

ANALISA GANGGUAN MOTOR DC LOKOMOTIF DIESEL ELEKTRIK CC201

Titiek Suheta, Tjahja Odianto, Eryanto Setyono

Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

hita@itats.com, tjahjaodyanto@gmail.com, eryantosekyono@gmail.com

Abstrak-Pada permasalahan Lokomotif Diesel Elektrik CC201 adalah adanya gangguan motor DC yang terjadi pada lokomotif seri ini (Lokomotif Hilang Tenaga dan Lokomotif Lemah Tenaga) seperti halnya beberapa gangguan yang terjadi yakni, arus gangguan, tegangan jatuh, gagal transisi, *under voltage* dan keandalan *relay*. Keadaan lokomotif hilang tenaga tersebut membuat lokomotif ini mengalami gangguan pada kecepatannya yang mengakibatkan arus hubung singkat yang terjadi sebesar 237,6 A. berdasarkan analisisnya terdapat juga tegangan jatuh sebesar 26 V yang mengakibatkan perpindahan noth thortle 1 - 8 menjadi hilang tenaga. Pada permasalahan lokomotif gagal transisi atau lokomotif lemah tenaga Dikatakan lokomotif gagal transisi disini merupakan perpindahan noth 1-8, pada noth 1 = 797,28V (444 – 453 RPM), noth 2 = 932,8V (519 – 549 RPM), noth 3 = 1073,6V (605 – 636 RPM), noth 4 = 1214,4V (702 – 710 RPM), noth 5 = 1355,2V (778 – 808 RPM), noth 6 = 1496V (874 – 882 RPM), noth 7 = 1636,8V (905 – 968 RPM), noth 8 = 1777,6V (1045 – 1055 RPM) apabila dari nilai ini lebih dari 15% dari nilai normalnya maka kecepatan lokomotif akan mengalami gagal transisi.

Kata Kunci - Arus hubung singkat, tegangan jatuh, under voltage, keandalan relay, Electro motive force

Abstrac-On Diesel Electric Locomotive CC201 issue is the existence of DC motor disturbance that occurs to this locomotive series (Lost Locomotive Power and Weak Locomotive Power) as several disturbances that occur such as, noise current, voltage drop, transition failure, under voltage and relay reliability. The condition of locomotive lost power makes it experiencing disturbance at its speed resulting in short circuit current that occurs to 237.6 A. Based on the analysis, there is also a voltage drop of 26 V which resulted displacement noth throttle 1-8 become lost power. On the locomotive problem fails transition or locomotive weak energy, It is said locomotive failed transition here is displacement north 1-8, at noth 1 = 797,28V (444-453 RPM), noth 2 = 932,8V (519-549 RPM), noth 3 = 1015,2V (778-808 RPM), noth 6 = 1496V (874-882 RPM) noth 7 = 1636.8V (905-968 RPM), noth 8 = 1777.6V (1045-1055 RPM) if this value

is more than 15% of its normal value the locomotive speed will experience a transition failure.

Keywords - Short circuit, voltage drop, under voltage, relay reliability, Electro motive force.

I. Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu transportasi penting di Indonesia, dimana kereta api dapat mengangkut beban yang banyak dalam sekali pengangkutan dengan jarak tempuh yang jauh, sehingga peran kereta api sangat dibutuhkan oleh masyarakat atau kalangan sektor industri untuk dapat mendistribusikan barang dengan mudah. Dalam perjalanan mengangkut muatan barang atau penumpang tenaga mesin lokomotif mengalami penurunan kecepatan RPM yang disebabkan oleh faktor gangguan motor DC yang tertuju ke kontak *relay* pada panel listrik yang mengarah ke mesin diesel yaitu tidak dapat menaikkan Kecepatan dan lokomotif mengalami gagal transisi sehingga lokomotif mengalami penurunan tegangan dan bisa menyebabkan lokomotif tidak bekerja sempurna dalam beroperasi.

Dalam hal kontak *relay* lokomotif mengalami gangguan, sehingga kerja kontak *relay* tersebut terjadi gangguan. Tanda – tanda jika kontak *relay* mengalami gangguan yakni, ketika *relay* diberi aliran arus listrik pada gulungan *spull* atau *coil magnet relay*, kontak *relay* tersebut tidak bisa terhubung atau tertarik oleh medan magnet. Bisa diartikan *coil* atau gulungan *spull relay* terputus bisa juga delay dari *relay* tidak bekerja secara magnetis yang mengakibatkan terjadinya gangguan, gulungan *relay* maupun *coil relay* bisa saja menjadi hangus sehingga magnet untuk menarik kontak *relay* pun menjadi berkurang.

Cara penanganan jika kontak *relay* mengalami gangguan pertama cek *coil* atau gulungan *relainya* apakah pada kontak *relay* terdapat kotoran atau kerak atau bisa juga plat

pada kontak *relay* sudah lemah (bengkok), jika kontak *relay* mengalami kondisi seperti itu komponen bisa saja diperbaiki dengan cara membersihkan kerak pada plat yang mengalami gangguan. Kontak *relay* yang tidak dapat bekerja meskipun membersihkan daerah yang mengalami kerak pada plat *relay* lebih baik mengganti kontak *relay* yang baru agar arus listriknya lebih maksimal untuk bisa mengalir melewati kontak *relay*.

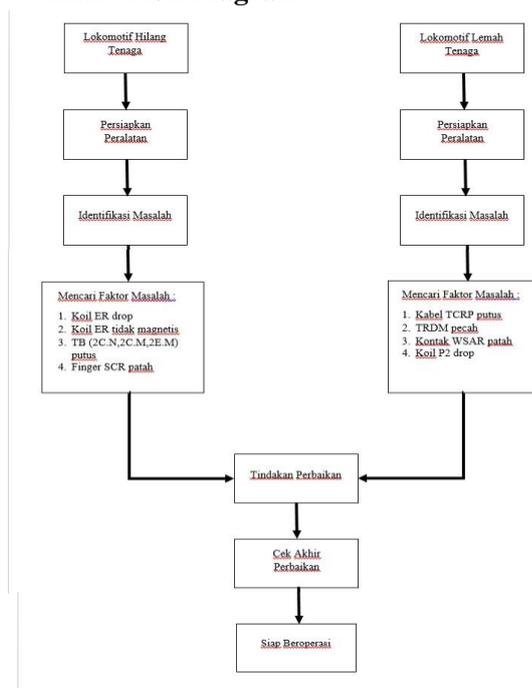
II. Metode Penelitian

2.1 Metode

2.1.1 Lokasi dan Waktu

Waktu penelitian dari tanggal 22 Januari 2018 sampai 5 Februari 2018 dengan lokasi penelitian di Dipo Lokomotif Sidotopo, Surabaya. Sifat penelitian menggunakan data sekunder yang dilakukan dan bekerjasama antara engineering.

2.1.2 Blok Diagram



Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian

2.2 Dasar Teori

Perhitungan hubung singkat adalah analisis suatu sistem tenaga listrik pada keadaan gangguan hubung singkat, dimana dengan cara ini diperoleh nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut. Gangguan hubung singkat dapat didefinisikan sebagai

gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan isolasi antara sesama kawat fasa dengan plat baja lokomotif yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan. Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun beroperasi.

Perhitungan tegangan pada motor traksi lokomotif diesel elektrik CC201 yang mengalami gagal transisi, dikatakan gagal transisi yakni, sebuah Dimana generator saat melakukan transisi kecepatan belum bisa melakukan pergantian noth hal ini ditandai dari perubahan fase awal ke fase yang baru, biasanya pada saat transisi kondisi ini belum stabil atau belum benar benar meninggalkan kondisi yang lama.

2.2.1 Gangguan Arus Hubung Singkat

Arus hubung pendek yang dihasilkan oleh gangguan dengan mengabaikan impedansi antara titik potensial yang berbeda dalam kondisi normal atau bisa juga gangguan impedansi yang sangat kecil mendekati nilai nol antara dua penghantar aktif yang dalam kondisi operasi normal berbeda potensial (*Short Circuit Current*).

a. Akibat Hubung Singkat

Disirkuit jaringan lain atau yang berdekatan dengan jaringan :

- Tegangan menurun Selama waktu gangguan yang bervariasi dari beberapa milidetik sampai dengan beberapa ratus milidetik.
- Mematikan sebagian jaringan.
- Ketidakstabilan dinamis dan rugi sinkronisasi mekanis.
- Gangguan kendali atau kontrol sirkuit.

Berikut persamaan arus hubung singkat, yakni :

$$V_a = I_a Z \dots\dots\dots (1)$$

Tegangan per fasa α dalam bentuk komponen simetris adalah :

$$Z I_a = E_a - (Z_1 + Z_2) \dots\dots\dots (2)$$

Arus gangguan adalah :

$$I_a = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (3)$$

2.2.2 Impedansi Penyulang Penghantar

Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke plat baja pada bagian boogie digunakan untuk keperluan menanggulangi penyetelan

relay gangguan fasa ke plat baja. Rumus yang dipakai dalam perhitungan arus gangguan hubung singkat gangguan fasa ke plat baja, pada jaringan tegangan menengah secara umum. Impedansi Z1 dan Z2 yang dihitung adalah nilai jarak penyulang penghantar pada panel listrik ke generator dan traksi motor sampai ke titik gangguan.

Berikut persamaannya :

$$\text{Impedansi Penyulang} = \text{Panjang Penyulang} \times Z \text{ Per KM} \dots\dots\dots (4)$$

Jika disimulasikan pada lokasi gangguan.

$$\text{Per} = 10\%, 50\%, 75\%, 100\% \times \text{Panjang Penyulang}$$

Pada nilai 10% - 100% disini adalah panjang kabel penghantar yang teraliri arus listrik dari generator menuju ke panel listrik dan arus yang masuk ke panel listrik akan disalurkan ke motor traksi.

2.2.3 Drop Voltage

Jatuh tegangan atau *drop voltage* merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.

Berikut persamaan yang dipakai :

$$\Delta t = I \times Z \dots\dots\dots (5)$$

Dalam pembahasan jatuh tegangan (Δt) adalah selisih antara tegangan keluar (V_1) dengan tegangan masuk (V_2), maka didefinisikan sebagai berikut :

$$\Delta t = (V_2) - (V_1) \dots\dots\dots (6)$$

Karena adanya resistansi pada penghantar, maka tegangan yang masuk (V_2) akan lebih kecil dari tegangan keluar (V_1), sehingga tegangan jatuh (V_{drop}). Tegangan jatuh relative dinamakan *drop regulator* V_r (*Voltage Regulator*) dengan persamaan berikut :

$$V_r = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- Δt = Tegangan Jatuh
- V_2 = Tegangan Keluar
- V_1 = Tegangan Masuk
- V_r = Voltage regulator

2.2.4 Keandalan Relay

Lokomotif diesel elektrik saat mengalami maintenance dapat dilakukan jika lokomotif tersebut beroperasi dan menempuh jarak yang mampu mengakibatkan lokomotif melakukan pengecekan rutin dan perbaikan di bengkel dipo lokomotif, adapun beberapa cara pemeliharaan maintenance dari jarak beroperasinya :

- Pemeliharaan harian setelah lok selesai dinas. (A)
- Pemeliharaan 1 bulanan : 25.000km (B)
- Pemeliharaan 3 bulanan : 75.000 km (C)
- Pemeliharaan 6 bulanan : 150.000 km (D)
- Pemeliharaan 12 bulanan : 300.000 km (E)
- Pemeliharaan SPA : 400.000 km (F)
- Pemeliharaan PA : 800.000 km (G)

Keterangan : Berdasarkan intruksi DIRTEK – DIROP

Nomor : 1/TM.211/KA-98,TGL: 30-3-98,

Keandalan relay bisa dihitung dengan jumlah relay bekerja atau mengamankan daerahnya terhadap jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan relay dikatakan cukup baik apabila mempunyai harga : 90 – 90%.

$$\text{Keandalan relay} = \frac{R_s}{R_g} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- R_s = Relay sempurna
- R_g = Relay gangguan

2.2.5 Gagal Transisi

Dimana generator saat melakukan transisi kecepatan belum bisa melakukan pergantian noth hal ini ditandai dari perubahan fase awal ke fase yang baru, biasanya pada saat transisi kondisi ini belum stabil atau belum benar benar meninggalkan kondisi yang lama.

Berikt persamaannya :

$$E = c n \phi \dots\dots\dots (9)$$

$$\phi = f \times (I_f) \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- E = Electro motive force
- c = Konstanta
- n = Kecepatan
- ϕ = Pole flux
- I_f = Field current

2.2.6 Under Voltage

Penyebab gangguan ini bisa terjadi akibat ada perangkat dengan motor yang sudah terlalu panas (*overheating*). Under voltage pada mesin diesel adalah sebagai perlindungan

untuk *mendisconnect* mesin diesel atau generator pada voltase sistem rendah supaya mencegah masalah dengan arus yang masuk pada tegangan sistem pemulihan. Fase tunggal terhubung pada fasa-fasa yang digunakan untuk mesin asinkron, sedangkan pengukuran positif tegangan digunakan untuk mesin sinkron

$$t = \frac{K}{1 - \frac{V}{V_s}} \times T_{ms} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

- t = waktu
- V = tegangan sumber
- K = Konstanta
- V_{drop} = Tegangan under voltage
- T_{ms} = Time multiple setting

Sebelum mengetahui hasil *under voltage* disini nilai dari T_{ms} belum diketahui, maka persamaan untuk mencari T_{ms} adalah :

$$t = \frac{0,14 TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots (12)$$

$$I_{set} = I \times I_b \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

- t = Waktu
- I_{fault} = Arus hubung singkat
- I_{set} = Nilai setelan arus (ampere)
- I_b = Arus beban
- I = Arus awal

2.2.7 Time Setting Delay

Kecepatan bereaksi dari relay adalah saat relay mulai merasakan adanya gangguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan circuit breaker (C.B), karena komando dari relay tersebut. Waktu bereaksi ini harus diusahakan secepat mungkin sehingga dapat menghindari dari kerusakan pada kontak relay serta membatasi daerah yang mengalami gangguan atausistem kerjanya abnormal.

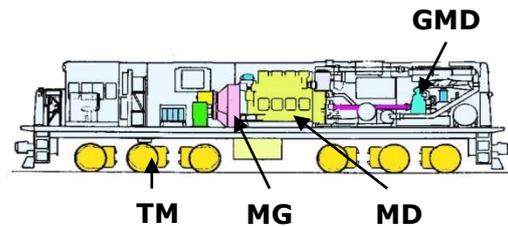
persamaan :

$$t_{set} = \Delta t + t \dots\dots\dots (14)$$

dimana :

- Δt = waktu tunda (Time Delay)
- t = setting waktu

2.2.8 Lokomotif Diesel elektrik CC201



Gambar 2.1 bagan lokomotif diesel elektrik CC201

Sumber :

PT. KERETA API INDONESIA BALAI
 PENDIDIKAN DAN LATIHAN TRAKSI

2.2.8.1 Main Generator

Generator utama pada lokomotif diesel elektrik berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik yang diperlukan untuk menggerakkan roda lokomotif. Generator ini digerakan oleh sebuah motor diesel yang terkopel dengan poros generator. Pada saat start, generator utama berfungsi sebagai motor start, dengan arus listrik yang diperoleh dari baterai. Generator ini mempunyai gulungan start yang memungkinkan berjalan sebagai motor seri. Generator pada lokomotif dibantu oleh *exiter generator* berfungsi mengendalikan besarnya tenaga listrik yang keluar dari generator utama sesuai kebutuhan motor traksi. Besarnya tegangan output generator exiter diatur dengan mengubah arus penguat dari baterai melalui gagang tenaga serta dengan mengatur putaran mesin. Kemudian penguat differensial berfungsi untuk mengurangi arus yang keluar dari generator exiter. Dan *auxiliary generator* Generator bantu berfungsi untuk memberikan tenaga listrik bagi peralatan bantu lokomotif seperti lampu-lampu penerangan, lampu isyarat, untuk pengisian baterai lokomotif, serta peralatan control lainnya. Untuk menjaga kestabilan tegangan output dari generator bantu, dipasang suatu regulator tegangan 72 V, agar peralatan control bekerja dengan normal sehingga tidak terjadi kelebihan tegangan.

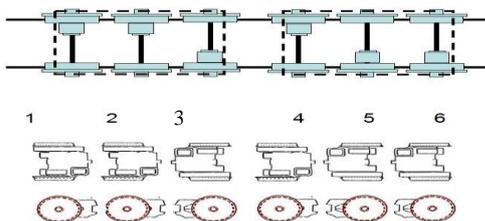
2.2.8.2 Mesin Diesel

Sumber listrik pada peralatan kelistrikan lokomotif diambil dari generator utama. Karena generator terpasang pada lokomotif sehingga selalu dibawa kemana - mana, maka sebagai

penggerak generator diperoleh dari mesin yang juga selalu mengikutinya yaitu mesin diesel dengan tenaga tinggi. Pada masalah ini mesin diesel tidak dibahas mendalam.

2.2.8.3 Traksi Motor

Motor traksi merupakan motor yang digunakan untuk menggerakkan roda lokomotif. Motor traksi berjenis motor DC (*direct current*) dengan belitan seri, 4 kutub ditambah kutub komutasi. Susunan roda dari traksi motor agar lokomotif bisa bergerak FORWARD atau REVERSE.



Gambar 2.2 tata letak roda taksi motor pada lokomotif

Sumber : BALAI DIKLAT PENDIDIKAN TEKNIK TRAKSI YOGYAKARTA

Pada susunan roda traksi motor pertama arahnya ke kanan, roda pada traksi motor kedua, dan keempat sama seperti bagian pertama arahnya mengarah ke kanan. Tetapi berbeda dengan roda traksi motor urutan ketiga, kelima, dan keenam arahnya mengarah ke kiri hal ini lah yang mengakibatkan lokomotif bisa digerakkan ke arah FORWARD (maju) dan REVERSE (mundur).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Plat Baja, tegangan drop, dan Keandalan Relay (Lokomotif Hilang Tenga)

Pada tabel 3.1 merupakan data pada *main generator* saat terjadinya arus hubung singkat bisa kita lihat pada tabel ini nilai arus hubung singkat pada panel listrik sebesar 237,6A nilai ini terlalu tinggi untuk kapasitas panel listrik lokomotif itu sendiri arus yang mengalir maksimal 200A. sedangkan *relay* yang mengoperasikan *main generator* ke traksi motor ialah kontak *relay* SCR dan ER saja yang ada pada data table.

Data 3.1 Tabel Arus Hubung Singkat Lokomotif

No	Nama	Relay	X _L	I _f	V _a	E _a	Beban	V _{drop}
1	SCR	400Ω	420	237,6A	1497 V	1500	1,3A	26 V
2	ER	475Ω	490		1495 V	1500	1,3A	

Jadi hasil dari perhitungan data 3.1 diatas yakni arus gangguan pada panel listrik untuk gangguan generator sebesar 237,6 A dan arus max yang mengalir pada panel listrik sebesar 200 A. Maka arus gangguan sebesar 237,6 – 200 = 37,6 A. Untuk V_{drop} yang dialami generator sebesar 26 V yang mengakibatkan kecepatannya bisa menurun.

Tabel 3.11 Relay lokomotif SCR dan ER

No	KR	MC	Jarak	S	TS
1	SCR	Bulan 1	25.000Km	140x	142x
		Bulan 3	75.000Km	172x	180x
		Bulan 6	150.000Km	340x	400x
		Bulan 12	300.000Km	420x	500x
2	ER	Bulan 1	25.000Km	150x	172x
		Bulan 3	75.000Km	182x	220xx
		Bulan 6	150.000Km	400x	500x
		Bulan 12	300.000Km	700x	920x

Jadi pada tabel 3.2 diatas untuk *relay* SCR keadaan sangat baik pada maintenance bulan 1 yakni 98,59%, bulan 3 95,55%, bulan 6 85% dan paling rendah pada maintenance bulan 12 yakni 84% angka ini bisa dibilang kontak *relay* SCR diatas belum menyentuh ke angka 50 %. *Relay* ER keadaan sangat baik pada maintenance bulan 1 yakni 87,20%, bulan 3 82,72%, bulan 6 80% dan paling rendah pada maintenance bulan 12 yakni 76,08% angka ini bisa dibilang kontak *relay* ER diatas belum menyentuh ke angka 50 %.

3.2 Gangguan Lokomotif Gagal Transisi, Under Voltage, Time Setting Delay (Lokomotif Lemah Tenaga)

Data 3.3 Tegangan Lokomotif Lemah
 Tenaga

No	Throttle	ϕ	c	V
1	1	2,2	0,8	797,28V
2	2			932,8V
3	3			1073,6V
4	4			1214,4V
5	5			1355,2V
6	6	2,2	0,8	1496V
7	7			1636,8V
8	8			1777,6V

Jadi pada tabel 3.3 diatas Dikatakan lokomotif gagal transisi disini merupakan perpindahan tegangan trottle 1-8 dimana pada pergantian ini jika tegangannya masih sama kecepatan lokomotif tidak akan berubah, pada noth 1 = 797,28 V(444 – 453 RPM), noth 2 = 932,8 V(519 – 549 RPM), noth 3 = 1073,6 V(605 – 636 RPM), noth 4 = 1214,4 V(702 – 710 RPM), noth 5 = 1355,2 V(778 – 808 RPM), noth 6 = 1496 V(874 – 882 RPM), noth 7 = 1636,8 V(905 – 968 RPM), noth 8 = 1777,6 V(1045 – 1055 RPM).

Tabel 3.4 Time Delay Kontaktor Pada
 Pergantian Noth Trottle

Kontaktor	(\square t)	T	Relay	Hasil	Error
1	0,4	3	3,4	2,6	11%
2	0,3	3	2,3	2,7	12%
3	0,4	3	2,4	2,6	14%
4	0,3	3	1,3	2,7	19%
5	0,2	3	1,2	2,8	14%
6	0,5	3	2,5	2,5	17%

Bisa dilihat dari perhitungan diatas merupakan hasil dari *time delay relay* saat kontak *relay* bekerja saat pergantian noth thortle. Waktu pada saat bekerja ditentukan t = 3 dan hasilnya merupakan hasil pada saat kontakor bekerja untuk pergantian noth, yakni (kontaktor 1 = 2,6 sec, kontaktor 2 = 2,7 sec, kontaktor 3 = 2,6 sec, kontaktor 4 = 2,7sec, kontaktor 5 = 2,8 sec, kontaktor 6 = 2,5 sec). Dimana hasil ini merupakan transisi lokomotif untuk menjalankan traksi motor.

IV. Kesimpulan

Pada Analisa gangguan yang telah dilakukan ini didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Arus hubung singkat dari generator utama menuju ke panel listrik sebesar 237,6A.
2. Tegangan yang akan disalurkan ke traksi motor dari generator utama mengalami tegangan Drop sebesar 26V, mengakibatkan putaran kecepatan traksi motor lemah.
3. Perubahan transisi pada lokomotif dipengaruhi oleh tegangan pada trottle tidak dapat berpindah atau masih tetap dengan keadaan semula.
4. Delay pada kontaktor saat pergantian trottle dinaikkan atau pengurangan rata – rata waktu $\pm < 3$ sec.

Daftar pustaka

- [1] Sarwono. BALAI DIKLAT PENDIDIKAN TEKNIK TRAKSI YOGYAKARTA. 2014.
- [2] Suhardadi. PT. KERETA API (PERSERO) DIVISI PELATIHAN. MESIN DIESEL. 2004.
- [3] Kundari. PT. KERETA API (persero) divisi Balai Pelatihan Teknik Traksi. 2003.
- [4] Sutarjo. S.IP. PT. KERETA API INDONESIA BALAI PENDIDIKAN DAN LATIHAN TRAKSI. 2000.