

PEMILIHAN KABEL INSTALASI LISTRIK PADA KERETA HIBRIDA PNM BERDASARKAN KAPASITAS PENGHANTAR

Jamaludin Al Afgani¹, R. Gaguk Pratama Yudha², Darma Arif Wicaksono³

^{1,2,3}Politenik Negeri Madiun; Jalan RingRoad Barat, Manguharjo, Kota Madiun; Faksimile +62 351 452960

Riwayat artikel:

Received: 22 November 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

Keywords:

hybrid train, ETAP software, DC power flow, cable selection

Correspondent Email:

jamal@gmail.com

Abstrak. Kereta Hibrida PNM merupakan kereta yang memiliki empat mode *power supply*. Yang pertama adalah mode *Catenary*, mode kedua *Catenary* + Baterai, mode ketiga adalah Generator dan Baterai, dan mode keempat adalah Generator + Baterai dan *Fuel Cell*. Perbedaan mode *power supply* pada Kereta Hibrida PNM, sangat berdampak pada arus yang mengalir melewati penghantar at. Pada penelitian ini berfokus pada pemilihan ukuran kabel agar dapat bekerja menggunakan keempat mode diatas yang dilakukan menggunakan *software* ETAP. Hasil dari penelitian ini adalah besar arus tertinggi terjadi pada kabel *Output Catenary* saat menggunakan mode *power supply Catenary* dengan besar arus 233.3 A, dan besar arus terendah terjadi pada kabel *Output DC/DC 1* dan *Output DC/DC 2* memiliki nilai arus sebesar 12.8 A. Dari keseluruhan 17 kabel yang ada pada sistem *power supply* Kereta Hibrida PNM terdapat empat kabel yang memiliki ukuran sama besar antara ukuran hasil simulasi dengan ukuran kabel *existing* yaitu, kabel *Output Catenary* dengan ukuran 150 mm², kabel *DC/DC Converter* dengan ukuran 150 mm², kabel *Output Fuelcell 1* kabel *Output Fuelcell 2* dengan ukuran 25 mm². Jarak terjauh antara ukuran simulasi dengan ukuran *existing* terdapat pada kabel *Output PDU Fuelcell* dengan ukuran simulasi sebesar 2.5 mm² dan ukuran *existing* sebesar 50 mm². Nilai arus, rugi daya dan *drop voltage* pada kabel *existing* lebih kecil dibandingkan menggunakan kabel simulasi, sehingga kabel *existing* lebih andal jika dibandingkan dengan kabel simulasi pada tegangan 600 VDC dan 1500 VDC.

1. PENDAHULUAN

Kereta Hibrida PNM merupakan kereta berteknologi baru buatan PT INKA (Persero). Kereta ini menggunakan 4 sumber energi sebagai *power supply* yang menyuplai energi listrik ke beban. Keempat sumber energi tersebut antara lain *Catenary*, Generator, Baterai dan *Fuel Cell*. Dari keempat sumber

tersebut, dibagi kedalam empat mode *power supply*. Yang pertama adalah mode *Catenary*, mode kedua *Catenary* + Baterai, mode ketiga adalah Generator dan Baterai, dan mode keempat adalah Generator + Baterai dan *Fuel Cell*.

Kereta listrik tentu memiliki banyak keunggulan. Selain meningkatkan efisiensi,

kereta listrik juga bebas polusi baik polusi udara maupun polusi suara [1]. Selain memiliki keunggulan, kereta berteknologi listrik juga memiliki kekurangan, antara lain bahan baku baterai yang langka, dan pembelian komponen yang mahal. Kereta berteknologi listrik juga sangat rawan memiliki kerusakan, karena sebagian besar komponennya merupakan komponen elektrik yang sangat rentan terhadap arus yang berlebih.

Dalam operasional kereta api, pasti membutuhkan sumber energi untuk menjalankan beban yang ada di kereta api. Pada Kereta Hibrida PNM, sumber energi dialirkan dari *power supply* menuju beban. Di Kereta Hibrida PNM terdapat 2 jenis beban yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban statis adalah beban yang mempunyai nilai daya yang cenderung tetap (tidak berubah). Penyaluran listrik beban statis diawali dari *power supply* kemudian disalurkan menuju SIV (*Static Inverter*). Kemudian energi listrik dari SIV disalurkan ke beban *Auxiliary* seperti AC (*Air Conditioner*), Lampu, HMI, dan lain-lain. Sedangkan beban dinamis adalah beban yang nilai dayanya bisa berubah-ubah dan bisa diatur sesuai kecepatan operasional kereta. Penyaluran listrik beban statis diawali dari *power supply* kemudian disalurkan menuju VVVF (*Variable Voltage Variable Frequency*). Kemudian energi listrik dari VVVF disalurkan ke motor traksi (Prakoso & Sadikin, Tanpa Tahun).

Penyaluran energi listrik dari *power supply* menuju beban membutuhkan jalur. Jalur yang dimaksud dalam penyaluran listrik adalah kabel. Ukuran kabel sangat berpengaruh dalam distribusi listrik di suatu sistem. Jika ukuran kabel terlalu kecil sedangkan arus yang mengalir terlalu besar atau melebihi kapasitas dari suatu kabel akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan bila melebihi daya tahan isolasinya, maka dapat menyebabkan rusaknya isolasi [2]. Kerusakan isolasi bisa menyebabkan kebocoran arus listrik dan akibatnya bisa fatal seperti mengakibatkan kabel terbakar. Namun, jika ukuran kabel terlalu besar akan menambah biaya pembelian kabel yang semakin mahal dan biaya perawatan juga akan meningkat.

Perbedaan mode *power supply* dan pembebanan pada Kereta Hibrida PNM, sangat berdampak pada arus yang mengalir melewati

penghantar atau kabel. Dalam kasus ini, Kereta Hibrida PNM akan diuji coba dalam empat mode yang berbeda. Mode yang pertama adalah kereta diuji coba menggunakan *power supply Catenary* dengan kecepatan 25 km/h. Mode yang kedua adalah kereta diuji coba menggunakan *power supply Catenary + Baterai* dengan kecepatan 25 km/h. Mode yang ketiga adalah kereta diuji coba menggunakan *power supply Generator + Baterai* dengan kecepatan 25 km/h. Sedangkan mode yang keempat adalah kereta diuji coba menggunakan *power supply Generator+Baterai+Fuel Cell* dengan kecepatan 25km/h. Sistem ini disimulasikan menggunakan software *ETAP* dengan desain kecepatan 35km/h, namun untuk operasional Kereta Hibrida PNM akan dijalankan dengan kecepatan 25 km/h disetiap modeny. Uji coba kecepatan 25 km/h ini akan dilakukan pada *track* PNM. Selain itu, Kereta Hibrida PNM juga akan diuji coba dengan kecepatan maksimal 90 km/jam menggunakan mode *Catenary* pada *track* Kereta Rel Listrik (KRL) Jogja-Solo.

Pemilihan kabel kelistrikan yang didasarkan pada kapasitas penghantar ini akan dirancang dengan mempertimbangkan kondisi terburuk karena beban dinamis yang melalui VVVF akan dijalankan pada kecepatan 25 km/jam pada *track* PNM dan dijalankan 90 km/jam pada *track* KRL Jogja-Solo, serta beban statis yang terhubung melalui SIV akan dijalankan *Full Load*. Dengan demikian, pemilihan ukuran dan jenis kabel menjadi faktor penting dalam perancangan sistem instalasi listrik pemilihan kabel pada Kereta Hibrida PNM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penghantar

Penghantar adalah benda logam atau non-logam yang bersifat konduktor dan mampu membawa arus listrik dari satu titik ke titik yang lain [3]. Penghantar dapat berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar. Kabel adalah penghantar logam yang dilindungi oleh bahan isolator. Sedangkan kawat penghantar adalah penghantar yang terbuat dari logam tetapi tidak dilindungi oleh bahan isolator.

Kabel sangat dibutuhkan di dunia industri, perangkat listrik maupun kendaraan. Dalam dunia perkeretaapian, kabel dibutuhkan untuk menyalurkan listrik dari *power supply* ke beban. Jenis kabel yang digunakan dalam dunia

perkeretaapian adalah kabel *single core* (1C) [4].

2.2 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang mempelajari aliran arus dalam sistem kelistrikan dari satu titik ke titik lain dan tegangan melintasi busbar dalam sistem. Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus dan daya aktif, yang terdapat pada titik-titik berbeda dalam jaringan sistem tenaga pada kondisi operasi normal, baik saat ini maupun rencana untuk masa yang akan datang[5]. Adapun persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

$$P = I \cdot V \tag{1}$$

2.3 Kereta Hibrida PNM

Kendaraan *hybrid* atau dalam bahasa Indonesia disebut hibrida adalah kendaraan yang menggunakan lebih dari satu sumber energi. Tujuan kendaraan *hybrid* atau hibrida biasanya untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi atau menghilangkan polutan, dan polusi udara serta kebisingan. Salah satu kendaraan yang telah menerapkan teknologi *hybrid* adalah Kereta Hibrida PNM. Kereta Hibrida PNM merupakan kereta berteknologi baru buatan PT INKA (Persero) yang menggunakan 4 sumber energi sebagai *power supply* yang menyuplai energi listrik ke beban. Keempat sumber energi tersebut antara lain *Catenary*, Generator, Baterai dan *Fuel Cell*.

2.3.1 Spesifikasi Power Supply

Tabel 1. Spesifikasi Power Supply

Nama Power Supply	Daya
Catenary	560 kw
Generator	383.3 kva
Baterai	70 kw
Fuelcell	5500 w

2.3.2 Kabel

Kabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kabel buatan PT Sumi Indo Kabel dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Kabel

Ukuran kabel (mm ²)	Kapasitas Arus Maksimal (A)
1.5	21
2.5	29
4	40
6	53

10	74
16	101
25	135
35	169
50	207
70	268
95	328
120	383
150	444

2.3.3 Beban

Beban adalah komponen elektronik yang membutuhkan tenaga atau daya listrik. Pada Kereta Hibrida PNM ini, terdapat empat *power supply*. Keempat *power supply* tersebut adalah *Catenary*, Generator, Baterai, dan *Fuel Cell*. Kereta ini memiliki empat mode *power supply*. Yang pertama adalah mode *Catenary*, mode kedua *Catenary* + Baterai, mode ketiga adalah Generator dan Baterai, dan mode keempat adalah Generator + Baterai dan *Fuel Cell*. Dibawah ini adalah total daya yang dibutuhkan pada setiap mode:

Tabel 3. Mode Power Supply

Nama Mode	Beban		Total beban (w)
	Auxiliary	Motor	
C	53.070	84.720	137.790
CB	53.070	84.720	137.790
GB	53.070	84.720	137.790
GBF	53.070	84.720	137.790

Sistem ini didesain dengan kecepatan maksimal 35 km/h dengan beban *auxiliary full load* yang akan diuji coba pada *track* PNM 600 VDC. Jadi, total daya yang dibutuhkan untuk menjalankan Kereta Hibrida PNM pada kecepatan 35 km/h adalah 137.790 W.

2.4 Software ETAP

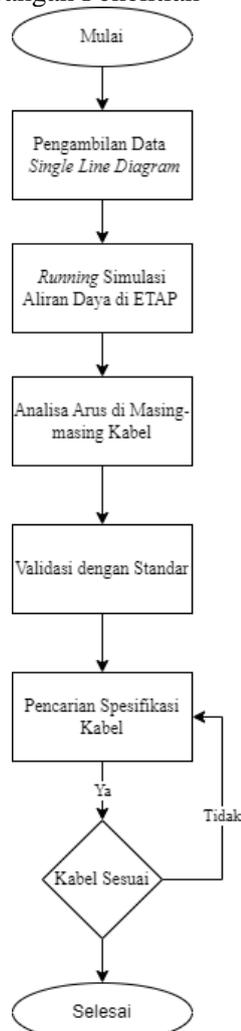
3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode

Penelitian ini menggunakan metode R&D (Riset dan Pengembangan) dengan

fokus pada perhitungan arus saat beban tertinggi pada Kereta Hibrida PNM. Tujuan penelitian ini adalah menentukan ukuran kabel berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan pada Kereta Hibrida PNM.

3.2 Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

3.3 Teknik Pengumpulan dan Analisa Data

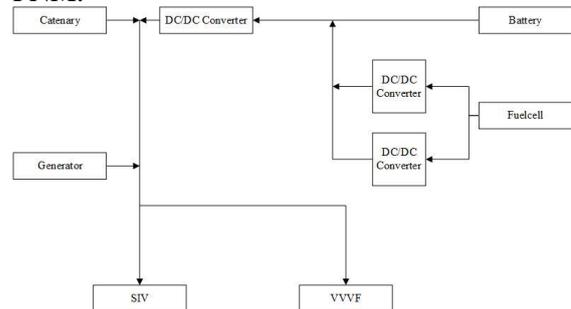
Pengumpulan data dari *Single Line Diagram* yang telah disimulasikan menggunakan *software* ETAP. Simulasi yang digunakan adalah simulasi aliran daya dan *short circuit*. Data yang dianalisa berupa besaran arus di masing-masing kabel pada keempat mode dengan beban maksimum. Kemudian, data arus tersebut dibuatkan tabel yang berisi nama kabel, besar arus pada simulasi aliran daya pada setiap mode. Pemilihan spesifikasi kabel dapat dilakukan dengan dengan cara melihat nilai arus tertinggi pada masing-

masing kabel di setiap mode, kemudian memilih ukuran kabel sesuai kapasitas Kuat Hantar Arus (KHA) pada *datasheet* yang digunakan. Dalam kasus ini, *datasheet* yang digunakan adalah jenis kabel 1 *core* produksi PT Sumi Indo Kabel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kereta Hybrid PNM mempunyai empat mode *power supply*. Mode yang pertama adalah mode *Catenary*, mode kedua *Catenary* dan Baterai, mode ketiga adalah Generator dan Baterai, dan mode keempat adalah Generator, Baterai dan *Fuel Cell*. Sistem ini disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan desain kecepatan 35 km/h. Total beban yang dibutuhkan sesuai desain kecepatan tersebut adalah 137.790 W dengan rincian beban motor traksi sebesar 84.720 W, dan beban *auxiliary* sebesar 53.070 W. Desain pada aplikasi ETAP untuk beban motor traksi sebesar 85.500 W, dan beban *auxiliary* sebesar 53.300 W atau lebih besar dari kebutuhan yang bertujuan untuk mengakomodasi adanya rugi-rugi daya dalam sebuah sistem listrik.

Pada penelitian ini nilai arus tertinggi dari masing-masing kabel dan nilai short circuit pada setiap *dc bus* dari masing-masing mode *power supply* dicatat dan dimasukkan kedalam tabel untuk dicari ukuran kabel yang sesuai. Penentuan ukuran kabel disesuaikan dengan nilai arus tertinggi masing-masing kabel pada setiap kondisi pembebanan. Di bawah ini adalah blok diagram sistem dari Kereta Hibrida PNM.



Gambar 2. Blok Diagram

Berdasarkan gambar diatas, ketika mode *Catenary* dijalankan listrik dari *Catenary* langsung masuk ke SIV dan VVVF. Pada saat mode kedua (*Catenary & Battery*) aliran listrik dari *Catenary* bertemu dengan aliran dari *Battery* yang telah melewati *DC/DC Converter* kemudian masuk ke SIV dan VVVF. Pada saat mode ketiga (*Generator & Battery*) aliran listrik

dari Generator bertemu dengan aliran dari *Battery* yang telah melewati *DC/DC Converter* kemudian masuk ke SIV dan VVVF. Mode yang terakhir adalah mode keempat (*Generator+Battery& Fuelcell*) aliran listrik dari Generator bertemu dengan aliran dari *Battery* dan *Fuelcell* yang telah melewati *DC/DC Converter* kemudian masuk ke SIV dan VVVF.

4.1 Nilai arus normal pada seluruh kabel di setiap mode pembebanan.

Tabel 4. Arus di setiap Mode *Power Supply*

Kabel	Nama mode power supply			
	C	CB	GB	GBF
Cbl Output Catenary	233.3	122.7		
Cbl DC/DC Converter	233.3	122.7		
Cbl Main Switch to SIV	89.4	89.3	61.6	61.6
Cbl Input SIV	89.4	89.3	89.1	89.1
Cbl Output Rectifier			150.6	150.6
Cbl Input VVVF	149.9	143.8	143.8	143.8
Cbl Coupler VVVF	149.9	143.8	143.8	143.8
Cbl Main Switch to VVVF	149.9	143.8	143.8	143.8
Cbl Input Bidirectional		121.3	89.2	88.4
Cbl Coupler Baterai		121.3	89.2	88.4
Cbl PDU Batt		121.3	89.2	88.4
Cbl Output PDU Fuelcell				25.7
Cbl Output Baterai		121.3	89.2	62.8
Cbl Output DC/DC 1				12.8
Cbl Output DC/DC 2				12.8
Cbl Output Fuelcell 1				114
Cbl Output Fuelcell 2				114

Berdasarkan tabel, setiap kabel memiliki nilai arus yang bervariasi pada setiap mode

power supply. Kabel *Output Catenary* memiliki nilai arus tertinggi berdasarkan simulasi yaitu sebesar 233.3 A, yang terjadi saat mode *Catenary (C)*. Sedangkan kabel *Output DC/DC 1* dan *Output DC/DC 2* memiliki nilai arus terendah dengan nilai yaitu 12.8 A pada saat mode GBF.

4.2 Penentuan Luas Penampang Kabel sesuai dengan kebutuhan

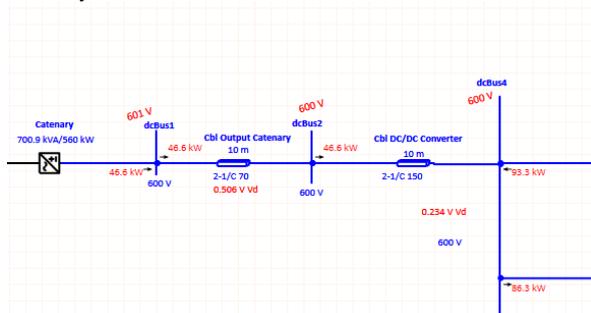
Tabel 5. Luas Penampang kabel

Kabel	Arus normal tertinggi (A)	Ukuran yang sesuai dengan datasheet	Ukuran yang sesuai dengan simulasi	Ukuran yang sesuai dengan existing
Cbl Output Catenary	233.3	70	150	150
Cbl DC/DC Converter	233.3	70	150	150
Cbl Main Switch to SIV	89.4	16	50	150
Cbl Input SIV	89.4	16	16	150
Cbl Output Rectifier	150.6	35	120	150
Cbl Input VVVF	143.9	35	35	150
Cbl Coupler VVVF	143.9	35	35	95
Cbl Main Switch to VVVF	143.9	35	35	150
Cbl Input Bidirectional	121.3	25	25	150
Cbl Coupler Baterai	121.3	25	25	95
Cbl PDU Batt	121.3	25	25	150
Cbl Output PDU Fuelcell	25.7	2.5	2.5	50
Cbl Output Baterai	121.3	25	25	95
Cbl Output DC/DC 1	12.8	2.5	2.5	10

Cbl Output DC/DC 2	12.8	2.5	2.5	10
Cbl Output Fuelcell 1	114	25	25	25
Cbl Output Fuelcell 2	114	25	25	25

Kabel *Output Catenary* memiliki nilai arus tertinggi yaitu 233.3 A yang terjadi saat mode *power supply* menggunakan *Catenary* (C). Berdasarkan *datasheet* kabel, ukuran kabel yang sesuai dengan nilai arus 233.3 A adalah kabel yang memiliki ukuran 70 mm². Setelah disimulasikan pada aplikasi ETAP, ukuran 70 mm² berdasarkan kapasitas memenuhi arus yang mengalir melewati kabel tersebut, tetapi secara sistem *sharing load* masih belum sesuai dengan desain pembebanan PT INKA, sehingga ukuran kabel yang optimal untuk kabel *Output Catenary* adalah 150 mm².

Sharing load adalah pembagian beban secara bersama-sama oleh satu *power supply* atau lebih. Berdasarkan tabel diatas, kabel *Output Catenary* memiliki arus tertinggi sebesar 233.3 A. Ukuran kabel yang sesuai dengan nilai arus tersebut adalah 70 mm². Di bawah ini adalah gambar *sharing load* menggunakan *power supply Catenary* dan *Battery*.



Gambar 3. Kabel Output Catenary sesuai Kapasitas

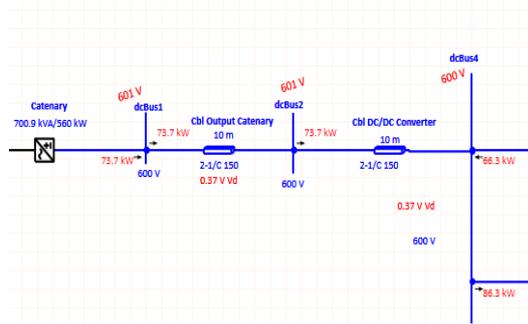
Sharing load Kereta Hibrida PNM untuk mode *Catenary+ Battery*, daya yang disupply oleh *Catenary* maksimal 280 kw, dan *Battery* sebesar 70 kw. Berdasarkan gambar 4.4 diatas, jika menggunakan kabel 70 mm², maka aliran daya dari *Catenary/ LAA* hanya sekitar 46.6 kw, sedangkan aliran daya dari *Battery* 93.3 kw atau melebihi dari batas maksimal daya dari *Battery*. Oleh karena itu, ukuran kabel 70

mm² tidak dapat memenuhi ketentuan *sharing load* Kereta Hibrida PNM mode *Catenary+ Battery*, sehingga ukuran kabel *Output Catenary* dinaikkan agar memenuhi ketentuan *sharing load*. Dibawah ini tabel pengaruh kenaikan ukuran kabel terhadap *sharing load* Kereta Hibrida PNM kabel *Output Catenary*.

Tabel 6. Sharing Load Kabel Ouput Catenary

Ukuran kabel (mm ²)	Daya (kw)	
	Catenary	Battery
70	46.6	93.3
95	57.6	82.3
120	66	74
150	73.7	66.3
185	81.9	58
240	91.7	48.3
300	99.3	40.7
400	106.9	33.1

Berdasarkan tabel diatas, jika menggunakan kabel ukuran 70 mm², maka daya yang disuplai oleh *Catenary* sebesar 46.6 kw dan dari *Battery* sebesar 93.3 kw. Jika menggunakan ukuran 70 mm² tidak sesuai dengan desain *sharing load* Kereta Hibrida PNM yang menggunakan pembagian pembebanan sebesar 50:50 dan melebihi daya maksimal yang dapat disuplai oleh *Battery* dengan kapasitas maksimal sebesar 70 kw. Sehingga ukuran kabel harus dinaikkan yang sebelumnya 70 mm² menjadi 150 mm² agar memenuhi *sharing load* dan sesuai dengan kapasitas daya dari *Battery*. Jika kabel dinaikkan lebih dari 150 mm², maka tidak sesuai dengan ketentuan *sharing load Catenary+ Battery* yaitu 50:50. Pada ukuran kabel 400 mm², daya yang disuplai oleh *Catenary* adalah 106.9 kw, sedangkan daya dari *Battery* adalah 33.1 kw, sehingga secara perbandingan adalah 76:24, sehingga tidak sesuai dengan *sharing load* Kereta Hibrida PNM. Setelah kabel diganti menjadi ukuran 150 mm², hasil simulasi mode *Catenary+ Battery* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Kabel Output Catenary sesuai Sharing Load

Berdasarkan gambar 4.5 diatas, jika kabel *Output Catenary* menggunakan ukuran 150 mm² maka daya dari *Catenary* menjadi 73.7 kw dan daya dari *Battery* adalah 66.3 kw. Angka tersebut sesuai dengan ketentuan *sharing load* Kereta Hibrida PNM. Dengan demikian ukuran yang sesuai untuk kabel *Output Catenary* adalah 150 mm².

Penentuan pemilihan ukuran kabel Kereta Hibrida PNM menggunakan nilai arus tertinggi saat beban maksimal. Berdasarkan tabel diatas, sebagian besar kabel memiliki ukuran yang berbeda antara hasil simulasi dengan ukuran kabel di lapangan atau *existing*. Berdasarkan tabel 4.4, dari keseluruhan 17 kabel yang ada pada sistem *power supply* Kereta Hibrida PNM terdapat empat kabel yang memiliki ukuran sama besar antara ukuran hasil simulasi dengan ukuran kabel *existing*. Keempat kabel tersebut adalah kabel *Output Catenary* dengan ukuran 150 mm², kabel *DC/DC Converter* dengan ukuran 150 mm², kabel *Output Fuelcell 1* dengan ukuran 25 mm² dan kabel *Output Fuelcell 2* dengan ukuran 25 mm². Jarak terjauh antara ukuran simulasi dengan ukuran *existing* terdapat pada kabel *Output PDU Fuelcell* dengan ukuran simulasi sebesar 2.5 mm² dan ukuran *existing* sebesar 50 mm².

Ukuran kabel pada kereta sebenarnya jauh lebih besar dengan hasil simulasi yang bertujuan untuk mencegah *overcurrent*, mengurangi *drop voltage* dan rugi-rugi daya pada saat kereta diuji coba menggunakan *track* Jogja-Solo 1500 VDC dan 600 VDC dengan kecepatan 90 km/jam.

5. KESIMPULAN

1. Besar arus tertinggi terjadi pada kabel *Output Catenary* saat menggunakan mode *power supply Catenary* dengan

besar arus 233.3 A, dan besar arus terendah terjadi pada kabel *Output DC/DC 1* dan *Output DC/DC 2* memiliki nilai arus sebesar 12.8 A. Sedangkan untuk *short circuit* tertinggi terjadi pada mode *power supply* Generator, *Battery & Fuelcell* dengan besar arus 3571 A dan besar arus terendah terjadi saat mode *power supply Catenary* dengan nilai *short circuit* sebesar 1398 A.

2. Dari keseluruhan 17 kabel yang ada pada sistem *power supply* Kereta Hibrida PNM terdapat empat kabel yang memiliki ukuran sama besar antara ukuran hasil simulasi dengan ukuran kabel *existing*. Keempat kabel tersebut adalah kabel *Output Catenary* dengan ukuran 150 mm², kabel *DC/DC Converter* dengan ukuran 150 mm², kabel *Output Fuelcell 1* dengan ukuran 25 mm² dan kabel *Output Fuelcell 2* dengan ukuran 25 mm². Jarak terjauh antara ukuran simulasi dengan ukuran *existing* terdapat pada kabel *Output PDU Fuelcell* dengan ukuran simulasi sebesar 2.5 mm² dan ukuran *existing* sebesar 50 mm².

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing saya bapak R. Gaguk Pratama Yudha, S. ST., M.T. dan bapak Darma Arif Wicaksono, M.T. serta semua pihak yang telah membantu kami dalam mengerjakan jurnal penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Setyono, F. P. Nugroho, dan D. A. Patriawan, "Perancangan dan Analisis Sistem Pneumatik pada Kendaraan Hybrid Penggerak Motor Listrik dan Udara Bertekanan BED-18 Bayu Petir," 2021.
- [2] D. Almanda Dan A. I. Ramadhan, "Di Tinjau Dari Tahanan Panas Isolasi Kabelnya," 2014.
- [3] N. R. Alham, R. M. Utomo, H. Hilmansyah, M. Muslimin, A. W. Aditya, Dan A. Mubarak, "Studi Tentang Perbaikan Jatuh Tegangan Di Tiang Ujung Jaringan Tegangan Rendah Pada Pt.Pln

- Up3 Area Samarinda,” *J. Tek. Elektro Uniba Jte Uniba*, Vol. 6, No. 2, Hlm. 212–216, Jun 2022, Doi: 10.36277/Jteuniba.V6i2.140.
- [4] H. Wang Dan Z. Wu, “Study On Induced Voltage And Circulation Current Of Metal Layer In Single-Core Cable Of High-Speed Railway Power Transmission Line,” *Energies*, Vol. 15, No. 14, Hlm. 5010, Jul 2022, Doi: 10.3390/En15145010.
- [5] A. Hasibuan, M. Isa, M. I. Yusoff, Dan S. R. A. Rahim, “Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap,” *Rele Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, Vol. 3, No. 1, Hlm. 37–45, Des 2020, Doi: 10.30596/Rele.V3i1.5236.