

Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi pada Kereta Rel Listrik

MOCHAMAD RAYSAL ALVANTRA MISBAHUDIN^{1*}, DINI FAUZIAH¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : raysalalvntr@gmail.com

Received 10 02 2023 | *Revised* 17 02 2023 | *Accepted* 17 02 2023

ABSTRAK

Seiring berkembangnya zaman pergerakan dari satu kota ke kota yang lain sangatlah cepat. Oleh karena itu, diperlukan suatu transportasi yang dapat memudahkan aktifitas masyarakat setiap hari salah satunya yaitu Kereta Rel Listrik atau KRL. Kereta Rel Listrik adalah 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. Parameter kemampuan daya dukung gardu diukur berdasarkan perbandingan beban arus maksimum dan beban headway. Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas rectifier 2354,88 kW dan kapasitas transformator 2943,54 kVA pada semua jenis parameter. Dengan kapasitas rectifier yang terpakai sebesar 78% dan transformator sebesar 86%. Hal ini menyebabkan kapasitas rectifier dan transformator tidak mampu menyuplai daya untuk pengoperasian Kereta Rel Listrik.

Kata Kunci: Kereta rel listrik, Rectifier, Transformator, Headway, Arus maksimum

ABSTRACT

As the times progressed, the movement from one city to another was very fast. Therefore, we need a transportation that can facilitate people's daily activities, one of which is the Electric Rail Train or KRL. Electric Rail Train is a railway facility that has its own propulsion in the form of a traction motor mounted on each axle through a gear box on an MC train (motor car) using an electric power source. The parameters of the bearing capacity of the substation are measured based on the ratio of the maximum current load and headway load. The calculation results show the required capacity with a rectifier capacity of 2354.88 kW and a transformer capacity of 2943.54 kVA on all types of parameters. With the rectifier capacity used is 78% and the transformer is 86%. This causes the capacity of the rectifier and transformer to be unable to supply power for the operation of the Electric Rail Train.

Keywords: *Electric rail train, Rectifier, Transformator, Headway, Maximum current*

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, pergerakan penduduknya, dari satu kota ke kota yang lainnya sangatlah cepat. Terutama untuk para komuter, yaitu orang-orang yang biasanya bertempat tinggal di luar Jakarta, tetapi bekerja di Jakarta. Mereka melakukan perjalanan dari tempat tinggal mereka ke tempat bekerja hampir setiap hari pulang-pergi. Selain untuk bekerja, juga untuk aktifitas lainnya seperti kuliah dan bisnis. Oleh karena itu, diperlukan suatu moda transportasi yang efisien, yang dapat memudahkan aktifitas masyarakat setiap hari.

Menurut **(Steenbrink, 1974)** transportasi adalah perpindahan orang atau barang dengan menggunakan alat atau kendaraan dari dan ke tempat – tempat yang terpisah secara geografis. Menurut **(Undang – Undang Nomor 23 tahun 2007)** tentang Perkeretaapian, definisi dari kereta api adalah kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di atas jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Kereta api, menjadi salah satu pilihan terbaik yang dipilih pemerintah Indonesia untuk memenuhi kebutuhan jasa transportasi massal di kota-kota besar. Jenis kereta api berdasarkan tenaga geraknya terbagi menjadi 2, yaitu Kereta Rel Diesel (KRD) dan Kereta Rel Listrik (KRL).

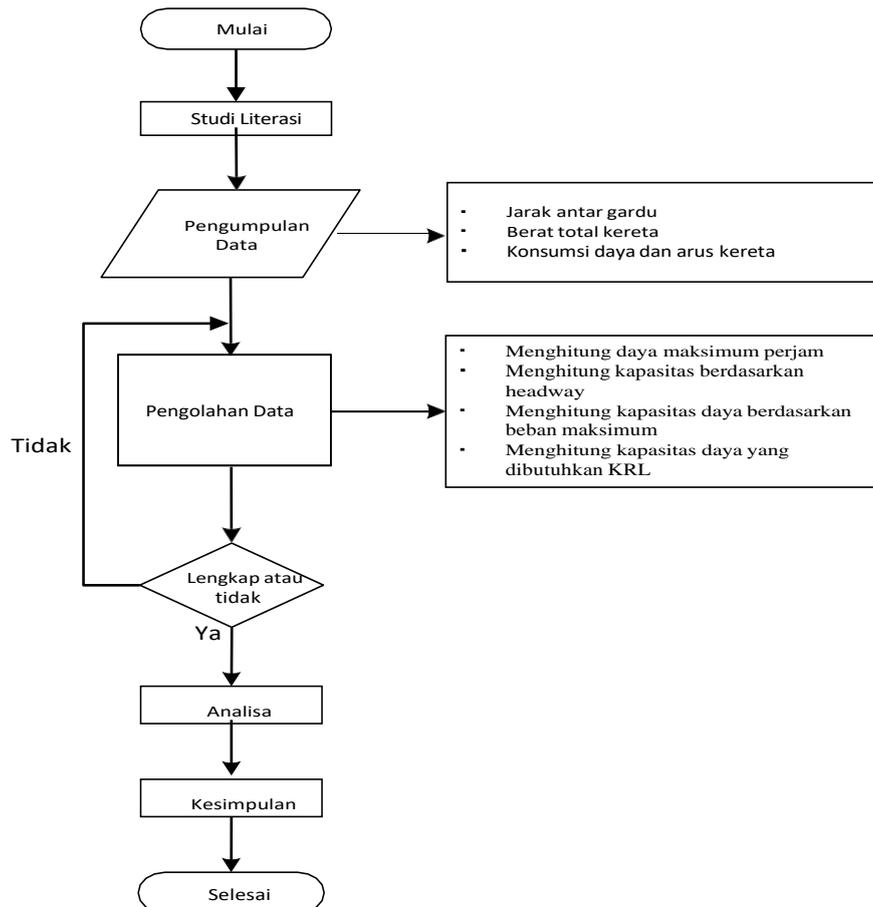
(Morlok, 1985) Kereta rel listrik atau KRL merupakan salah satu moda transportasi favorit masyarakat. KRL memiliki beberapa kelebihan, diantaranya dapat mengangkut penumpang dalam jumlah besar, memiliki letak stasiun strategis yang berada di pusat kegiatan masyarakat Jabodetabek dan terhindar dari masalah 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.

(Suherman & Amri, 2019) Karena KRL menggunakan motor listrik sebagai penggeraknya dengan memanfaatkan daya dari listrik aliran atas dengan gardu traksi sebagai salah satu komponen utamanya. Listrik aliran atas sendiri merupakan jaringan listrik 1500 VDC di wilayah KRL Jabodetabek **(Dwiatmoko H. , 2016)** menyatakan bahwa catu daya dari PLN bertegangan 20 kV kemudian diturunkan dengan menggunakan transformator menjadi tegangan 1200 VAC. Tegangan 1200 VAC disearahkan dengan Silicon Rectifier (SR) menjadi tegangan 1500 VDC dan selanjutnya disuplai ke instalasi listrik lewat penyulang High Speed Circuit Breaker (HSCB).

Grafik Perjalanan Kereta Api yang selanjutnya disebut Gapeka adalah pedoman pengaturan pelaksanaan perjalanan kereta api yang digambarkan dalam bentuk garis yang menunjukkan stasiun, waktu, jarak, kecepatan, dan posisi perjalanan kereta api mulai dari berangkat, bersilang, bersusulan, dan berhenti yang digambarkan secara grafis untuk pengendalian perjalanan kereta api **(Puspitasari & Putra, 2019)**.

2. METODE

Dalam proses penyusunan laporan penelitian mengenai "Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi pada Kereta Rel Listrik". Penulis melakukan studi literature, pengumpulan data, pengolahan data, dan langkah-langkah sistematis yang disusun dalam suatu metodologi penelitian. Adapun metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Langkah metode penelitian

2.2 Langkah Langkah Penelitian

2.2.1 Studi Literatur

Studi literature yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan melakukan pencarian dan mempelajari materi-materi yang mendukung penyusunan laporan kerja praktek ini, pencarian materi dilakukan dengan berbagai media diantaranya buku-buku, dan jurnal dengan permasalahan yang sedang dikaji. Sehingga informasi yang didapatkan akan membantu membahas mengenai judul dan tema yang telah diambil.

2.2.2 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap seluruh data dikumpulkan, yaitu berupa data skunder. Data sekunder yang dikumpulkan sesuai dengan data yang tertera pada Gambar 1.

2.2.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini, setelah diperoleh data-data yang dibutuhkan yaitu melakukan pengolahan data untuk mencari nilai Kapasitas Daya Gardu Traksi di KRL. Berikut nilai nilai yang akan dicari:

1. Menghitung daya maksimum perjam dengan persamaan (1)

$$Y = C \times D \times \left(\frac{60}{H}\right) \times N \times P \times \left(\frac{W}{1000}\right) \dots\dots\dots(1)$$

Seperti yang dinyatakan oleh **(Dwiatmoko H. , 2016)** perhitungan kapasitas daya listrik pada gardu traksi KRL dengan menggunakan pendekatan empiris dengan rumus yang akan digunakan seperti diatas.

Y = Beban maksimum dalam satu jam (kW)

C = Susunan rangkaian (set)

D = Jarak suplai gardu traksi (km)

H = Headway (menit)

N = Jenis track, single track atau double track

dimana Y adalah beban maksimum satu jam, C adalah susunan rangkaian (set), D adalah jarak pengisian gardu traksi (km), H adalah headway (menit), N adalah jenis jalur, P adalah rasio konsumsi kereta (50 kWh/1000 ton km), W adalah berat total KRL ditambah berat total penumpang (kap.200%) dengan asumsi rata – rata berat penumpang 60 kg.

2. Menghitung kapasitas daya berdasarkan Headway sesuai persamaan (2)

$$P_{Z1} = Y + C_m \sqrt{Y} \text{ kW} \dots\dots\dots(2)$$

dimana P_{Z1} adalah beban puncak sesaat berdasarkan headway.

3. Menghitung kapasitas daya berdasarkan arus maksimum sesuai persamaan (3)

$$P_{Z2} = 1,5 \text{ kV} \times 2 I_m(1-\alpha) \text{ kW} \dots\dots\dots(3)$$

P_{Z2} adalah beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum.

4. Menghitung kapasitas daya yang di butuhkan sesuai persamaan (4) dan (5)

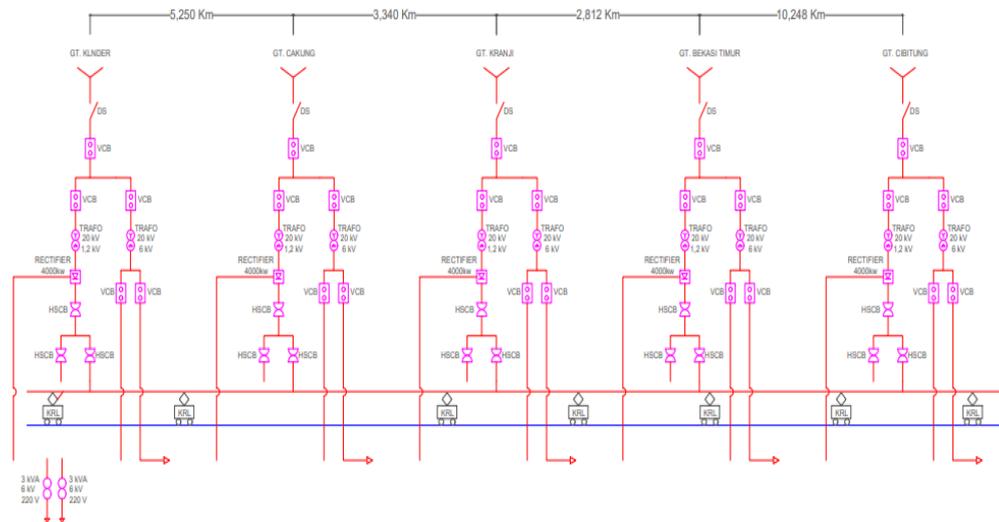
$$P_{Zn} = \frac{P_{Z1}}{2,5} \text{ jika } Z_1 > Z_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$P_{Zn} = \frac{P_{Z2}}{2,5} \text{ jika } Z_2 > Z_1 \dots\dots\dots(5)$$

P_{Zn} adalah beban yang dibutuhkan, Y adalah beban maksimum satu jam, C_m adalah Faktor untuk elektrifikasi DC = $1,7\sqrt{I_m}$, I_m adalah arus maksimum KRL (ampere), α adalah rasio pembagian arus, akan digunakan 0,08.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Single Line Diagram Gardu Traksi Bandara Soekarno-Hatta



Gambar 2. Single line diagram gardu traksi Soekarno-Hatta

Gambar 2 merupakan single line diagram gardu traksi (GT) Soekarno-Hatta memiliki lima gardu traksi. Kelima gardu traksi tersebut adalah GT. Klender, GT. Cakung, GT. Kranji, GT. Bekasi timur, dan GT. Cibitung. Single line ini memiliki lima transformator step-down 20 kV/1,2 kV. Tegangan 1,2kV disearahkan dengan silicon rectifier (SR) menjadi tegangan 1500 Vdc dan selanjutnya disuplai ke instalasi listrik lewat penyulngn High Speed Circuit Breaker (HSCB). Selain untuk suplai daya KRL, catu daya listrik juga menyuplai daya untuk pensinyalan dengan tegangan 6 kV, dengan menurunkan tegangan 20 kV dari PLN menjadi tegangan 6 kV AC, selanjutnya didistribusikan ke sinyal Cabin dan diturunkan lagi menjadi 380 V untuk tegangan control gardu traksi sendiri atau AC/DC Low Voltage.

3.2 Jarak Antar Gardu

Tabel 1 merupakan gardu yang bersebelahan memiliki pembagian jarak 50.50 terhadap lintas yang di suplai. Jarak antar Gardu berpengaruh terhadap suplai daya listrik KRL. Jarak antar gardu yang diperbolehkan untuk LAA arus searah adalah 6 km (Jurnal Perkeretaan Indonesia, 2018).

Tabel 1. Jarak Antar Gardu

Gardu Traksi	Lokasi	Jarak antar Gardu Traksi (Km)	Cover Area (Km)
Klender	15+50	5,250	2,265
Cakung	20+400		4,295
Kranji	23+740	3,340	3,076
Bekasi Timur	26+552	2,812	6,530
Cibitung	36+800	10,248	5,124

Dimana lokasi 15+50, 30+400, 23+740, 26+552, dan 36+800 adalah titik lokasi Gardu Traksi yang ditunjukkan oleh koordinat.

3.3 Konsumsi Daya dan Arus Kereta

Konsumsi daya kereta dihitung berdasarkan jumlah traksi motor dikali daya/traksi motor. Konsumsi arus kereta dihitung berdasarkan perbandingan nilai konsumsi daya terhadap arus suplai dari gardu traksi.

Tabel 2. Konsumsi Daya dan Arus Kereta

NO	Seri	SF	Daya Traksi/motor	Jumlah TM/set	Total Daya (kW)	Total Arus (ampere)
1	Kereta Bandara Soetta	6	200	16	3200	2133

Tabel 2 diatas merupakan data konsumsi daya dan arus KRL dengan seri kereta bandara Soetta dengan Stam Formasi (SF) yang berjumlah 6 gerbong dengan daya total 3200 kW jadi total arus daya traksi 200 dikali jumlah TM 16 set hasilnya total daya yaitu 3200 kW, hasil total arus yaitu 3200 kW dibagi 1500 V maka hasilnya total arus 2133 Ampere.

3.4 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan akan menggunakan contoh pada GT. Klender – GT. Cakung yaitu sebagai berikut:

Menghitung Daya Maksimum Perjam

$$Y = C \times D \times \left(\frac{60}{H}\right) \times N \times P \times \left(\frac{W}{1000}\right)$$

$$Y = 6 \times 5,250 \times \left(\frac{60}{10}\right) \times 1 \times 0,05 \times \left(\frac{258}{1000}\right) = 2,438 \text{ kW}$$

Menghitung Kapasitas Daya Berdasarkan Headway, sebelumnya mencari dulu C_m

$$C_m = 1,7\sqrt{I_m} \quad C_m = 1,7\sqrt{2133} = 78,513$$

Perhitungan kapasitas daya berdasarkan headway dari GT.Klender – GT.Cakung.

$$Z_1 = Y + C_m\sqrt{Y}$$

$$Z_1 = 2,438 + 78,513\sqrt{2,438} = 125,028 \text{ (kW)}$$

Menghitung Kapasitas Daya Berdasarkan Arus Maksimum

$$Z_2 = 1,5 \text{ kV} \times 2 I_m(1-a)$$

$$Z_2 = 1,5 \text{ kV} \times 2 \times 2133(1 - 0,08) = 5887,08 \text{ kW}$$

Menghitung Kapasitas Daya Yang Dibutuhkan

$$Z_n = \frac{Z_1}{2,5} \text{ Jika } Z_1 > Z_2 \text{ atau } Z_n = \frac{Z_2}{2,5} \text{ Jika } Z_2 > Z_1$$

Perhitungan kapasitas daya yang dibutuhkan dari GT.Klender – GT.Cakung.

$$Z_n = \frac{5887,08}{2,5} = 2354,832 \text{ kW}$$

$$Z_n = \frac{2354,832}{0,8} = 2943,54 \text{ kVA}$$

Kapasitas Transformator dan Rectifier

Gardu Traksi memiliki trafo kapasitas 3400 kVA, dengan daya silicon rectifier 3000 kW. Setelah diketahui daya listrik yang dibutuhkan untuk memenuhi kondisi – kondisi yang dijadikan parameter penelitian, dari hasil perhitungan tersebut dapat dilakukan perbandingan dengan kapasitas eksisting. (Wicaksono, Akhwan, & Putri, 2018)

$$\text{Kapasitas Rectifier} = \frac{Z_n}{3000} \times 100\%$$

$$\text{Kapasitas Rectifier} = \frac{2354,832}{3000} \times 100\% = 78\%$$

Keterangan:

1. Kapasitas Eksisting = 3000 kW
2. Jika total beban <67%, maka kapasitas rectifier tersebut cukup.
3. Jika total beban >67%, maka kapasitas rectifier tersebut tidak cukup/kurang.

Perbandingan kapasitas transformator:

$$\text{Kapasitas Transformator} = \frac{Z_n}{3400} \times 100\%$$

$$\text{Kapasitas Transformator} = \frac{2943,54}{3400} \times 100\% = 86\%$$

Keterangan:

1. Kapasitas Eksisting = 3400 kVA
2. Kapasitas berdasarkan hitungan, merupakan penjumlahan Zn (kVA) dengan kapasitas trafo PDL (200 kVA) dan auxiliary (50 kVA).
3. Jika total beban <74%, maka kapasitas transformator tersebut cukup.
4. Jika total beban >74%, maka kapasitas transformator tersebut tidak cukup/kurang.

Dari hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Gardu Traksi

No	Lokasi Gardu	Lokasi Pengisian	Komposisi KRL yang Operasi	Beban Maksimum (Y) (kW)	Beban Puncak Berdasarkan Headway (Z ₁) (kW)	Beban Puncak Berdasarkan Arus Maksimum (Z ₂) (kW)	Kapasitas Yang Diperlukan (Z _n)	
							kW	kVA
1	Cakung	Klender - Cakung.	6	2,438	125,028	5887,08	2354,88	2943,54
2	Klender	Cakung – Klender	6	7,978	229,74	5887,08	2354,83	2943,54
3	Kranji	Kranji – Cakung	6	5,688	192,937	5887,08	2354,83	2943,54
4	Bekasi Timur	Bekasi Timur – Krsnji	6	12,13	285,576	5887,08	2354,83	2943,54
5	Cibitung	Cibitung – Bekasi Timur	6	12,13	259,003	5887,08	2354,83	2943,54

Tabel 3 menampilkan hasil pada perhitungan yang penulis hitung yang dimana lokasi gardu adalah tempat gardu tersebut sedangkan untuk lokasi pengisian adalah pengisian line dari G.T Klender sampai GT Cakung.

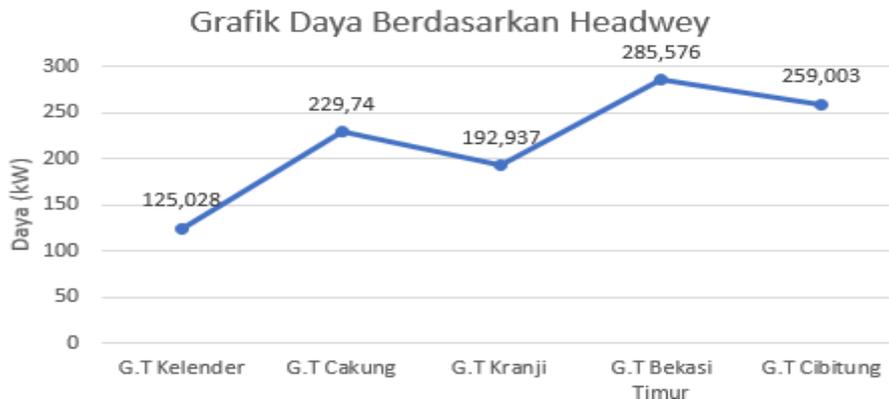
Sedangkan hasil daya maksimum perjam dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik daya maksimum per-jam

Beberapa analisis diperoleh perhitungan daya dari GT.Klender – GT.Cakung yaitu sebesar 2,438 kW.

Analisis daya arus berdasarkan headway Setelah melakukan tahapan perhitungan pada data diatas didapat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik daya berdasarkan headway

analisis diperoleh perhitungan daya berdasarkan headway dari GT.Klender – GT.Cakung yaitu sebesar 125,028 kW, Untuk perhitungan daya berdasarkan headway digunakan Factor Electricfikasi DC (Cm) sebesar 78,513 kW, sistem electricfikasi sebagai proses powering menggunakan listrik dan biasanya berhubungan dengan pengisian daya yang berasal dari sumberluar. Pada kapasitas daya berdasarkan arus maksimum didapat arus maksimum sebesar 2133 A sehingga daya yang dihasilkan berdasarkan arus maksimum sebesar 5887,08 kW.

Karena kebutuhan daya ditiap gardu traksi diperoleh dari nilai Z2 dikarenakan nilai $Z2 > Z1$ sehingga di peroleh kebutuhan daya tiap-tiap gardu sebesar 2354,832 kW

Analisis perhitungan kapasitas Rectifier untuk Gardu Traksi Stasiun Bandara Soekarnohatta saat ini memiliki trafo berkapasitas 3400 kVA, dengan daya silicon rectifier 3000 kW, dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Kapasitas rectifier

Kapasitas Rectifier (kW)				
Gardu Traksi	Perhitungan (A)	Eksisting (B)	A/B (%)	Keterangan
Klender	2354,832 kW	3000	78%	Tidak mencukupi
Cakung	2354,832 kW	3000	78%	Tidak mencukupi
Kranji	2354,832 kW	3000	78%	Tidak mencukupi
Bekasi Timur	2354,832 kW	3000	78%	Tidak mencukupi
Cibitung	2354,832 kW	3000	78%	Tidak mencukupi

Berapa analisis diperoleh dari hasil perhitungan kapasitas rectifier untuk tiap gardu traksi yang ada di stasiun Bandara Soekarno-Hatta, untuk kebutuhan daya di setiap gardu traksi diperoleh 2354,832 kW, untuk kapasitas eksisting rectifier di peroleh 3000 kW, maka hasil daya dari tiap gardu traksi dibagi kapasitas eksisting rectifier lalu dikali 100% karena hasil yang di butuhkan berupa nilai persenan maka hasil yang di peroleh adalah 78% dan itu dianggap tidak mencukupi untuk mensuplai kereta dikarenakan jika total beban >67%, maka kapasitas rectifier tersebut tidak mencukupi sehingga rectifier KRL yang beroperasi saat ini dengan headway diatas 10 menit dengan spesifikasi kereta KRL tipe Kereta Bandara Soetta dengan 6 SF.

Analisis perhitungan kapasitas Transformator untuk Gardu Traksi Stasiun Bandara Soekarno-Hatta dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Kapasitas Transformator

Kapasitas Transformator (kVA)				
Gardu Traksi	Perhitungan (A)	Eksisting (B)	B/A (%)	Keterangan
Klender	2943,54 kVA	3400	86%	Tidak mencukupi
Cakung	2943,54 kVA	3400	86%	Tidak mencukupi
Kranji	2943,54 kVA	3400	86%	Tidak mencukupi
Bekasi Timur	2943,54 kVA	3400	86%	Tidak mencukupi
Cibitung	2943,54 kVA	3400	86%	Tidak mencukupi

Beberapa analisis diperoleh dari hasil perhitungan kapasitas transformator untuk tiap gardu traksi yang ada di stasiun Bandara Soekarno-Hatta, untuk kebutuhan daya di setiap gardu traksi diperoleh 2943,54 kVA, untuk kapasitas eksisting transformator di peroleh 3400 kVA, maka hasil daya dari tiap gardu traksi dibagi kapasitas eksisting rectifier lalu dikali 100% karena hasil yang di butuhkan berupa persenan maka hasil yang di dapat 86% dan itu dianggap tidak mencukupi dikarenakan jika total beban >74%, maka kapasitas transformator tersebut tidak mencukupi sehingga transformator KRL yang beroperasi saat ini dengan headway diatas 10 menit dengan spesifikasi kereta KRL tipe Kereta Bandara Soetta dengan 6 SF.

Untuk mencukupi kapasitas transformator dan rectifier maka kapasitasnya harus ditambah, dari hasil perhitungan transformator dinaikan menjadi 5000 kVA dan rectifier dinaikan menjadi 4000 kW, diperoleh perhitungan kapasitas transformator dan kapasitas rectifier maka diperoleh:

$$\text{Kapasitas Transformator} = \frac{2943,54}{5000} \times 100\% = 58\%$$

$$\text{Kapasitas Rectifier} = \frac{2354,832}{4000} \times 100\% = 58\%$$

Dari hasil perhitungan setelah di tambah kapasitas transformator dan kapasitas rectifiernya dari hasil di atas menunjukkan mencukupi dikarenakan hasil dari perhitungan di atas menunjukkan kapasitas transformator 58% dimana jika total beban <74%, maka kapasitas transformator tersebut cukup maka kapasitas transformator tersebut mencukupi. perhitungan di atas menunjukkan kapasitas rectifier 58% dimana jika total beban <67%, maka kapasitas rectifier tersebut cukup maka kapasitas rectifier tersebut mencukupi.

4. KESIMPULAN

Kapasitas daya listrik lintas Klender-Cibitung pada kondisi headway 10 menit tidak sesuai dikarekan kapasitas transformator dan rectifier lebih dari 3000 kW dan 3400 kVA, dapat dipenuhi oleh GT. Kranji dengan kondisi rectifier tidak mencukupi sebesar 78% dan kondisi transformator tidak mencukupi sebesar 86%

DAFTAR RUJUKAN

- Dwiatmoko, H. (2016). Pengujian Fasilitas Operasi Kereta Api. Jakarta: Kencana.Morlok,
- E. (1985). Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga.
- Puspitasari, M. D., & Putra, F. W. (2019, November). Perhitungan Efektivitas Gardu Traksi Bojong Gede Pada Lintas Manggarai - Bogor. *Perkeretaapian Indonesia*, III, 114.
- Saputra, A. (n.d.). Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Jatinegara. *Journal of Electrical Power Instrumentation and Control Teknik Elektro*.
- Suherman, E., & Amri, H. U. (2019, Maret). Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Pasar Minggu-Lenteng Agung. *Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada*, IX.
- Wicaksono, C., Akhwan, & Putri, A. R. (2018, Maret). Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji Pada Pengoprasian Kereta Bandara Soekarno-Hatta. *Perkeretaapian Indonesia*,1.
- Steenbrink, (1974). *Optimization Of Transport Network*, Tugas Akhir Universitas Jendral Soedirman, Poerwokeryo.
- Undang undang Nomor 23 (2007). Tentang Perkeretaapian disahkan Presiden H., Dr., Yudhoyono, S.B. 25 April 2007 Jakarta.