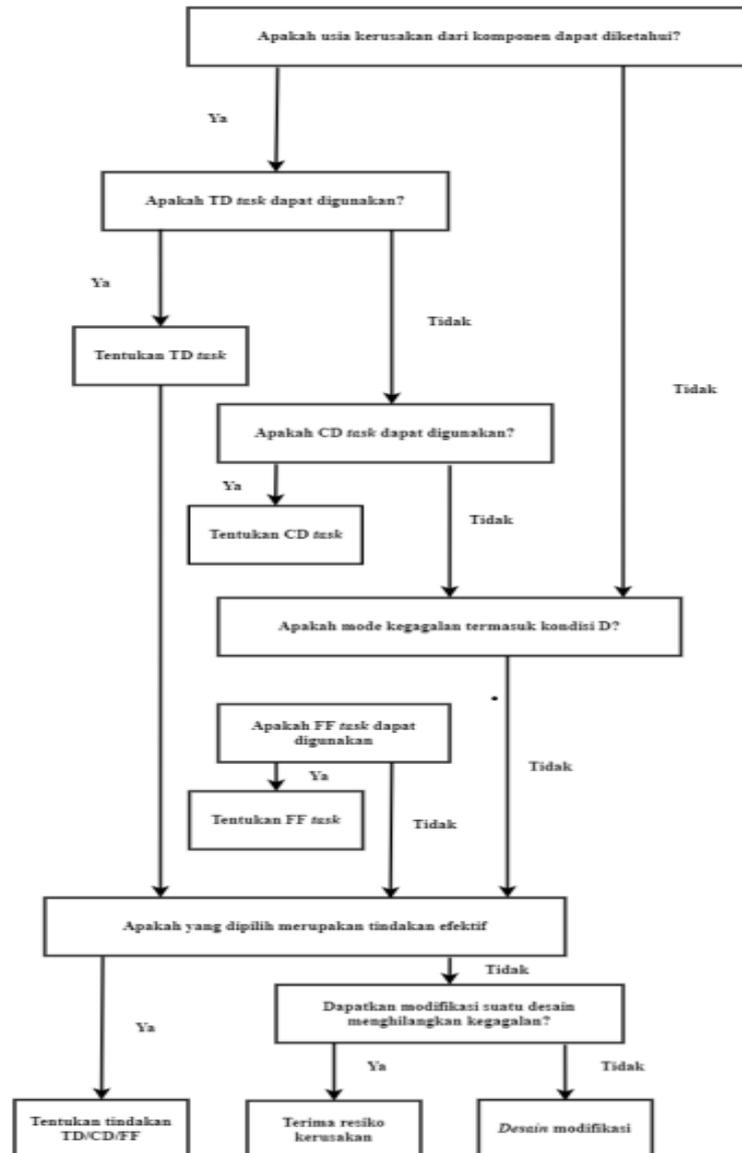
Sumber: Andina N.S et al., 2014

Gambar V.4 Diagram Alir *Logic Tree Analysis*

Berdasarkan penyusunan *logic tree analysis* diketahui hasil LTA: Menunjukkan ada 6 komponen dengan kategori B dan 2 komponen dengan kategori C.

5. Pemilihan Tindakan (*Task Selection*)

Tahap terakhir dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pemilihan tindakan. Dengan menggunakan peta jalan sebagai panduan, daftar tindakan potensial dibuat untuk setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi.



Sumber: Anugrah, 2021

Gambar V.5 Alur *Task Selection Road Map* (Pemilihan Tindakan Perawatan)

Berikut ini merupakan salah satu contoh penjelasan dari komponen kritis yaitu sensor COP pada lokomotif berdasarkan pada tabel *Task Selection* diatas:

- a. Komponen yang mengalami kerusakan adalah komponen sensor COP.
- b. Fungsi sensor COP pada lokomotif sebagai pengaman yang bekerja jika tekanan udara di dalam crankcase mencapai $1,9-2,1 \text{ kg/cm}^2$.
- c. Mode kegagalan adalah sensor COP rusak.
- d. Selection Guide (Mode Kerusakan):
 - 1) Apakah hubungan dengan *age reliability* diketahui? Yes
 - 2) Apakah tindakan TD bisa digunakan? Yes
 - 3) Apakah tindakan CD dapat digunakan? Yes
 - 4) Apakah termasuk dalam mode kerusakan? No
 - 5) Apakah tindakan FF dapat digunakan? Yes
 - 6) Apakah diantara tindakan yang dipilih efektif? Yes
 - 7) Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kegagalan dan efeknya? -

Tabel V.13 Pemilihan Tindakan

NO	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Sensor COP (Crankcase over pressure)	Pengamanan ini bekerja jika tekanan udara di dalam crankcase mencapai 1,9-2,1 kg/cm ²	Sensor COP rusak	Y	Y	Y	N	N	Y	-	TD
2	Sensor LOP (Low Oil Pressure)	Sensor ini bekerja apabila tekanan minyak pelumas pada waktu idle kurang dari 12, dan not 8 kurang dari 46 psi.	Sensor LOP rusak	Y	Y	Y	N	N	Y	-	TD
3	Sensor LWP (Low Water Pressure)	Alat ini bekerja apabila tekanan pada saluran sirkulasi air pendingin: a. Pada posisi idle kurang dari 8,5 Psi ,b. Pada posisi notch 8 kurang dari 28 Psi	Sensor LWP rusak	Y	Y	Y	N	N	Y	-	TD
4	Sistem Bahan bakar	Untuk mengamankan motor disel dari kerusakan akibat pembakaran tidak sempurna	Filter bahan bakar buntu	N	Y	Y	N	Y	Y	-	CD
5	<i>Rectifier blower</i>	Output dari alternator adalah listrik AC. Satu inverter bisa dipakai untuk mengontrol empat motor traksi dengan susunan paralel	DID menyala kecepatan hanya sampai not 1 sekitar 10 km/jam	N	Y	Y	N	Y	Y	-	TD

NO	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Selection Task
				1	2	3	4	5	6	7	
6	Traksi Motor	Motor penggerak roda-roda lokomotif	Bel berbunyi Muncul di layar DID ground power TM hubung singkat dengan bodi	Y	Y	Y	N	Y	Y	-	TD
7	Alternator	Alternator mengubah putaran dari mesin diesel menjadi listrik	Ditemukan kabel brush holder alternator putus	N	Y	Y	N	Y	Y	-	CD
8	<i>Exciter</i>	Untuk eksitasi alternator	Layar monitor muncul indikator EOE4	N	Y	Y	N	Y	Y	-	CD

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Pemilihan tindakan perawatan dilakukan berdasarkan analisis dari *Failure Modfect and Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA). Hasil dari pemilihan tindakan untuk komponen gangguan dominan pada lokomotif.

1) *Time directed* (TD) Tindakan pencegahan langsung yang dilakukan terhadap sumber kerusakan dengan didasari pada waktu atau umur komponen yang diperlukan perawatan menggunakan *time directed* adalah komponen sensor COP, komponen sensor LOP, komponen sensor LWP, komponen rectifier blower, dan komponen traksi motor.

2) *Condition Directed* (CD) Tindakan pencegahan yang dilakukan dengan memeriksa dan inspeksi, jika ditemukan kerusakan maka dapat langsung dilakukan atau penggantian komponen. Komponen yang memerlukan perawatan menggunakan *condition directed* yaitu komponen sistem bahan bakar, komponen alternator, dan komponen exciter.

C. Analisa Pemilihan Tindakan

Functional Block Diagram (FBD) dari sistem yang diteliti merupakan tahap pertama setelah analisis menggunakan teknik *Reliability Centered Maintenance* (RCM), diikuti dengan analisis fungsi dan kegagalan fungsi dari sistem yang dianalisis. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi sistem setelah menentukan fungsi dan kegagalannya. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk memeriksa mekanisme kegagalan dan efek dari setiap kegagalan yang ditimbulkan oleh setiap komponen. Setelah itu, dicari nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yang merupakan komponen yang paling penting dan akan ditangani. Untuk menilai kekritisitas kegagalan, hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) juga akan diperiksa dengan menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA). Untuk menganalisa kekritisitas kegagalan setelah itu kemudian menentukan tindakan perawatan.

Berikut analisa hasil dari pemilihan tindakan dengan metode RCM:

1) Sensor COP (*Crankcase over pressure*)

Pada komponen sensor COP berdasarkan hasil pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan pemilihan tindakan berdasarkan *time directed*. Digunakan *time directed* karena sensor COP ketika ada gangguan yang dapat mengakibatkan tidak dapat mendeteksi tekanan berlebih di lokomotif dan akhirnya dapat membuat mesin disel mati serta lokomotif ikut mati juga.

2) Sensor LOP (*Low Oil Pressure*)

Pada komponen sensor LOP berdasarkan hasil pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan pemilihan tindakan berdasarkan *time directed*. Karena sensor LOP ketika ada gangguan yang dapat membuat lokomotif mati bila mana tekanan oli kurang dari standarnya.

3) Sensor LWP (*Low Water Pressure*)

Komponen LWP berdasarkan hasil penelitian dari pemilihan tindakan berdasarkan *time directed*. Sensor LWP digunakan untuk mendeksi tekanan air kurang dari standarnya yang pada akhirnya membuat lokomotif mati. Sehingga tindakantime directed sesuai dengan komponen sensor LWP.

4) Sistem bahan bakar

Komponen sistem bahan bakar berdasarkan hasil dari pemilihan tindakan yaitu *condition directed*. Oleh karena itu ketika sistem bahan bakar tidak dapat mengisi bahan bakar atau mengalami tersumbat untuk suplay bahan bakar dan membuat lokomotif mati. Sehingga perlu dilakukan perawatan secara langsung karena jika ditunda dapat menyebabkan lokomotif tidak dapat berangkat.

5) Rectifier Blower

Komponen rectifier blower sesuai dengan pemilihan tindakan yang dilakukan dengan *time directed* dimana jika terjadi kerusakan pada rectifier blower dapat membuat tekanan udara *platform* rendah (E126)

sehingga tidak bisa mendinginkan sistem. Maka dari itu, dipilih tindakan berdasarkan *time directed* yang perawatannya dilakukan berdasarkan waktu umur komponen kemudian dapat dilakukan perawatan secara langsung.

6) Traksi Motor

Traksi motor merupakan komponen yang berdasarkan hasil pemilihan tindakan dapat dilakukan secara *time directed* dimana komponen ini jika terjadi kerusakan dapat dilakukan tindakan secara langsung. Pemilihan tindakan ini dapat dilihat dari umur komponen baru dilakukan perawatan secara langsung.

7) Alternator

Alternator merupakan komponen yang berdasarkan hasil pemilihan tindakan dapat dilakukan secara *condition directed*. Alternator ini digunakan untuk mengubah putaran dari mesin diesel menjadi listrik yang ketika terjadi gangguan dilihat dari *condition directed* yang berarti ada pergantian komponen karena ada kabel yang putus.

8) Exciter

Exciter merupakan komponen yang berdasarkan hasil penelitian pemilihan tindakan perawatan secara *condition directed* dimana ketika komponen exciter mengalami gangguan kerusakan dapat diatasi secara langsung perawatan ataupun dilakukan pergantian komponen.