

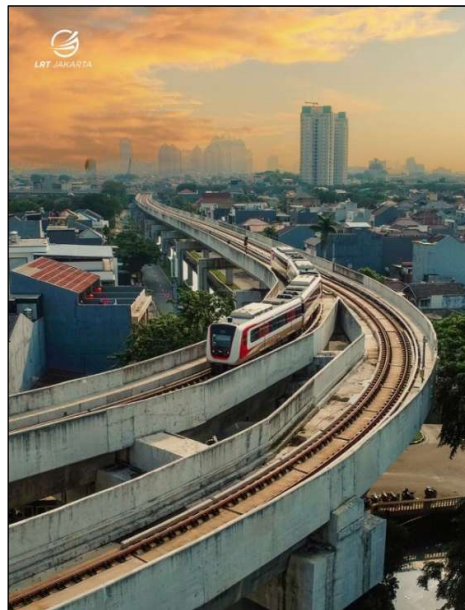
BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Transportasi

2.1.1 Light Rail Transit (LRT) Jakarta

Sistem transportasi massal berbasis rel ringan yang dikembangkan di Jakarta yang memiliki panjang lintas 5,8 km (Fase 1A) dengan sistem *elevated* sebagai bagian dari upaya mengatasi masalah kemacetan lalu lintas dan menyediakan alternatif transportasi yang efisien, modern, dan ramah lingkungan di kota Jakarta. Pembangunan LRT Jakarta mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 99 Tahun 2015 tentang Percepatan Penyelenggaraan Transportasi Umum di Provinsi DKI Jakarta. LRT Jakarta dirancang untuk melayani perjalanan jarak pendek hingga menengah di dalam kota, menghubungkan berbagai titik strategis di Jakarta dengan moda transportasi lain.



Sumber: LRT Jakarta. 2024

Gambar II. 1 Kereta LRT Jakarta

LRT Jakarta dikelola oleh PT. LRT Jakarta, yang termasuk divisi Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) PT. Jakarta Propertindo, berdiri pada

tanggal 16 April 2018 yang melayani rute (Fase 1A) mulai dari Stasiun Velodrome yang terhubung dengan halte *busway* Pemuda Rawamangun, Stasiun Equestrian, Stasiun Pulomas yang terhubung dengan RS Columbia Asia dan halte *busway* Pulomas, Stasiun Boulevard Selatan, Stasiun Boulevard Utara yang terhubung dengan Mall Kelapa Gading, dan Stasiun Pegangsaan Dua.

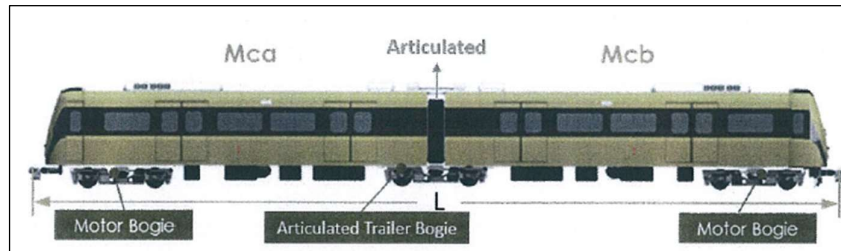


Sumber: LRT Jakarta, 2024

Gambar II. 2 Rute LRT Jakarta Koridor 1 (Fase 1A) Velodrome – Pegangsaan Dua

2.1.2 Sarana LRT Jakarta

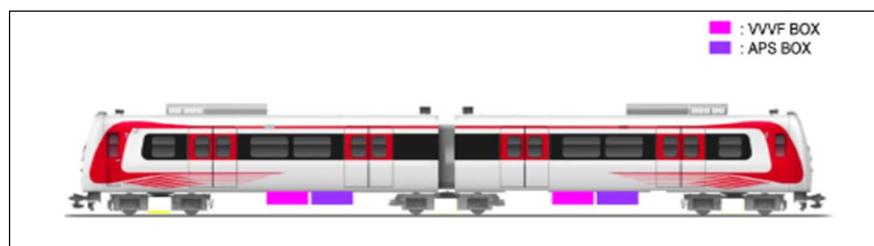
Light Rel Vehicle (LRV) atau sarana LRT Jakarta merupakan kereta yang diproduksi oleh pabrik Korea Selatan yaitu Hyundai Rothem Company. LRV pada LRT Jakarta berjumlah 8 trainset dan hanya 4 LRV yang beroperasi untuk memenuhi operasional LRT Jakarta. LRV merupakan jenis kereta rel listrik (KRL) yang disuplai daya 750 Vdc menggunakan rel ketiga (*third rail*). Satu rangkaian kereta LRT Jakarta mampu menampung hingga 270 penumpang, sementara satu kereta LRV dapat menampung hingga 135 penumpang. Operasional LRT Jakarta saat ini menggunakan satu rangkaian LRV yang terdiri dari dua kereta. Keduanya merupakan kereta berpengerak sendiri/ Motor Car dengan konfigurasi McA – McB yang dihubungkan dengan *articulated boogie*.



Sumber: Kementerian Perhubungan, 2018

Gambar II. 3 Susunan rangkaian kereta

LRV yang dimiliki oleh LRT Jakarta saat ini adalah LRV Seri 1100. Konstruksi dan komponen LRV meliputi 4 motor traksi sebagai komponen utama LRV, badan kereta (interior, eksterior dan kabin), bogie dan suspensi, Gangway, sistem perangkai, sistem traksi, sistem pneumatic dan pengereman, sistem listrik bantu, sistem ventilasi udara, *Train Control and Monitoring System* (TCMS), *Communication System* (PA/PIS dan CCTV) serta sistem pintu dan peralatan pintu pengaman peron atau platform screen door. Komponen utama pada LRV yaitu motor traksi tersebut dikontrol dan di suplai listrik oleh VVVF box. VVVF atau *Inverter Variable Voltage Variable Frequency* berfungsi sebagai pengubah atau inverter yang memiliki variable output berupa tegangan dan frekuensi untuk mengatur kecepatan motor traksi pada kereta. Satu rangkaian LRV terdiri dari 2 VVVF box dan 2 APS (Auxiliary Power Supply) box. Berikut gambar dan tabel spesifikasi pada bagian LRV secara detail.



Sumber: PT. LRT Jakarta, 2024

Gambar II. 4 VVVF box dan APS box pada LRV

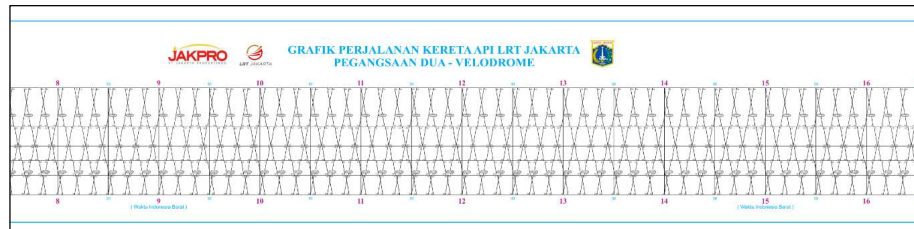
Tabel II. 1 Spesifikasi Teknis LRV

No	Item	Data
1	Berat kosong	48 ton
	Mca,Mcb	
2	Kapasitas sistem propulsi kereta LRT	
	Daya motor traksi	65 Kw
	Jumlah motor traksi dalam 1 MC	2
	Jumlah motor traksi dalam 1 trainset	4
3	Kapasitas sistem Auxiliary LRT	130 Kw
4	Kapasitas penumpang/ 1 LRV	
	AW1 (semua duduk)	40
	AW2 (AW1 + 4 orang/m ²)	194
	AW3 (AW2 + 6 orang/m ²)	270
5	Tegangan Nominal	750 Vdc
6	Design Speed	90 Km/h
7	Operational speed	80 Km/h
8	Propulsion system	VVVF

Sumber: LRT Jakarta, 2024

2.1.3 Pola Operasi

Menurut Peraturan Nomor 110 Tahun 2017, Grafik Perjalanan Kereta Api yang selanjutnya disebut Gapeka adalah pedoman pengaturan pelaksanaan perjalanan kereta api yang digambarkan dalam bentuk garis yang menunjukkan stasiun, waktu, jarak, kecepatan, dan posisi perjalanan kereta api mulai dari berangkat, bersilang, bersusulan, dan berhenti yang digambarkan secara grafis untuk pengendalian perjalanan kereta api. LRT Jakarta terdiri dari 6 stasiun dengan waktu perjalanan selama 13 menit. Waktu operasional LRT Jakarta baik hari kerja (*weekday*) maupun hari libur (*weekend*) mulai pukul 05:30 WIB sampai dengan 23:00 WIB. Jarak antar kereta (*headway*) selama 10 menit dan 204 perjalanan dalam satu hari. Kapasitas lintas LRT Jakarta sebanyak 672 perjalanan berdasar pada jarak lintas terpanjang.



Sumber: PT. LRT Jakarta, 2024

Gambar II. 5 Grafik Perjalanan Kereta Api

2.1.4 Prasarana LRT Jakarta

2.1.4.1 Jalur Kereta Api

Menurut Undang-Undang No 23 Tahun 2007, jalur kereta api adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api. Panjang jalur LRT Jakarta 5,8 km dari stasiun Pegangsaan Dua sampai dengan stasiun Velodrome menggunakan konstruksi yang berada pada struktur layang atau berada di atas permukaan tanah (*elevated*), lebar jalan rel LRT Jakarta yaitu 1.435 mm dan sudah menggunakan *slab track*. Beban gandar maksimum sebesar 12 ton. Kecepatan rencana desain 100 km/jam dan kecepatan maksimum operasi 80 km/jam dengan beberapa titik yang diberikan pembatasan kecepatan karena radius lengkung dan wesel. Pada LRT Jakarta terdapat radius lengkung horizontal terkecil pada jalur utama yaitu 60 m dengan pembatasan kecepatan menjadi 10 km/jam.

2.1.4.2 Fasilitas Operasi Kereta Api

Fasilitas pengoperasian kereta api adalah segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat dioperasikan.

a. Persinyalan LRT Jakarta

Sistem persinyalan merupakan adalah suatu sarana untuk menjaga keselamatan dan mengatur operasi kereta

api yang efisien dan efektif dengan jalan membagi ruang dan waktu. Dari segi persinyalan, LRT Jakarta menggunakan *fix block* dengan jenis persinyalan elektrik. *Fix block* merupakan suatu sistem yang menjamin aman dengan membagi petak jalan menjadi beberapa bagian petak blok yang panjang dan lokasi tertentu dimana hanya diizinkan 1 KA dalam 1 petak blok. Pada persinyalan LRT Jakarta menggunakan sistem *interlocking* elektrik yaitu peralatan yang bekerja saling bergantung satu sama lain yang berfungsi untuk membentuk, mengunci, dan mengontrol untuk mengamankan rute kereta api baik petak jalan maupun petak blok yang akan dilalui kereta api.

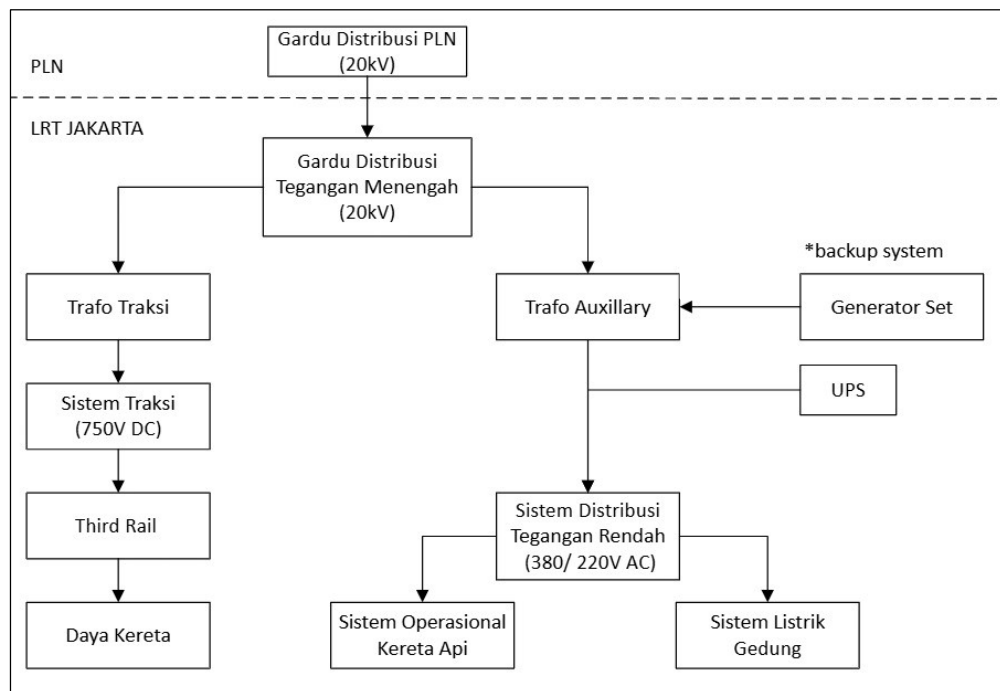
b. Catu Daya Listrik LRT Jakarta

Catu daya Listrik LRT Jakarta merupakan peralatan instalasi listrik yang berfungsi mensuplai tenaga listrik untuk prasarana dan sarana penggerak tenaga Listrik. Catu daya gardu traksi terdapat berbagai peralatan kelistrikan diantaranya: Switchgear 20kV, Rectifier Transformer, DC Switchgear, *Disconnecting Switch* (DS). Selain itu, terdapat peralatan kelistrikan disalurkan untuk kebutuhan di wilayah stasiun yang berasal dari Auxillary Trafo.

2.2 Kondisi Wilayah Kajian

LRT Jakarta memiliki panjang lintas operasi 5,8 km dengan menggunakan sistem *elevated* dan transmisi tenaga listrik menggunakan rel ketiga (*third rail*). Rel ketiga (*third rail*) merupakan sistem kelistrikan untuk menggerakkan kereta api melalui rel ketiga yang terletak di samping atau diantara rel utama. Suplai utama gardu traksi LRT Jakarta berasal dari PLN sebesar 20kV AC, kemudian dikonversi untuk digunakan kebutuhan operasional kereta api menggunakan transmisi *third rail* dan juga digunakan untuk sistem suplai daya cadangan (*auxillary*) kebutuhan di stasiun.

listrik untuk prasarana dan sarana penggerak tenaga listrik. Prinsip kerja catu daya adalah menghasilkan arus bolak balik atau arus AC dan menghasilkan arus searah atau arus DC. Catu daya dari PLN yang bertegangan 20kV AC kemudian diturunkan menjadi 590V AC lalu dilakukan penyearahan tegangan menjadi 750V DC melalui rectifier, tegangan inilah yang kemudian akan mensuplai third rail dan propulsi pergerakan *Light Rail Vehicle* (LRV). Selain untuk mensuplai *third rail*, tegangan dari PLN juga diturunkan menjadi 380V AC/220V AC untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan di stasiun dengan menggunakan auxillary trafo. Skema alur suplai dalam gardu traksi bisa dilihat pada Gambar II. 7.



Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar II. 7 *Electrical Supply System Overview*

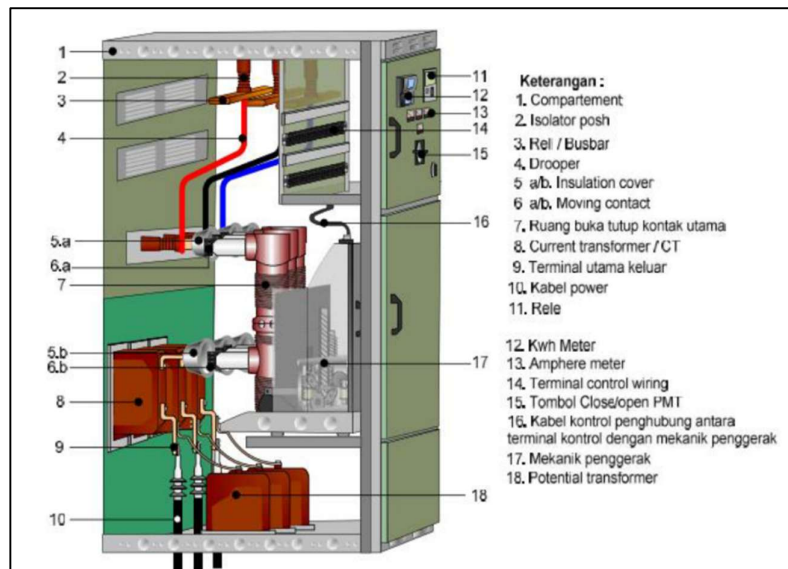
Selain untuk kebutuhan di atas terdapat hubungan antar gardu traksi yang bersebelahan disebut *Power Distribution Line* (PDL), untuk mensuplai gardu disebelahnya dan untuk kebutuhan peralatan pendukung gardu ketika gardu di sebelah tidak mendapat suplai tegangan dari sumber utama.

Gardu traksi pada LRT Jakarta memiliki beberapa peralatan sebagai berikut:

2.2.1.1 20 kV AC *Switchgear*

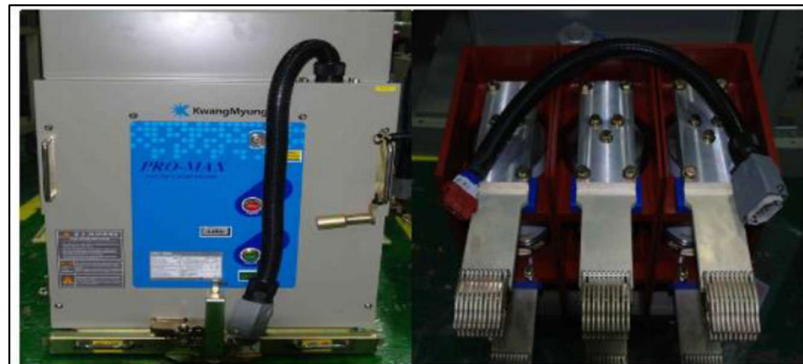
20 kV AC *switchgear* berfungsi untuk menghidupkan dan memutuskan daya 20 kV dengan sistem proteksi *Vacum Circuit Breaker* (VCB). VCB merupakan sistem proteksi pada sisi tegangan AC baik pada sisi sebelum transformator utama maupun sebelum sisi transformator bantu untuk suplai *Power Distribution Line* (PDL).

Berikut bagian – bagian dari 20 kV AC *switchgear* (VCB):



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 8 Bagian – Bagian Umum 20 Kv AC *Switchgear*



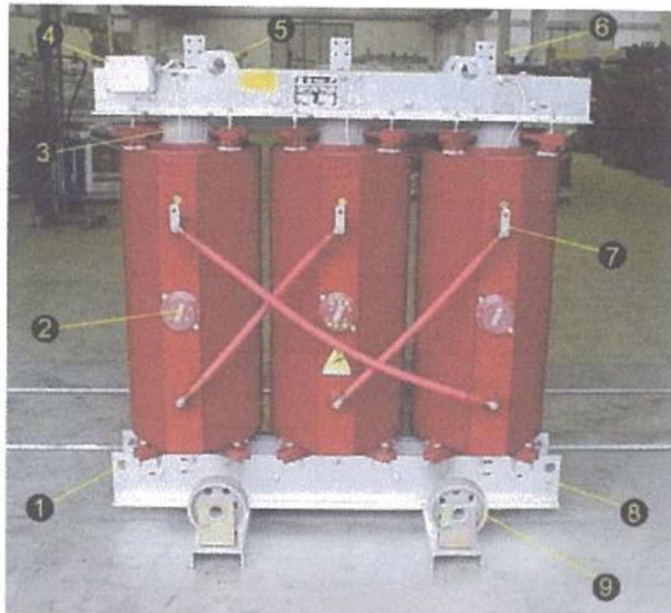
Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 9 Bagian *Vacum Circuit Breaker* (VCB)

2.2.1.2 Rectifier Transformer

Merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan tegangan yang selanjutnya akan disearahkan oleh *Rectifier Panel*. Lokasi peralatan terdapat pada semua stasiun LRT Jakarta.

Berikut gambar dari *rectifier transformer*:



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II.10 Gambaran Umum Trafo Penyearah

Rectifier transformer terdiri dari 9 bagian yaitu:

1. *Tow Attachment*;
2. *Link untuk tap changer*;
3. *Thermo-resistance PT100 pada belitan*;
4. panel koneksi *auxiliary*;
5. *lifting eyes*;
6. terminal LV;
7. terminal HV;
8. terminal ground;
9. roller untuk perpindahan trafo.



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 11 Spesifikasi *Rectifier Transformer*

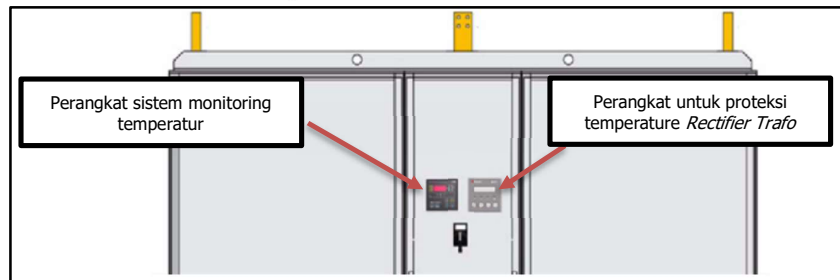
Rectifier Transformer yang digunakan pada LRT Jakarta yaitu merk Tesar dengan tahun pembuatan 2018 memiliki daya maksimum yang dihasilkan dalam kondisi normal sebesar 3300 kVA. Berdasarkan *Technical data* Tesar memiliki efisiensi perangkat pada faktor daya tertentu ($\cos\phi$) dengan beban 100% sebesar 99,19% sedangkan pada beban 75% sebesar 99,32%.

Berdasarkan pada Peraturan Menteri (PM) nomor 50 tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Instalasi Listrik Perkeretaapian pada setiap *rectifier* memiliki minimal persyaratan kinerja sebagai berikut:

- 100% kontinu/terus - menerus
- 150% beban lebih - 120 Menit
- 200% beban lebih - 5 menit
- 300% beban lebih - 1 menit

2.2.1.3 Rectifier Panel

Rectifier Panel berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC menjadi DC. *Rectifier Panel* terdiri dari dua bagian yaitu perangkat untuk sistem monitoring temperatur dan perangkat untuk proteksi temperature *Rectifier Trafo*.



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II.12 Gambaran Umum *Rectifier Panel*



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 13 Perangkat Sistem Monitoring Temperature



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II.14 Perangkat Proteksi Temperature *Rectifier Trafo*

2.2.1.4 DC *Switchgear*

Merupakan peralatan yang memiliki fungsi untuk memberi tegangan dan melindungi bagian (*section*) dari jalur rel ketiga pada sebuah sistem traksi dengan sistem proteksi *High Speed Circuit Breaker* (HSCB). Lokasi peralatan ada pada setiap stasiun LRT Jakarta. Bagian – bagian item DC *switchgear* yaitu: cubicle *switchgear*, *circuit breaker*, busbar, relay pelindung, *disconnect switch* (DS) dan panel kontrol.



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 15 Peralatan DC *Switchgear*

2.2.1.5 *Disconnecting Switch* (DS)

Memiliki fungsi memberikan tegangan dan melindungi bagian (*section*) dari jalur rel ketiga sebuah sistem traksi. Lokasi peralatan terdapat pada setiap stasiun LRT Jakarta.

2.2.1.6 *Stray Current Collector System* (SCCS)

Memiliki fungsi untuk mengumpulkan arus liar dan membuang arus liar secara berkala. Lokasinya peralatannya berada pada semua stasiun LRT Jakarta.

2.2.1.7 *Auxillary Trafo*

Memiliki fungsi untuk mengalirkan tegangan dan arus bolak balik dengan frekuensi yang sama antara dua atau lebih belitan yang memiliki besar tegangan dan arus yang berbeda. Trafo ini difungsikan untuk kebutuhan kelistrikan stasiun. Lokasinya peralatannya berada pada semua stasiun LRT Jakarta.

2.2.1.8 *Low Voltage Medium Distribution Panel*

Merupakan panel yang berfungsi untuk distribusi tegangan 3 fase (380V AC) maupun 1 fase (220V AC) ke seluruh sistem yang berada di stasiun. Lokasi peralatannya berada pada semua stasiun LRT Jakarta.

2.2.1.9 *Battery dan Battery Charger*

Sistem yang menggunakan suplai 110V DC dari *Battery* dan *Battery Charger* adalah sistem proteksi pada DC *switchgear* dan sistem kontrol pada DC *switchgear*.

2.2.1.10 *Uninterruptible Power Supply (UPS)*

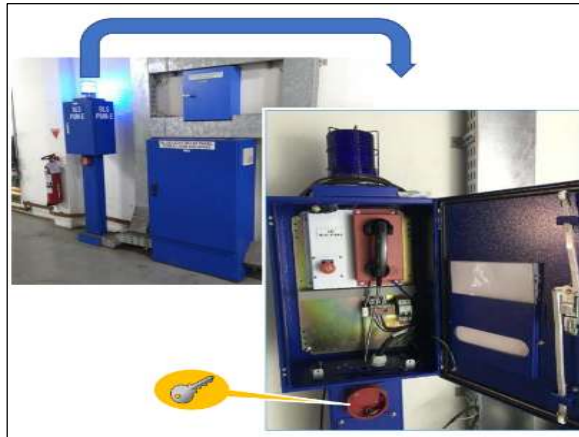
Merupakan sebuah peralatan elektronik yang berfungsi sebagai sistem catu daya cadangan pada setiap stasiun maupun Gedung OCC jika terjadi gangguan pada sistem catu daya utama pada sisi *auxillary transformer*. UPS ini memiliki fungsi sebagai backup sampai dengan genset aktif.

2.2.1.11 Generator Set

Merupakan suatu peralatan yang berfungsi sebagai sistem catu daya Cadangan pada tiap stasiun ataupun Gedung OCC jika terjadi gangguan pada sistem catu daya utama yang berasal dari PLN.

2.2.1.12 *Blue Light System (BLS)*

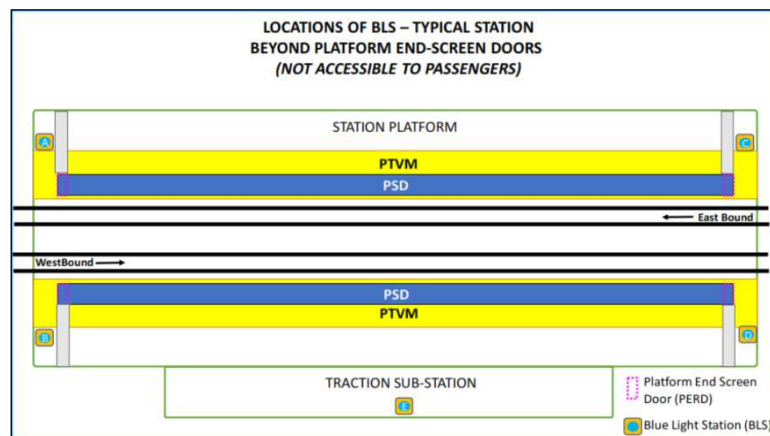
Merupakan peralatan yang terdapat pada NFPA 130 "*Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail System*" yang memiliki fungsi untuk berkomunikasi dengan OCC dan berfungsi untuk memutuskan aliran daya pada sistem traksi DC.



Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 16 Peralatan *Blue Light System*

BLS akan digunakan saat keadaan darurat dimana BLS diindikasikan dengan Cahaya berwarna biru yang terdapat pada beberapa tempat tertentu.

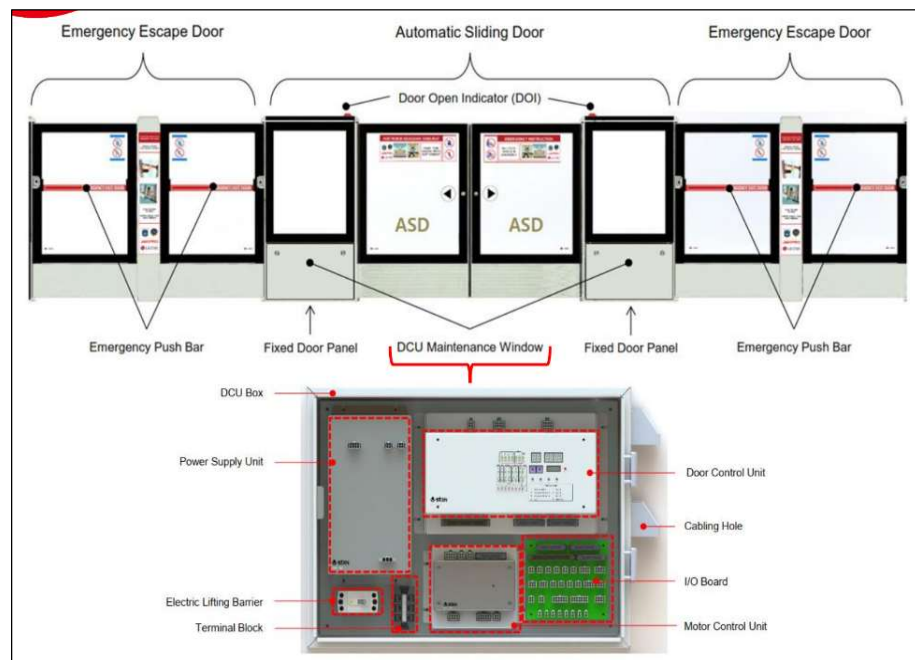


Sumber: Dokumen PT. LRT Jakarta, 2019

Gambar II. 17 Lokasi *Blue Light System* pada Stasiun LRT Jakarta

2.2.1.13 Platform Screen Door (PSD)

Merupakan partisi pembatas antara area peron penumpang dan jalur rel kereta. Pemasangan PSD merupakan upaya untuk mencegah penumpang terjatuh ke area rel kereta dan mencegah adanya keterlambatan kereta akibat insiden kecelakaan.



Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2019

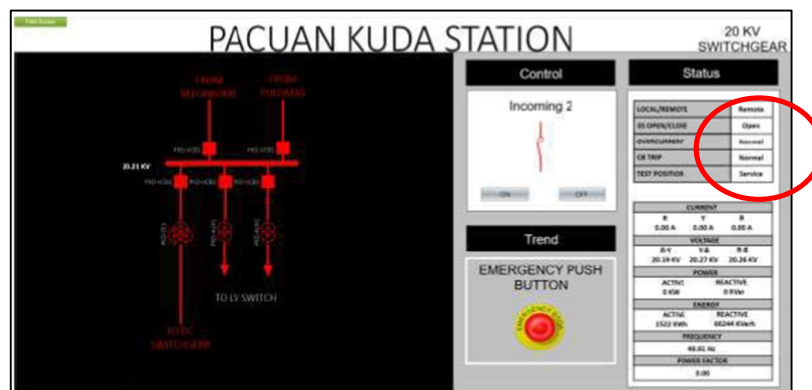
Gambar II. 18 Bagian-bagian *Platform Screen Door*

Pada LRT Jakarta, setiap stasiun memiliki 12 pintu PSD pada masing-masing jalur dengan ketentuan 1 LRV sama dengan 4 pintu, 2 LRV sama dengan 8 pintu, 3 LRV sama dengan 12 pintu.

2.2.2 Power on dan Power off gardu LRT Jakarta

Gardu pada stasiun di LRT Jakarta menggunakan sistem *remote* sehingga dapat diaktifkan dan dinonaktifkan melalui *Operating Control Center* (OCC) yang terletak pada Depo Pegangsaan Dua jika gardu tersebut mengalami gangguan atau pada saat proses perawatan dan pemeriksaan gardu traksi. Berikut prosedur *power on* dan *power off* gardu LRT Jakarta:

- i. Pastikan panel display pada *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) di OCC dengan status mode harus "*Remote*" dan status test posisi harus "*Service*" untuk seluruh stasiun.



Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2023

Gambar II. 19 Panel Display SCADA Stasiun Equestrian

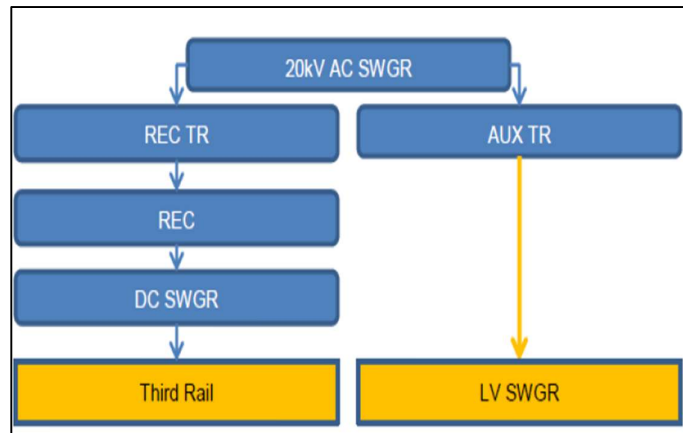
- ii. Untuk *power on* gardu harus berurutan dan dimulai dari *incoming* 20 kV hingga *Outgoing* 750 Vdc. Dibawah ini *flowchart* untuk urutan pengoperasian *power on* gardu:



Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2023

Gambar II. 20 Flowchart Power On Gardu

- iii. Setelah *Incoming* 20 kV seluruh stasiun "*Power On*", *Dispatcher* SCADA menyalakan peralatan untuk menyalurkan power ke *third rail* atau *LV switchgear*. Dibawah ini flowchart untuk urutan menyalakan peralatan:



Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2023

Gambar II. 21 *Flowchart Power On Peralatan*

- iv. *Power off* gardu harus berurutan dan dimulai dari *outgoing* 750 Vdc hingga *incoming* 20 kV. Dibawah ini *flowchart* untuk urutan pengoperasian *power off* gardu:

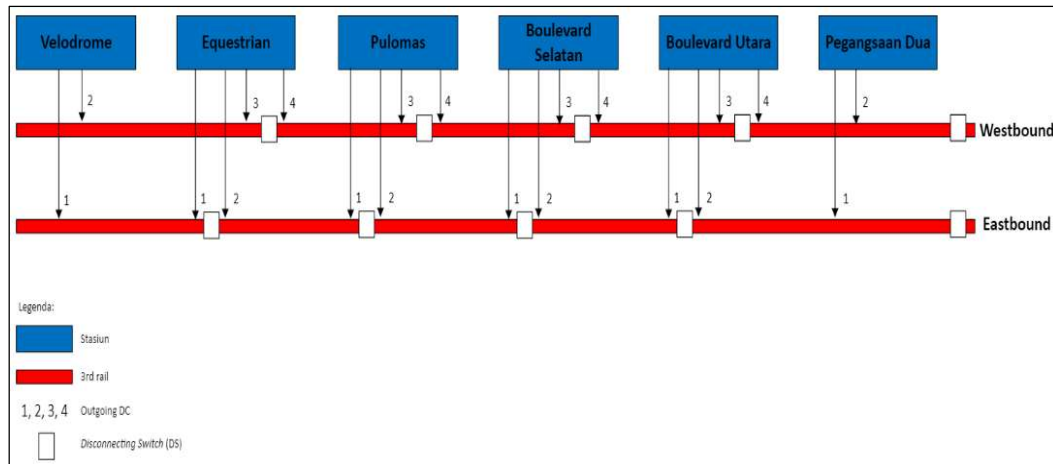


Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2023

Gambar II. 22 *Flowchart Power Off Gardu*

2.2.3 Third Rail System

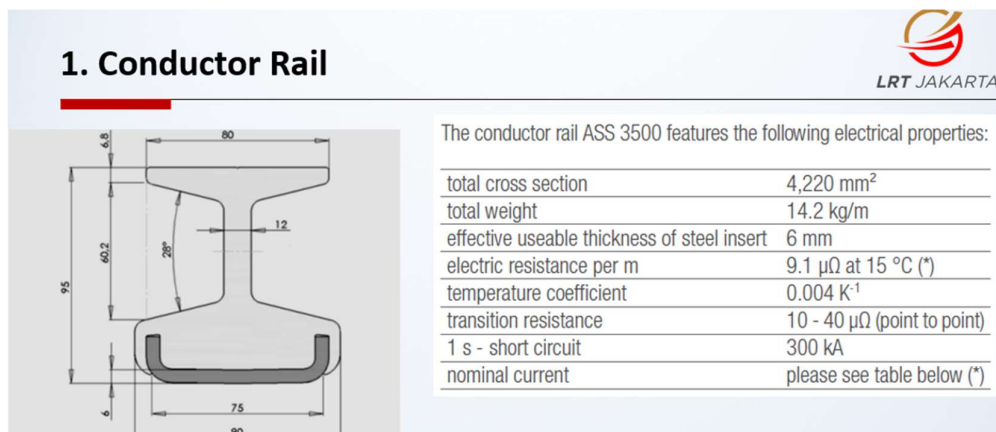
Merupakan metode untuk penyediaan Listrik untuk LRV melalui perantara yang bersifat konduktor sepanjang rel kereta. Tenaga traksi akan dialirkan melalui shoe collector yang bersentuhan dengan permukaan konduktor *third rail*. *Third rail* ini dipasang pada jalur ganda, pemasangan *third rail* harus dipasang diantara kedua jalur tersebut.



Sumber: Data Penulis, 2024

Gambar II. 23 Sectioning Diagram Power Mainline

Konduktor rel terbuat dari bahan baja allumunium dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:



Sumber: Dokumen LRT Jakarta, 2018

Gambar II. 24 Spesifikasi Teknis *Third Rail*