

**ANALISIS KAPASITAS DAYA PADA *TRACTION POWER SUPPLY*
*SUBSTATION DI LRT SUMSEL***



SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Program Strata-1

Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang

Oleh :

Imron Zaelani

13 2016 160

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2020

SKRIPSI
ANALISIS KAPASITAS DAYA PADA TRACTION POWER SUPPLY
SUBSTATITON DI LRT SUMSEL



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan pengaji
Pada 13 Agustus 2020

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
IMRON ZAELANI

Susunan Dewan Pengaji

Pembimbing 1

Yosi Apriani, S.T., M.T.
NIDN : 0213048201

Pengaji 1

Sofiah, S.T., M.T.
NIDN: 0209047302

Pembimbing 2

Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng.
NIDN : 0212056402

Pengaji 2

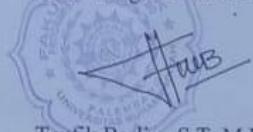
Ir. Muhar Danus, M.T.
NIDN: 0210105601

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T.
NIDN : 0227077004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Taufik Barlian S.T., M.Eng.
NIDN : 218017202

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Palembang, 13 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan



Imron Zaelani

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Wasyukurilah. Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmatnya dan hidayah-Nya akhirnya penulisan Skripsi ini dapat di selesaikan dengan baik. Shalawat serta salam mudah-mudahan tetap selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi yang berjudul “**ANALISIS KAPASITAS DAYA PADA TRACTION POWER SUPPLY SUBSTATION DI LRT SUMSEL**”

. Penyusunan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar S-1 atau Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini berkat bimbingan, pengarahan dan nasehat yang tidak ternilai harganya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Yosi Apriani, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing 1
2. Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng selaku Dosen Pembimbing 2

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada pihak yang berperan dalam membantu penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak dan Ibu Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.

5. Bapak dan Ibu Staf dan Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
6. Ayahanda dan Ibunda tercinta Een Suhendar dan Neni dahpiani yang tak kenal lelah memberikan dorongan, motivasi dan doa untuk keberhasilanku dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Keluarga, sahabat dan orang - orang yang sangat saya sayangi yang telah memberikan bantuan dan dukungan serta motivasi.
8. Tim Laboratorium Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik moril maupun materil.
9. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang dan semua pihak yang banyak membantu penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT. Membalas budi baik kalian yang telah diberikan dalam penyelesaian skripsi ini, semoga amal ibdahnya diterima dan mendapat balasan dari-Nya. Semoga bimbingan, saran, Partisipasi dan bahan yang telah diberikan akan bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Palembang, 13 Agustus 2020

Penulis



IMRON ZAELANI

ABSTRAK

Sejak diterapkan *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. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan tiap-tiap gardu listrik untuk mengetahui berapa besar jumlah kebutuhan daya listrik sesuai dengan pola operasi TPSS. Metode penulisan: 1. *Study literature*, 2. Pengumpulan data, 3. Simulasi menggunakan ETAP, 4. Perbandingan kapasitas perhitungan dengan kapasitas eksisting, 5. Analisi. 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, Tegangan DC

ABSTRACT

Since the current LRT highway was implemented, it is possible that the TPSS load will increase because the distance between the LRT on the train journey is getting tigher. With this system, the amount of LRT power draw on each message at each station increases which results in the load of the electric current at the substation. The purpose of this is to analyze the ability of each electrical substation to determine how much electricity is needed according to the TPSS operating pattern. Methods: 1. Literature study, 2. Data calculations, 3. Simulation using ETAP, 4. Comparison of capacity calculation with existing capacities, 5. Analysis. Based on the calculation of the available power capacity per LRT Asrama Haji, which is 1339 kW on the Puntikayu cross, which is 1142 kW and 653 kW at the Demang route, the available power capacity is 1441 kW. The highest percentage of used power is 32.3% so that available power capacity is still sufficient to meet the needs based on the available power.

Keyword : power capacity, Lower Line Electricity, DC Voltage

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	VII
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	IV
ABSTRAK	VI
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR TABEL	IX
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN	2
1.3. BATASAN MASALAH	2
1.4. SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. LRT (<i>LIGHT RAIL TRANSIT</i>)	4
2.2. TPSS (<i>TRACTION POWER SUPPLY SUBSTATION</i>)	5
2.3. Diagram satu garis gardu traksi	6
2.3.1. <i>Kubikel utama</i>	7
2.3.2. <i>Disconnecting Switch (DS)</i>	8
2.3.3. <i>Voltage detector</i>	8
2.3.4. <i>Disconnecting switch for grounding system</i>	8
2.3.5. <i>Transformator</i>	8
2.3.6. <i>Converter</i>	10
2.4. JARINGAN LISTRIK ALIRAN BAWAH (LAB)	12
2.4.1. Komposisi sistem jaringan aliran bawah	13
2.4.2. <i>Sistem third rail</i>	14
2.4.3. <i>Conductor rail</i>	14
2.4.4. <i>Splice assembly</i>	15
2.4.5. <i>Cable terminal assembly (power feed)</i>	15
2.5. RANGKAIAN EKUIVALEN PADA LRT	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	18
3.2. DIAGRAM <i>FISHBONE</i>	18
3.3. METODE PENGAMBILAN DATA	18
3.4. ALAT DAN BAHAN	18

3.4.1. Alat	18
3.4.2. <i>Bahan</i>	21
3.5. JADWAL PENELITIAN	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. HASIL	22
4.1.1. Lokasi stasiun	22
4.1.2. Kapasitas daya TPSS rute LRT Asrama Haji – Demang	22
4.1.3. Arus LRT	23
4.1.4. Load flow perka LRT	24
4.2. ANALISIS	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1. KESIMPULAN	33
5.2. SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Susunan gerbong LRT Palembang	4
Gambar 2. 2. Sistem elektrifikasi AC	5
Gambar 2. 3. Proses aliran daya gardu ke LRT.	6
Gambar 2. 4. Skematik distribusi daya sistem kontrol	6
Gambar 2. 5. Diagram satu garis traksi.	7
Gambar 2. 6. <i>Transformator</i> traksi	9
Gambar 2. 7. Sistem daya kereta api DC	10
Gambar 2. 8. Penyearah 3 phasa gelombang penuh	11
Gambar 2. 9. Rangkaian dioda pada <i>rectifier</i> .	12
Gambar 2. 10. Sistem penyuplai dua sisi gardu traksi	13
Gambar 2. 11. Sistem <i>third rail</i> – kontak bawah	14
Gambar 2. 12. Kontak <i>third rail</i>	14
Gambar 2. 13. <i>Bolted join</i>	15
Gambar 2. 14. <i>Cable terminal assembly</i>	15
Gambar 2. 15. Rangkai ekuevalen dari sumber dua sisi LRT	16
Gambar 2. 16. Arus keluaran TPSS dengan beban	16
Gambar 3. 1. Diagram <i>fishbone</i> .	18
Gambar 3. 2. Name plate transformator gardu traksi LRT	19
Gambar 3. 3. Name plate rectifier gardu traksi LRT	20
Gambar 3. 4. Name plate motor traksi LRT	21
Gambar 4. 1. Simulasi load flow LRT Asrama Haji	24
Gambar 4. 2. Pola pembebahan gardu traksi Asrama Haji	25
Gambar 4. 3. Simulasi load flow LRT Punti Kayu	26
Gambar 4. 4. Pola pembebahan gardu traksi Punti Kayu	27
Gambar 4. 5. Simulasi load flow LRT Demang	28
Gambar 4. 6. Pola pembebahan gardu traksi Demang	39
Gambar 4. 7. perbandingan daya traksi eksisting dan hasil perhitungan	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kemampuan pembebanan <i>transformator</i>	9
Tabel 3. 1. Spesifikasi <i>transformator</i>	10
Tabel 3. 2. Spesifikasi <i>rectifier</i>	20
Tabel 4. 1. Lokasi stasiun	22
Tabel 4. 2. Kapasitas daya TPSS	23
Tabel 4. 3. Arus LRT	23
Tabel 4. 4. Daya maksimum per jam gardu traksi Asrama Haji	25
Tabel 4. 5. Daya maksimum per jam gardu traksi Punti Kayu	27
Tabel 4. 6. Daya maksimum per jam gardu traksi Demang	29
Tabel 4. 7. Kebutuhan kapasitas daya gardu traksi Asrama Haji - Demang	30
Tabel 4. 8. Kapasitas daya gardu traksi eksisting dan hasil perhitungan	31

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Palembang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki tingkat perekonomian yang semakin meningkat. Berdasarkan masterplan percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi Indonesia (MP3EI) 2011- 2015. Koridor ekonomi wilayah Sumatera diharapkan menjadi pusat produksi dan pengolahan sumber daya alam sebagai cadangan energi bangsa. Salah satu misi dari pemerintah kota Palembang meningkatkan perekonomian melalui meningkatkan hubungan antar daerah melalui jejaring yang terkoneksi baik dari dalam maupun luar negeri. Jejaring tersebut tentunya harus didukung dengan meningkatnya sarana dan prasarana di dalam kota maupun akses yang sistem transportasi yang memadai dan modern sehingga memberi citra positif terhadap kota (Putra & Windharto, 2017).

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 yaitu KRL (Kereta Rel Listrik) dan LRT (Light Rail Transit) (Wicaksono, 2018).

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 diimbangi penyediaan suplai daya pada TPSS (*Traction Power Supply Substation*). TPSS merupakan salah satu istilah yang digunakan pada perusahaan Kereta Api Indonesia (Persero) 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.

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.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui berapa besar jumlah kebutuhan daya listrik LRT.
2. Untuk mengetahui kemampuan setiap gardu-gardu listrik LRT

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menganalisa kurang/ lebih kebutuhan daya dari TPSS/ gardu LRT.
2. Sebagai pertimbangan dalam penyesuaian sistem proteksi yang baik.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mencapai sasaran yang diinginkan dalam tugas akhir ini, maka perlu dibuat batasan masalah yang akan dibahas yaitu :

- Penulisan tugas akhir penelitian di batasi hanya di LRT Rute Asrama Haji.- Demang
- Perhitungan kapasitas daya gardu di analisis pada tahun 2020
- Menganalisis kapasitas daya TPSS di PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

1.4.Sistematika Penulisan

Tujuan dari sistematika penulisan adalah untuk memberikan pengarahan secara jelas dari permasalahan skripsi. Sistematika penulisan merupakan garis besar dari pembahasan dari tiap – tiap bab yang di uraikan sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Merupakan bab yang menjelaskan mengenai latar belakang pembahasan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori – teori pendukung mengenai LRT, gardu traksi, lintasan aliran bawah.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini membahas kondisi lapangan, yang nantinya menjadi tempat penelitian alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

BAB IV. PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dari penelitian yang dilakukan dan hasil perhitungan data-data yang didapat dari hasil penelitian.

BAB V. PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang merupakan hasil dari semua pembahasan pada bab - bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Ely, P. S., Dringhuze, J. M., & Novi, T. S. (2018). Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. *jurnal Teknik Elektro dan Komputer* , 135-141.
- Fauza, M. R. (2015). Analisa Harmonisa Akibat Pengaruh Penggunaan Converter Pada Kereta Rel Listrik 1x25 Kv Jogyakarta-Solo. *Rekayasa dan teknologi elektro* , 192 - 202.
- Kurniawan. (2008). *Manual Intruccion For Dry Type Transformer*. Tangerang: Trafindo.
- Len, T. P. (2016). *Spesifikasi Teknik Sistem Third rail light rail (LRT) Palembang*. Palembang: 2016.
- Pamungkas Ade, A. m. (2016). Kapasitas Daya Gardu Rel Listrik Aliran Atas Rute Kereta Rel Listrik. 1-7.
- Saputra, A. (2016). Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok - Manggarai. *Journal of electrical power, instrumentation and control (EPIC)* , 1 - 8.
- Shofian, E. H. (2019). Studi potensi jaringan light rail transit dan kontruksi perkerasan rel (studi kasus: koridor kota Manado kecamatan Malayang, kecamatan Mario, kecamatan Wenang). *Jurnal sipil statik* , 1317 - 1328.
- Tambunan, J. M. (2018). Proses prakitan dan pengujian kubikel sm 6 vacuum circuit breaker20 kv di PT. Galleon cahaya investama. *Jurnal energi dan kelistrikan* , 45-52.
- Wicaksono, C. &. (2018). Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji Pada Pengoprasian Kereta Bandara Soekarno – Hatta. *Jurnal perkeretaapian Indonesia* , 76 - 82.

- Windharto, A. &. (2017). Desain Carbody Eksterior - Interior *Light Rail Transit* Untuk Kota Palembang dengan konsep iconic dan modern. *Jurnal sains dan seni* , 106 - 109.
- Atmam, A. (2018). Penggunaan Filter Kapasitif Pada Rectifier Satu Phasa Dan Tiga Phasa Menggunakan Power Simulator (Psim). *SainETIn*, 2(1), 18–26. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v2i1.1667>
- Bongso, S. E. H., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2019). *Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (Lrt) Dan Konstruksi Perkerasan Rel (Studi Kasus: Koridor Kota Manado Kecamatan Malalayang, Kecamatan Sario, Kecamatan Wenang)*. 12.
- Du, F., He, J. H., Yu, L., Li, M. X., Bo, Z. Q., & Klimek, A. (2010). *Modeling And Simulation Of Metro DC Traction System With Different Motor Driven Trains*. *2010 Asia-Pacific Power And Energy Engineering Conference*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5448372>
- González-Gil, A., Palacin, R., Batty, P., & Powell, J. P. (2014). A *Systems Approach To Reduce Urban Rail Energy Consumption*. *Energy Conversion and Management*, 80, 509–524. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.060>
- Han, Z., Zhang, Y., Liu, S., & Gao, S. (2011). *Modeling and Simulation for Traction Power Supply System of High-Speed Railway*. *2011 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2011.5748640>
- Hariansyah, M., & Awaluddin, J. (n.d.). Aplikasi Penggunaan Kubikel 20 Kv Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Pltp) *Binary Cycle Dieng*. 7.
- He, X., Guo, A., Peng, X., Zhou, Y., Shi, Z., & Shu, Z. (2015). *A Traction Three-Phase to Single-Phase Cascade Converter Substation in an Advanced Traction Power Supply System*. *Energies*, 8(9), 9915–9929. <https://doi.org/10.3390/en8099915>

- Kulworawanichpong, T. (2015). *Multi-train modeling and simulation integrated with traction power supply solver using simplified Newton–Raphson method*. *Journal of Modern Transportation*, 23(4), 241–251. <https://doi.org/10.1007/s40534-015-0086-y>
- Paul, D. (2002). *Light Rail Transit DC Traction Power System Surge Overvoltage Protection*. *Ieee Transactions On Industry Applications*, 38(1), 8.
- Prakoso, U. Y., Sadikin, M., & Km, J. J. S. (n.d.). *Sistem Propulsi Pada Kereta Rel Listrik Di Depo Krl*. 8.
- Putra, I. M., & Windharto, A. (2017). *Desain Carbody Eksterior-Interior Light Rail Transit untuk Kota Palembang dengan Konsep Iconic dan Modern*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), F119–F122. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.27956>
- Samosir, A. S. (2008). Studi Penggunaan Penyearah 18 Pulsa Dengan Transformator 3 Fasa Ke 9 Fasa Hubungan Segienam. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v6i1.547>
- Sentosa Setiadji, J., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2008). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(2), 68–73. <https://doi.org/10.9744/jte.7.2.68-73>
- Tsaqib, M. B., & Asmoro, W. A. (2020). Analisis Respon Vibrasi Roda-Rel Arah Lateral sebagai Langkah Pengendalian Kebisingan Derit LRT Palembang pada Tikungan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), E121–E128. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.46090>
- Saputra, A. (2015). Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Manggarai. *Journal Of Electrical Power, Instrumentation and Control (EPIC)* , 1-8.