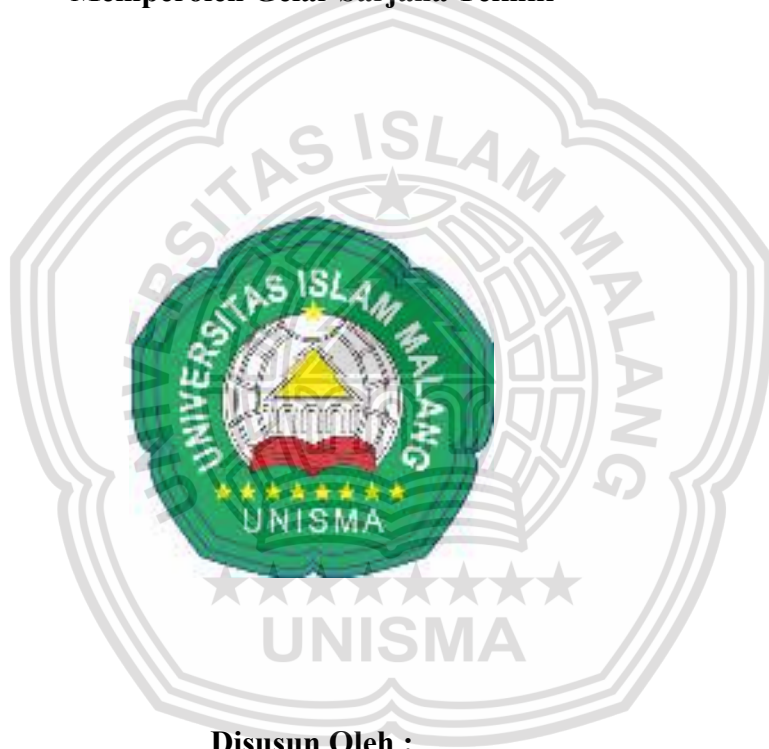




**STUDY KELAYAKAN TEKNIK KERETA CEPAT PADA  
REL KERETA API LISTRIK (*COMMUTER LINE*) DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD ABDULLAH UMAR**

**NPM. 21601053023**

**UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2021**

**STUDI KELAYAKAN TEKNIS KERETA CEPAT PADA  
REL KERETA API LISTRIK (COMMUTER LINE) DI INDONESIA**  
Muhammad Abdullah Umar<sup>1)</sup>, H. Muhammad Taqiyuddin A<sup>2)</sup>, Bambang Dwi Sulo<sup>3)</sup>  
21601053023

1),2),3) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang  
Jl. MT Haryono 193-Dinoyo-Lowokwaru-Malang  
[muhammadabdullahumar@gmail.com](mailto:muhammadabdullahumar@gmail.com)

### ABSTRAKSI

Kereta rel listrik merupakan alat transportasi yang bergerak berdasarkan sistem elektrifikasi. Pada kereta rel listrik sistem elektrifikasi berfungsi untuk mengalirkan daya listrik dari jaringan *catenary* menuju motor *cabin* dan beberapa kabin lainnya hingga kereta tersebut bisa berjalan. Dalam sistem kelistrikan KRL energi listrik dapat berupa arus DC dan arus AC. Pada sistem elektrifikasi terdapat dua bagian yaitu *motor cabin* dan *trailer cabin*. Pada *motor cabin* terdapat sistem propulsi yang menggerakkan kereta, sementara pada *trailer cabin* terdapat beban kelistrikan lainnya. Pada penelitian ini dibahas tentang kekuatan jaringan rel listrik 1500 VDC sebagai penggerak sistem propulsi kereta pada saat daya motor traksi diperbesar. Sistem propulsi sendiri terdiri dari pantograf, *circuit breaker*, *filter DC*, *invert VVFH IGBT* dan motor traksi. Dengan parameter pengujian daya masuk 450kW. Dengan menghitung melalui software matlab r2107a dari persamaan yang sudah ditentukan dapat diketahui bahwa sistem propulsi kereta akan memiliki efisiensi yang baik saat tegangan yang mengalir 388.7V dengan daya keluaran inverter 399.74 kW. Dimana diperoleh besarnya efisiensi inverter 88.83%. Jaringan katenari 1500 VDC tidak mampu menjalankan kereta cepat dengan output 283kW dan hanya mampu menjalankan kereta dengan output maksimal 193.1kW.

**Kata kunci : Jaringan *catenary*, sistem elektrifikasi, motor traksi, inverter VVFH IGBT, rugi-rugi daya, sistem propulsi**

### ABSTRACT

The electric railroad is a means of transportation that moves based on an electrification system. On the electric rail train, the electrification system functions to distribute electrical power from the catenary network to the motor cabin and several other cabins so that the train can run. In the KRL electrical system, electrical energy can be in the form of DC currents and AC currents. There are two parts to the electrification system, namely the motor cabin and the trailer cabin. In the motor cabin there is a propulsion system that drives the train, while in the trailer cabin there are other electrical loads. This research discusses the power of the 1500 VDC electric rail network to drive the train propulsion system when the power of the traction motor is enlarged. The propulsion system itself consists of a pantograph, circuit breaker, DC filter, invert VVFH IGBT and a traction motor. With 750kW and 450kW input power test parameters. By calculating through the matlab r2107a software from the predetermined equations, it can be seen that the train propulsion system will have good efficiency when the voltage flows 388.7 V with an inverter output power of 399.74 kW. Where obtained the amount of inverter efficiency 88.83%. The catenary network 1500 VDC is not capable of running a fast train an output of 283kW and is only capable of running a train with a maximum output of 193.1kW.

**Keywords: Catenary network, electrification system, traction motor, inverter VVFH IGBT, power losses, propulsion system**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1.Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi selalu memunculkan hal-hal baru yang membuat kemudahan dalam kehidupan manusia, termasuk dalam hal transportasi dalam hal ini khususnya kereta api. Dalam industri perkeretaapian yang mana pada umumnya kereta api menggunakan bahan bakar batu bara atau bahan bakar fosil namun sekarang marak dikembangkan kereta api yang menggunakan bahan bakar listrik dinamakan kereta rel listrik(*commuter*). Sejalan dengan perkembangan zaman sebuah teknologi dituntut untuk selalu ramah lingkungan, maka digunakan energi listrik sebagai tenaga penggerak motor kereta, dan dibutuhkan tenaga listrik yang stabil dan kontinu.

Melihat semakin meningkatnya penumpang penumpang kereta api dan semakin besar kebutuhan akan transportasi kereta, maka dibutuhkan sarana transportasi dengan efisiensi yang tinggi dan cepat. Untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan kereta maka perlu diperhatikan sistem propulsi kereta terkhusus pada bagian motor traksi. Dengan adanya kereta dengan efisiensi yang tinggi dan mempunyai kecepatan yang tinggi maka permasalahan di atas dapat teratasi.

Di Indonesia jalur rel listrik menggunakan tegangan 1500V DC, daya listrik ini disupply dari gardu traksi menggunakan konduktor yang terletak di atas dan ada juga yang dibawah membentang sepanjang jalur kereta api. Kereta listrik yang sekarang beroperasi terdiri dari beberapa model meliputi: MRT, LRT, dan KRL. Kereta rel listrik merupakan alat transportasi yang berkecepatan tinggi dan masih dalam kendali masinis meskipun sudah mendukung fitur auto.

Prinsip penyaluran daya pada konduktor yang membentang yakni dari PLN yang bertegangan 20KV AC lalu diturunkan dengan transformator stepdown menjadi 1200V AC, lalu dikonversikan dari arus AC menjadi arus DC dengan menggunakan silicon rectifier dan akan diperoleh tegangan 1500V DC. Kereta rel listrik bergerak dengan system propulsi motor listrik. Supply daya dari konduktor ke kereta menggunakan pantograf bentuknya fisiknya seperti busbar.

Untuk mengetahui kekuatan jaringan listrik aliran atas saat terbebani oleh kereta dengan daya motor yang diperbesar, maka dilakukan pengujian dalam 7 kondisi untuk melihat efisiensi inverter dan juga motor traksi. Dalam kondisi saat ini kereta rel listrik menggunakan jenis *commuter* dengan kecepatan rata-rata 60 km/jam, namun di beberapa negara sudah menggunakan kereta rel listrik dengan jenis high speed train dan kecepatan rata-rata 200 km/jam. Perbedaan yang signifikan dalam penggunaan jenis kereta rel listrik di Indonesia dan negara yang sudah menggunakan high speed train adalah penggunaan jaringan katenari. Pada penggunaan kereta high speed train menggunakan jaringan katenari dengan arus AC dengan 20KV.

### 1.2. Tujuan Penelitian

Menjadi pertimbangan kelayakan sistem rel listrik 1500V DC untuk perkembangan transportasi kereta rel listrik di Indonesia.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, maka dirumuskan sebuah permasalahan penelitian yaitu:

1. Bagaimana cara melakukan analisis daya pada kereta rel listrik saat kereta beroperasi di jalur commuter line 1500 VDC
2. Bagaimana kelayakan rel listrik jika dilewati kereta dengan kapasitas listrik dengan daya yang lebih besar.

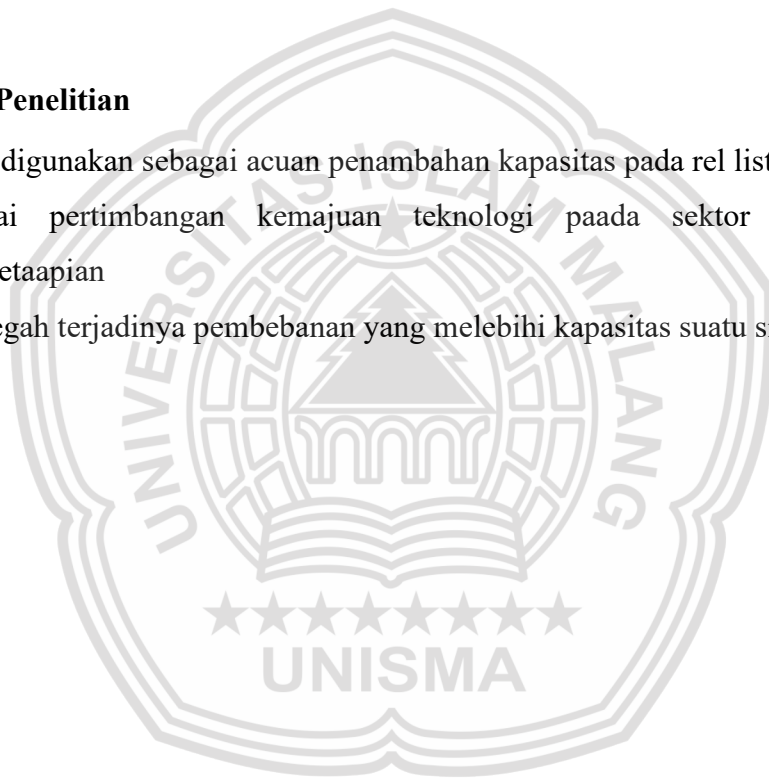
#### 1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam skripsi ini bertujuan agar ruang lingkup pembahasan menjadi jelas dan tidak keluar dari konteks penelitian. Pembatasan masalah dalam skripsi ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Keandalan sistem pada rel listrik 1500V DC
2. Pembahasan terbatas pada sistem populasi
3. Penggunaan sistem populasi menggunakan motor AC
4. Proses simulasi dan perhitungan menggunakan bantuan software MATLAB r2017a

#### 1.5. Manfaat Penelitian

1. Dapat digunakan sebagai acuan penambahan kapasitas pada rel listrik
2. Sebagai pertimbangan kemajuan teknologi paada sektor industri perkeretaapian
3. Mencegah terjadinya pembebanan yang melebihi kapasitas suatu sistem



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa hasil tentang kelayakan jaringan 1500VDC pada kinerja motor traksi sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa daya KRL pada jaringan katenari 1500 VDC dengan daya masuk 450kW disimpulkan daya maksimal yang bisa digunakan pada inverter VVFH IGBT dengan daya output 399,75kW sehingga daya input motor traksi 193,11kW yang digunakan, agar daya output inverter VVFH IGBT bisa mensuplay daya input motor traksi.
2. Dari 6 kondisi pengujian disimpulkan bahwa kemampuan maksimal jaringan katenari 1500VDC berada pada pengujian ke 5 dengan tegangan 388,7 V dan tegangan refrensi 0,5V akan menghasilkan daya output inverter 399,75kW. Pada motor traksi daya masuk 193,11 kW dan daya output 181.36 kW. Pada kereta cepat membutuhkan daya output 283kW, sehingga jaringan katenari 1500VDC di Indonesia belum memenuhi standar kereta cepat.

#### 5.2. Saran

Berikut merupakan beberaa saran untuk penelitian selanjutnya tentang kereta rel listrik:

1. Dilakukan penelitian tentang kereta rel listrik yang lebih mendalam dengan beban motor traksi. Dan sistem auxiliary pada kereta rel listrik.
2. Menjadikan jaringan katenari sebagai objek penelitian untuk mengetahui jika pantograf pada kereta rel listrik terjadi masalah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buhrkall, L. Traction System Case Study. Denmark.
- Cahaya, Agus, Dedi Cahya, dkk. Rancang Bangun Inverter 3 Fasa untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Iftadi, Irwan. 2015. Kelistrikan Industri. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maghfiroh, Hari. 2016. Dunia Kereta Sistem Propulsi KRL, <http://www.keretalistrik.com/2016/07/dunia-kereta-sistem-propulsi-krl.html>. diakses pada hari Senin, 4 Mei 2020, pukul 20.00 WIB
- Mantila, S. Cornio E. Romero L. F. 2008. How The Efficiency of Induction Motor is Measured. Department of Electrical Engineering and Energy. Universidad de Cantabria, Spain.
- Matsumoto Masakazu, Seikon Shibichi, and Wajima Takenori. 2005. Latest System Technology for Railway Electronic Cars.
- Maulana, Eka. 2012. Pengaturan PWM. Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. Universitas Brawijaya Malang.
- Nugroho, Setiyo dan Ir. Bambang Winardi. 2012. Sistem Propulsi dan Auxiliary pada Kereta Rel Listrik. Semarang: Teknik Elektro, UNDIP.
- Rao, Noman dan Dinesh Chamund. 2014. Calculating Power Loss in an IGBT Module.
- Rashid, Muhammad Hannur. Power Electronics Circuit, Devices, and Application. PURDUE UNIVERSITY.
- Ren, J., Zhang, Q., & Liu, F. (2020). Analysis of factors affecting traction energy consumption of electric multiple unit trains based on data mining. *Journal of Cleaner Production*, 121374.
- Saputra, A. (2019). Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Manggarai. *EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)*, 2(2), 131-138.
- Sembiring, Reynhard Josian dan Feri Yusviar. Rancang Bangun Inverter Tiga Fasa menggunakan IPM PM50RLA120 dan NI CompactRIO. Teknik Elektro, Universitas Indonesia.

- Serrano-Jiménez, D., Abrahamsson, L., Castaño-Solís, S., & Sanz-Feito, J. (2017). Electrical railway power supply systems: Current situation and future trends. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 92, 181-192.
- Setiawan, Achmad Efendi, Tjahya Odianto dan Syahri Muharom. 2016. Rancang Bangun Inverter 3 Fasa sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa 1/2HP 0.37kW menggunakan Metode SPWM Berbasis ARM Mikrokontroler (STM32F4) Jurusan teknik Elektro, Institut teknologi Adhi Tama, Surabaya.
- Sudibya, Samuel, dkk. 2016. Analisis Efisiensi Motor Induksi pada Kondisi Tegangan Non Rating dengan Metode Segregated Loss. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNIB.
- Wang Ji. Zhongping Yang, dkk. 2013. Harmonic Loss Analysis of the Traction Transformer of High-spee Trains Considering Pantograph-OCS Electrical Contact Properties. School of Electrical Engineering, Beijing.
- Yudho, U. Sistem Propulsi Pada Kereta Rel Listrik Di Depo KRL Depok.  
\_\_\_\_\_. 2011. Petunjuk Operasi KRL-KFW. PT. INKA (Persero)

