

BAB II

SISTEM TENAGA LISTRIK PADA KERETA REL LISTRIK DI JABODETABEK

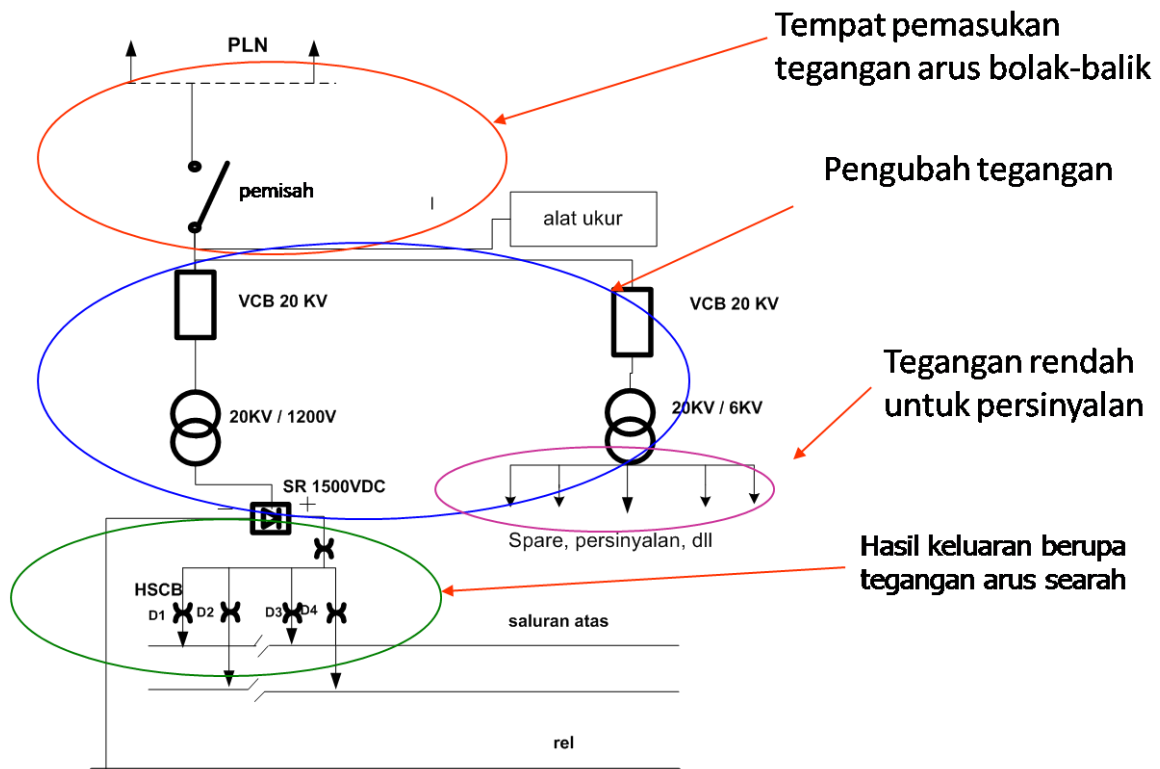
2.1. Umum

Kereta Rel Listrik (KRL) sudah menjadi transportasi yang umum digunakan di beberapa negara maju maupun berkembang dan sumber daya untuk pasokan seluruh kebutuhan kereta rel listrik berasal dari sumber arus bolak-balik yang diturunkan dan kemudian baru disearahkan melalui penyearah menjadi arus searah untuk disalurkan ke saluran catenary. Selain itu ada suatu sistem baru dengan menggunakan konverter buck sinkron sebagai peralatan penurun tegangan dari arus searah ke arus searah yang dapat diterapkan dalam sistem kelistrikan pada kereta rel listrik. Alat ini secara rinci akan dibahas lebih lanjut di bab III.

2.2. Sistem Tenaga Listrik Pada Kereta Rel Listrik

Sistem tenaga listrik yang digunakan berasal dari gardu listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) 20kV bolak-balik yang diturunkan menjadi 1.2kV dengan menggunakan transformator penurun tegangan lalu disearahkan menjadi 1500V arus searah dengan menggunakan penyearah yang terbuat dari silikon, yang

digunakan untuk mengoperasikan Kereta Rel Listrik (KRL). Sistem tenaga listrik pada KRL dapat digambarkan dengan diagram sederhana sebagai berikut :



Gambar 2.1 Diagram sederhana aliran daya pada KRL

Aliran dayanya jika dijabarkan adalah sebaga berikut :

- Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa masukan catu daya dari PLN adalah tegangan 20 KV arus bolak-balik.
- Setelah melalui peralatan pensaklaran dan pengukuran, dilakukan penurunan tegangan dari 20 KV arus bolak-balik menjadi 1.2 KV arus bolak-balik melalui transformator utama.

- Tegangan dari transformator utama 1.2 KV arus bolak-balik kemudian disearahkan/ diubah menjadi tegangan 1500 V arus searah (DC) dengan menggunakan penyearah silikon (SR 1500VDC) seperti pada gambar 2.1 .
- Selain melewati penyearah silikon, aliran daya juga melewati transformator bantu 20 KV/6 KV yang digunakan untuk sistem persinyalan tetapi hanya untuk gardu2 tertentu saja, misal seperti di gardu pemasok tenaga di Jakarta Kota, Manggarai, Tanah Abang, Depok dan lain-lain. Tidak semua gardu pemasok tenaga mempunyai transformator bantu 20 KV / 6 KV.
- Tegangan keluaran transformator 6 KV / 380 volt selanjutnya ada yang masuk ke transformator step down, penyearah tegangan, pengisi daya baterai. Di sisi tegangan ini, tegangan digunakan sebagai tegangan untuk kontrol.
- Untuk keluaran penyearah tegangan, akan disalurkan ke jaringan aliran atas dengan melewati pemutus berkecepatan tinggi (High Speed Circuit Breaker (HSCB)) dan Pemisah (Disconecing Switch (DS)).

KRL memperoleh catu daya dari jaringan bertegangan positif, dan rel digunakan sebagai penghantar tegangan negative yang dihubungkan dengan sisi negative dari penyearah.

Terlihat pada gambar 2.1, bahwa komponen utama dalam sistem tenaga listrik pada KRL adalah transformator penurun tegangan dan penyearah tegangan. Kemudian akan dijelaskan lebih lanjut mengenai kedua komponen utama tersebut.

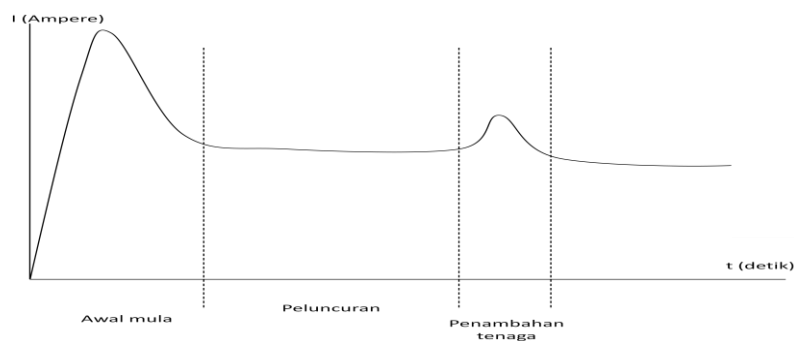
1. Transformator penurun tegangan

Transformator penurun tegangan adalah jenis trafo yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan yang lebih rendah. Trafo stepdown yang digunakan oleh Kereta Api Indonesia (KAI) yaitu 20KV /1200V arus bolak-balik yang merupakan transformator utama untuk penyuplai daya untuk disalurkan ke jaringan penggerak KRL dan 20KV /6KV arus bolak-balik untuk sistem persinyalan ataupun tegangan kontrol.

2. Penyearah

Penyearah adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi tegangan arus bolak-balik menjadi arus searah. Penyearah memiliki kegunaan lain yaitu sebagai komponen pasokan listrik dan sebagai pendeteksi sinyal radio. Penyearah dapat dibuat dari solid state dioda, penyearah yang dikendalikan silikon, dioda tabung vakum, katup merkuri busur, dan komponen lainnya.

Hasil dari penyearahan tegangan akan disalurkan melalui catenary (saluran listrik aliran atas) dan dari catenary tersebut akan dialirkan ke beban yaitu kereta. Tetapi perlu diketahui bahwa kereta rel listrik mempunyai karakteristik beban yang tidak rata dan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2. karakteristik beban KRL

Dari gambar grafik karakteristik beban KRL di Gambar 2.2, terlihat bahwa beban KRL tidak rata sehingga dapat terjadi pembebanan di sisi gardu pemasok tenaga yang melebihi kapasitas dayanya, terutama apabila dalam satu petak jalan yang dipasok oleh gardu terdapat beberapa KRL.

Oleh karena itu transformator dan penyearah di PT. Kereta Api Indonesia (PT. KAI) mempunyai beberapa tipe kelas yang mewakili daya tahan mereka terhadap beban lebih. Dan tipe kelas-kelas tersebut disajikan dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Tabel tipe kelas transformator dan penyearah di PT. KAI

Kelas dari Transformator dan Penyearah yang dilihat dari kemampuan menerima beban	A	100% → beroperasi kontinyu	-	-	-
	B	100% → beroperasi kontinyu	-	-	-
	C	100% → beroperasi kontinyu	120% → mampu beroperasi 2 jam	200% → mampu beroperasi 1 menit	-
	D	100% → beroperasi kontinyu	150% → mampu beroperasi 2 jam	200% → mampu beroperasi 1 menit	-
	S	100% → beroperasi kontinyu	150% → mampu beroperasi 2 jam	200% → mampu beroperasi 5 menit	300% → mampu beroperasi 1 menit
Keterangan		Beroperasi kontinyu	Beroperasi sesuai waktu, kemudian off	Beroperasi sesuai waktu, kemudian off	Beroperasi sesuai waktu, kemudian off

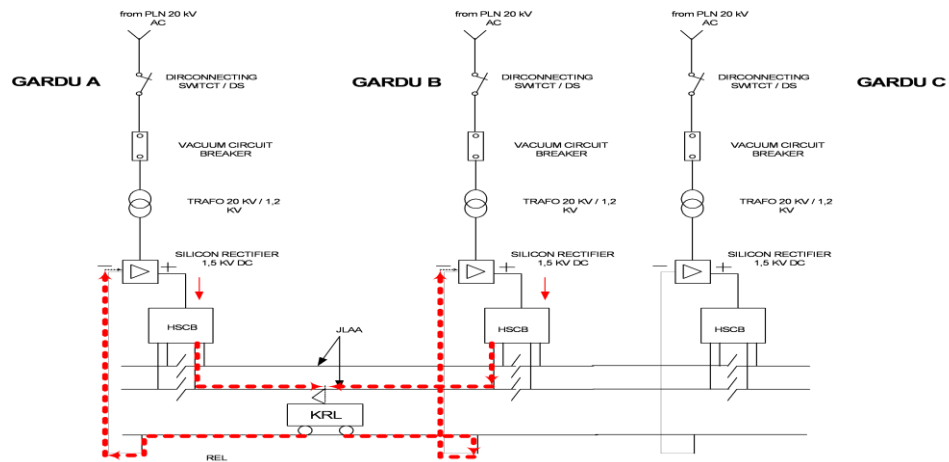
Pada tabel terlihat bahwa kelas dari transformator dan penyearah terbagi menjadi 5 kelas. Dimana kelas A dan B dapat digunakan untuk beban statis yaitu pencahayaan dan peralatan rotari di pabrik-pabrik. Tetapi yang paling banyak

digunakan untuk gardu pemasok tenaga adalah transformator dan penyearah tipe S yang dapat bekerja menahan beban hingga 300%.

Dan salah satu alat yang termasuk sangat berperan penting di sistem tenaga listrik KRL yaitu adalah pemutus berkecepatan tinggi (High Speed Circuit Breaker (HSCB)) dalam memutus rangkaian pada arus dan tegangan yang besar. Pemutus jaringan penyulang dan pemutus jaringan penyearah yang tersedia beroperasi pada arus hingga mencapai 8000 ampere dan operasi tegangan sampai dengan 3600 volt arus searah.

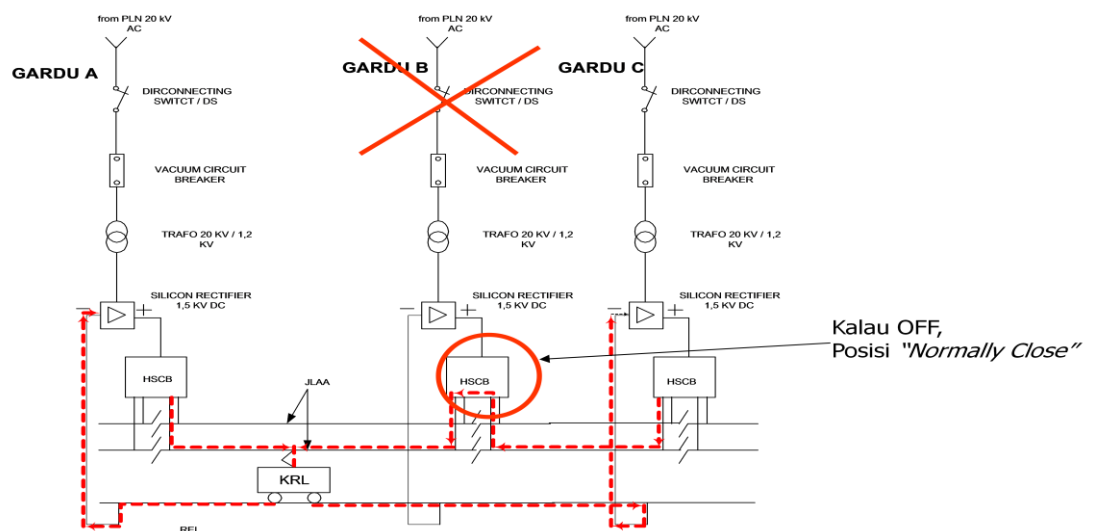
2.3. Pararel Sistem Pada Kereta Rel Listrik

Sistem pararel digunakan dalam menyuplai tegangan yang diberikan ke KRL, digunakan untuk mengatasi apabila terjadi pemadaman pasokan tenaga listrik dari salah satu gardu pasokan. Pararel sistem ini dapat digambarkan secara sederhana dengan 3 buah gardu suplai yang berasal dari PLN yang bertegangan 20 kV arus bolak-balik, dan diasumsikan nama-nama gardu tersebut adalah gardu A, gardu B, dan gardu C seperti pada Gambar 2.3. Dimana nantinya tegangan tersebut akan diturunkan menjadi 1.2 kV arus bolak-balik lalu disearahkan menggunakan silicon rectifier menjadi 1500 V arus searah. Sistem yang dipararel adalah hasil tegangan keluaran dari penyearah dari satu gardu ke gardu lain, seperti pada Gambar 2.3 dimana hasil keluaran penyearah dari gardu A dipararel dengan hasil keluaran dari penyearah gardu B. Hal ini untuk menjaga agar daya yang diperlukan untuk mengoperasikan sebuah KRL terpenuhi.



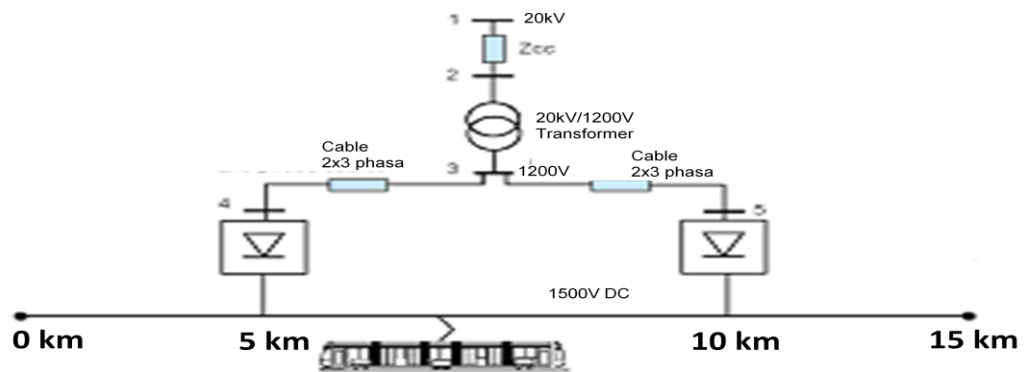
Gambar 2.3 Sistem Pararel pada KRL

Dan apabila salah satu gardu mati/off karena gangguan maupun perawatan, seperti pada Gambar 2.4 diasumsikan gardu B terbuka dari sistem karena perawatan, maka untuk menjaga agar suplai daya yang diperlukan untuk KRL tetap terpenuhi gardu A dan gardu C dipararelkan.



Gambar 2.4 Aliran daya apabila gardu B terbuka

Tetapi sistem kereta rel listrik dengan menggunakan sumber arus bolak-balik seperti pada Gambar 2.5 dibawah ini mempunyai dua masalah utama.



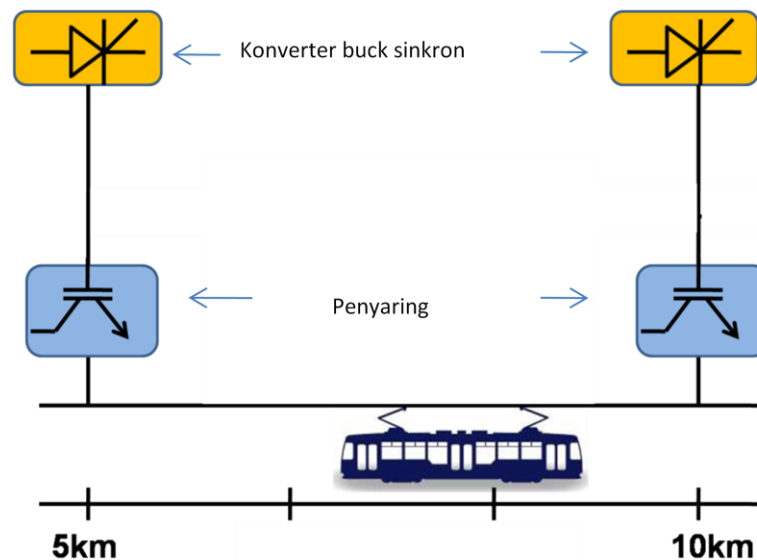
Gambar 2.5. Pasokan tenaga dari sumber arus bolak-balik

Yang Pertama, ketika kendaraan melambat, motor traksi bekerja sebagai generator dan inverter sebagai rectifier. Akibatnya, daya dikirim kembali ke jaringan kontak dan, jika kendaraan lain di fase traksi tidak cukup dekat, besarnya tegangan dari bus arus searah melewati batas yang ditentukan. Oleh karena itu, sebuah resistor dibutuhkan disini untuk menyerap kelebihan daya, yang menyebabkan penurunan efisiensi.

Kedua, gardu yang digunakan bervolume besar dan memerlukan lahan yang luas untuk menempatkannya. Integrasi mereka di pusat-pusat kota yang padat dengan bangunan-bangunan cukup sulit dan biasanya, posisi mereka berada didekat saluran catenary. Kemudian, jarak ideal antara gardu harus dapat terpenuhi agar keandalan sistem dapat terjaga. Oleh karena itu akan dibahas sedikit mengenai gambaran sistem tenaga listrik dengan menggunakan konverter buck sinkron di bawah ini.

2.4. Gambaran Sistem Dengan Menggunakan Konverter Buck Sinkron

Pada skripsi ini, penulis mengusulkan sebuah pasokan jaringan tegangan arus searah sebagai tenaga baru dari persediaan tenaga berdasarkan prinsip yang sama yaitu masih berasal dari tegangan arus bolak-balik. Namun, daripada menggunakan transformer untuk menurunkan tegangan, pada sistem pasokan tenaga listrik arus searah konverter buck sinkron diperkenalkan dan dapat digambarkan secara sederhana pada Gambar 2.6. konverter Buck adalah alat penurun tegangan dengan kekuatan paling sederhana, dimana converter bekerja dengan hanya dua switch daya (diode dan transistor) dan filter, dimana mempunyai kelebihan mempunyai sistem umpan balik dan sepenuhnya terkendali.



Gambar 2.6. Sistem KRL dengan menggunakan konverter buck sinkron

Hal ini kemudian memungkinkan untuk menggunakannya untuk menjaga tingkat tegangan ke template dan untuk mengontrol aliran daya dalam jaringan. Dengan hanya mengatur siklus tugasnya (Duty cycle), seluruh sistem dapat dikendalikan dengan efisiensi yang lebih baik. Selain itu, konverter buck lebih murah dan jauh lebih kecil dari gardu. Integrasi mereka akan difasilitasi dan mereka dapat ditempatkan di tempat strategis. Dan bahasan lebih mendetail mengenai konverter buck sinkron akan dibahas di bab III serta mengenai rancangan sistem menggunakan konverter buck sinkron ini secara keseluruhan akan dibahas lebih lanjut di bab IV.