

Analisis Perhitungan Energi Pengereman Regeneratif Kereta MRT Berdasarkan Mode Operasi Otomatis Kereta MRT Jakarta

Dian Samodrawati*, Basilius Kevin Triantoro

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Universitas Jayabaya

*) Corresponding author: dian.samodrawati@gmail.com

Abstract

PT MRT Jakarta is a provider of Electric Rail Train (KRL) transportation that operates semi-automatically or can be said to be included in the GoA level of automation (Grade of Automation) level 2 according to the International Association of Public Transport (UITP) in the National Capital City. The PT MRT Jakarta train, also known as Ratangga, has 2 system modes when operating semi-automatically, namely Normal mode and Rainy mode. Where Rainy mode is used when the train is operating when it is raining or the tracks are wet. Because there are 2 modes of automatic operation, there is also a difference in the regenerative braking energy generated by the motor of the train. With the analysis of the regenerative braking energy of the MRT train based on the automatic operation mode of the Jakarta MRT, it can be seen that the amount of regenerative braking energy generated is around 2340.3 kWh at elevated stations under normal conditions and 1935.8 kWh in rainy conditions.

Abstrak

PT MRT Jakarta adalah penyedia transportasi Kereta Rel Listrik (KRL) yang beroperasi secara semi otomatis atau bisa dikatakan masuk dalam tingkatan otomasi GoA (*Grade of Automation*) level 2 menurut *International Association of Public Transport* (UITP) di Ibu Kota Negara ini. Kereta PT MRT Jakarta atau yang disebut Ratangga, memiliki 2 mode sistem saat beroperasi secara semi otomatis yakni *Normal mode* dan *Rainy mode*. Dimana *Rainy mode* digunakan saat kereta beroperasi saat hujan turun atau rel dalam kondisi basah. Karena ada 2 mode operasi otomatis ini maka terdapat juga perbedaan pada energi pengereman regeneratif yang dibangkitkan oleh motor penggerak kereta. Dengan adanya analisa mengenai energi pengereman regeneratif kereta MRT berdasarkan mode operasi otomatis Kereta MRT Jakarta, dapat diketahui besar energi pengereman regeneratif yang dibangkitkan adalah sekitar 2340,3 kWh pada stasiun-stasiun layang pada kondisi normal dan 1935,8 kWh pada kondisi hujan.

Kata Kunci: *MRT, Rainy Mode, Normal Mode, Regenerative Braking.*

PENDAHULUAN

Transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Di negara maju, mereka biasanya menggunakan kereta bawah tanah dan taksi. Penduduk di sana jarang yang mempunyai kendaraan pribadi karena mereka sebagian besar menggunakan angkutan umum sebagai transportasi mereka. Transportasi sendiri dibagi 3 yaitu, transportasi darat, laut, dan udara [1].

PT MRT Jakarta adalah penyedia transportasi Kereta Rel Listrik (KRL) yang beroperasi secara semi otomatis atau bisa dikatakan masuk dalam tingkatan otomatisasi *Grade of Automation (GoA) level 2* menurut *international Association of Public Transport (UITP)* di Ibu Kota Negara kita ini. Kereta PT MRT Jakarta atau yang di sebut Ratangga oleh Bapak Anies Baswedan selaku Gubernur DKI Jakarta, sudah mulai secara resmi beroperasi pada tanggal 24 maret 2019. Dengan total 13 stasiun pada fase 1 terdiri dari 7 stasiun layang dan 6 stasiun bawah tanah, memiliki rute 16 km yang terbentang dari Lebak Bulus Jakarta Selatan sampai Bundaran Hotel Indonesia Jakarta Pusat. Dalam penyelenggaraan operasinya kereta PT MRT Jakarta memiliki 2 mode operasi saat berjalan secara semi otomatis, yakni *Normal Mode* dan *Rainy Mode* dimana mode operasi ini dipergunakan sesuai dengan kondisi rel atau cuaca pada kereta ratangga beroperasi. *Rainy Mode* dipergunakan ketika kereta beroperasi saat cuaca hujan atau rel dalam kondisi basah [2]. Karena ada 2 mode ini maka terdapat juga perbedaan pada energi pengereman regeneratif yang di bangkitkan oleh motor penggerak kereta. Maka dari itu dengan adanya penelitian mengenai “Analisa Perhitungan Energi Pengereman Regeneratif Kereta MRT Berdasarkan Mode Operasi Otomatis Kereta MRT Jakarta”, dapat diketahui berapa besar energi pengereman regeneratif yang dibangkitkan sehingga nanti untuk selanjutnya dari energi tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan lainnya [3].

METODE PENELITIAN

Untuk menganalisa energi pengereman regenerative pada sarana MRT Jakarta dilakukan dengan penumpulan data-data yang bersifat kuantitatif dan kualitatif. Data tersebut terdiri dari data sekunder yaitu data dari *Basic Engineering Design* MRT Jakarta dan *Technical Design for Propulsion System* yang digunakan sebagai literatur yang menjadi pedoman dan petunjuk dari tingkat kondisi yang sesuai dengan kebutuhan serta standar yang telah digunakan dan data primer yang diperoleh langsung dari perhitungan besarnya energi regeneratif yang terbangkitkan.

a. Sumber Data

Menggunakan metode kepustakaan atau penelitian literatur dimana upaya pengumpulan data dan informasi berdasarkan buku-buku referensi maupun peraturan yang berlaku.

1) Data Sekunder

Diperoleh dari instansi yang terkait dengan data yang diperlukan, antara lain:

- a) Data *Basic Engineering Design I* MRT Jakarta 2011 mengenai spesifikasi sarana, operasi sarana, dan performa sarana.
- b) Data *Technical Design Report for Propulsion System* MRT Jakarta 2016 mengenai performa sarana, akselerasi sarana, dan deselerasi sarana.

2) Data Primer

Adalah kunci utama dalam melakukan penelitian. Data primer didapat melalui pengamatan langsung di lapangan serta perhitungan berapa besarnya energi yang

dihasilkan dari pengereman regeneratif sarana MRT Jakarta.

b. Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk membantu penelitian ini antara lain kertas, alat tulis, foto digital, dan *cliffboard*.

c. Tahap Penelitian

1) Tahap I

Yaitu tahap persiapan pengumpulan data dengan menyiapkan alat-alat yang diperlukan untuk pengumpulan data.

2) Tahap II

Yaitu tahap pengumpulan data dan dengan melakukan pemahaman data dari dokumen yang diperlukan guna memperoleh data yang seakurat mungkin.

3) Tahap III

Yaitu tahap analisis terhadap data yang diperoleh.

4) Tahap IV

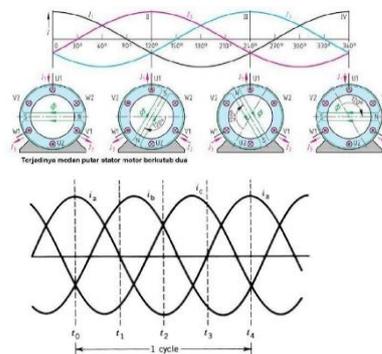
Yaitu tahap identifikasi masalah.

5) Tahap V

Yaitu identifikasi masalah

Motor Induksi

Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Listrik yang diubah adalah listrik 3 fasa. Motor induksi sering juga disebut motor tidak serempak atau motor asinkron. Prinsip kerja motor induksi dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Induksi [3]

- 1) **Saat sudut 0°.** Arus I₁ bernilai positif dan arus I₂ dan arus I₃ bernilai negatif dalam hal ini belitan V₂ dan W₂ bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V₁, U₂ dan W₁ bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). terbentuk fluks magnet pada garis horizontal sudut 0°. kutub S (*south* = selatan) dan kutub N (*north* = utara),
- 2) **Saat sudut 120°.** Arus I₂ bernilai positif sedangkan arus I₁ dan arus I₃ bernilai negatif, dalam hal ini belitan W₂, V₁ dan U₂ bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat W₁, V₂ dan U₁ bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.
- 3) **Saat sudut 240°.** Arus I₃ bernilai positif dan I₁ dan I₂ bernilai negatif, belitan U₂, W₁ dan V₂ bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat U₁, W₂ dan V₁ bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.
- 4) **Saat sudut 360°.** posisi ini sama dengan saat sudut 0°. dimana kutub S dan N kembali

keposisi awal sekali.

Dari keempat kondisi saat sudut 0° , 120° , 240° , 360° dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, tidak dapat diamati dengan alat ukur tetapi dapat dihitung secara teoritis besarnya $n_s = \frac{f \times 120}{p}$ putaran per menit[4].

Pengereman Regeneratif

Pada kendaraan listrik, operasi pengereman regeneratif yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan generator. Penggunaan pengereman regeneratif dapat mengurangi emisi dan menambah efisiensi energi [5]. Input daya pada sebuah motor induksi dirumuskan dengan:

$$P_{in} = 3 (VxI_s \cos\phi_s) \quad (1)$$

Dengan, P : daya (watt)
V : tegangan (volt)
I : arus (ampere)

Dimana ϕ_s adalah sudut fasa antara tegangan fasa stator (V) dan arus fasa stator (I_s), untuk operasi motor $\phi_s < 90^\circ$. Jika kecepatan rotor lebih tinggi dari pada kecepatan sinkron, kecepatan relative antara konduktor rotor dan medan putar celah udara akan dikembalikan. Pembalikan induksi ggl rotor ini, arus rotor dan komponen stator menyeimbangkan putaran ampere. Maka, sudut ϕ_s menjadi lebih besar dari 90° dan daya terbalik menghasilkan pengereman regeneratif [6].

Pada saat operasi pengereman, motor traksi akan berubah fungsi menjadi generator [7]. Di sisi lain, *inverter* akan memutus catu daya motor traksi yang diperoleh dari alternator (pada gambar generator elektrik) dan menghubungkannya dengan *brake grid resistor* [8]. Dalam fungsinya sebagai generator, motor traksi akan merubah energi mekanik/kinetik yang terjadi selama proses pengereman menjadi energi elektrik. Kemudian, energi elektrik tersebut akan disalurkan menuju *brake grid resistor* yang selanjutnya akan dikonversikan lagi menjadi energi panas untuk selanjutnya dibuang ke udara/atmosfir [9].

Spesifikasi Sarana MRT Jakarta

Tabel di bawah ini merupakan spesifikasi sarana MRT Jakarta secara umum. Saat ini MRT Jakarta mempunyai 16 rangkaian. Susunan kereta terdiri dari *Trailer Car* (TC), *Motor* (M). Kemudian kereta MRT menggunakan traksi motor 3 fasa sebagai penggeraknya dan secara detailnya terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sarana MRT Jakarta

Jumlah Kereta	96 Kereta (6 kereta/rangkaian)	Pintu	4 pintu (satu sisi)
Susunan Kereta	Tc-M-M-M-M-Tc	Dimensi Kereta	a. L (M): 20,000 mm; L (TC): 20,500 mm b. W: 2,950 mm; H: 3,655 mm
Kapasitas Penumpang (maks) (AW3)	1,950 ton	Material Kereta	Stainless steel
Motor Traksi	a. Motor Induksi 3 fasa b. Daya terus menerus: 126 kW; Daya awal: 140 kW	Fitur Tambahan	a. Rem Pneumatik & Rem Regenerative b. Bogie Bolsterless c. Sistem Pintu Listrik d. Pintu darurat di tiap TC
Sistem Traksi	a. Listrik Aliran Atas 1.500 VDC b. IGBT VVVF Inverter	Panjang Kereta (Trailer Car)	a. 20.5 m b. 20 m
Kecepatan Maksimal	a. Layang : 100 km/h b. Terowongan : 80 km/h	Panjang Kereta (Motor)	
Beban Gandar Maksimal	14 ton	Lebar Kereta	2.95 m
Akselerasi	0.92 m/s ² (0-32 km/h)	Berat (Trailer Car)	a. 27.7 ton b. 35.7 ton
Deselerasi	a. Rem Pelayanan : 0.82 m/s ² b. Rem Darurat : 1 m/s ²	Berat (Motor)	

Mode Operasi Kereta MRT Jakarta

Terdapat tiga (3) *operation mode*: mode *Automatic Train Operation* (ATO), mode *Automatic Train Protection* (ATP), dan mode sinyal *Wayside*. Mode ATO memungkinkan pengoperasian otomatis dengan kontrol *Vehicle on Board Controller* (VOBC) pada mode ATO sendiri terdapat 2 mode lagi dalam beroperasinya kereta yakni mode Normal dan mode *Rainy*. Mode ATP memungkinkan pengoperasian manual oleh masinis di jalur utama. Mode sinyal *Wayside* memungkinkan masinis untuk melakukan pengoperasian manual dalam depot dengan mengikuti sinyal *Wayside* [10].

Usaha Kereta Saat Pengereman Regeneratif

Analisa yang digunakan untuk menemukan data-data adalah dengan perhitungan meliputi berat total kereta, kecepatan awal dan akhir kereta saat melakukan pengereman regeneratif serta waktu yang dibutuhkan saat kereta melakukan pengereman regeneratif.

Besarnya usaha yang dikeluarkan kereta pada saat pengereman regeneratif dapat dihitung menggunakan rumus [11]:

$$W_{\text{out}}^{\text{Regeneratif}} = \mu^{\text{Regeneratif}} \times W_{\text{in}}^{\text{Regeneratif}} \times t \quad (10)$$

$$W_{\text{in}} = \Delta Ek \quad (7)$$

$$\Delta Ek = \frac{1}{2} \times m (V2^2 - V1^2) \quad (8)$$

$$P^{\text{Regeneratif}} = \frac{\mu^{\text{Regeneratif}} \times m \times V^2}{2 \times \Delta t} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban Kereta

Tabel 2. Beban Kereta + Penumpang

Kereta	Tc1	M1	M2	M1'	M2'	Tc2	Total
AW0 (ton)	31,20	35,80	35,50	35,80	35,50	31,20	205,0
AW1 (ton)	34,8	38,12	37,9	38,12	47,9	34,8	221,64
AW2 (ton)	38,82	44,09	43,78	44,08	42,78	38,82	253,36
AW3 (ton)	49,92	55,72	55,72	55,72	55,42	49,92	322,12

Catatan:

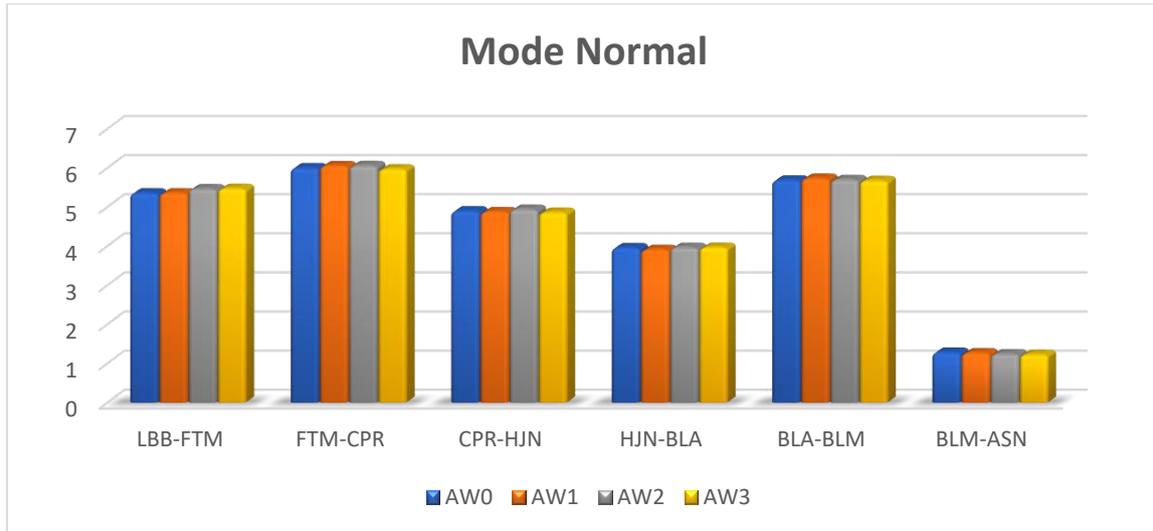
- AW0: tanpa penumpang tetapi dengan peralatan kereta yang lengkap.
- AW1: AW0 + kursi penumpang penuh
- AW2: AW0 + kursi penumpang + penumpang berdiri dengan rata-rata 3 orang/m².
Berat penumpang: 60 kg/orang
- AW3: AW0 + kursi penumpang + penumpang berdiri dengan rata-rata 8 orang/m².
Berat penumpang: 60 kg/orang

Hasil Perhitungan Mode Normal Untuk 1 Kereta

Pada Tabel 3, nilai energi diubah kedalam bentuk positif untuk mempermudah pembacaan dalam bentuk grafik dan tabel. Serta data dalam tabel merupakan data-data yang di ambil dari *data log* kereta dan hasil perhitungan nilai pengereman regeneratif kereta MRT Jakarta.

Tabel 3. Regeneratif Mode Normal

Lokasi	LBB-FTM		FTM-CPR		CPR-HJN		HJN-BLA		BLA-BLM		BLM-ASN	
Kecepatan	21.8	0.92	18.75	0.61	21.25	0.69	15.56	0.67	16.58	0.56	14.03	0.75
Jarak	515		601		481		392		538		169	
Feedback	38		36		36.5		36.5		38.75		27	
Waktu (s)	40		49		42		40		44		26	
Waktu (jam)	0.011		0.0136		0.0117		0.011		0.012		0.0072	
W out	19570		21636		17557		14308		20848		4563	
	W Reg		W Reg		W Reg		W Reg		W Reg		W Reg	
AW0 (205 ton)	5.3583		6.0010		4.8996		3.9583		5.6866		1.2851	
AW1 (221,64 ton)	5.3588		6.0555		4.8791		3.9106		5.7328		1.2686	
AW2 (253,36 ton)	5.4635		6.0569		4.9400		3.9642		5.6985		1.2430	
AW3 (322,12 ton)	5.4728		5.9720		4.8624		3.9677		5.6752		1.2291	



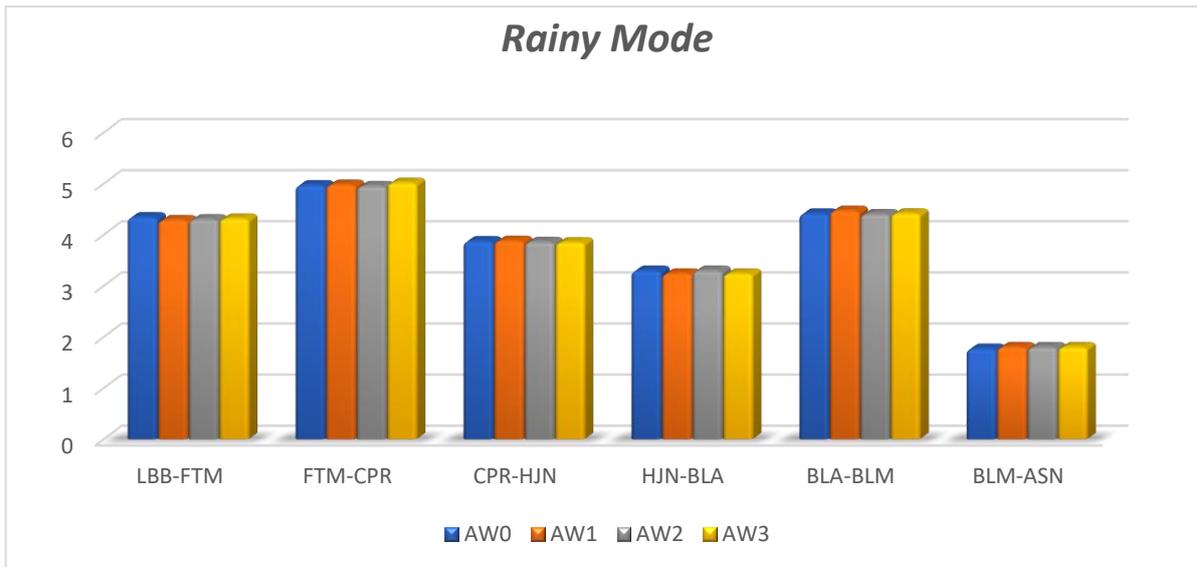
Gambar 2. Grafik Regeneratif Mode Normal

Hasil Perhitungan Mode *Rainy* Untuk 1 Kereta

Pada tabel 4, nilai energi diubah kedalam bentuk positif untuk mempermudah pembacaan dalam bentuk grafik dan tabel. Serta data dalam tabel merupakan data-data yang di ambil dari *data log* kereta dan hasil perhitungan nilai pengereman regeneratif kereta MRT Jakarta[12].

Tabel 4. Regeneratif Mode *Rainy*

Lokasi	LBB-FTM		FTM-CPR		CPR-HJN		HJN-BLA		BLA-BLM		BLM-ASN	
Kecepatan	18.18	0.89	14.6	0.89	18.24	0.92	16.2	0.86	15.74	0.92	13.52	1.03
Jarak	652		748		587		499		675		273	
Feedback	23.75		24		23.5		23.5		23.75		23.25	
Waktu (s)	56		66		52		51		58		36	
Waktu (jam)	0.0156		0.0183		0.0144		0.0142		0.016		0.01	
Wout	15485		17952		13795		11727		16031		6347	
	W Reg											
AW0 (205 ton)	4.3412	4.9676	3.8718	3.2955	4.4133	1.7695						
AW1 (221,64 ton)	4.2854	4.9779	3.8798	3.2391	4.4686	1.8006						
AW2 (253,36 ton)	4.3004	4.9500	3.8581	3.2953	4.4030	1.7991						
AW3 (322,12 ton)	4.3155	5.0164	3.8515	3.2398	4.4155	1.8010						



Gambar 3. Grafik Regeneratif Mode *Rainy*

Total Energi Regeneratif

- Mode Normal

Dari data yang didapat, rata-rata energi regeneratif yang dihasilkan oleh 1 kereta pada lokasi Stasiun Lebak Bulus menuju Stasiun Fatmawati dalam kondisi normal adalah 5,4 kWh. Dengan total banyaknya perjalanan sesuai dengan jam operasional pada tanggal 10 Febuari 2022 untuk 7 rangkaian kereta yang beroperasi adalah sebanyak 87 perjalanan. Dengan begitu total energi yang dapat dihasilkan dalam 1 hari adalah $87 \times 5,4 \text{ kWh} = 469,8 \text{ kWh}$.

Tabel 5. Total Energi Regeneratif Mode Normal

Lokasi	LBB-FTM	FTM-CPR	CPR-HJN	HJN-BLA	BLA-BLM	BLM-ASN
Energi Regeneratif rata-rata	5,4 kWh	6 kWh	4,8 kWh	3,9 kWh	5,6 kWh	1,2 kWh
Perjalanan	87	87	87	87	87	87
Energi dalam 1 hari	469,8 kWh	522 kWh	417,6 kWh	339,3 kWh	487,2 kWh	104,4 kWh

- Mode *Rainy*

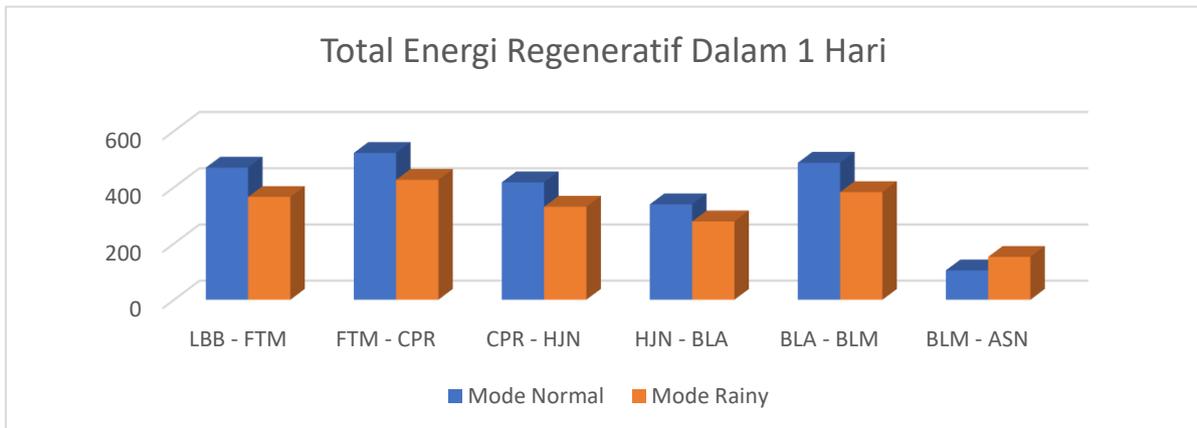
Dari data yang didapat, rata-rata energi regeneratif yang dihasilkan oleh 1 kereta pada lokasi Stasiun Lebak Bulus menuju Stasiun Fatmawati dalam kondisi hujan adalah 4,2 kWh. Dengan total banyaknya perjalanan sesuai dengan jam operasional pada tanggal 10 Febuari 2022 untuk 7 rangkaian kereta yang beroperasi adalah

sebanyak 87 perjalanan. Dengan begitu total energi yang dapat dihasilkan dalam 1 hari adalah $87 \times 4,2 \text{ kWh} = 365,4 \text{ kWh}$.

Tabel 6. Total Energi Regeneratif Mode Rainy

Lokasi	LBB-FTM	FTM-CPR	CPR-HJN	HJN-BLA	BLA-BLM	BLM-ASN
Energi Regeneratif rata-rata	4,2 kWh	4,9 kWh	3,8 kWh	3,2 kWh	4,4 kWh	1,75 kWh
Perjalanan	87	87	87	87	87	87
Energi dalam 1 hari	365,4 kWh	426,3 kWh	330,6 kWh	278,4 kWh	382,8 kWh	152,3 kWh

Dari total energi regeneratif yang didapat dalam 1 hari dengan pertimbangan jam operasi pada tanggal 10 Februari 2022 untuk 7 rangkaian yang beroperasi dapat dilihat bahwa perbandingan antara mode normal dengan mode *rainy* pada mode operasi kereta MRT [13] ada pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Total Energi Regeneratif

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan energi pengereman regeneratif Kereta MRT berdasarkan mode operasi otomatis Kereta MRT Jakarta, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berat kereta saat AW0 (205 ton), AW1 (221,64 ton), AW2 (253,36 ton), dan AW3 (322,12 ton) tidak begitu signifikan terhadap perubahan energi yang dihasilkan kereta saat melakukan pengereman regeneratif;
2. *Rainy* mode menyebabkan perubahan dalam hasil energi regeneratif yang dihasilkan pada kereta MRT Jakarta dan juga menyebabkan bertambahnya waktu dan jarak pengereman. Sebagai perbandingan waktu dan jarak pengereman saat mode normal yakni 40 detik dengan jarak 515 m, sedangkan pada saat mode *rainy* waktu yang

- dibutuhkan menjadi 56 detik dengan jarak 652 m;
3. Energi pengereman regeneratif pada Loksi Stasiun Fatmawati menuju Stasiun Cipete Raya merupakan yang terbesar dengan energi rata-rata yang dihasilkan 6 kWh pada saat mode normal dan energi pengereman regeneratif terkecil terdapat pada Stasiun Blok M menuju Stasiun ASEAN dengan energi rata-rata yang dihasilkan 1,2 kWh di mode normal;
 4. Besar total energi pengereman regeneratif yang dihasilkan dalam 1 hari adalah sekitar 2340,3 kWh dalam kondisi normal dan 1935,8 kWh dalam kondisi hujan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditunjukkan kepada kontributor yang membantu dalam proses penelitian dan penyusunan makalah khususnya PT. MRT Jakarta selaku penyedia data penelitian serta lembaga yang membiayai penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] JMEC, DGR-MoT-RI. "Engineering Consulting Services for Jakarta Mass Rapid Transit System Project,". Jakarta: Ditjen Perkeretaapian. 2010.
- [2] P. C. SEN. *Principles of Electric Machines and Power Electronics*, vol. 53, no. 9. 2013
- [3] K. Muralidhar et al., *Fundamentals of Electrical Drives*
- [4] H. H. Sasmita, A. Nugroho, and T. Sukmadi. *Optimasi Penggunaan Sistem Pengereman Regeneratif Dan Pneumatic Pada Kereta Rel Listrik Jabodetabek Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (Pso)*. 2018
- [5] M. Thong and A. Cheong. "Energy Efficiency in Singapore's Rapid Transit System," *Journeys*, no. May, pp. 38–47. 2012
- [6] E. Emplacement, R. Dc, T. Power, and U. Rail, "Railway Research," vol. 1, pp. 11– 22. 2014
- [7] K. (Dayton T. B. Cummings. "Feasibility Study of On-Car Regenerative Braking System (RBS) for Electric Rail Applications," , pp. 1–52. January 2013
- [8] Tsuyoshi Nakamura. "MRTJ CP108 Project Maintenance Manual Chapter 5 PROPULSION SYSTEM. Jakarta: Author. 2018.
- [9] Tsuyoshi Nakamura. *MRTJ CP108 Project Operation Manual Operation Manual*, vol. 2018. Jakarta: Author. 2018.
- [10] PT MRT Jakarta. *Engineering design and tender assistances consulting services for phase II section of jakarta MRT system north-south 57 line project*. Jakarta: Author. 2019.
- [11] Zulkifli Khoirun Zimam. *Pemanfaatan Energi Pengereman Regeneratif Motor Induksi 3-Fasa 126 kW 74Hz MRT Jakarta*. Jakarta: Author. 2020.
- [12] Jakarta MRT Construction Management Consultants. *Resubmission of technical design report for technical specification of auxiliary power supply construction of jakarta MRT project contract package of rolling stock section*. (No. 108). Jakarta: Sumitomo Corporation. 2019.
- [13] Pradipta Bintang Perdana. *Analisa Penggunaan Regeneratif Brake Pada Mobil Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik*. Surabaya: Author. 2018