

# Analisis Kapasitas Daya Pada Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor Menggunakan Kereta Rel Listrik Seri EA 203

Rinto Setyo Wibowo<sup>1</sup>, email : wiboworintosetyo@gmail.com

Emy Haryatmi<sup>2\*</sup>, email : \*emy\_h@staff.gunadarma.ac.id

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Gunadarma

## ABSTRAK

Kereta Rel Listrik merupakan salah satu transportasi unggulan dalam mobilitas masyarakat perkotaan. Sarana KRL seri terbaru di Indonesia, yaitu EA 203 dioperasikan sejak tahun 2017 untuk layanan kereta bandara pada lintas Manggarai – Bandara Soekarno Hatta. Penelitian ini menggantikan peran KRL Seri JR 205 yang beroperasi saat ini pada lintas Bojonggede – Bogor dengan menggunakan KRL EA 203 dengan stamformasi sama dalam satu rangkaian. Diketahui total daya motor traksi pada KRL Seri EA 203 dengan susunan 3 *Motor Car* dan 9 *Trailer Car* sebesar 2400 kW. Terdapat 4 Gardu Traksi sepanjang lintas Bojonggede – Bogor, yaitu Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor. Pada hasil penelitian, total penggunaan kapasitas daya transformator menggunakan KRL EA 203 sebesar 44,16% pada Gardu Traksi Bojonggede, 44,16% pada Gardu Traksi Cilebut, 49,95% pada Gardu Traksi Kedungbadak, dan 69,94% pada Gardu Traksi Bogor. Dapat disimpulkan bahwa kapasitas daya pada Gardu Traksi sepanjang lintas Bojonggede – Bogor menggunakan KRL EA 203 masih sanggup mencukupi kebutuhan operasional KRL. Penambahan jadwal saat menggunakan KRL EA 203 pada GAPEKA 2021 juga dapat dilakukan sebanyak 4 perjalanan di Stasiun Bojonggede.

**Kata Kunci:** Gardu Traksi, Kereta Rel Listrik, EA 203, Kapasitas Daya

## ABSTRACT

*Electric Multiple Unit is the one of leading transportation for urban people's mobility. The newest of EMU in Indonesia, EA 203 was operated since 2017 for airport train services at Manggarai – Bandara Soekarno Hatta railway line. This research is replaced the EMU JR 205 as nowadays operation in Bojonggede – Bogor railway line using EMU EA 203 with the same formation of trainset. The total of transformator power capacity usage using EMU EA 203 is 44.16% at Bojonggede Substation, 44.16% at Cilebut Substation, 49.95% at Kedungbadak Substation, and 69.94% at Bogor Substation. It conclude that, the power capacity at substations in Bojonggede – Bogor railway line are fulfilled using EMU EA 203 for railway operations. Adding of train schedules are enable for 4 trips at Bojonggede Station.*

**Keywords:** Substation, Electric Multiple Unit, EA 203, Power Capacity

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi publik merupakan hal yang penting dalam mobilitas masyarakat. Pentingnya transportasi tersebut dapat terlihat dari meningkatkan kebutuhan akan layanan bermobilitas dikarenakan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan berkembangnya pemukiman di kota-kota besar.

### 1.1 Latar Belakang

Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan salah satu transportasi unggulan khususnya masyarakat perkotaan dengan dibutuhkan transportasi yang cepat, aman, nyaman, kemudahan dalam integrasi, dan efisien. Disisi lain, adanya pandemi COVID-19 membuat sedikit penghalang bagi pengguna transportasi umum untuk dapat beraktivitas dikarenakan berlaku *social distancing* dan terdapat keterbatasan waktu operasional transportasi [1].

Salah satu lintas terpadat penumpang KRL yaitu lintas Bogor – Manggarai, banyaknya pekerja dari Bogor menuju Jakarta menggunakan transportasi KRL. Sarana KRL yang melintas pada lintas tersebut dirasa kurang karena masih banyak penumpang yang belum terangkut saat jam sibuk dan terjadi kepadatan penumpang di dalam rangkaian KRL [2].

Pada Gardu Traksi Bojonggede yang terletak pada lintas Bojonggede – Bogor memiliki berkapasitas daya sebesar 5000 kVA digunakan untuk menyuplai kereta seri JR 205 dengan formasi 12 kereta terdiri dari 3 Motor Car (MC) dan 9 Trailer Car (TC) dalam satu rangkaian. Total berat kereta JR 205 sebesar 569,4 ton. Pada *headway* 3,75 menit, konsumsi daya maksimal selama satu jam sebesar 68,85 kW. Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* kereta sebesar 814,937 kW. Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal

sebesar 6566,04 kW dan kapasitas daya yang dibutuhkan oleh Gardu Traksi Bojonggede sebesar 2626,416 kW atau 3283,02 kVA. Disimpulkan bahwa penggunaan daya sebesar 70% dari kapasitas yang tersedia pada *transformator* dan 65% dari kapasitas yang tersedia pada *rectifier* di Gardu Traksi Bojonggede [3].

Pada zaman hemat energi, dibutuhkan konsumsi daya yang lebih efisien untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, mengurangi biaya operasional KRL, dan penggunaan sarana KRL yang lebih efektif. Oleh karena itu, perlu diadakannya efisiensi dalam penggunaan daya pada Gardu Traksi dan penambahan jadwal perjalanan KRL untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam bermobilitas terutama pada lintas Bojonggede - Bogor sebagai lintas terpadat layanan KRL.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Sarana KRL seri terbaru di Indonesia, yaitu EA 203 dioperasikan sejak tahun 2017 untuk layanan kereta bandara pada lintas Manggarai - Bandara Soekarno Hatta. Maka dari itu, dibutuhkan analisis menggunakan KRL EA 203 dengan tujuan untuk mengetahui konsumsi daya penggunaan KRL tersebut dan perbandingan efektivitas KRL yang saat ini masih beroperasi pada lintas Bojonggede - Bogor.

## 2. LANDASAN TEORI

Landasan teori berisi materi penjelasan informasi mengenai Kereta Listrik dan Gardu Traksi dengan penelitian terkait.

### 2.1 Kereta Rel Listrik

Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan sarana perkeretaapian yang memiliki penggerak sendiri tanpa menggunakan lokomotif [4]. KRL dapat beroperasi menggunakan motor elektrik sebagai traksi utama. KRL terdiri dari *Motor Car* (MC) sebagai sarana yang memiliki motor traksi dan *Trailer Car* (TC) sebagai sarana yang tidak memiliki motor traksi. Saat ini, pada lintas Bojonggede – Bogor menggunakan KRL dengan 12 kereta dalam satu rangkaianannya.

Pengoperasian KRL dengan satu rangkaian terdiri dari 12 kereta sejak 16 September 2015. Penggunaan KRL dengan susunan kereta panjang dibutuhkan agar dapat mengangkut lebih banyak penumpang yang jumlahnya semakin meningkat [5].

### 2.2 Perawatan Sarana KRL

Di dalam mengoperasikan kereta diwajibkan dalam keadaan laik operasi. Kegiatan perawatan kereta

memiliki suatu tujuan yaitu mempertahankan kinerja dari kereta, agar masih tetap seperti kinerja dikala kereta itu dalam keadaan baru. Sarana dalam perawatannya dilakukan pada perawatan harian, perawatan bulanan (P1), perawatan 3 bulanan (P3), perawatan 6 bulanan (P6), perawatan 12 bulanan (P12), semi perawatan akhir (SPA), dan perawatan akhir [6]. Perawatan bulanan pada dipo kereta merupakan tempat perawatan KRL yang membentuk pemeriksaan, persiapan, penyimpanan sarana secara berkala dengan pemeliharaan rutin [7].

### 2.3 KRL Seri EA 203

KRL EA 203 merupakan sarana kereta yang diproduksi oleh PT Industri Kereta Api (INKA) yang dioperasikan oleh PT Railink sebagai layanan kereta bandara pada lintas Manggarai – Bandara Soekarno Hatta sepanjang 38 kilometer sejak tahun 2017. Saat ini, seri EA 203 merupakan KRL terbaru yang beroperasi di Indonesia. Operasional KRL ini hanya berhenti di Stasiun Manggarai, Stasiun Sudirman Baru, Stasiun Duri, Stasiun Batuceper, dan Stasiun Bandara Soekarno-Hatta. Pada tahun 2018, PT Railink membuka rute menuju ke Bekasi. Namun untuk pengoptimalan operasional kereta di Stasiun Manggarai sehingga dihentikan pada tahun 2019. KRL EA 203 memiliki berat 45 ton pada *Motor Car* (MC) dan 39 ton pada *Trailer Car* (TC) dengan tegangan elektrifikasi sebesar 1500 VDC. KRL Seri EA 203 ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. KRL Seri EA 203

KRL EA 203 memiliki beberapa komponen utama, seperti kompresor, pantograf, *PA Box*, dan *PH Box*. Kompresor digunakan untuk kebutuhan udara bertekanan pada kereta dan terdapat pada *Motor Car* (MC). Pantograf digunakan untuk menghantarkan pasokan listrik dari kabel Listrik Aliran Atas (LAA) menuju kereta. *PA Box* digunakan untuk menggerakkan motor traksi dan memberi daya untuk *auxiliary*. *PH Box* digunakan untuk menggerakkan motor traksi. KRL EA 203 memiliki daya motor traksi sebesar 200 kW dan dapat beroperasi pada kecepatan maksimal 100 km/h.

Pantograf merupakan media penghantar listrik yang dapat bergerak naik-turun menggunakan sistem

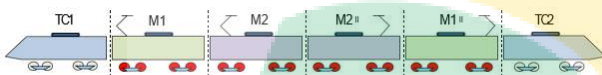
pegas[8]. Pantograf yang digunakan pada KRL EA 203 merupakan tipe *Single Arm*. Pantograf *Single Arm* ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pantograf *Single Arm* EA 203.

Pantograf *Single Arm* atau dengan nama lain *Z-Shaped* merupakan tipe pantograf yang umum digunakan kereta listrik dengan memiliki lengan tunggal responsif terutama untuk kereta berkecepatan tinggi [9]–[11].

Susunan rangkaian KRL EMU 203 terdiri dari 4 *Motor Car* (MC) dan 2 *Trailer Car* (TC), sehingga dalam satu rangkaiannya terdapat 6 kereta. Susunan rangkaian ditampilkan pada gambar 3.

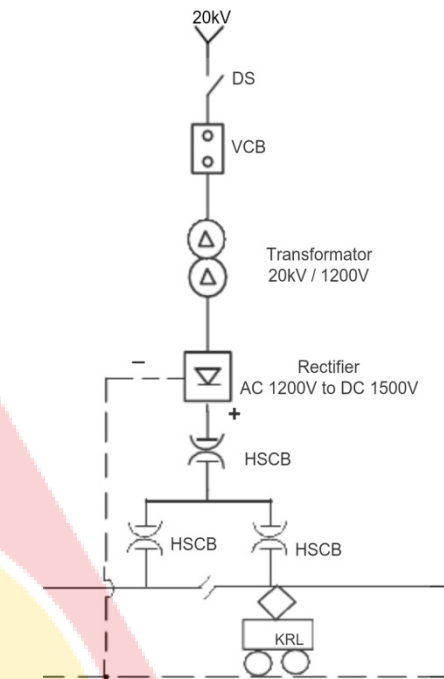


Gambar 3. Susunan KRL EA 203 [12]

Sistem propulsi pada KRL EA 203 dimulai dari tegangan yang melalui Listrik Aliran Atas (LAA), kemudian diterima oleh Pantograf. Aliran tegangan masuk ke dalam *PA Box* atau *PH Box* sesuai dengan spesifikasi kereta. Pada *PA Box* terdapat *Auxiliary Control Modul* (ACM) yang mencakup semua kontrol elektronik dan sistem tegangan yang diberikan sebesar 1500 VDC [12]. Pada *PH Box* terdapat *Motor Converter Module* (MCM) untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan tiga fasa AC dengan pengendalian kecepatan motor tegangan dan frekuensi sehingga bisa divariabelkan dan digunakan untuk menggerakkan motor traksi [13].

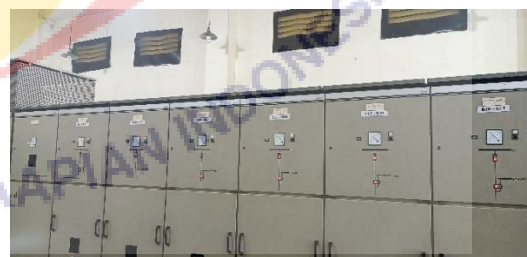
#### 2.4 Gardu Traksi

Gardu Traksi merupakan stasiun elektrifikasi tegangan yang digunakan untuk menyuplai listrik agar dapat mengoperasikan sarana Kereta Rel Listrik (KRL) dan prasarana penunjangnya. Gardu Traksi merupakan bagian penting dari infrastruktur perkeretaapian, untuk memastikan keandalannya, metode perawatan yang baik harus diterapkan [14]–[16]. Tegangan 20 kVAC diberikan melalui saluran transmisi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk diubah menjadi 1500 VDC [17]. Sistem Gardu Traksi ditampilkan gambar 4.



Gambar 4. Sistem Gardu Traksi [18]

Gardu Traksi memiliki beberapa komponen utama, seperti *Disconnecting Switch*, *Vacuum Circuit Breaker*, *Transformer*, *Silicon Rectifier*, dan *High Speed Circuit Breaker* (HSCB). *Disconnecting Switch* sebagai saklar pemisah untuk memutus atau menyambung pada kondisi tidak bertegangan atau tidak berbeban, digunakan ketika melakukan perawatan atau pengecekan peralatan. *Circuit Breaker* digunakan untuk memutus atau menyambung catu daya menggunakan ruang hampa untuk meredam busur api saat terjadinya kontak [18]. *Transformer* yang digunakan merupakan tipe *Transformer Step Down*, dimana tegangan 20 kVAC dari PLN kemudian diturunkan menjadi 6 kVAC dan 1200 VAC. Tegangan 6 kVAC digunakan untuk prasarana penunjang operasional kereta, seperti persinyalan, dan perlintasan rel kereta. Tegangan 1200 VAC kemudian diubah menjadi 1500 VDC menggunakan *Silicon Rectifier* agar menyesuaikan sistem elektrifikasi yang digunakan untuk operasional sarana Kereta Rel Listrik, kemudian tegangan 1500 VDC menuju *High Speed Circuit Breaker* untuk dipasok melalui Listrik Aliran Atas (LAA). *High Speed Circuit Breaker* ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. *High Speed Circuit Breaker*.

Tegangan disuplai melalui *High Speed Circuit Breaker* dan menuju kedua arah (Hulu-Hilir) lintasan operasional kereta. HSCB digunakan sebagai saklar penghubung-pemutus aliran tegangan 1500 VDC. Jika terdapat gangguan pada salah satu area, maka tegangan dapat dipadankan pada area tertentu saja, sehingga area lain tetap dapat beroperasi. Pemadaman Gardu Traksi juga dapat mengurangi tegangan pada Kereta Rel Listrik [19].

#### 2.4.1 Gardu Traksi Bojonggede

Gardu Traksi Bojonggede terletak pada KM 42+900 diantara Gardu Traksi Citayam (KM 37+800) dan Gardu Traksi Cilebut (KM 47+300) dibawah kendali Resort 1.13 Bogor. Gardu Traksi Bojonggede beroperasi sejak tanggal 25 Maret 2010. Gardu Traksi Bojonggede ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Gardu Traksi Bojonggede.

Kapasitas *transformator* pada Gardu Traksi Bojonggede sebesar 5000 kVA. Kapasitas *rectifier* pada Gardu Traksi Bojonggede sebesar 4000 kW.

#### 2.4.2 Gardu Traksi Cilebut

Gardu Traksi Cilebut terletak pada KM 47+300 diantara Gardu Traksi Bojonggede (KM 42+900) dan Gardu Traksi Kedungbadak (KM 50+600) dibawah kendali Resort 1.13 Bogor. Gardu Traksi Bojonggede beroperasi sejak tanggal 3 Maret 1996. Gardu Traksi Cilebut ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Gardu Traksi Cilebut.

Kapasitas *transformator* pada Gardu Traksi Bojonggede sebesar 5000 kVA. Kapasitas *rectifier* pada Gardu Traksi Cilebut sebesar 4000 kW.

#### 2.4.3 Gardu Traksi Kedungbadak

Gardu Traksi Kedungbadak terletak pada KM 50+600 diantara Gardu Traksi Cilebut (KM 47+300) dan Gardu Traksi Bogor (KM 54+600) dibawah kendali Resort 1.13 Bogor. Gardu Traksi Kedungbadak memiliki kapasitas *transformator* sebesar 4420 kVA. Kapasitas *rectifier* pada Gardu Traksi Kedungbadak sebesar 4000 kW.

#### 2.4.4 Gardu Traksi Bogor

Gardu Traksi Bogor terletak pada KM 54+600 disisi selatan Gardu Traksi Kedungbadak (KM 50+600) dibawah kendali Resort 1.13 Bogor. Gardu Traksi Bogor memiliki kapasitas *transformator* sebesar 3400 kVA. Kapasitas *rectifier* pada Gardu Traksi Bogor sebesar 3000 kW.

#### 2.5 Listrik Aliran Atas

Listrik Aliran Atas merupakan media transmisi untuk pendistribusian tegangan dari Gardu Traksi menuju KRL. Elektrifikasi jalur KRL menggunakan tegangan DC, preferensi untuk motor DC didasarkan pada keamanan, efisiensi, dan manfaat ekonomi [20]–[22]. Sistem pantograf - LAA merupakan sistem utama dalam lintasan elektrifikasi. LAA berada di tengah atas lintasan dan pantograf dipasang pada atap kereta [23].

LAA terdiri dari *Feeder Wire*, *Insulator*, *Messenger Wire*, *Hanger Wire*, dan *Trolley Wire* [8], [25]. *Feeder Wire* digunakan sebagai penghantar daya dari Gardu Traksi ke *Trolley Wire* kemudian dipasang untuk operasional kereta melalui pantograf yang terletak di atap kereta. *Insulator* digunakan sebagai pemisah bagian yang bertegangan dan non-tegangan. *Messenger Wire* digunakan untuk menahan beban *Trolley Wire* supaya ketinggiannya tetap stabil. *Hanger Wire* digunakan untuk menggantung *Trolley Wire* ke *Messenger Wire* agar *Trolley Wire* tetap berada pada posisi yang lurus. *Trolley Wire* atau *Contact Wire* digunakan sebagai aliran tegangan dan bergesekan dengan pantograf [8].

#### 2.6 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang terkait topik ini, seperti pada Gardu Traksi Duren Kalibata berkapasitas daya sebesar 4892 kVA terletak pada lintas Bogor - Manggarai. Total berat kereta sebesar 529,6 ton. Pada *headway* 2,6 menit, beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal sebesar 9807,72 kW dan kapasitas daya yang dibutuhkan oleh Gardu Traksi Duren Kalibata sebesar 3923,09 kW [15].

Pada Gardu Traksi Pasar Minggu berkapasitas daya sebesar 3919 kW terletak pada lintas Bogor – Manggarai digunakan untuk menyuplai KRL seri

Tokyu 8000 dengan formasi 12 kereta dalam satu rangkaian. Pada *headway* 5 menit, konsumsi daya maksimal selama satu jam sebesar 27,32 kW. Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal sebesar 6566,04 kW dan kapasitas daya yang dibutuhkan oleh Gardu Traksi Pasar Minggu sebesar 3388,93 kW [4].

Pada Gardu Traksi Kranji berkapasitas daya sebesar 3000 kVA terletak pada lintas Manggarai – Bekasi digunakan untuk menyuplai kereta seri EA 203 dengan formasi 12 kereta dalam satu rangkaian. Pada *headway* 5 menit, konsumsi daya maksimal selama satu jam sebesar 68,85 kW. Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* kereta sebesar 814,937 kW. Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal sebesar 6566,04 kW dan kapasitas daya yang dibutuhkan oleh Gardu Traksi Kranji sebesar 2626,42 kW atau 3533 kVA. Disimpulkan bahwa penggunaan daya sebesar 51% dari kapasitas yang tersedia pada transformator dan 43% dari kapasitas yang tersedia pada rectifier di Gardu Traksi Kranji [26].

**2.7 Grafik Perjalanan Kereta Api**

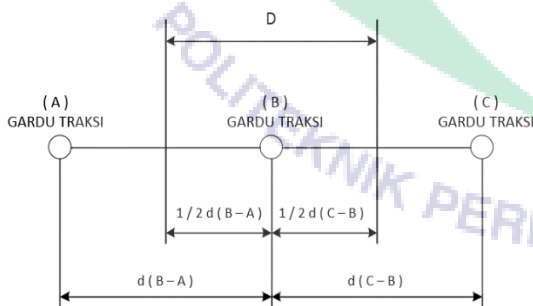
Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA) merupakan pedoman pengaturan pelaksanaan perjalanan kereta api yang digambarkan dalam bentuk garis yang menunjukkan stasiun, waktu, jarak, kecepatan, dan posisi perjalanan kereta api mulai dari berangkat, bersilang, bersusulan, dan berhenti yang digambarkan secara grafis untuk pengendalian perjalanan kereta api [27]. Saat ini, GAPEKA yang berlaku pada perjalanan kereta api ialah GAPEKA 2021.

**2.8 Headway**

*Headway* merupakan jarak waktu perjalanan antar kereta yang terjadwal pada GAPEKA. *Headway* dapat ditentukan berdasarkan frekuensi perjalanan kereta, semakin banyak jadwal perjalanan kereta maka lintasan semakin padat [28], [29].

**2.9 Jarak Pengisian Gardu Traksi**

Jarak pengisian berpengaruh terhadap beban daya yang dibutuhkan sepanjang lintas antar Gardu Traksi. Jarak pengisian Gardu Traksi ditampilkan pada gambar 8.



Gambar 8. Jarak Pengisian Gardu Traksi.

Pada lintas Bojonggede – Bogor, terdapat 4 Gardu Traksi. Gardu Traksi Bojonggede (KM 42+900), Gardu Traksi Cilebut (KM 47+300), Gardu traksi Kedungbadak (KM 40+600), dan Gardu Traksi Bogor (KM 54+600).

**2.10 Kapasitas Daya Gardu Traksi**

Perhitungan kapasitas daya pada Gardu Traksi dapat dilakukan menggunakan pendekatan empiris. Beban daya maksimum didapatkan dari besaran nilai pada kurun waktu tertentu [24], [30]. Perhitungan beban maksimum dalam satu jam pada Gardu Traksi menggunakan rumus :

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

Keterangan :

- Y = Beban daya maksimum dalam satu jam (kW)
- C = Total rangkaian kereta beroperasi dalam 1 jam
- D = Jarak pengisian Gardu Traksi (km)
- H = *Headway* KRL dalam satu jam (min)
- N = Total lintasan (*Single / Double Track*)
- P = Rasio konsumsi kereta (50 kWh/1000 ton)
- W = Berat total KRL satu rangkaian dengan 200% okupasi (ton).

Perhitungan arus maksimum menggunakan rumus :

$$I_m = \text{Total daya (kW)} / \text{Tegangan nominal (V)} \quad (2)$$

Keterangan :

- $I_m$  = Arus maksimum (A)

Perhitungan faktor elektrifikasi untuk tegangan DC menggunakan rumus :

$$e = 1,7 \sqrt{I_m} \quad (3)$$

Keterangan :

- e = Faktor elektrifikasi tegangan DC (kW)
- $I_m$  = Arus maksimum (A)

Perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan *headway* menggunakan rumus :

$$Z_a = Y + e\sqrt{Y} \quad (4)$$

Keterangan :

- $Z_a$  = Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* (kW)
- e = Faktor elektrifikasi tegangan DC (kW)
- Y = Beban maksimal dalam satu jam (kW)

Perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum menggunakan rumus :

$$Z_b = 1,5 \times 2 \times I_m \times 1 - \alpha \tag{5}$$

Keterangan :

$Z_b$  = Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum (kW)

$I_m$  = Arus maksimum (A)

$\alpha$  = Rasio pembagian arus menggunakan 0,08

Perhitungan kapasitas daya yang dibutuhkan oleh Gardu listrik menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} Z_n &= Z_a / 2,5 && \text{jika } Z_b < Z_a; \text{ atau} \\ Z_n &= Z_b / 2,5 && \text{jika } Z_a < Z_b \end{aligned} \tag{6}$$

Keterangan :

$Z_n$  = Kapasitas daya yang dibutuhkan (kW / kVA)

$Z_a$  = Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* (kW)

$Z_b$  = Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum (kW)

Perhitungan persentase kapasitas *rectifier* yang digunakan oleh daya KRL menggunakan rumus :

$$Rectifier = Z_n / \text{Kapasitas Gardu (kW)} \times 100\% \tag{7}$$

Keterangan :

$Z_n$  = Kapasitas daya yang dibutuhkan Gardu (kW)

Perhitungan persentase kapasitas *transformator* yang digunakan oleh daya KRL menggunakan rumus :

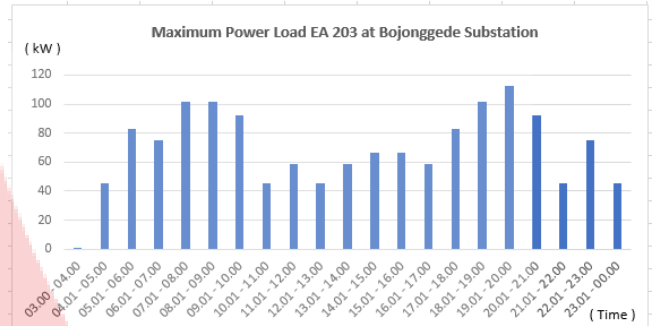
$$Transformer = Z_n / \text{Kapasitas Gardu Traksi (kVA)} \times 100\% \tag{8}$$

Keterangan :

$Z_n$  = Kapasitas daya yang dibutuhkan Gardu Listrik (kVA)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan untuk mencari penggunaan kapasitas daya yang digunakan pada Gardu Traksi sepanjang lintas Bojonggede – Bogor di Resor Listrik Aliran Atas 1.13 Bogor menggunakan KRL Seri EA 203. Blok diagram metode penelitian ditampilkan pada gambar 8.



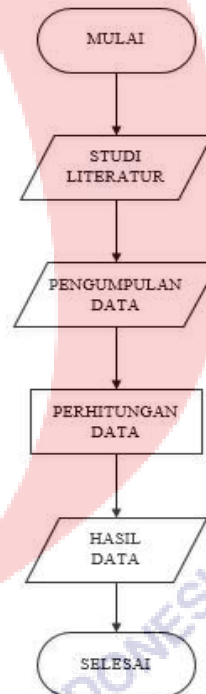
Gambar 8. Blok Diagram Penggunaan Kapasitas Daya Gardu Traksi.

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian menggunakan buku teknik kereta api, seperti Pengujian Fasilitas Operasi Kereta Api dan jurnal-jurnal yang terkait.

### 3.2 Pengumpulan Data

Peneliti melakukan observasi pada Resor LAA 1.13 Bogor untuk mendapatkan informasi mengenai Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor. Peneliti juga melakukan observasi pada Balai Yasa Manggarai untuk mendapatkan informasi mengenai KRL Seri EA 203. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan menggunakan buku teknik kereta api untuk penggunaan rumus pemakaian daya pada Gardu Traksi.



### 3.3 Perhitungan Data

Peneliti melakukan perhitungan berdasarkan studi literatur dan observasi yang sudah dilakukan di Resor LAA 1.13 Bogor dan Balai Yasa Manggarai. Perhitungan rumus menggunakan pendekatan empiris

untuk mendapatkan total berat KRL, total daya motor traksi KRL, beban maksimal penggunaan daya dalam satu jam, beban puncak sesaat berdasarkan *headway*, beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal, kapasitas daya yang dibutuhkan gardu traksi, persentase penggunaan kapasitas daya *rectifier* pada Gardu Traksi, dan persentase penggunaan kapasitas daya *transformator* pada Gardu Traksi.

**3.4 Hasil Data**

Hasil data didapatkan dari penggunaan rumus dengan pendekatan empiris yang memperlihatkan besaran penggunaan kapasitas daya pada Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor menggunakan KRL Seri EA 203.

**4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS**

Pembahasan dari hasil data perhitungan pada Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor menggunakan rumus kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan.

**4.1 Beban Maksimal Gardu Traksi Bojonggede**

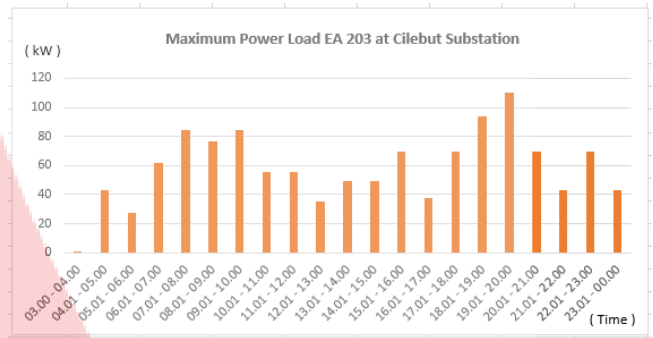
Beban maksimal per jam pada Gardu Traksi (GT) Bojonggede menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 9.

Gambar 9. Beban Maksimal GT Bojonggede.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban maksimal per jam terbesar di Gardu Traksi Bojonggede, terlihat bahwa beban maksimal terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 112,85 kW pada 22 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,7 menit. Pada jam sibuk pukul 05.01 WIB – 10.00 WIB dan 17.01 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal lebih dari 60 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 14.01 WIB, penggunaan beban daya maksimal kurang dari 60 kW. Penggunaan beban daya terkecil terjadi pada pukul 03.00 WIB – 04.00 WIB sebesar 0,23 kW dengan 1 jadwal perjalanan dan *headway* 60 menit.

**4.2 Beban Maksimal Gardu Traksi Cilebut**

Beban maksimal per jam pada Gardu Traksi (GT) Cilebut menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 10.

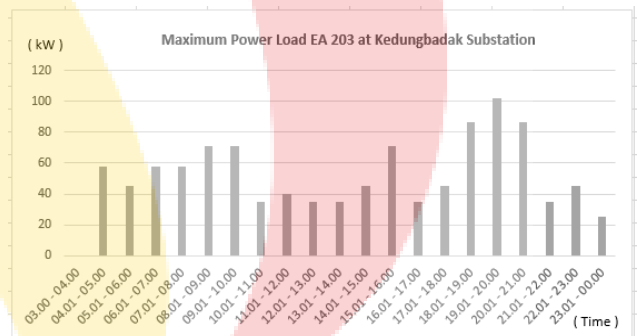


Gambar 10. Beban Maksimal GT Cilebut.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban maksimal per jam terbesar di Gardu Traksi Cilebut, terlihat bahwa beban maksimal terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 110,57 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 06.01 WIB – 10.00 WIB dan 17.01 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal lebih dari 60 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 15.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal kurang dari 60 kW. Penggunaan beban daya terkecil terjadi pada pukul 03.00 WIB – 04.00 WIB sebesar 0,19 kW dengan 1 jadwal perjalanan dan *headway* 60 menit.

**4.3 Beban Maksimal Gardu Traksi Kedungbadak**

Beban maksimal per jam pada Gardu Traksi (GT) Kedungbadak menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 11.



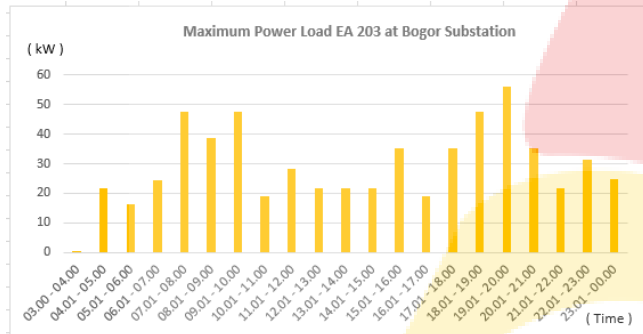
Gambar 11. Beban Maksimal GT Kedungbadak.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban maksimal per jam terbesar di Gardu Traksi Kedungbadak, terlihat bahwa beban maksimal terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 102,18 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 08.01 WIB – 10.00 WIB dan 18.01 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal lebih dari 60 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 15.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal kurang dari 60 kW. Penggunaan beban daya

terkecil terjadi pada pukul 23.01 WIB – 00.00 WIB sebesar 25,54 kW dengan 12 jadwal perjalanan dan *headway* 5 menit.

**4.4 Beban Maksimal Gardu Traksi Bogor**

Beban maksimal per jam pada Gardu Traksi (GT) Bogor menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 12.

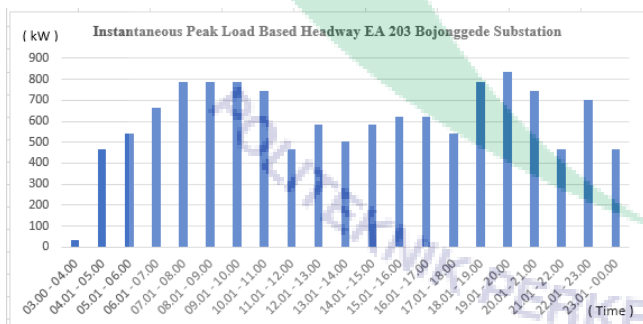


Gambar 12. Beban Maksimal GT Bogor.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban maksimal per jam terbesar di Gardu Traksi Bogor, terlihat bahwa beban maksimal terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 55,99 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 07.01 WIB – 10.01 WIB dan 17.00 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban daya maksimal lebih dari 30 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 15.01 WIB, penggunaan beban daya maksimal kurang dari 30 kW. Penggunaan beban daya terkecil terjadi pada pukul 03.00 WIB – 04.00 WIB sebesar 0,1 kW dengan 1 jadwal perjalanan dan *headway* 60 menit.

**4.5 Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway Gardu Traksi Bojonggede**

Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* pada Gardu Traksi (GT) Bojonggede menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 13.

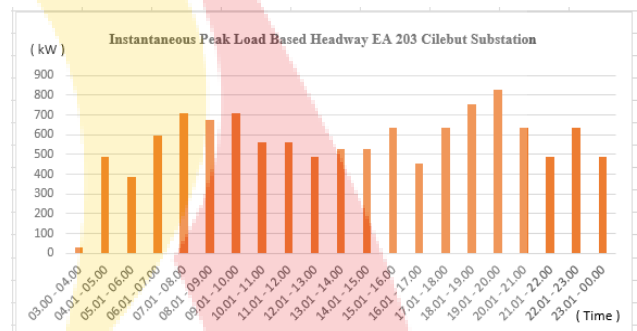


Gambar 13. Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway GT Bojonggede.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan *headway* GT Bojonggede. Terlihat bahwa beban puncak sesaat terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 835,22 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 07.01 WIB – 10.00 WIB dan 18.01 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat lebih dari 700 kW. Pada jam normal pukul 11.01 WIB – 15.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat kurang dari 600 kW. Penggunaan beban puncak sesaat terkecil terjadi pada pukul 03.00 WIB – 04.00 WIB sebesar 32,84 kW dengan 1 jadwal perjalanan dan *headway* 60 menit.

**4.6 Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway Gardu Traksi Cilebut**

Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* pada Gardu Traksi (GT) Cilebut menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 14.



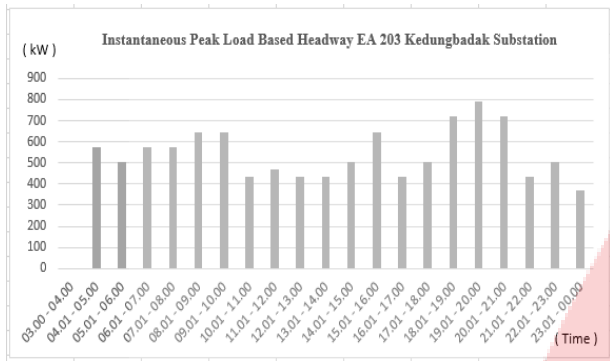
Gambar 14. Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway GT Cilebut.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan *headway* GT Cilebut. Terlihat bahwa beban puncak sesaat terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 825,61 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 07.01 WIB – 08.00 WIB dan 09.01 WIB – 10.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat lebih dari 700 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 15.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat kurang dari 600 kW. Penggunaan beban puncak sesaat terkecil terjadi pada pukul 03.00 WIB – 04.00 WIB sebesar 29,83 kW dengan 1 jadwal perjalanan dan *headway* 60 menit.

**4.7 Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway Gardu Traksi Kedungbadak**

Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* pada Gardu Traksi (GT) Kedungbadak menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 15.



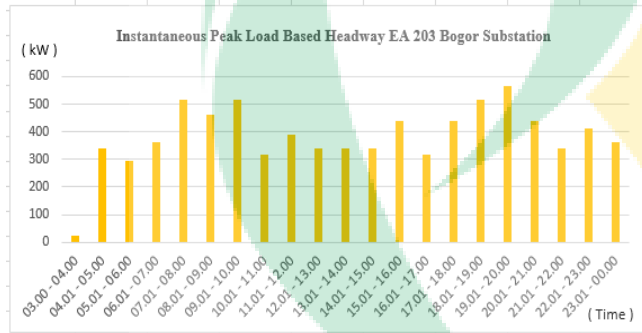


Gambar 15. Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway GT Kedungbadak.

Analisis dengan mengamati hasil perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan *headway* GT Kedungbadak. Terlihat bahwa beban puncak sesaat terjadi pukul 19.01 WIB – 20.00 WIB sebesar 789,55 kW pada 24 jadwal perjalanan dengan *headway* kereta 2,5 menit. Pada jam sibuk pukul 18.01 WIB – 21.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat lebih dari 700 kW. Pada jam normal pukul 10.01 WIB – 14.00 WIB, penggunaan beban puncak sesaat kurang dari 500 kW. Penggunaan beban puncak sesaat terkecil terjadi pada pukul 23.01 WIB – 00.00 WIB sebesar 369,19 kW dengan 12 jadwal perjalanan dan *headway* 5 menit.

#### 4.8 Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway Gardu Traksi Bogor

Beban puncak sesaat berdasarkan *headway* pada Gardu Traksi (GT) Bogor menggunakan jam operasional KRL (03.00 WIB – 00.00 WIB) dapat ditampilkan pada gambar 16.



Gambar 16. Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway GT Bogor.

#### 4.9 Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Arus Maksimal Gardu Traksi Bojonggede - Bogor

Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal pada Gardu Traksi (GT) Bojonggede – Bogor menggunakan rumus pendekatan empiris dapat ditampilkan pada tabel 1.

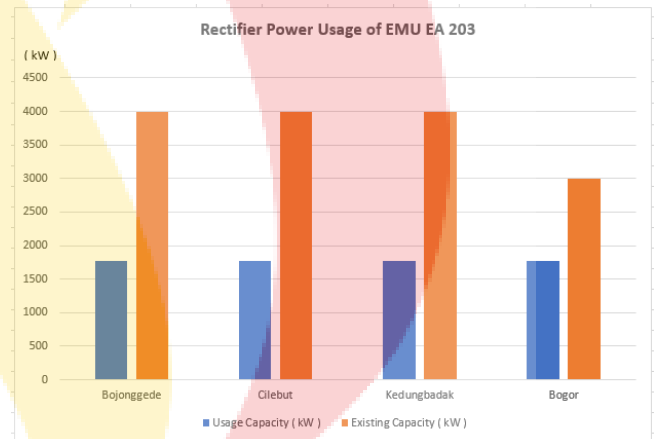
Tabel 1. Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Arus Maksimal Lintas Bojonggede – Bogor.

Substation	Instantaneous Peak Load Based Max. Current ( kW )
Bojonggede	4416
Cilebut	4416
Kedungbadak	4416
Bogor	4416

Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal pada Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor sebesar 4416 kW. Hasil yang didapatkan bernilai sama karena dari perhitungan berat total EA 203 sebesar 2400 kW dan sistem elektrifikasi yang digunakan sebesar 1500 VDC.

#### 4.10 Penggunaan Kapasitas Daya Rectifier dan Transformator Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor

Hasil konsumsi daya yang sudah diketahui kemudian dilakukan perbandingan dengan kapasitas daya *existing*. Pada lintas Bojonggede – Bogor terdapat 4 *rectifier* yang terletak pada setiap Gardu Traksi (Bojonggede, Cilebut, Kedungbadak, dan Bogor). Standar maksimum penggunaan beban maksimal yang diizinkan sebesar 67% dari kapasitas *rectifier* dan 74% dari kapasitas *transformator* (Puspitasari, M. D., Putra, F. W, 2019). Penggunaan kapasitas daya *rectifier* pada Gardu Traksi lintas Bojonggede – Bogor ditampilkan pada gambar 17.



Gambar 17. Penggunaan Daya Rectifier GT Bojonggede – Bogor.

Hasil perhitungan persentase penggunaan daya *rectifier* pada Gardu Traksi lintas Bojonggede – Bogor ditampilkan pada tabel 2.

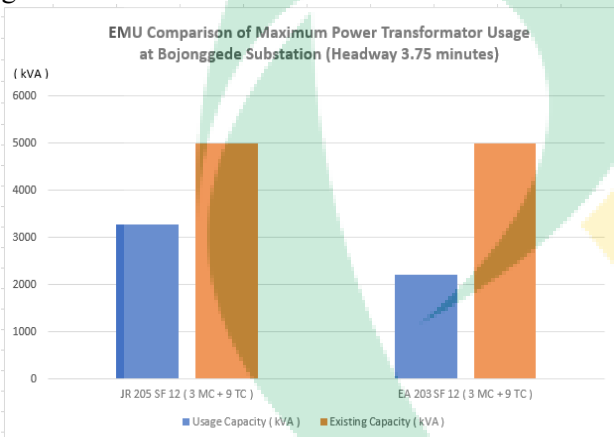
Gardu Traksi	Rectifier		Persentase		Status
	Digunakan	Kapasitas	Digunakan	Maksimal Penggunaan	
Bojonggede	1766.4 kW	4000 kW	44.16 %	67 %	Cukup
Cilebut	1766.4 kW	4000 kW	44.16 %	67 %	Cukup
Kedungbadak	1766.4 kW	4000 kW	44.16 %	67 %	Cukup
Bogor	1766.4 kW	3000 kW	58.88 %	67 %	Cukup

Tabel 2. Persentase Penggunaan Daya Rectifier pada Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor.

Penggunaan daya *rectifier* pada 3 Gardu Traksi (Bojonggede, Cilebut, Kedungbadak) menggunakan KRL EA 203 sebesar 1766,4 kw dengan kapasitas 4000 kW sehingga pemakaian hanya 44,16% dari total kapasitas *rectifier*. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 67% dari total kapasitas daya *rectifier* sehingga beban penggunaan daya pada *rectifier* Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, dan Gardu Traksi Kedungbadak masih cukup.

Penggunaan daya *rectifier* pada Gardu Traksi Bogor menggunakan KRL EA 203 sebesar 1766,4 kw dengan kapasitas 3000 kW sehingga pemakaian hanya 58,88% dari total kapasitas *rectifier*. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 67% dari total kapasitas daya *rectifier* sehingga beban penggunaan daya pada *rectifier* Gardu Traksi Bogor masih cukup.

Penggunaan kapasitas daya *transformator* pada Gardu Traksi lintas Bojonggede – Bogor ditampilkan pada gambar 18.



Gambar 18. Penggunaan Daya Transformator GT Bojonggede – Bogor.

Hasil perhitungan persentase penggunaan daya *transformator* pada Gardu Traksi lintas Bojonggede – Bogor ditampilkan pada tabel 3.

Penggunaan daya *transformator* pada 2 Gardu Traksi (Bojonggede dan Cilebut) menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 5000 kVA sehingga pemakaian hanya 44,16% dari total kapasitas *transformator*. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya

*transformator* sehingga beban penggunaan daya pada *transformator* Gardu Traksi Bojonggede dan Gardu Traksi Cilebut masih cukup.

Gardu Traksi	Transformator		Persentase		Status
	Digunakan	Kapasitas	Digunakan	Maksimal Penggunaan	
Bojonggede	2208 kVA	5000 kVA	44.16 %	74 %	Cukup
Cilebut	2208 kVA	5000 kVA	44.16 %	74 %	Cukup
Kedungbadak	2208 kVA	4420 kVA	49.95 %	74 %	Cukup
Bogor	2208 kVA	3400 kVA	64.94 %	74 %	Cukup

Tabel 3. Persentase Penggunaan Daya Transformer pada Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor.

Penggunaan daya *transformator* pada Gardu Traksi Kedungbadak menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 4420 kVA sehingga pemakaian hanya 49,95% dari total kapasitas *transformator*. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya *transformator* sehingga beban penggunaan daya pada *transformator* Gardu Traksi Kedungbadak masih cukup.

Penggunaan daya *transformator* pada Gardu Traksi Bogor menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 3400 kVA sehingga pemakaian hanya 64,94% dari total kapasitas *transformator*. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya *transformator* sehingga beban penggunaan daya pada *transformator* Gardu Traksi Bogor masih cukup.

#### 4.11 Perbandingan Penelitian Terdahulu

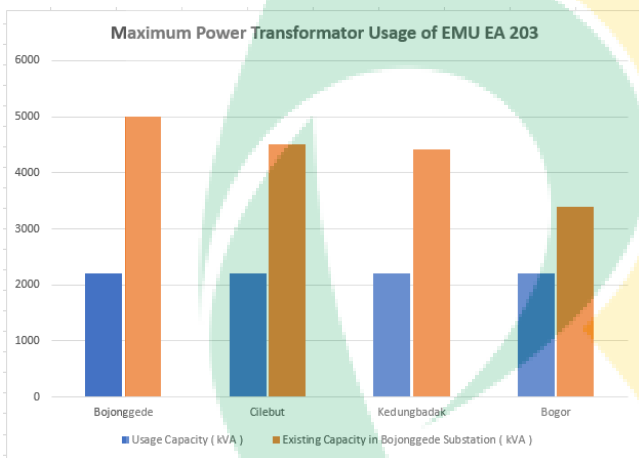
Penelitian konsumsi daya yang dilakukan salah satunya di Gardu Traksi Bojonggede, dimana terdapat kesamaan kapasitas daya Gardu Traksi dan *headway* kereta yang beroperasi sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan data penelitian terdahulu. Perbandingan data ditampilkan pada tabel 4.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mariana Diah Puspitasari dan Febi Wiratama Putra pada tahun 2019 di Gardu Traksi Bojonggede menggunakan KRL Seri JR 205 dengan 12 kereta, terdiri dari 3 Motor Car (MC) yang aktif digunakan dan 9 Trailer Car (TC) dan *headway* 3,75 menit. Pada penelitian ini dilakukan penyesuaian formasi rangkaian KRL Seri EA 203 sesuai dengan penelitian terdahulu, sehingga susunan rangkaian menjadi 3 Motor Car (MC) dan 9 Trailer Car (TC) dan menggunakan *headway* 3,75 menit pada pukul 11.01 WIB – 12.00 WIB di Gardu Traksi Bojonggede.

Tabel 4. Perbandingan Penelitian Terdahulu.

Parameter	Penelitian Terdahulu	
	Puspitasari, M. D. Putra, F. W. (2019)	Penelitian KRL EA 203
Seri KRL	JR 205 SF 12 (3 MC + 9 TC)	EA 203 SF 12 (3 MC + 9 TC)
Total Berat Kereta	569,4 Ton	486 Ton
Total Daya Traksi Motor	4528 kW	2400 kW
Maksimal Arus	2379 A	1600 A
Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway 3,75 menit	814.937 kW	581.86 kW
Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Arus Maksimal	6566,04 kW	4416 kW
Kapasitas Daya Gardu Traksi Bojonggede	4000 kW / 5000 kVA	4000 kW / 5000 kVA
Kapasitas Daya Digunakan	2626.416 kW / 3283.02 kVA	1766.4 kW / 2208 kVA
Persentase Penggunaan Rectifier	65.66 %	44.16 %
Persentase Penggunaan Transformator	65.66 %	44.16 %

Hasil perbandingan pada kedua penelitian yang menggunakan 12 kereta (3 MC + 9 TC) yaitu berat total KRL JR 205 sebesar 569,4 ton, sedangkan pada KRL EA 203 hanya sebesar 486 ton. Total daya traksi motor KRL JR 205 sebesar 4528 Kw, sedangkan pada KRL EA 203 hanya sebesar 2400 Kw. Arus maksimal pada KRL JR 205 sebesar 2379 Ampere, sedangkan pada KRL EA 203 hanya 1600 Ampere. Perbandingan penggunaan daya transformator dengan penelitian terdahulu di Gardu Traksi Bojonggede ditampilkan pada gambar 19.



Gambar 19. Perbandingan Penggunaan Daya Transformator Dengan Penelitian Terdahulu di Gardu Traksi Bojonggede.

Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimal KRL JR 205 sebesar 6566,04 Kw, sedangkan pada KRL EA 203 hanya 4416 Kw. Persentase dalam penggunaan rectifier dan transformator pada KRL JR 205 sebesar 65,66%, sedangkan pada KRL EA 203 hanya sebesar 44,16%. Efektivitas jadwal perjalanan KRL pada Gardu Traksi Bojonggede ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Efektivitas Jadwal Perjalanan KRL di Gardu Traksi Bojonggede.

Seri KRL	Jumlah KRL Beroperasi Dalam Satu Jam	Total Berat Rangkaian KRL	Total Daya Traksi Motor	Arus Maksimal KRL	Headway	Beban Puncak Sesaat Berdasarkan Headway
JR 205 SF 12 (3 MC + 9 TC)	16	569,4 Ton	4528 kW	2379 A	3,75 menit	814,937 kW
EA 203 SF 12 (3 MC + 9 TC)	16	486 Ton	2400 kW	1600 A	3,75 menit	581,86 kW
EA 203 SF 12 (3 MC + 9 TC)	20	486 Ton	2400 kW	1600 A	3 menit	745,78 kW

Pada penelitian terdahulu, diketahui beban puncak sesaat berdasarkan headway 3,75 menit menggunakan KRL JR 205 sebesar 814,937 kW di Gardu Traksi Bojonggede (Puspitasari, M. D., Putra, F. W, 2019). Apabila dihitung menggunakan rumus headway, maka headway 3,75 menit mengartikan bahwa dalam satu jam terdapat 16 jadwal perjalanan KRL yang melintas di Gardu Traksi Bojonggede. Pada penelitian ini, perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan headway menggunakan KRL EA 203 dapat menambah 4 jadwal perjalanan KRL dibandingkan penelitian terdahulu sehingga saat menggunakan KRL EA 203 pada total beban puncak sesaat yang sama, dapat dioperasikan menjadi 20 jadwal perjalanan KRL dengan total beban hanya 745,78 kW dan hasil tersebut masih lebih hemat daya sebesar 69,16 kW.

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran pada penelitian ini ditampilkan secara ringkas dan aktual.

#### 5.1 Kesimpulan

Penggunaan daya transformator pada 2 Gardu Traksi (Bojonggede dan Cilebut) menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 5000 kVA sehingga pemakaian hanya 44,16% dari total kapasitas transformator. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya transformator sehingga beban penggunaan daya pada transformator Gardu Traksi Bojonggede dan Gardu Traksi Cilebut masih cukup.

Penggunaan daya transformator pada Gardu Traksi Kedungbadak menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 4420 kVA sehingga pemakaian hanya 49,95% dari total kapasitas transformator. Standar maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya transformator sehingga beban penggunaan daya pada transformator Gardu Traksi Kedungbadak masih cukup.

Penggunaan daya transformator pada Gardu Traksi Bogor menggunakan KRL EA 203 sebesar 2208 kVA dengan kapasitas 3400 kVA sehingga pemakaian hanya 64,94% dari total kapasitas transformator. Standar

maksimum beban maksimal yang diizinkan 74% dari total kapasitas daya *transformator* sehingga beban penggunaan daya pada *transformator* Gardu Traksi Bogor masih cukup.

Persentase dalam penggunaan *rectifier* dan *transformator* di Gardu Traksi Bojonggede pada KRL JR 205 sebesar 65,66% (Puspitasari, M. D., Putra, F. W., 2019), sedangkan pada KRL EA 203 hanya sebesar 44,16%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan KRL EA 203 lebih efektif untuk operasional KRL pada lintas Bojonggede – Bogor karena dapat mengurangi penggunaan daya pada Gardu Traksi.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mariana Diah Puspitasari dan Febi Wiratama Putra pada tahun 2019 di Gardu Traksi Bojonggede menggunakan KRL Seri JR 205 dengan 12 kereta, terdiri dari 3 Motor Car (MC) yang aktif digunakan dan 9 Trailer Car (TC), diketahui beban puncak sesaat berdasarkan *headway* 3,75 menit sebesar 814,937 Kw. Apabila dihitung menggunakan rumus *headway*, maka *headway* 3,75 menit mengartikan bahwa dalam satu jam terdapat 16 jadwal perjalanan KRL yang melintas di Gardu Traksi Bojonggede. Pada penelitian ini, perhitungan beban puncak sesaat berdasarkan *headway* menggunakan KRL Seri EA 203 dapat menambah 4 jadwal perjalanan tambahan dibandingkan penelitian terdahulu. Pada total beban puncak sesaat yang sama, penggunaan KRL Seri EA 203 dapat dioperasikan menjadi 20 jadwal perjalanan dengan total beban hanya 745,78 kW dan hasil tersebut masih lebih hemat daya sebesar 69,16 Kw dibandingkan pada penelitian terdahulu.

## 5.2 Saran

KRL Seri EA 203 merupakan KRL produksi terbaru yang beroperasi di Indonesia sehingga belum dilakukan uji coba modifikasi rangkaian. Susunan asli rangkaian KRL EA 203 terdiri dari 4 *Motor Car* (MC) dan 2 *Trailer Car* (TC). Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi rangkaian menjadi 3 MC + 9 TC sehingga dibutuhkan uji coba spesifikasi dan dinamis pada sistem elektrifikasinya terlebih dahulu.

Penelitian ini menganalisis konsumsi daya pada Gardu Traksi Bojonggede, Gardu Traksi Cilebut, Gardu Traksi Kedungbadak, dan Gardu Traksi Bogor menggunakan KRL Seri EA 203 dengan perhitungan rumus menggunakan pendekatan empiris sehingga perlu juga dilakukan uji coba lintas pada KRL Seri EA 203 sepanjang Bojonggede – Bogor agar mendapatkan hasil yang lebih aktual.

## 6. REFERENSI

[1] L. A. W. Fumagalli, D. A. Rezende, and T. A. Guimarães, “Challenges for public

transportation: Consequences and possible alternatives for the Covid-19 pandemic through strategic digital city application,” *J. Urban Manag.*, vol. 10, no. 2, pp. 97–109, 2021.

[2] A. W. Erlangga, D. T. Istiantara, and I. Nugroho, “Analisis Load Factor Perjalanan Krl Commuter Line Berdasarkan Titik Jenuh Lintas (Studi Kasus Lintas Bogor–Manggarai),” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 4, no. 2, pp. 80–86, 2020.

[3] F. W. Puspitasari, M. D., Putra, “Perhitungan Efektivitas Gardu Traksi Bojong Gede Pada Lintas Manggarai - Bogor, Progam Studi Teknologi Elektro Perkeretaapian , Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun,” *J. Perkeretaapi. Indones. Vol. III. Nomor 2.*, vol. III, no. November, 2019.

[4] S. Eri and A. Hario Utama, “ANALISIS KAPASITAS DAYA GARDU TRAKSI TERHADAP KEBUTUHAN KRL JALUR PASAR MINGGU-LENTENG AGUNG,” *J. Sains Teknol. Fak. Tek.*, vol. 9, no. 1, pp. 44–50, 2019.

[5] F. A. Fachrian and S. Ode, “Inovasi Pelayanan Transportasi Publik Kereta Commuter Indonesia Di Wilayah Jabodetabek,” *J. Gov. (Kajian Manaj. Pemerintah. dan Oton. Daerah)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–21, 2018.

[6] D. Cahyadi, S. Priyanto, and R. D. Ramadhani, “Increase KRL Utilization by Reducing Final Maintenance Time at Balai Yasa KRL Depok,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 2, no. 1, pp. 83–92, 2018.

[7] A. Purwono, M. Muhandono, and A. H. Ryanto, “Analysis of Monthly Maintenance Performance (P1, P3, P6) Commuter Line Dipo Depok,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 3, no. 1, 2019.

[8] I. Sari, P. Pawenary, and M. N. Qosim, “Studi Perencanaan Kapasitas Gardu Traksi Klender Untuk Operasional Kereta Rel Listrik (KRL) Lintas Jatinegara-Bekasi.” INSTITUT TEKNOLOGI PLN, 2020.

[9] M. Zhu *et al.*, “Enhancing pantograph-catenary dynamic performance using an inertance-integrated damping system,” *Veh. Syst. Dyn.*, pp. 1–24, 2021.

[10] G. Wu, G. Gao, W. Wei, and Z. Yang, “The current collection approach of high-speed

- train—pantograph and catenary system,” in *The electrical contact of the pantograph-catenary system*, Springer, 2019, pp. 1–16.
- [11] S. Frey, *Railway Electrification System and Engineering*. White Word Publications. Delhi, 2012.
- [12] PT Railink, “Sistem Propulsi,” Jakarta, 2021.
- [13] A. Jamal, A. N. N. Chamim, K. T. Putra, S. I. Lestari, and Y. Jusman, “Loss Analysis of Propulsion System on an Electric Railway,” *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 2, no. 2, pp. 59–72, 2018.
- [14] U. Croucamp, Patrick Lindsay, Telukdarie, Arnesh, Duffuaa, Salih, Kumar, “Lean implementation for rail substation processes,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 100–101, 2003.
- [15] A. Saputra, “Studi evaluasi analisa perhitungan kapasitas daya gardu traksi terhadap kebutuhan krl jalur depok-manggarai,” *Epic (Journal Electr. Power, Instrum. Control.*, vol. 2, no. 2, pp. 131–138, 2019.
- [16] M. A. Ilham, “Studi perencanaan kapasitas pada 2 gardu traksi untuk operasional Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta Fase 2 Bundaran HI-Kota,” 2019.
- [17] A. W. Utomo and U. Umar, “Analisis Efektivitas Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Yogyakarta-Solo,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 6–12, 2022.
- [18] PT KAI, “Gardu Traksi Tipe Meidensha,” Jakarta, 2020.
- [19] Z. Tian, N. Zhao, S. Hillmansen, S. Su, and C. Wen, “Traction power substation load analysis with various train operating styles and substation fault modes,” *Energies*, vol. 13, no. 11, p. 2788, 2020.
- [20] I. D. Azhari, “ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS GARDU TRAKSI GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN KERETA REL LISTRIK (KRL) PADA LINTAS JATINEGARA-BEKASI.” Universitas Pendidikan Indonesia, 2021.
- [21] C. R. Hananto and S. T. Agus Supardi, “Optimasi Penempatan Gardu Traksi Listrik Aliran Atas (LAA) Antara Stasiun Ceper–Stasiun Gawok Berdasarkan Penurunan Tegangan Untuk Meningkatkan Keandalan Pasokan Daya Listrik KRL.” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021.
- [22] M. R. Falafi and I. Purwanto, “Analisis Harmonisa Sistem Penyearah Pada Gardu Traksi Kereta Rel Listrik (KRL) Jalur Jogja-Solo.” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021.
- [23] J. Wang and G. Mei, “Effect of Pantograph’s Main Structure on the Contact Quality in High-Speed Railway,” *Shock Vib.*, vol. 2021, 2021.
- [24] H. Dwiatmoko, “Pengujian fasilitas operasi kereta api,” *Jakarta: Kencana*, 2016.
- [25] F. W. Kurniawan, “LISTRIK ALIRAN ATAS TIPE SIMPLE CATENARY DI AREA KAMPUS PPI-MADIUN,” pp. 23–24, 2020.
- [26] G. Traksi, “ANALISA DAYA DUKUNG GARDU TRAKSI KRANJI PADA PENGOPERASIAN KERETA BANDARA SOEKARNO–HATTA”.
- [27] “Pemerintah Indonesia Peraturan Menteri Perhubungan Tata Cara dan Standar Pembuatan Grafik Perjalanan Kereta Api.,” 2011.
- [28] A. Soimun, “Analisis Probabilitas Perpindahan Moda Penggunaan Kendaraan Pribadi (Sepeda Motor dan Mobil) Ke Kereta Api Commuter Surabaya Sidoarjo.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [29] D. P. Suseno, “Analisis Efektifitas Kereta Api Bandara di Indonesia,” *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 46–59, 2021.
- [30] I. W. D. Pancane, I. W. Suriana, and I. W. S. Yasa, “ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK SISTEM BALI 2013-2017 DENGAN APLIKASI SIMPLE E,” *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2019.