

ANALISA DAYA DUKUNG GARDU TRAKSI KRANJI PADA PENGOPERASIAN KERETA BANDARA SOEKARNO – HATTA

Oleh :

Catur Wicaksono, API Madiun, Email : catur.wicaksono24@gmail.com

Akhwan, API Madiun, Email : akhwan@api.ac.id

Ava Rizkinda Putri, API Madiun, Email : ava.tep1509@taruna.api.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini disusun dengan tujuan melaksanakan perhitungan kapasitas gardu traksi dan melakukan analisa daya dukung Gardu Traksi Kranji pada pengoperasian Kereta Bandara Soekarno – Hatta di jam sibuk pagi. Penelitian ini dilakukan dengan sumber data berupa susunan rangkaian kereta, jarak pengisian antar gardu traksi, headway, jenis jalur ganda, rasio konsumsi kereta, dan berat total kereta. Parameter kemampuan daya dukung gardu diukur berdasarkan penyempitan headway 8,5 menit, 5 menit, dan 3 menit dan pemadaman gardu Cakung. Nilai beban rencana diperoleh berdasarkan perbandingan beban arus maksimum terhadap beban penyempitan headway. Daya dukung diukur berdasarkan perbandingan nilai beban rencana terhadap kapasitas eksisting gardu. Hasil analisa menyatakan beban rectifier sebesar 2626,42 kW dan beban transformator sebesar 3533 kVA pada semua jenis parameter. Dengan kapasitas rectifier yang terpakai sebesar 43% dan transformator sebesar 51%. Evaluasi terhadap hasil analisa data menunjukkan Gardu Traksi Kranji mampu menyuplai daya untuk pengoperasian Kereta Bandara Soekarno – Hatta di jam sibuk pagi.

Kata Kunci: Gardu Kereta Rel Listrik, Gardu Traksi, Kapasitas Gardu, Kereta Rel Listrik

ABSTRACT

The aim of this study is to carry out the calculation of traction substation's capacity and analysis of power supporting of Kranji Substation for the operation of Soekarno Hatta Airport Railway – in the morning rush hour. The study use the data of the form of train arrangement, the distance between traction substations, headway, double track type, train consumption ratio, and total train weight. The parameters of the power substation supporting capability is measured based on narrowing headway 8.5 minutes, 5 minutes, and 3 minutes and Cakung substation outages. The value of the load plan retrieved based on a comparison of current maximum load against load narrowing headway. Power support is measured based on a comparison of the value of the load plan against the existing substation capacity. The results of the stated load rectifier is 2626.42 kW and transformer is 3533 kVA for all types of parameters. With a capacity of rectifier used amounted to 43% and 51% of the transformer. Evaluation of the results of the data analysis shows the power supporting of Kranji Substation is able for the operation of Soekarno Hatta Airport Railway – in the morning rush hour.

Keywords: Electric Railway Substation, Traction Substations, Substation Capacity, Electric Railway

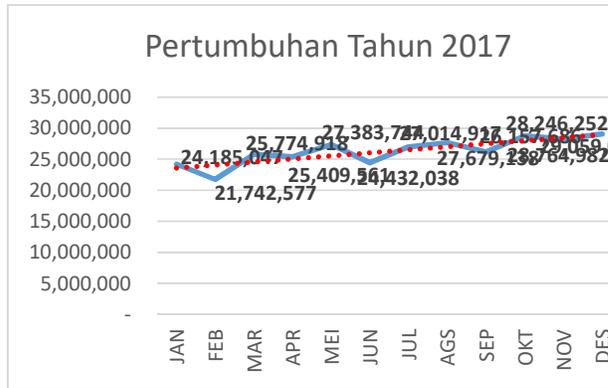
1 PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

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).

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 Jabodetabek.



Gambar 1 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.

Kereta Bandara Soekarno – Hatta (Soetta) dibangun berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2011. PT. Railink menyatakan bahwa mulai 19 Juni 2018 keberangkatan Kereta Bandara Soetta akan dimulai dari Stasiun Bekasi.

Tabel 1 Jadwal Perjalanan Kereta Bandara Dari Stasiun Bekasi

No	Pukul		
	BKS	BPR	BST
1	10.05	11.24	11.37
2	11.10	12.24	12.37
3	13.13	14.24	14.37
4	14.11	15.24	15.37

Berdasarkan data PT. RAILINK terdapat 8 perjalanan Kereta Bandara Soetta dalam sehari. Pemberangkatan dari Stasiun Bekasi paling pagi dimulai pukul 10.05 dan tiba di Stasiun Bandara pada pukul 11.37, dimana awal perjalanan tidak pada saat jam sibuk pagi.

Gardu Traksi (GT) Kranji merupakan Gardu yang terletak di lintas Bekasi–Cakung serta mensuplai daya listrik pada lintas tersebut. GT. Kranji merupakan produk dari Meiden dan terletak pada KM 23+740, memiliki kapasitas Transformator sebesar 3400 kVA dan kapasitas Silicon Rectifier 2×3000 KW

Lintas Bekasi – Cakung merupakan lintas padat perjalanan KRL pada jam sibuk (peak hour) pagi dan sore bahkan sebelum Kereta Bandara Soetta dijalankan. Gardu Traksi Kranji dipilih dalam penelitian ini karena tingginya frekuensi pemberangkatan KRL dari Stasiun Bekasi, dimana arus start KRL paling tinggi pada saat awal pemberangkatan dari Stasiun Bekasi dan ketika terjadi pengereman masuk Stasiun Bekasi. Sehingga perlu diperhitungkan daya dukung Gardu Traksi Kranji pada pengoperasian Kereta Bandara Soekarno – Hatta di jam sibuk pagi.

1.2. Tujuan

Penelitian ini berusaha menjawab beberapa tujuan berikut:

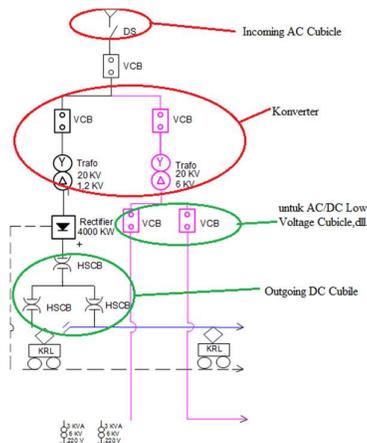
- a. mengetahui kebutuhan daya yang digunakan Kereta Rel Listrik pada jalur eksisting sebelum penambahan perjalanan Kereta Bandara Soekarno - Hatta pada jam sibuk pagi (jam 7-8).
- b. mengetahui kemampuan kapasitas daya listrik pada Gardu Traksi Kranji untuk pengoperasian Kereta Bandara Soetta dengan memperkecil headway 8,5 menit, 5 menit, dan 3 menit.
- c. Mengetahui kemampuan daya GT. Kranji pada kondisi darurat yaitu apabila GT. Cakung mengalami pemadaman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gardu Traksi

Sistem elektrifikasi yang dipakai di Jabodetabek memakai sistem elektrifikasi arus searah 1500 volt DC dengan memakai sistem penyuplaian melalui Jaringan Listrik Aliran Atas. Sistem saluran atas 1.500 volt DC mendapat catu daya dari pusat-pusat listrik/gardu listrik.

(Dwiatmoko, 2016) menyatakan bahwa catu daya yang terpasang di Jabodetabek ada tiga sistem, yaitu Gardu Listrik sistem Jepang (Meidensha), Gardu Listrik sistem Jerman (Siemen), dan Gardu Listrik sistem Belanda (Alsthom).

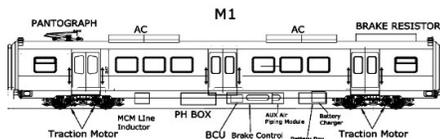


Gambar 2 Diagram Alir Daya Listrik Ke Sarana KRL

(Dwiatmoko, 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). Selain untuk suplai daya KRL, catu daya listrik juga menyuplai daya untuk persinyalan dengan tegangan 6 kV, dengan menurunkan tegangan 20 kV dari PLN menjadi tegangan 6 kV AC, selanjutnya didistribusikan ke sinyal Cabin dan siturunkan lagi menjadi 380 VAC untuk tegangan control gardu traksi sendiri atau AC/DC Low Voltage.

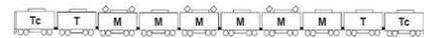
2.2. Kereta Rel Listrik

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. Sumber tenaga listrik berasal dari Gardu Traksi yang ditransmisikan melalui jaringan Listrik Aliran Atas.



Gambar 3 Motor Car

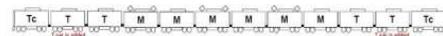
1. Rangkaian 10 (sepuluh) Kereta



Gambar 4 Rangkaian KRL 10 SF

Rangkaian dengan 10 Kereta terdiri dari 2 TC dengan kabin masinis, 6 MC dengan sistem propulsi dan auxiliary serta 2 trailer tanpa kabin masinis.

2. Rangkaian 12 (dua belas) Kereta



Gambar 5 Rangkaian KRL 12 SF

Rangkaian dengan 12 Kereta terdiri dari 2 TC dengan kabin masinis, 6 MC dengan sistem propulsi dan auxiliary serta 4 trailer tanpa kabin masinis.

2.3. Kapasitas Daya Gardu Traksi

Seperti yang dinyatakan oleh (Dwiatmoko, 2016) perhitungan kapasitas daya listrik pada gardu traksi KRL dengan menggunakan pendekatan empiris dengan rumus yang akan digunakan adalah:

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

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.

$$Z1 = Y + Cm\sqrt{Y} (kW) \quad (2)$$

$$Z2 = 1,5 kV \times 2 lm (1 - \alpha) (kW) \quad (3)$$

$$Zn = \frac{Z1}{2,5}; \text{ jika } Z1 > Z2 \quad (4)$$

$$Zn = \frac{Z2}{2,5}; \text{ jika } Z2 > Z1 \quad (5)$$

dimana Z1 adalah beban puncak sesaat berdasarkan headway, Z2 adalah beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum, Zn adalah beban yang dibutuhkan, Y adalah beban maksimum satu jam, Cm adalah Faktor untuk elektrifikasi DC = 1.7√Im., Im adalah arus maksimum KRL (ampere), α adalah rasio pembagian arus, akan digunakan 0,08.

2.4 Waktu Antara (Headway)

Waktu antara (headway) didefinisikan sebagai interval waktu antara bagian depan kendaraan melewati suatu titik dengan saat dimana bagian depan kendaraan berikutnya melewati titik yang sama (Morlock, 1985). Pada kereta, headway adalah selang waktu kereta api datang dan/atau berangkat suatu kereta api dengan kereta api berikutnya. Satuan headway adalah menit per kereta api (menit/KA).

3 METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

(Direktorat Tenaga Kependidikan Departemen Pendidikan Nasional, 2008) menyatakan bahwa Pengolahan data adalah suatu proses untuk mendapatkan data dari setiap variabel penelitian yang siap dianalisis.

Adapun pengolahan data yang digunakan dalam analisis ini adalah dengan menggunakan metode empiris dan hasilnya akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai hasil akhir penelitian.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data sekunder yang didapatkan adalah spesifikasi teknis KRL, spesifikasi teknis Kereta Bandara Soekarno – Hatta, Spesifikasi Teknis Gardu Traksi Kranji, Grafik Perjalanan Kereta (GAPEKA) KRL lintas Bekasi Tahun 2017, Jadwal keberangkatan Kereta Bandara Soekarno – Hatta, serta jumlah peralatan sinyal lintas Bekasi – Cakung.

Pengumpulan data primer dilakukan melalui perhitungan untuk mendapatkan nilai jarak pengisian antar gardu, berat total KRL dan Kereta Bandara Soekarno – Hatta, total arus konsumsi kereta, beban yang direncanakan, serta kemampuan transformator dan rectifier terhadap beban yang direncanakan.

4 HASIL PENELITIAN

4.1 Jarak Pengisian antar Gardu

Gardu yang bersebelahan memiliki pembagian jarak 50:50 terhadap lintas yang disuplai. Jarak antar Gardu berpengaruh terhadap suplai daya listrik KRL. Jarak antar Gardu yang diperbolehkan untuk LAA arus searah adalah 6 km.

Tabel 2 Jarak antar gardu dan Cover Area

Gardu Traksi	Lokasi	Jarak antar gardu Traksi (Km)	Cover Area (Km)
GT. Klender	15+150	5,250	2,625
GT Cakung	20+400	3,340	4,295
GT Kranji	23+740	2,812	3,076
GT Bekasi Timur	26+552	10,248	6,530
GT. Cibitung	36+800		5,124

4.2 Berat Total Kereta

Berat total kereta dihitung berdasarkan berat kosong kereta ditambah 200% berat penumpang dengan asumsi rata – rata berat penumpang 60 kg/orang.

Tabel 3 Berat Total Beberapa Jenis Kereta

No.	Seri	SF	Berat Total (ton)
1	Seri Tokyo Metro 6000/7000	10	495,68
2	Seri 7000	8	389,32
3	Seri JR205	10	467,84
		12	569,4
4	Kereta Bandara Soetta	6	258

4.3 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 4 Konsumsi Daya dan Arus Kereta

No	Seri	SF	Daya Traksi/ Motor	Jumlah TM/set	Total Daya (kW)	Total Arus (ampere)
1	JR 205	12	120	32	3840	3019
2	JR 205	10	120	24	2880	1920
3	Metro 6000/7000	10	160	24	3840	3019
4	Metro 7000	8	155	16	2480	1653
6	Kereta Bandara	6	200	16	3200	2133

4.4 Kebutuhan Daya Pada Penyempitan Headway

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Kranji Dengan Penyempitan Headway

No	Lokasi Gardu	Petak Jalan yang disuplai	Panjang Pengisian (km)	Jarak Total Pengisian (km)	Komposisi Krl yang operasi (set)	Arus Pemakaian (A)	Faktor Elektrifikasi (kW)	Beban Maksimum (Y) (kW)	Beban puncak sesaat perhitungan headway (Z1) (kW)	Beban puncak sesaat perhitungan Arus Max (Z2) (kW)	Kapasitas yang diperlukan (Zn)		Kapasitas rectifier (kW)				Kebutuhan daya (kVA)			
											(kW)	(KVA)	Perhitungan (A)	Ekisting (B)	B / A (%)	Ket	Perhitungan (A)	Ekisting (B)	B / A (%)	Ket
1	Headway normal 10 menit GAPEKA 2017																			
	Kranji	KRI-CUK	3340	6,152	3	495,68	82,917	37,068	584,532	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
					1	389,32														
		KRI-BKT	2812		4	467,84														
			4		569,4															
2	Headway 8,5 menit GAPEKA 2017																			
	Kranji	KRI-CUK	3340	6,152	12	2379	82,917	29,672	519,485	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
KRI-BKT		2812																		
3	Headway 5 menit GAPEKA 2017																			
	Kranji	KRI-CUK	3340	6,152	12	2379	82,917	50,442	689,08	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
KRI-BKT		2812																		
4	Headway 3 menit GAPEKA 2017																			
	Kranji	KRI-CUK	3340	6,152	12	2379	82,917	84,071	908,55	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
KRI-BKT		2812																		

4.5 Kebutuhan Daya Pada Saat Gardu Cakung Off

Tabel 6 Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Kranji Pada Saat Gardu Cakung Of

No	Lokasi Gardu	Petak Jalan yang disuplai	Panjang Pengisian (km)	Jarak Total Pengisian (km)	Komposisi Krl yang operasi (set)	Arus Pemakaian (A)	Faktor Elektrifikasi (kW)	Beban Maksimum (Y) (kW)	Beban puncak saat perhitungan headway (Z1) (kW)	Beban puncak saat perhitungan arus Max (Z2) (kW)	Kapasitas Gardu Listrik yang diperlukan (Zn)		Kapasitas rectifier (kW)				Kebutuhan daya (kVA)			
											(KW)	(KVA)	Perhitungan (A)	Ekisting (B)	B / A (%)	Ket	Perhitungan (A)	Ekisting (B)	B / A (%)	Ket
I. Headway Normal (10 Menit)																				
1	Kondisi Darurat (GT. Cakung OFF)																			
	Klender	JNG-KLD	8,59	11,402	3	495,68	82,917	77,908	871,589	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
	Cakung	KLD-CUK																		
	Kranji	CUK-KRI	2,812		4	467,84														
Bekasitimur	KRI-BKT	4																		
II. Headway 8,5 Menit																				
2	Kondisi Darurat (GT. Cakung OFF)																			
	Klender	JNG-KLD	8,59	11,402	12	2379	82,917	54,99359	669,8903	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
	Cakung	KLD-CUK																		
	Kranji	CUK-KRI	2,812																	
Bekasitimur	KRI-BKT																			
III. Headway 5 Menit																				
3	Kondisi Darurat (GT. Cakung OFF)																			
	Klender	JNG-KLD	8,59	11,402	12	2379	82,917	93,4891	895,2163	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
	Cakung	KLD-CUK																		
	Kranji	CUK-KRI	2,812																	
Bekasitimur	KRI-BKT																			
IV. Headway 3 Menit																				
4	Kondisi Darurat (GT. Cakung OFF)																			
	Klender	JNG-KLD	8,59	11,402	12	2379	82,917	155,8152	1190,841	6566,04	26262,42	3283,02	2626,42	3000	43	Cukup	3533	3400	51	Cukup
	Cakung	KLD-CUK																		
	Kranji	CUK-KRI	2,812																	
Bekasitimur	KRI-BKT																			

5 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Kapasitas daya listrik lintas Bekasi – Kranji – Cakung pada kondisi headway normal sesuai GAPEKA tahun 2017 sebesar 10 menit, dapat dipenuhi oleh GT. Kranji dengan kondisi rectifier mencukupi sebesar 43 % dan kondisi transformator mencukupi sebesar 51%
- b. Daya dukung lintas Bekasi – Kranji – Cakung untuk pengoperasian Kereta Bandara Soetta pada kondisi headway 8,5 menit, 5 menit, dan 3, dapat dipenuhi oleh GT. Kranji dengan kondisi rectifier mencukupi sebesar 43% dan kondisi transformator mencukupi sebesar 51%
- c. Kemampuan kapasitas rectifier dan transformator pada kondisi darurat atau salah satu gardu bersebelahan mengalami gangguan masih mampu dipenuhi untuk menyuplai tegangan pada lintas tersebut ketika headway normal maupun ketika headway dipersempit menjadi 8,5 menit, 5 menit, dan 3 menit.

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kemampuan GT. Kranji untuk menyuplai lintas Bekasi – Kranji – Cakung ketika Kereta Bandara Soetta dijalankan pada jam sibuk pagi mampu

menyuplai hingga headway tersempit yaitu 3 menit dengan kondisi rectifier dan transformator mencukupi. Dan pada kondisi ketika salah satu gardu bersebelahan mengalami pemadaman, masih mampu menyuplai hingga headway tersempit yaitu 3 menit dengan kondisi rectifier dan transformator mencukupi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Tenaga Kependidikan Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Pengolahan dan Analisis Data Penelitian*. Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan Departemen Pendidikan Nasional.
- Dwiatmoko, H. (2016). *Pengujian Fasilitas Operasi Kereta Api*. Jakarta: Kencana.
- Morlock, E. K. (1985). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Steenbrink. (1974). *Optimization of Transport Networks*. Purwokerto: Tugas Akhir Universitas Jendral Soedirman.