

ANALISIS KAPASITAS DAYA GARDU TRAKSI TERHADAP KEBUTUHAN KRL JALUR PASAR MINGGU-LENTENG AGUNG

Eri Suherman¹, Hario Utama Amri²

¹Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

Abstrak

Sistem elektrifikasi pada KRL mengalirkan energi listrik ke lokomotif kereta dan beberapa unit gerbong lainnya sehingga kereta tersebut dapat berjalan. Setiap tahunnya penumpang KRL terus bertambah, sehingga jumlah KRL yang harus beroperasi juga ikut bertambah. Penambahan jumlah KRL ini harus diimbangi dengan penambahan kapasitas daya gardu traksi yang berfungsi untuk mensuplai daya listrik ke KRL.. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan penggunaan daya KRL saat dilintas dengan daya yang dihasilkan dari gardu traksi guna meningkatkan efisiensi kinerja KRL dan mengurangi terjadinya gangguan saat dilintas. Diperoleh hasil perhitungan , total daya yang digunakan pada motor traksi seri Tokyu 8000/8500 SF 12 sebesar 4.568 KW. Jumlah daya tersebut lebih besar dari pada daya eksiting pada gardu traksi Pasar Minggu dan Gardu traksi Lenteng Agung yang sebesar 3.919 KW. Gardu traksi masih mencukupi untuk suplai kebutuhan daya motor traksi, tetapi gardu traksi hanya sanggup menyuplai beban lebih selama 2 jam. Sehingga disarankan untuk menambah kapasitas gardu traksi agar dapat menyuplai daya motor traksi secara kontinu/terus menerus. Gardu traksi di Tanjung Barat masih cukup karena memiliki daya 4.892 KW untuk menyuplai kebutuhan daya motor traksi yang sebesar 4.568 KW.

Kata Kunci: KRL, Gardu Traksi, Motor Traksi

1. PENDAHULUAN

Kereta rel listrik atau KRL merupakan salah satu moda transportasi favorit masyarakat. KRL memiliki beberapa kelebihan, diantaranya dapat mengangkut penumpang dalam jumlah besar, memiliki letak stasiun strategis yang berada di pusat kegiatan masyarakat Jabodetabek dan terhindar dari masalah kemacetan yang dapat terjadi apabila menggunakan moda transportasi lain seperti bis dan mobil. Dengan beberapa kelebihannya ini serta pertumbuhan wilayah Jabodetabek yang sangat pesat, menyebabkan jumlah penumpang KRL mengalami peningkatan setiap tahunnya, sehingga jumlah armada KRL yang beroperasi juga harus ditambah. Penambahan jumlah KRL ini harus diimbangi dengan penambahan kapasitas daya gardu traksi yang berfungsi untuk mensuplai daya listrik ke KRL.

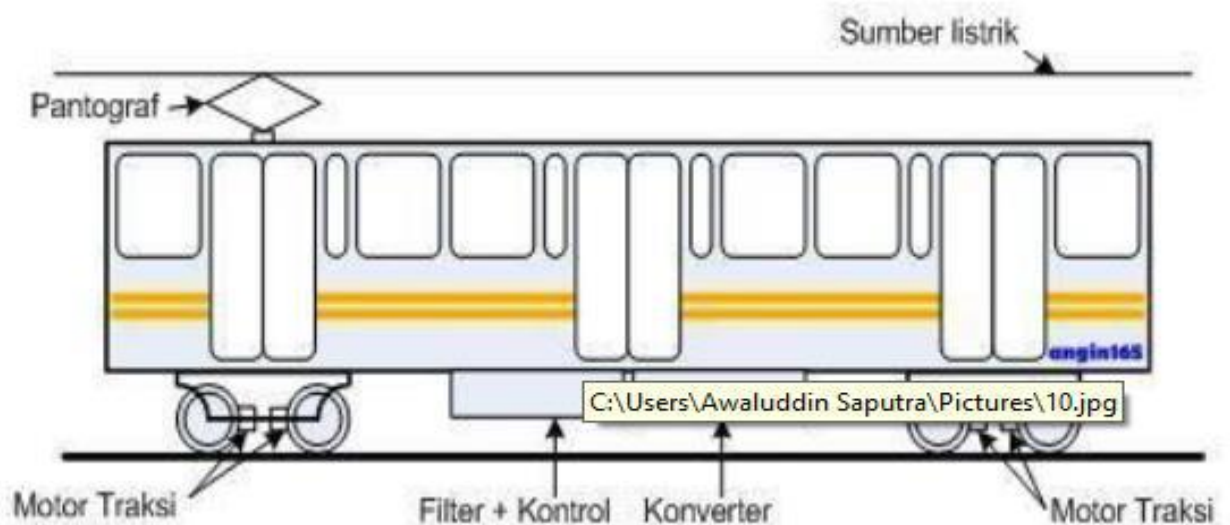
Kereta Rel Listrik (KRL) komuter saat ini telah beroperasi di wilayah Jabodetabek dengan daya listrik yang diperoleh dari 52 gardu traksi yang tersebar di seluruh Jabodetabek dengan total daya 265.945 kVA, yang digunakan sebagai suplai ke 81 dari 89 rangkaian sarana KRL abodetabek. Jurnal Perkeretaapian Indonesia Volume II Nomor 1 Maret 2018 ISSN 2550-1127 77 Data pertumbuhan Penumpang KRL Tahun 2017 Data PT KAI Commuter Indonesia menyebutkan bahwa pengguna commuter line pada Januari 2017 rata – rata mencapai 806.168 per hari, dengan 1015 perjalanan sehingga terjadi penumpukan penumpang di Stasiun. Pada Desember 2017 pengguna commuter line meningkat hingga 937.390 perhari. Jumlah penumpang KRL

meningkat sebesar 16,3 persen sepanjang tahun 2017.. Pasar Minggu –Lenteng Agung merupakan lintas padat perjalanan KRL pada jam sibuk (peak hour) pagi dan sore .. Sehingga perlu diperhitungkan daya dukung Gardunya

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kereta Rel Listrik (KRL)

KRL atau Kereta Rel Listrik yang merupakan armada untuk mengangkut penumpang yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Dimana operasional KRL bersifat mandiri dan tidak memerlukan lokomotif penarik sebagai penggerakannya. KRL merupakan kereta yang bergerak berdasarkan sistem elektrifikasi. Sistem elektrifikasi pada KRL mengalirkan energi listrik ke lokomotif kereta dan beberapa unit gerbong lainnya sehingga kereta tersebut dapat berjalan. KRL merupakan sarana perkeretaapian yang mempunyai penggerak sendiri berupa traksi motor yang dipasang pada setiap as roda melalui *gear box* pada kereta MC (*Motor Car*) menggunakan sumber tenaga listrik. Daya listrik yang dibutuhkan KRL ini akan disuplai dari sebuah gardu traksi menggunakan kawat konduktor yang membentang di bagian atas sepanjang rute KRL tersebut yang disebut dengan sistem *Catenary* atau LAA (Listrik Aliran Atas). Untuk menyalurkan sumber listrik ke KRL digunakan piranti bernama *pantograf*. *Pantograf* digunakan sebagai aliran listrik KRL menuju konverter yang dihubungkan ke motor traksi sehingga KRL dapat bergerak. . Kereta Rel Listrik itu sendiri menggunakan 1500 VDC sebagai tegangan kerjanya dengan suplai dari PLN sebesar 20 KVAC yang selanjutnya akan mengalami beberapa proses menuju tegangan kerja DC.



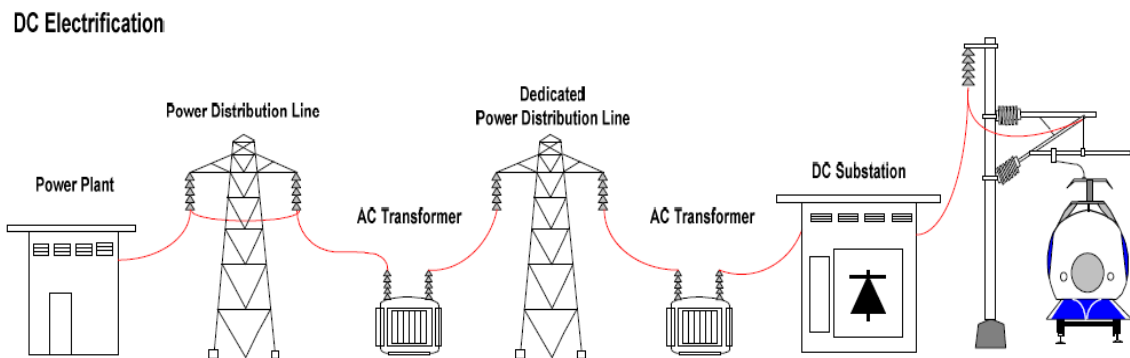
Gambar 1. Kereta Rel Listrik

KRL merupakan kereta pengangkut penumpang yang mempunyai penggerak sendiri maka susunan perlengkapannya harus terdiri atas :

- a.. Rangka dasar dan badan
- b. Fasilitas untuk pelayanan penumpang
- c. Perangkat penggerak
- d. Perlengkapan kontrol
- e. Perangkat perangkai
- f. Peralatan keselamatan dan keamanan operasi kereta api.

2.2. Jaringan LAA (Listrik Aliran Atas)

Jaringan Listrik Aliran Atas atau yang sering di sebut Jaringan LAA adalah suatu sistem jaringan yang terdiri dari Gardu Listrik dan Jaringan Listrik Aliran Atas yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sumber menuju beban, dalam hal ini yang dimaksud dengan beban adalah Kereta Rel Listrik (KRL). Sistem elektrifikasi untuk operasi KRL di Jabotabek memakai sistem elektrifikasi 1500 VDC menggunakan sistem penyulangan Jaringan Listrik Aliran Atas. Sistem penyulangan ini memiliki ciri, yaitu dibangunnya tiang-tiang penyangga dan dibentangkannya kawat kontak, yang disebut *trolley wire*, dan kawat-kawat pendukung lainnya yang membentuk suatu kesatuan untuk menyalurkan arus listrik dari gardu ke KRL. Sistem penyulangan jaringan listrik aliran atas disebut juga Saluran atas, yaitu prasarana yang disiapkan untuk mendistribusikan atau meneruskan arus searah (DC) dari gardu listrik (gardu traksi) ke KRL. Selain berfungsi sebagai media penyulang daya untuk KRL, saluran atas juga mempunyai suatu sistem distribusi daya, yang dikenal dengan sistem distribusi 6 KV (*Power Distribution Line*) yang digunakan untuk keperluan pensinyalan, telekomunikasi, penerangan stasiun, dan pintu-pintu perlintasan. Untuk mengetahui secara umum proses penyaluran daya listrik pada KRL, dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 2 Sistem Transmisi Daya ke KRL.

Power plant adalah bagian yang menghasilkan sumber energi listrik. Tenaga listrik ini akan disalurkan melalui saluran transmisi yaitu *power distribution line*. Dalam penyaluran ini ada dua proses perubahan tegangan yaitu pada *Power distribution line* tegangan akan dinaikan menggunakan trafo step up menjadi (150 KV - 500 KV), setelah di transmisikan dan mendekati beban tegangan di turunkan dengan trafo *step down* menjadi (20 KVAC). Tegangan *incoming* pada *DC substation* adalah 20 KVAC dan akan diturunkan menjadi 1200 VAC oleh transformator *step down* yang kemudian dikonversi dari tegangan AC menjadi DC dengan menggunakan *Silicon Rectifier*, dari proses ini maka didapat tegangan 1500 VDC. Tegangan ini yang nantinya akan digunakan untuk suplai ke KRL. Komposisi Jaringan Listrik Aliran Atas dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelompok, yaitu:

1. Sistem Penyulangan (*Feeder System*), terdiri dari:
2. Kawat kontak aliran Atas (*Overhead Contact Wire*)
3. Kelengkapan Pendukung (*Supporting Facility*) :
4. Kelengkapan Pengaman (*Protection Facility*) :

2.3. Gardu Lisrik Aliran Atas

Sistem elektrifikasi pada pengoperasian KRL di Indonesia adalah sistem tegangan DC (*Dirrect Current*) 1500 VDC. Salah satu peralatan pada sistem elektrifikasi adalah Gardu Listrik Aliran Atas, Gardu listrik adalah sebuah Gardu yang dipakai untuk menyuplai daya ke jaringan catenary sebagai suplai ke KRL. Suplai utama Gardu listrik ini berasal dari PLN sebagai salah satu perusahaan penyedia tenaga listrik di Indonesia. Tegangan yang disalurkan dari PLN adalah 20 KVAC kemudian akan di rubah menjadi tegangan 1500 VDC pada keluaran Gardu listrik tersebut untuk di konsumsi oleh KRL.

2.4. Kapasitas Daya Pada Gardu Traksi

Perhitungan kapasitas daya listrik pada gardu traksi KRL dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris. Untuk mencari beban maksimum dalam satuan KW pada gardu traksi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Y = C \times D \times (60/H) \times P \times (W/1000) \text{ (kW)} \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Beban maksimum dalam satuan KW.

C = Susunan rangkaian (set).

D = Jarak pengisian gardu traksi (km).

H = Headway (menit).

N = Jenis jalur 2 (*Double Track*), 1 (*Single Track*).

P = Rasio konsumsi kereta (50 KWH/1000 ton km).

W = Berat total KRL ditambah berat total penumpang (kapasitas 200%) dengan asumsi rata – rata berat penumpang 60 kg/orang.

Untuk mencari arus maksimum, maka rumus yang akan digunakan seperti dibawah :

$$I_m = \text{Total Daya/Teg Nominal} \quad (2)$$

Untuk mencari beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum maka rumus yang digunakan seperti berikut :

$$Z = 1,5 \text{ kW} \times 2I_m(1-\alpha) \text{ (kW)} \quad (3)$$

Untuk mencari beban yang dibutuhkan KRL berdasarkan arus maksimum pada motor traksi, maka rumus yang akan digunakan seperti berikut :

$$Z_n = Z/2.5 \quad (4)$$

Keterangan :

Z = Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum (KW).

Z_n = Beban yang dibutuhkan (KW).

I_m = Arus maksimum KRL (Ampere).

α = Rasio pembagian arus, akan digunakan 0,08.

3. METODOLOGI

Tempat yang dipilih untuk melakukan penelitian ini adalah PT. KAI RESOR Listrik Aliran Atas 1.11 yang berada dilokasi Pasar Minggu Jakarta Selatan.

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan. Data tersebut meliputi berat total KRL, Headway perjalanan KRL, jarak pengisian antar gardu traksi, dan konsumsi daya motor traksi lintas Pasar Minggu-Lenteng Agung, spesifikasi teknik gardu traksi dan grafik perjalanan kereta api lintas Pasar Minggu - Lenteng Agung tahun 2019 (GAPEKA 2019). Terdapat beberapa metode dalam penelitian penggunaan daya pada KRL, antara lain :

3.1.1 Penelusuran Literatur

Metode yang dilakukan pada tahap ini adalah pengumpulan data-data yang dibutuhkan mengenai KRL dengan cara mencari referensi dari sumber yang akurat.

3.1.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan kunjungan dan survey secara langsung ke PT. KAI DAOP 1 Unit Listrik Aliran Atas untuk memperoleh data-data terkait gardu traksi yang diperlukan. Data tersebut terkait gardu traksi yaitu lokasi gardu traksi, jarak antar gardu traksi, dan kapasitas daya gardu traksi eksiting (daya tersedia). Untuk memperoleh data-data terkait KRL dilakukan dengan kunjungan dan survey secara langsung ke PT. KAI Unit DEPO KRL. Data-data yang dibutuhkan terkait KRL yaitu jenis KRL, berat total KRL, kebutuhan daya motor traksi dan grafik perjalanan kereta api 2019 (GAPEKA 2019).

3.1.3 Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi terhadap Kebutuhan KRL

Metode ini digunakan untuk menganalisis seberapa besar kondisi aktual pemakaian kapasitas gardu traksi. Jenis KRL yang digunakan dalam perhitungan dengan menggunakan KRL yang memiliki konsumsi daya dan berat KRL terbesar untuk melihat kondisi pembebanan maksimum gardu traksi. Kemudian diperoleh hasil kapasitas daya gardu traksi hasil perhitungan (daya yang terpakai) (rumus 2-1). Dari hasil perhitungan, maka akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui apakah kapasitas daya gardu traksi eksiting (daya tersedia) masih mencukupi untuk mensuplai kebutuhan konsumsi daya terpakai hasil perhitungan.

3.1.4 Analisis Data

Dalam analisis ini mengamati data hasil perhitungan kapasitas daya gardu traksi terhadap kebutuhan KRL. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan apakah kapasitas daya gardu traksi eksiting (daya tersedia) masih mencukupi untuk mensuplai kebutuhan daya terpakai hasil perhitungan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan rumus-rumus di atas dilakukan perhitungan dengan hasil sebagai berikut pada tabel 1 dan 2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diatas dengan menggunakan rumus pendekatan empiris, daya yang diperlukan masih dapat dipenuhi dari kapasitas gardu yang sudah tersedia. Beban puncak sesaat berdasarkan perhitungan juga masih dapat diterima gardu karena daya yang digunakan tersebut hanya sesaat (saat start awal) tidak dalam jangka waktu yang lama

Tabel 1 Perbandingan Daya Eksiting, Daya yang dibutuhkan Berdasarkan Perhitungan

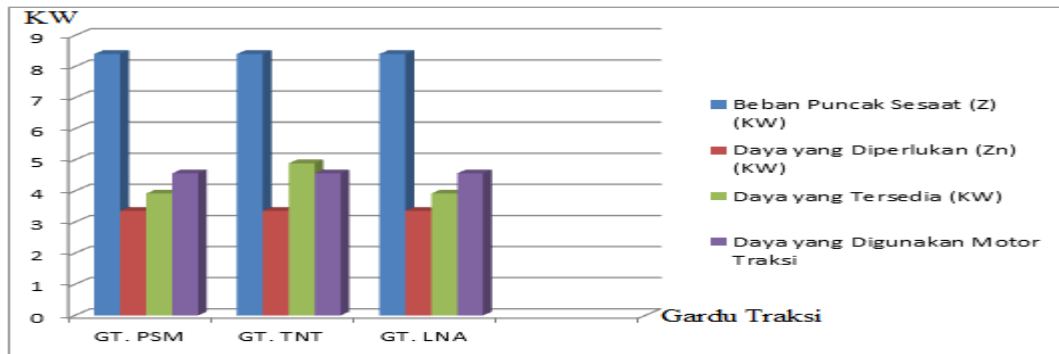
NO.	Lokasi Gardu Traksi	Jarak Pengisian D (Km)	Beban Maksimum Y (kW)	Beban Puncak sesaat Z (kW)	Daya yang Diperlukan Zn (kW)	Daya yang tersedia (kW)	Keterangan
Headway 5 menit GAPEKA 2019							
1	Pasar Minggu	3,332	27,320	8.405	3.362	3.919	Cukup
2	Tanjung Barat	2,7075	22,199	8.405	3.362	4.892	Cukup
3	Lenteng Agung	1,723	14,127	8.405	3.362	3.919	Cukup
Headway 5 menit GAPEKA 2019							
4	Pasar Minggu	3,332	45,553	8.405	3.362	3.919	Cukup
5	Tanjung Barat	2,7075	36,999	8.405	3.362	4.892	Cukup
6	Lenteng Agung	1,723	23,545	8.405	3.362	3.919	Cukup

Berdasarkan perhitungan total penggunaan daya pada motor traksi seri Tokyu 8000/8500 SF 12, kebutuhan daya yang diperlukan melebihi kapasitas daya tersedia dari gardu traksi pasar minggu dan lenteng agung. Gardu masih dapat menanggung beban lebih tetapi hanya dalam waktu 2 jam. Karena gardu traksi hanya dapat menahan beban lebih pada beberapa kondisi dari kapasitas 100% (terbatas dengan waktu).

Tabel 2 Perbandingan Konsumsi Daya Motor Traksi dengan Daya yang Tersedia dari Gardu Traksi

No	Lokasi Gardu Traksi	Daya yang Digunakan Motor Traksi (KW)	Daya yang Tersedia dari Gardu (KW)	Selisih Beban Lebih	Keterangan
1	Pasar Minggu	4.568	3.919	- 649	Cukup 2 jam
2	Tanjung Barat	4.568	4.892	324	Cukup
3	Lenteng Agung	4.568	3.919	- 649	Cukup 2 jam

Dari gambar 3 grafik di bawah dapat dilihat bahwa beban puncak sesaat (Z) berdasarkan perhitungan menggunakan rumus empiris mencapai 8.405 KW. Jumlah ini masih dapat diterima setiap gardu traksi lintas pasar minggu – lenteng agung karena beban puncak hanya terjadi dalam waktu sesaat (untuk start awal). Perhitungan berdasarkan rumus empiris untuk daya yang diperlukan (Zn) masih dibawah besar kapasitas setiap gardu traksi karena daya yang diperlukan berdasarkan perhitungan sebesar 3.362 KW. Jumlah daya yang digunakan motor traksi sebesar 4.568 KW. Jumlah ini melebihi dari kapasitas gardu traksi pasar minggu dan lenteng agung dengan selisih beban lebih 649 KW. Untuk gardu traksi tanjung barat daya yang tersedia masih mencukupi kebutuhan daya dari motor traksi



Gambar 3 Grafik Perbandingan Penggunaan Daya Berdasarkan Perhitungan Empiris, Daya Motor Traksi dengan Daya Tersedia dari Gardu Traksi

5. KESIMPULAN

1. Beban puncak dalam satuan KW pada gardu traksi Pasar Minggu, Tanjung Barat dan Lenteng Agung masih mencukupi bila dibandingkan antara kapasitas daya gardu traksi dengan daya maksimum dalam satuan KW (Y).
2. Perbandingan daya pada beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum ($Z = 8.405$ KW) pada gardu traksi tidak mencukupi karena daya pada beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum hampir dua kali lipat dari pada daya eksiting (daya tersedia) dari setiap gardu traksi Pasar Minggu (3.919 KW), Tanjung Barat (4.892 KW) dan Lenteng Agung (3.919 KW).
3. Total daya yang digunakan pada motor traksi seri Tokyu 8000/8500 SF 12 sebesar 4.568 KW. Jumlah daya tersebut lebih besar dari pada daya eksiting pada gardu traksi Pasar Minggu dan Gardu traksi Lenteng Agung yang sebesar 3.919 KW. Gardu traksi masih mencukupi untuk suplai kebutuhan daya motor traksi, tetapi gardu traksi hanya sanggup menyuplai beban lebih selama 2 jam. Sehingga disarankan untuk menambah kapasitas gardu traksi agar dapat menyuplai daya motor traksi secara kontinu/terus menerus. Gardu traksi di Tanjung Barat masih cukup karena memiliki daya 4.892 KW untuk menyuplai kebutuhan daya motor traksi yang sebesar 4.568 KW.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akhwan, Ava Rizkinda Putri, Catur Wicaksono. Maret 2018. *Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji Pada Pengoprasian Kereta Bandara Soekarno-Hatta*. Jurnal Perkeretaapian Indonesia Volume II Nomor 1. API Madiun.
2. Awaludin saputra. Juli 2019. *Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Manggarai*. Journal Of Electrical Power, Instrumentation and Control (EPIC). Universitas Pamulang.
3. Dwiatmoko, H. 2016. *Pengujian Fasilitas Operasi Kereta Api*. Jakarta :
4. Muhammad Sadikin, Untung Yudho Prakoso. April 2018. *Sistem Propulsi Pada Kereta Rel Listrik di Depo KRL Depok*. Jurnal Fakultas Teknik Elektro. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon Banten :
5. Morlock, E. K. 1985. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga. Jakarta