

## Analisis *Traction Power Supply Substation* LRT Palembang

Yosi Apriani<sup>1\*</sup>, Imron Jailani<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang, Sumatera Selatan  
Jl. Jend. A Yani 13 Ulu Seberang Ulu 2 Palembang 30262

<sup>1\*</sup>yosi\_apriani@um-palembang.ac.id

<sup>2</sup>email.Imronipoh@gmail.com

**Intisari** — Adanya penambahan *Highway Light Rail Transit* (LRT) maka menyebabkan beban *Traction Power Supply Substation* (TPSS) semakin bertambah karena jarak antar LRT dalam perjalanan kereta yang semakin rapat. Dengan sistem ini maka jumlah tarikan daya LRT pada setiap keberangkatan di setiap stasiun meningkat yang berakibat naiknya beban arus listrik pada gardu. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan tiap-tiap gardu listrik untuk mengetahui berapa besar jumlah kebutuhan daya listrik sesuai dengan pola operasi TPSS serta untuk mengetahui berapa besar jumlah kebutuhan daya listrik LRT Metode penelitian ini adalah: 1. *Study* literatur, 2. Pengumpulan data, 3. Simulasi menggunakan ETAP, 4. Perbandingan kapasitas perhitungan dengan kapasitas eksisting, 5. Analisis. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya yang tersedia dalam keadaan per LRT Asrama Haji yaitu sebesar 1339 kW pada lintas Puntikayu yaitu 1142 kW dan sebesar 653 kW pada lintas Demang, kapasitas daya yang tersedia sebesar 4141 kW. Persentase daya terpakai tertinggi sebesar 32,3% sehingga kapasitas daya yang tersedia masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan beban berdasarkan daya eksisting.

**Kata kunci** — Kapasitas daya, listrik saluran bawah, LRT, ETAP, tegangan DC.

**Abstract** — The addition of *Highway Light Rail Transit* (LRT) causes the *Traction Power Supply Substation* (TPSS) load to increase because the distance between the LRT in the train journey is getting tighter. With this system, the amount of LRT power draw at each departure at each station increases which results in an increase in the load of electric current at the substation. The purpose of this study was to analyze the ability of each electrical substation to find out how much the amount of electrical power required according to the TPSS operating pattern and to find out how much LRT electricity demand was used. This research method is: 1. Study literature, 2. Data collection, 3 Simulation using ETAP, 4. Comparison of calculation capacity with existing capacity, 5. Analysis. Based on the calculation of the available power capacity per LRT Hajj Dormitory, which is 1339 kW on the Puntikayu cross, which is 1142 kW and 653 kW at the Demang route, the available power capacity is 4141 kW. The highest percentage of used power is 32.3% so that the available power capacity is still sufficient to meet the load requirements based on the existing power.

**Keywords**— Letakkan kata kunci Anda di sini dalam bahasa inggris, kata kunci dipisahkan dengan koma.

## I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan perpindahan orang atau barang dengan menggunakan alat atau kendaraan dari dan ke tempat-tempat yang terpisah secara geografis. salah satu pilihan terbaik yang dipilih pemerintah Indonesia untuk memenuhi kebutuhan jasa transportasi massal di kota-kota besar adalah kereta api. Jenis kereta api berdasarkan tenaga geraknya terbagi menjadi 2, yaitu Kereta Rel Diesel (KRD) dan kereta listrik

) khususnya di wilayah Divisi Regional III Palembang unit LRT Sumatera Selatan. Pada perkembangannya kereta bersumber listrik memiliki jaringan listrik DC yang terdiri dari gardu traksi dan jaringan konduktor yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan daya listrik dari sumber sampai ke beban yaitu sarana penggerak LRT. Kapasitas daya gardu yang tersedia di rute Asrama Haji - Demang harus untuk mensuplai operasional LRT pada saat perjalanan kereta (Perka) dalam keadaan normal.[3],[4], [5].

Dengan diterapkan penambahan highway LRT saat ini maka di mungkinkan beban TPSS semakin bertambah karena jarak antar LRT dalam perjalanan kereta yang semakin rapat. Dengan sistem ini maka jumlah tarikan daya LRT pada setiap keberangkatan di setiap stasiun meningkat yang berakibat naiknya beban arus listrik pada gardu. Untuk itu perlu di analisis kemampuan tiap-tiap gardu listrik untuk mengetahui kondisi kapasitas TPSS sekaligus mengetahui berapa besar jumlah kebutuhan daya listrik sesuai dengan pola operasi TPSS sekarang ini.[3]

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Cara paling mudah untuk memenuhi persyaratan format penulisan adalah dengan menggunakan dokumen ini sebagai template. Kemudian ketikkan teks anda ke dalamnya.

### A. LRT (*Light Rail Transit*)

LRT merupakan salah satu sistem transportasi metropolitan untuk kereta api penumpang (kereta api ringan) berbasis rel elektrik yang ditandai dengan kemampuan

yaitu KRL (Kereta Rel Listrik) dan LRT (*Light Rail Transit*). [1][2].

Perkembangan transportasi telah menempuh perjalanan panjang, seiring perkembangan teknologi dan dipicu oleh permintaan pengguna jasa yang mengalami pertumbuhan dan transformasi. peningkatan jadwal perjalanan LRT harus di imbangi penyediaan suplai daya pada TPSS (*Traction Power Supply Substation*). TPSS merupakan salah satu istilah yang digunakan pada perusahaan Kereta Api Indonesia (Persero mengoperasikan kereta pendek disepanjang jalur eksklusif, yang biasanya beroperasi dikawasan perkotaan yang memiliki konstruksi ringan dan dapat berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus.[6][7].



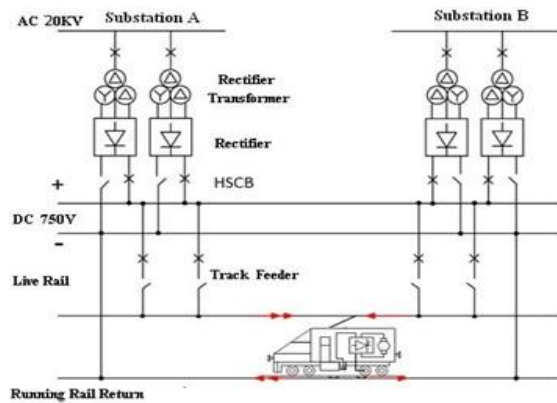
Gbr.1 Susunan gerbong LRT Palembang

LRT Palembang merupakan moda transportasi masal yang memiliki 3 gerbong dengan susunan MC1-T-MC2. MC (*Motor Car*) merupakan gerbong yang memiliki motor pada bagian bogie yang berfungsi untuk menggerakkan seluruh rangkaian LRT.

Operasional LRT bersifat mandiri dan tidak memerlukan lokomotif penarik sebagai penggerakannya. Untuk sumber catu daya listriknya berasal dari jaringan katenari yang berada di roda LRT yang disuplai melalui gardu-gardu traksi sepanjang lintasan LRT. [8]. Catu daya traksi terdiri dari traksi *Substation*, *Ototransformator Substation*, bagian pos dan traksi jaringan listrik.

Elektrifikasi adalah suatu proses pemberian tenaga listrik kepada mesin-mesin listrik, salah satunya pada motor traksi penggerak KRL. Sistem elektrifikasi pada listrik aliran atas LRT terdapat dua jenis, yaitu:

1. Sistem elektrifikasi DC: 750 V DC, 1500 V DC dan 3000 V DC.
2. Sistem elektrifikasi AC: 15000 V AC dan Frekuensinya 50 H.

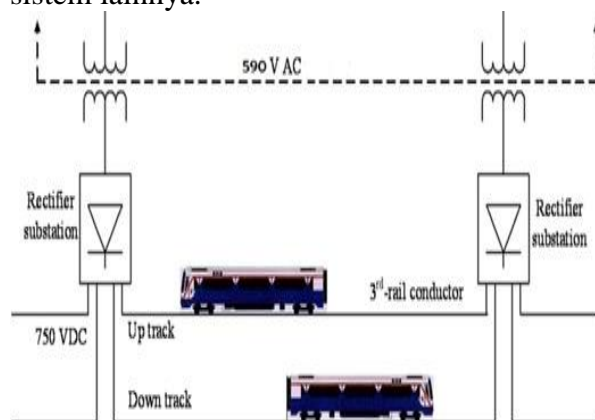


Gbr.2 Proses alir daya dari gardu ke LRT

### B. Converter

Pada sistem LRT ini menggunakan *converter* jenis penyearah *rectifier*. *Rectifier* yang dipakai menggunakan jenis *Diode Rectifier* (DR) dengan sistem penyearah 3 phase gelombang penuh. Menurut Paul tegangan listrik tiga fase dikonversi ke nominal tegangan DC dengan menggunakan unit *transformator rectifier* (TR)[8][9].

Nominal tegangan DC LRT dapat bervariasi dari 600V ke 800 V, tergantung pada pilihan kendaraan dan pertimbangan sistem lainnya.



Gbr.3 Sistem daya kereta api DC

Tegangan 590 volt adalah keluaran tegangan setelah diturunkan dari *transformator* utama dan selanjutnya masuk ke *diode rectifier* untuk diubah menjadi tegangan DC menggunakan penyearah diode 3 phase gelombang penuh sehingga di dapat di lihat pada persamaan 1. [2]

$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= \frac{1}{T} \times \int_{\pi/3}^{2\pi/3} V_m \times \sin \omega t \times dt \quad (1) \\
 &= \frac{3}{\pi} \times V_m \left( -\cos \theta \right) \Big|_{\pi/3}^{2\pi/3} \\
 &= \frac{3}{\pi} \times V_m \left[ -\cos \frac{2\pi}{3} - \left( -\cos \frac{\pi}{3} \right) \right]
 \end{aligned}$$

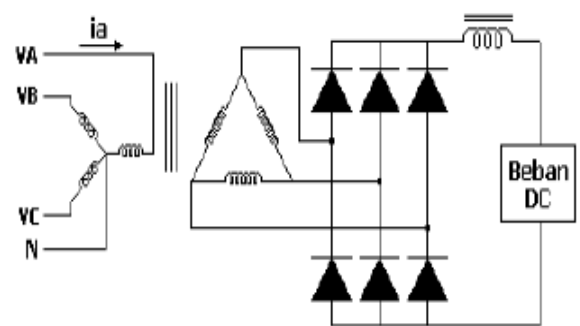
$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{\pi} \times V_m \left[ -\left( -\frac{1}{2} \right) - \left( -\frac{1}{2} \right) \right] \\
 &= \frac{3}{\pi} \times V_m \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right] \\
 &= \frac{3}{\pi} \times V_m
 \end{aligned} \quad (2)$$

$V_{rms}$  = Input dari *transformator*,

$V_m = V_{rms} \times \sqrt{2}$  Sehingga,

$$V_{dc} = \frac{3 \times V_{rms} \times \sqrt{2}}{\pi} \quad (3)$$

Berikut ini gambar rangkaian penyearah 3 phase gelombang penuh pada *rectifier* menggunakan hubungan bintang - segitiga dan di tunjukkan pada Gambar 4.



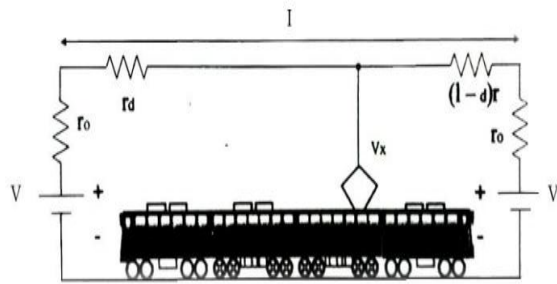
Gbr.4 Penyearah 3 phase gelombang penuh

### C. Jaringan Listrik Aliran Bawah (LAB)

Sistem Elektrifikasi untuk operasional LRT di Sumatera Selatan memakai sistem elektrifikasi dengan tegangan kerja 750 Volt DC menggunakan sistem penyulangan jaringan listrik aliran bawah. Sistem penyulangan ini memiliki ciri yaitu di bangunnya braket penyangga dan di bentangkannya konduktor yang disebut third rail, beserta aksesoris pendukung lainnya yang membentuk suatu sistem kesatuan untuk menyalurkan arus listrik dari TPSS ke LRT. Sistem penyulangan power suplai lrt disebut juga jaringan listrik aliran bawah, yaitu prasarana yang disiapkan untuk mendistribusikan dan meneruskan arus searah dari gardu listrik ke LRT.[3], [10].

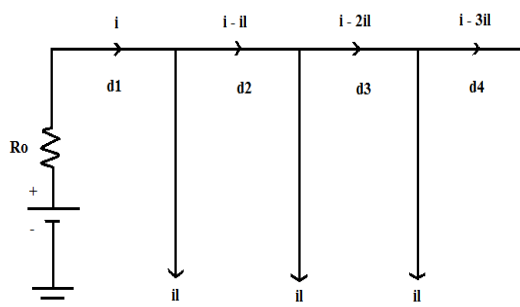
### D. Rangkaian Ekuivalen pada LRT

Karakteristik beban pada LRT tidak dapat disebut sebagai beban merata karena LRT bergerak, sehingga jarak antara bebannya selalu tidak sama. Operasi LRT di suplai dari dua sumber DC dari gardu listrik traksi. Rangkaian ekuivalen dari suplai dua sumber DC ke LRT terdapat pada Gambar 5.[7][8]



Gbr.5 Rangkaian ekuivalen dari suplai dua sumber DC ke LRT

Besar arus yang di suplai dari masing-masing TPSS dapat di tunjukkan pada Gambar 6.



Gbr.6 Arus keluaran TPSS dengan beban LRT.

### III. METODE PENELITIAN

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengukur daya gardu terpasang pada jalur rute stasiun asrama haji sampai stasiun demang yang memiliki jarak 6,133 km dan terdiri dari 6 stasiun. Pada Tabel 1 posisi stasiun atau panjang lintas mengikuti penomoran dengan satuan kilometer menggunakan pemisah dengan tanda tambah antara satuan kilometer dan meter untuk acuan posisi stasiun yang bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 1. Posisi Stasiun

No	Stasiun	Singkatan	Posisi Stasiun (km)
1	Asrama Haji	Ash	5+562
2	Puntikayu	Puk	8+412
3	RSUD	Rsu	9+672
4	Garuda Dempo	Gad	10+692
5	Demang	Dmg	11+695
Total Jarak			46 + 033 km
Total jarak penelitian antara stasiun Asrama Haji – Demang adalah 6+133 km			

Langkah berikutnya menghitung daya terpasang di LRT serta mengukur besar arus nominal masing-masing LRT. Karena dari jumlah armada kereta yang ada saat ini pola untuk pengoperasian LRT sangat bergantung pada seberapa besar kapasitas daya TPSS yang tersedia. Perlu untuk diketahui kapasitas daya TPSS yang dibutuhkan untuk menyuplai pada suatu lintas (jarak antar stasiun) dan jarak antara dua TPSS untuk mengoperasikan LRT pada rute Asrama Haji – Demang.

Berdasarkan data yang diperoleh dari unit *power system* PT. Kereta Api Indonesia (*Persero*) Divisi Regional III Palembang hingga tahun 2020, kapasitas daya TPSS pada rute Asrama Haji – Demang terdapat Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas daya TPSS

No	Gardu	Teg. PLN (kV)	Daya PLN Terpasang (kVA)	Kapasitas Trafo (kVA)	Kapasitas Daya SR (kW)
1	Asrama Haji	20	3570	3520	3000
2	Puntikayu	20	3570	3520	3000
3	Demang	20	3870	3520	3000

Tabel 3. Spesifikasi arus pada LRT

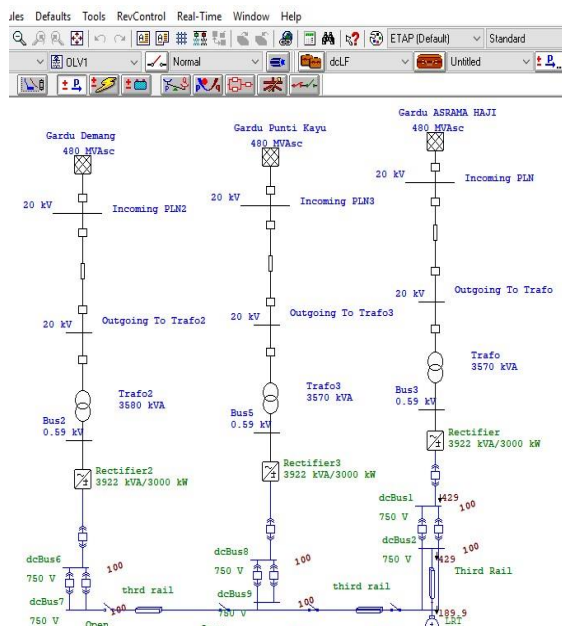
No.	Item	Data
1	Kapasitas Sistem Propulsi kereta LRT	
	- Daya motor traksi	130 kW
	- Jumlah motor traksi dalam 1 MC	4
	- Jumlah motor traksi dalam 1 transet	8
2	Arus Starting LRT	
	130 x 8	1400 kW
3	Kapasitas sistem auxiliary kereta LRT	78,88 kW

Spesifikasi besar arus nominal masing-masing LRT mempunyai 8 motor traksi sebagai penggerak LRT, serta mempunyai daya motor 130 kW dan bekerja pada tegangan 750 V DC serta memiliki kecepatan

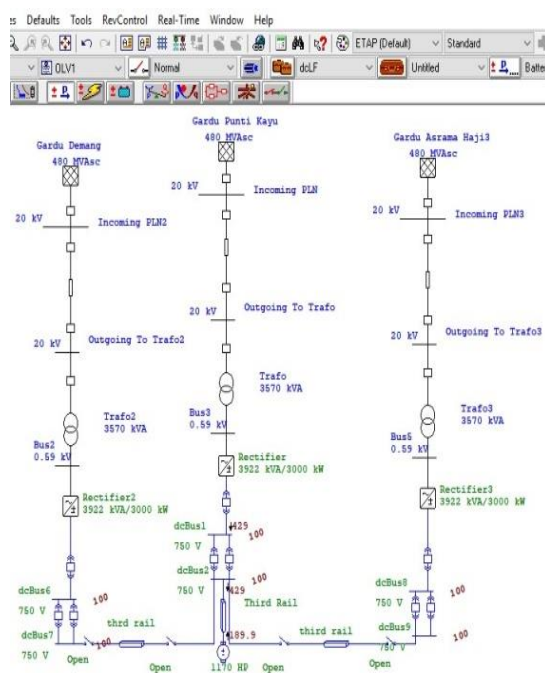
motor sebesar 1775 RPM. total arus beserta *auxiliary* sebesar yakni 1400 Ampere.

#### a. Simulasi ETAP Load flow perka LRT

LRT berada pada lintas Asrama Haji dan kemudian di suplai oleh TPSS Asrama Haji bergerak menuju ke stasiun demang di suplai oleh gardu Asrama Haji seperti pada gambar 7. LRT berada pada lintas punti kayu dan kemudian di suplay oleh TPSS punti kayu bergerak menuju ke stasiun demang di suplai oleh gardu punti kayu seperti pada Gambar 8.



Gbr.7 Simulasi load flow asrama haji



Gbr.8 Simulasi load flow LRT puntikayu

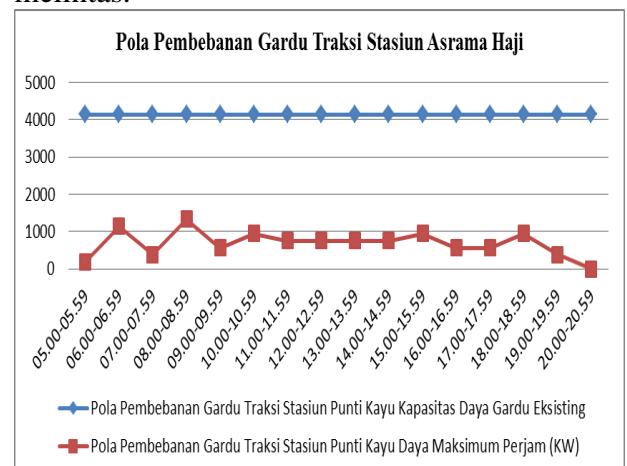
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat LRT berada pada Asrama Haji daya yang dihasilkan LRT sebesar 189,87 kW dan Arus LRT sebesar 572,079 A, untuk mengetahui daya maksimum perjam pada setiap gardu, kapasitas daya perLRT yang melintas pada setiap gardu traksi dikalikan jumlah LRT yang melintas pada gardu untuk mengetahui berapa pembebanan maksimum yang terjadi pada gardu traksi tiap jamnya. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Daya Maksimum Perjam Gardu Traksi Asrama Haji

No	Jam	Jumlah LRT yang Melintas Gardu Traksi			Daya Max/ Jam (Kw)
		Hilir	Hulu	Total	
1	05.00 – 05.59	-	1	1	189,87
2	06.00 – 06.59	3	2	6	1139,2
3	07.00 – 07.59	1	1	2	379,74
4	08.00 – 08.59	3	3	7	1329,09
5	09.00 – 09.59	2	1	3	569,67
6	10.00 – 10.59	2	3	5	949,35
7	11.00 – 11.59	2	2	4	759,48
8	12.00 – 12.59	2	2	4	759,48
9	13.00 – 13.59	2	2	4	759,48
10	14.00 – 14.59	2	2	4	759,48
11	15.00 – 15.59	2	3	5	949,35
12	16.00 – 16.59	2	1	3	569,35
13	17.00 – 17.59	1	2	3	569,35
14	18.00 – 18.59	3	2	5	949,35
15	19.00 – 19.59	1	1	2	379,74
16	20.00 – 20.59	-	-	-	-

Berdasarkan Gambar 7. jumlah LRT terbanyak tiap jamnya adalah sebanyak 6 LRT. Pada kondisi ini daya maksimum per jam yang paling tinggi sebesar 1329 kW pada jam 08.00-08.59 WIB dan jam 09.00-09.59 WIB. Daya maksimum per jam berbeda tiap jamnya tergantung jumlah LRT yang melintas.



Gbr. 9 Pola pembebanan gardu traksi Asrama Haji

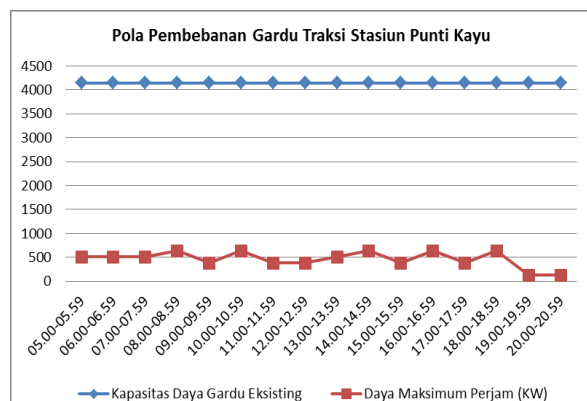


Pada saat LRT berada pada ponti kayu daya yang dihasilkan LRT sebesar 189,87 kW dan Arus LRT sebesar 572,079 A, untuk mengetahui daya maksimum perjam pada setiap gardu, kapasitas daya per LRT yang melintas pada setiap gardu traksi dikalikan jumlah LRT yang melintas pada gardu untuk mengetahui berapa pembebanan maksimum yang terjadi pada gardu traksi tiap jamnya. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya maksimum perjam gardu traksi Punt Kayu

No	Jam	Jumlah LRT yang Melintasi Gardu Traksi		Total	Daya Maksimum Perjam (kW)
		Hilir	Hulu		
1	05.00 - 05.59	-	2	2	379,74
2	06.00 - 06.59	2	2	4	759,48
3	07.00 - 07.59	2	2	4	759,48
4	08.00 - 08.59	2	2	4	759,48
5	09.00 - 09.59	3	2	5	949,35
6	10.00 - 10.59	1	2	3	569,61
7	11.00 - 11.59	3	2	5	949,35
8	12.00 - 12.59	1	2	3	569,61
9	13.00 - 13.59	3	3	6	1139,09
10	14.00 - 14.59	2	1	3	569,61
11	15.00 - 15.59	2	3	5	949,35
12	16.00 - 16.59	2	1	3	569,61
13	17.00 - 17.59	2	2	4	759,48
14	18.00 - 18.59	2	1	3	569,61
15	19.00 - 19.59	2	1	3	569,61
16	20.00 - 20.59	-	-	-	-

Berdasarkan Gambar 8 jumlah LRT terbanyak tiap jamnya adalah 6 LRT. Pada kondisi ini daya maksimum per jam yang paling tinggi sebesar 1139,09 kW pada jam 13.00-13.59 WIB. Daya maksimum perjam berbeda setiap jamnya tergantung jumlah LRT yang melintas.



Gbr.10 Pola pembebanan gardu traksi Punt kayu

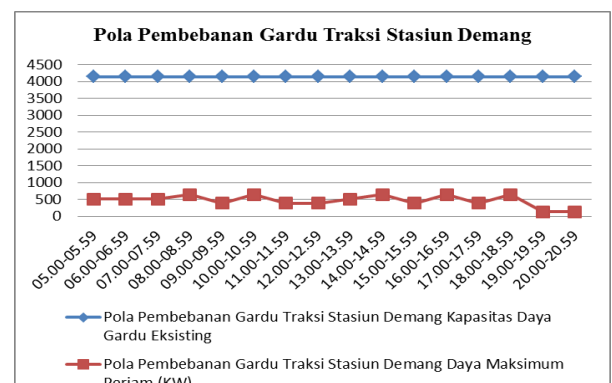
LRT berada pada demang daya yang dihasilkan LRT sebesar 126,945 kW dan Arus LRT sebesar 467,735 A, untuk

mengetahui daya maksimum perjam pada setiap gardu, kapasitas daya perLRT yang melintas pada setiap gardu traksi dikalikan jumlah LRT yang melintas pada gardu untuk mengetahui berapa pembebanan maksimum yang terjadi pada gardu traksi tiap jamnya. Maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Daya maksimum perjam gardu traksi Demang

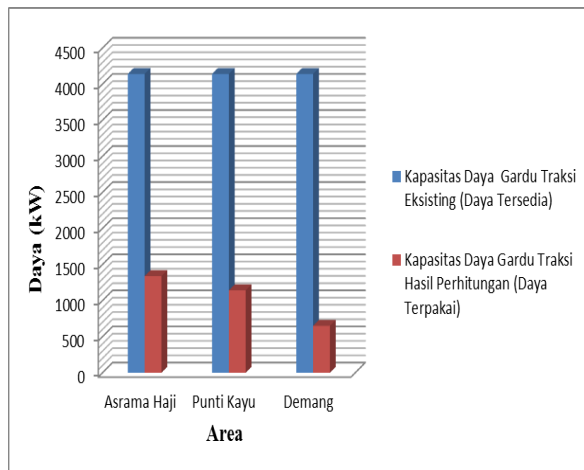
No	Jam	Jumlah LRT yang Melintasi Gardu Traksi		Total	Daya Maksimum Perjam (kW)
		Hilir	Hulu		
1	05.00 - 05.59	2	2	4	379,74
2	06.00 - 06.59	2	2	4	759,48
3	07.00 - 07.59	2	2	4	759,48
4	08.00 - 08.59	2	3	5	759,48
5	09.00 - 09.59	2	1	3	949,35
6	10.00 - 10.59	2	3	5	569,61
7	11.00 - 11.59	2	1	3	949,35
8	12.00 - 12.59	2	3	3	569,61
9	13.00 - 13.59	2	2	4	1139,09
10	14.00 - 14.59	3	2	5	569,61
11	15.00 - 15.59	1	2	3	949,35
12	16.00 - 16.59	3	2	5	569,61
13	17.00 - 17.59	1	2	3	759,48
14	18.00 - 18.59	3	2	5	569,61
15	19.00 - 19.59	1	-	1	569,61
16	20.00 - 20.59	1	-	-	-

Berdasarkan Gambar 9, jumlah LRT terbanyak tiap jamnya adalah 5 LRT. Pada kondisi ini daya maksimum per jam yang paling tinggi sebesar 634,72 kW pada jam 08.00-08.59, jam 10.00-10.59, jam 14.00-14.59, jam 16.00-16.59, jam 18.00-18.59 dan jam 10.00-10.59. Daya maksimum per jam berbeda tiap jamnya tergantung jumlah LRT yang melintas.



Gbr.11 Pola pembebanan gardu traksi Demang

Dapat dilihat kapasitas daya gardu traksi eksisting dengan kapasitas daya gardu traksi hasil perhitungan. Dimana kapasitas daya gardu traksi eksisting merupakan daya tersedia yang dapat disuplai oleh gardu traksi. Sedangkan kapasitas daya gardu traksi hasil perhitungan merupakan daya terpakai oleh LRT berdasarkan perhitungan



Gbr.12 Hasil perbandingan kapasitas daya gardu traksi eksisting dan hasil perhitungan

Persentase daya terpakai tertinggi sebesar 32,3 % atau 1339 kW dari 4141 kW daya tersedia pada gardu traksi Asrama Haji. Hal ini menunjukkan jika kapasitas daya gardu traksi eksisting pada jalur Asrama Haji cukup untuk mensuplai kebutuhan daya LRT yang beroperasi saat ini.

## V. KESIMPULAN

Kebutuhan daya beban LRT tahun 2020 berdasarkan hasil penelitian yaitu kebutuhan kapasitas daya per LRT untuk lintas Asrama Haji – Puntikayu dan Puntikayu - Demang, dalam keadaan per LRT Asrama Haji yaitu sebesar 1339 kW pada lintas Puntikayu yaitu 1142 kW dan sebesar 653 kW pada lintas Demang, kapasitas daya yang tersedia sebesar 4141 kW sehingga kapasitas daya yang tersedia masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan beban berdasarkan daya eksisting

Persentase daya terpakai tertinggi sebesar 32,3% atau 1339 kW dari 4141 kW daya tersedia pada gardu traksi Asrama Haji. Hal ini menunjukkan jika kapasitas daya gardu traksi eksisting pada jalur Asrama Haji cukup

untuk mensuplai kebutuhan daya LRT yang beroperasi saat ini. sehingga pada kondisi seperti ini dapat menjaga kontinuitas suplai sarana penggerak LRT Sumatera Selatan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada LPPM UM Palembang dan UPPM UM Palembang telah memfasilitasi penelitian ini sampai selesai.

## REFERENSI

- [1] C. Wicaksono, Akhwan, and A. R. Putri, "Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji Pada Pengoperasian Kereta Bandara Soekarno – Hatta," *J. Perkeretaapi. Indones.*, vol. II, no. 1, pp. 76–82, 2018.
- [2] B. Shofian Edy Harianto, T. K. Sendow, and M. R. E. Manoppo, "Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit ( LRT ) Dan Konstruksi Perkerasan Rel (Studi Kasus: Koridor Kota Manado Kecamatan Malalayang, Kecamatan Sario, Kecamatan Wenang)," vol. 7, no. 10, pp. 1317–1328, 2019.
- [3] I. M. Putra and A. Windharto, "Desain Carbody Eksterior-Interior Light Rail Transit untuk Kota Palembang dengan Konsep Iconic dan Modern," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [4] A. González-Gil, R. Palacin, P. Batty, and J. P. Powell, "A systems approach to reduce urban rail energy consumption," *Energy Convers. Manag.*, vol. 80, pp. 509–524, 2014.
- [5] A. Atmam, "Penggunaan Filter Kapasitif Pada Rectifier Satu Fasa Dan Tiga Fasa Menggunakan Power Simulator (Psim)," *SainETIn*, vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2018.
- [6] M. B. Tsaqib and W. A. Asmoro, "Analisis Respon Vibrasi Roda-Rel Arah Lateral sebagai Langkah Pengendalian Kebisingan Derit LRT Palembang pada Tikungan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. E121–E128, 2020.
- [7] T. Kulworawanichpong, "Multi-train modeling and simulation integrated with traction power supply solver using simplified Newton-Raphson method," *J. Med. Biol. Eng.*, vol. 35, no. 6, pp. 241–251, 2015.
- [8] A. Saputra, "Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-

- Manggarai Awaluddin,” *J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [9] A. S. Samosir, “Studi Penggunaan Penyearah 18 Pulsa Dengan Transformator 3 Fasa Ke 9 Fasa Hubungan Segienam,” *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 6, no. 1, p. 21, 2008.
- [10] X. He, A. Guo, X. Peng, Y. Zhou, Z. Shi, and Z. Shu, “A traction three-phase to single-phase cascade converter substation in an advanced traction power supply system,” *Energies*, vol. 8, no. 9, pp. 9915–9929, 2015.