

## Studi Analisis Daya Hasil Proses Regeneratif Pada Motor Elevator

Mohammad Dicky Rivandi<sup>1)</sup>, Abdul Multi<sup>2)</sup>

Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12630

<sup>1)</sup> dickyrivandi@gmail.com, <sup>2)</sup> amulti@istn.ac.id

### Abstrak

Pada saat ini kemajuan teknologi sangat berkembang pesat diberbagai bidang, tak terkecuali di bidang transportasi gedung yaitu Eskalator dan Elevator. Perusahaan yang bergerak di bidang elevator berlomba-lomba mencari inovasi-inovasi baru yang bertujuan untuk kemajuan teknologi yang menghasilkan produk elevator yang efisien, ramah lingkungan, handal dan untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Sehingga ditemukan inovasi baru yang sangat bermanfaat bagi perkembangan di bidang elevator yaitu penemuan pengereman Regeneratif.

Pengereman regeneratif adalah sebuah sistem pengereman dengan menkonversikan energi mekanis mejadi energi listrik, sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali. Dari proses pengereman regeneratif daya listrik yang dihasilkan akan disalurkan kembali ke jala-jala listrik gedung. Proses regeneratif terjadi pada sistem kinerja elevator pada saat kondisi tanpa beban, posisi berjalan naik ke atas dan pada saat kondisi beban penuh, posisi berjalan ke bawah.

Daya listrik yang dihasilkan dari proses regeneratif ini dapat dimanfaatkan kembali untuk suplai beban listrik. Lokasi pengujian beban terletak di proyek RSUD Bekasi yang memiliki empat unit elevator. Pengujian Pengereman regeratif pada 2 motor dengan kapasitas yang berbeda telah diperoleh hasilnya. Masing-masing pada total kedua daya motor 26,6 kW menghasilkan daya sebesar 18,2 kW dan pada total kedua daya motor berdaya 20,2 kW menghasilkan daya sebesar 16,8 kW.

**Kata Kunci : Motor Elevator, Pengereman Regeneratif, Daya**

### Abstract

At this time advances in technology have developed rapidly in various fields, not least in the field of transport, namely building escalator and elevator. Companies engaged in the field of elevators compete in the look for new innovations aimed at technological advances that bring out the product of elevators are efficient, environmentally friendly, reliable and to obtain greater profits. So that new innovations are discovered very helpful for developments in the field of elevators that is the invention of regenerative braking.

Regenerative braking is a brake system to convert the mechanical energy to electrical energy form, so the energy produced can be reused. The regenerative braking power of the electricity generated will be supplying power back to the supply lines of building. Regenerative process occurs in the elevator system performance during whether the no load condition where the elevator is rising upwards or the full load condition where it goes down.

The results of regenerative braking process can be reused for supplying an electric load. The load testing site is located in Bekasi regional hospital project which has four units of elevators. The result of regerative braking testing on 2 motors of different capacities has been obtained. The two motor total power of 26.2 kW produces power of 18.2 kW, while the two motor total power of 20.2 kW powered motor produces 16.8 kW of power.

**Keywords: Innovation, Elevator, Regenerative Braking**

**1. PENDAHULUAN**

Tenaga listrik saat ini menjadi kebutuhan primer bagi seluruh warga di dunia, tak terkecuali di Indonesia yang digunakan untuk kegiatan pembangunan infrastruktur dan sebagainya. Dalam membangun suatu infrastruktur sebagai contoh gedung – gedung perkantoran, rumah sakit dan fasilitas publik lainnya, sangat diperhitungkan tentang pemakaian sumber energy yang akan dipakai. Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi telah menciptakan inovasi–inovasi yang dapat membuat pemakaian sumber energy semakin efisien, tak terkecuali dibidang elevator.

Perusahaan yang bergerak di bidang elevator berlomba–lomba menciptakan Elevator yang efisien dan ramah lingkungan. Sistem pengerja elevator sama halnya dengan prinsip kerja sebuah timbangan di mana apabila satu sisi lebih berat maka sisi lainnya akan condong terangkat ke sisi yang lebih berat. Dengan cara memanfaatkan prinsip kerja tersebut perusahaan elevator dapat membuat elevator yang efisien dalam hal pemakaian energy listrik.

Penggunaan elevator pada gedung–gedung bertingkat memiliki keuntungan yang di timbulkan dari perubahan daya motor menjadi generator, sehingga daya listrik yang digunakan lebih efisien dan ramah lingkungan, di karenakan elevator hanya memanfaatkan gaya mekanis dari beban pemberat elevator yang di timbulkan oleh kaya gravitasi untuk naik ke lantai di atasnya.

**1.1 Motor Sinkron**

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki *torque* awal yang rendah [2]. Oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, pengubah frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik dengan daya reaktif induktif.

**1.2. Prinsip Kerja Motor Sinkron**

Pada motor sinkron, suplai listrik bolak-balik (AC) membangkitkan fluksi medan putar stator ( $B_s$ ) dan suplai listrik searah (DC) membangkitkan medan magnet rotor ( $B_r$ ). Rotor berputar karena terjadi interaksi tarik-menarik dan tolak menolak antara medan putar stator dan medan rotor [1]. Namun dikarenakan tidak adanya torka-start (torsi awal) pada rotor, maka motor sinkron membutuhkan prime-mover yang memutar rotor hingga kecepatan sinkron agar

terjadi coupling antara medan putar stator ( $B_s$ ) dan medan rotor ( $B_r$ ).

Dengan persamaan tegangan sebagai berikut

$$V \phi = E_A + jX_S I_A + R_A I_A \tag{1}$$

$$E_A = V \phi - jX_S I_A - R_A I_A \tag{2}$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \tag{3}$$

Dengan

- $V \phi$  = Tegangan Input
- $E_A$  = Tegangan Eksitasi
- $R_A$  = Tahanan Stator
- $X_S$  = Reaktansi stator

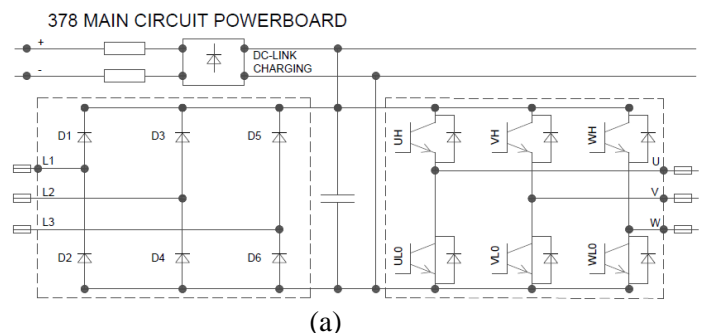
**1.3. PENEREMAN REGENERATIF**

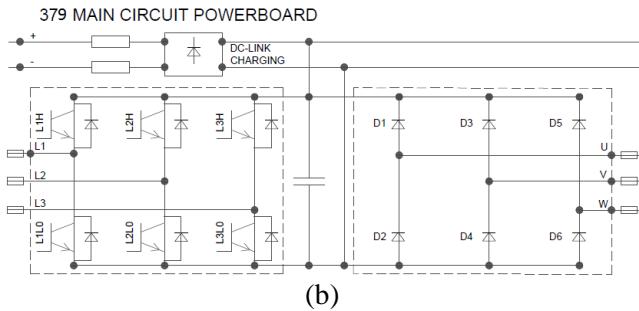
Secara etimologi regenerative berasal dari kata *regenerate* yang berarti dibangkitkan kembali. Sehingga secara garis besar pengereman regeneratif adalah sebuah sistem pengereman dengan menkonversikan energi mekanis sistem mejadi energi listrik sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali [6].

Pada kondisi motor bekerja, motor diberikan tegangan tiga fasa yang berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (Duty cycle) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap [6]. Sinyal PWM ini dihasilkan oleh rangkaian DC- link yang terhubung dengan enam buah saklar transistor daya IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) [9].

Proses Pengereman Regeneratif

1. Pada rangkaian penyearah tegangan tiga fase, menunjukkan hanya satu dioda di bagian atas dari jembatan penyearah yang dapat bekerja pada satu waktu (D1, D3 atau D5). Dioda yang konduksi akan memiliki anoda yang terhubung ke tegangan fase pada saat itu.





Gambar 3.7 Rangkaian DC Link Dual Inverter  
(a) Rangkaian inverter saat mengkonsumsi daya listrik.  
(b) Rangkaian inverter saat pengereman regeratif

2. Hanya satu dioda di bagian bawah dari jembatan yang dapat bekerja pada satu waktu (D2, D4 atau D6). Dioda yang bekerja akan memiliki katoda yang terhubung ke tegangan fase yang terendah pada saat itu.
3. Sebagai konsekuensi dari pengamatan 1 dan 2 di atas, D1 dan D2 tidak dapat dilewati arus secara bersamaan. Demikian juga pada dioda D3 dan D4 atau dioda D5 dan D6.
4. Keluaran tegangan adalah salah satu line to line tegangan dari sumber. Misalnya, ketika D1 dan D6 on, tegangan keluaran  $V_{L1L3}$ . Selanjutnya, urutan dioda yang aktif secara bergantian akan ditentukan oleh tegangan yang tertinggi saat itu. Misalnya, ketika  $V_{L1L3}$  memiliki garis tegangan gelombang tertinggi maka output tegangan  $V_{L1L3}$ .
5. Tegangan yang telah disearahkan difilter kembali dengan kapasitor bertujuan untuk mendapatkan tegangan yang konstan.
6. Tegangan DC dari hasil penyearah disalurkan ke rangkaian inverter tiga fase yang menggunakan Transistor IGBT sebagai saklar untuk mengatur tegangan yang akan diberikan ke motor.
7. Satu Transistor IGBT di bagian atas, dari rangkaian inverter yang dapat bekerja pada satu waktu (UH<sub>i</sub>, VH<sub>i</sub> atau WH<sub>i</sub>)
8. Satu Transistor IGBT di bagian bawah, dari rangkaian inverter yang dapat bekerja pada satu waktu (UL<sub>o</sub>, VL<sub>o</sub> atau WL<sub>o</sub>).
9. Transistor IGBT UH<sub>i</sub> dan UL<sub>o</sub> tidak dapat bekerja secara bersamaan, demikian juga VH<sub>i</sub> dan VL<sub>o</sub> atau WH<sub>i</sub> dan WL<sub>o</sub>.
10. Ketika rangkaian inverter akan memberikan tegangan line to line pada terminal U dan W maka transistor IGBT UH<sub>i</sub> memberikan tegangan positif menuju belitan U dan kembali menuju transistor IGBT WL<sub>o</sub>. Selanjutnya, siklus kerja transistor IGBT bekerja secara bergantian.

Tabel 1 Name Plat Motor 1

No.	Data Motor	Nilai
1.	Machinery type	-
2.	Motor nominal rotation speed	159.20 rpm
3.	Motor nominal frekuensi	26.50 Hz
4.	Motor nominal output power	13.30 kW
5.	Motor nominal voltage	270 V
6.	Motor nominal current	40.30 A
7.	Motor power factor	0.87
8.	Motor Source Voltage	210 V
9.	Traction sheave diameter	480 mm
10.	Tahanan Resistor	0.34 Ω
11.	Reaktansi stator	1.90 Ω

**2. PENGUJIAN, PERHITUNGAN DAN ANALISIS**

Pada tabel 1 dan tabel 2 di bawah ditunjukkan data motor yang digunakan sebagai motor elevator, data bersumber dari name plat motor elevator yang digunakan di proyek. Pengambilan data diambil di proyek RSUD BEKASI yang beralamatkan di Jalan Mayor Oking Bekasi Kota. Proyek rumah sakit tersebut menggunakan dua jenis elevator yang berbeda yaitu elevator service dan elevator passenger dengan jumlah total elevator 4 unit dimana terdiri dari 2 unit elevator service dan 2 unit elevator passenger.

Tabel 2 Name plat motor 2

No.	Data Motor	Nilai
1.	Machinery type	-
2.	Motor nominal rotation speed	159,10 rpm
3.	Motor nominal frekuensi	66,30 Hz
4.	Motor nominal output power	10,10 kW
5.	Motor nominal voltage	322 V
6.	Motor nominal current	22,90 A
7.	Motor power factor	0.93
8.	Motor Source Voltage	281 V
9.	Traction sheave diameter	420 mm
10.	Tahanan Resistor	0.6 Ω
11.	Reaktansi stator	4.60 Ω

**2.1. Hasil Pengujian**

Pada table 3 dan 4 diperlihatkan data hasil pengukuran yang diambil pada pengujian beban elevator di proyek tersebut. Data pada table 3 dan 4 merupakan hasil pengukuran diambil dengan cara mencatat dari layar LCD CPU elevator yang terdapat di panel ruang mesin dan multi tester Hioki seri DT 4251. Pengukuran diambil dengan tiga tahap pengambilan data yaitu.

1. Pada pengujian tahap pertama saat kapasitas tanpa beban (0%) pengambilan data pengukuran diambil sebanyak dua kali yaitu pada saat posisi elevator berjalan dari lantai dasar menuju ke lantai teratas dan pada saat posisi elevator menuju dari lantai teratas menuju ke lantai dasar.

2. Pada pengujian tahap kedua saat kapasitas beban 50 % pengambilan data pengukuran diambil sebanyak dua kali yaitu pada saat posisi elevator berjalan dari lantai dasar menuju ke lantai teratas dan pada saat posisi elevator dari lantai teratas menuju ke lantai dasar.

3. Pada pengujian tahap ketiga saat kapasitas beban penuh (100%), pengambilan data pengukuran dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada saat posisi elevator berjalan dari lantai dasar menuju ke lantai teratas dan pada saat posisi elevator dari lantai teratas ke lantai dasar.

## 2.2. Perhitungan Daya Pada Motor 13,3 kW

1. Perhitungan Daya ketika beban 0 % (0 kg) posisi elevator berada pada lantai dasar dari gedung menuju ke lantai teratas gedung. Dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

Daya starting:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \\ &= \sqrt{3} \times 110 \times 15,6 \times 0,87 \\ &= 2585,813 \text{ watt} \\ S &= P / \cos \varphi \\ &= 2585,813 / 0,87 \\ &= 2972,18 \text{ VA} \end{aligned}$$

Daya Running:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \\ &= \sqrt{3} \times 206 \times 21,6 \times 0,87 \\ &= 6705,031 \text{ watt} \\ S &= P / \cos \varphi \\ &= 6705,031 / 0,87 \\ &= 7706,9 \text{ VA} \end{aligned}$$

Daya regeneratif yang disuplai ke gedung dapat dihitung dengan cara daya run dikurang daya start.

$$\begin{aligned} S_{\text{Reg}} &= \text{Daya Run} - \text{Daya Start} \\ &= 7706,9 - 2972,18 \\ &= 4734,72 \text{ VA} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pada table 3 yang telah diperoleh saat pengujian beban elevator dapat menghasilkan perhitungan daya pada saat daya start awal motor mengkonsumsi daya listrik gedung sebesar 2972,18 VA untuk menarik sangkar ke lantai

teratas. Saat motor berputar konstan (sinkron) motor perlahan berubah fungsi menjadi generator dengan menghasilkan daya listrik sebesar 7706,9 VA. Dikarenakan efek dari pengereman regeneratif pada motor elevator. Daya regeneratif yang dihasilkan sebesar 4734,72 VA dialirkan kembali ke jala – jala listrik gedung untuk disalurkan ke beban – beban lain di elevator dan gedung.

## 2.3. Perhitungan Daya pada Motor 10,1 kW

1. Perhitungan Daya ketika beban 0 % (0 kg) posisi elevator berada pada lantai terbawah dari gedung menuju ke lantai teratas gedung. Dapat dihitung dengan persamaan (2.4) dan persamaan (2.5).

Daya starting:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \\ &= \sqrt{3} \times 115 \times 8,7 \times 0,93 \\ &= 1611,61 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= P / \cos \varphi \\ &= 1611,61 / 0,93 \\ &= 1732,91 \text{ VA} \end{aligned}$$

Daya Running:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \\ &= \sqrt{3} \times 238 \times 15,2 \times 0,93 \\ &= 5827,26 \text{ watt} \\ S &= P / \cos \varphi \\ &= 5827,26 / 0,93 \\ &= 6265,87 \text{ VA} \end{aligned}$$

Daya Regeneratif yang disuplai ke gedung dapat dihitung dengan cara daya run dikurang daya start.

$$\begin{aligned} S_{\text{Reg}} &= \text{Daya Run} - \text{Daya Start} \\ &= 6265,87 - 1732,91 \\ &= 4532,96 \text{ VA} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pada table 4 yang telah diperoleh saat pengujian beban elevator dapat menghasilkan perhitungan daya pada saat daya start awal motor mengkonsumsi daya listrik gedung sebesar 1732,91 VA untuk menarik sangkar ke lantai teratas. Saat motor berputar konstan (sinkron) motor perlahan berubah fungsi menjadi generator dengan menghasilkan daya listrik sebesar 6265,87 VA. Dikarenakan efek dari pengereman regeneratif pada motor elevator, Daya regeneratif yang dihasilkan sebesar 4532,96 VA dialirkan kembali ke jala – jala listrik gedung untuk disalurkan ke beban – beban lain di elevator dan gedung.

Tabel 4.5 Hasil pengujian dan perhitungan daya pada motor 1 dengan daya 13,3 kW

Car Load		Dir	Motor Current		Source Voltage		Perhitungan Daya (kW)		Perhitungan Daya Semu (kVA)		S <sub>Reg</sub> (kVA)
%	kg		Start (A)	Run (A)	Start (V <sub>AC</sub> )	Run (V <sub>AC</sub> )	P <sub>Start</sub>	P <sub>Run</sub>	S <sub>Start</sub>	S <sub>Run</sub>	
0	0	Up ▲	15,6	- 21,6	110	206	2,59	6,7	2,97	7,71	4,73
		Dn ▼	41,2	32,6	165	248	10,2	12,18	11,77	14,00	-
50	1000	Up ▲	12,7	5,1	132	222	2,53	1,71	2,90	1,96	-
		Dn ▼	15,1	4,8	128	220	2,91	1,59	3,35	1,83	-
100	2000	Up ▲	42	32,6	171	252	10,82	12,4	12,44	14,23	-
		Dn ▼	13,7	- 21,1	76	207	1,57	6,58	1,80	7,57	5,76

**2.4. Perhitungan Daya Regeneratif**

Di gedung tersebut digunakan dua jenis elevator yang berbeda yaitu 2 unit elevator service dengan daya 13,30 kW dan 2 unit elevator passenger dengan daya 10,10 kW. Setelah mendapatkan hasil perhitungan daya yang dihasilkan regeneratif dari kedua motor elevator, maka dapat dihitung, daya total yang dikeluarkan oleh motor elevator saat motor melakukan pengereman regeneratif.

- Total daya regeneratif pada motor elevator dengan daya 13,3 kW.

$$\text{Total } S_{\text{Reg}} = S_{\text{Reg}} \text{ Beban } 0 \% + S_{\text{Reg}} \text{ Beban } 100 \%$$

$$\text{Total } S_{\text{Reg}} = 4734,72 + 5761,65 = 10.496 \text{ VA}$$

$$\text{Total } P_{\text{Reg}} \text{ Motor } 1 = 2 \times 10,5 \text{ kVA} = 21 \text{ kVA}$$

- Total daya regeneratif pada motor elevator dengan daya 10,1 kW.

$$\text{Total } S_{\text{Reg}} = S_{\text{Reg}} \text{ Beban } 0 \% + S_{\text{Reg}} \text{ Beban } 100 \%$$

$$\text{Total } S_{\text{Reg}} = 4532,96 + 4563,77 = 9096,73 \text{ VA}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } P_{\text{Reg}} \text{ Motor } 2 &= 2 \times 9,1 \text{ kVA} \\ &= 18,2 \text{ kVA} \end{aligned}$$

**2.5. Perhitungan Daya yang Dikonsumsi Oleh Motor**

Kondisi dimana motor elevator mengkonsumsi daya listrik yaitu saat kondisi beban 0 % elevator berjalan turun, saat kondisi beban 50 % elevator berjalan naik ataupun turun dan saat kondisi beban 100 % elevator berjalan naik. Daya listrik yang dikonsumsi oleh motor elevator saat bekerja dapat dihitung.

- Pada elevator dengan motor 1 berdaya 13,3 kW daya yang dikonsumsi sebesar.

$$\begin{aligned} \text{Daya Total} &= (S_{\text{Run}} \text{ saat beban } 0 \% \text{ elevator } \blacktriangledown) + \\ & (S_{\text{start}} \text{ saat beban } 50 \% \text{ elevator } \blacktriangle + S_{\text{start}} \text{ saat beban } 50 \\ & \% \text{ elevator } \blacktriangledown) + (S_{\text{Run}} \text{ saat beban } 100\% \text{ elevator } \blacktriangle) \\ P \text{ Total} &= (14.003,22) + (2903,56 + 3347,7) + \\ & (14.229,19) \\ &= 34,48 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Hasil pengujian dan perhitungan daya pada motor 2 dengan daya 10,1 kW

Car Load		Dir	Motor Current		Source Voltage		Perhitungan Daya (W)		Perhitungan Daya Semu (kVA)		S <sub>Reg</sub> (kVA)
%	kg		Start (A)	Run (A)	Start (V <sub>AC</sub> )	Run (V <sub>AC</sub> )	P <sub>Start</sub>	P <sub>Run</sub>	S <sub>Start</sub>	S <sub>Run</sub>	
0	0	Up ▲	8,7	- 15,2	115	238	1,61	5,83	1,73	6,27	4,53
		Dn ▼	28,5	21,6	180	284	8,26	9,88	8,89	10,63	
50	500	Up ▲	11,3	3,0	126	255,1	2,29	1,23	2,47	1,33	
		Dn ▼	10,4	3,2	124	255,3	2,08	1,32	2,23	1,42	
100	1000	Up ▲	32,7	22,1	184	287	9,69	10,23	10,42	10,99	

- Pada elevator dengan motor 2 berdaya 10,1 kW daya yang dikonsumsi sebesar.

Daya Total = (  $S_{Run}$  saat beban 0 % elevator ▼ ) + (  $S_{start}$  saat beban 50 % elevator ▲ +  $S_{start}$  saat beban 50 % elevator ▼ ) + (  $S_{Run}$  saat beban 100% elevator ▲ )

$$P \text{ Total} = (10.625,096) + (2466,096 + 2233,66) + (10.985,91) \\ = 26,31 \text{ kVA}$$

$$P \text{ Total 2} = 2 \text{ unit elevator} \times 26,31 \text{ kVA} \\ = 52,62 \text{ kVA}$$

## 2.6. Analisis

Dari hasil pengujian yang dilakukan di lapangan dapat diperhitungkan daya listrik yang dikonsumsi oleh motor elevator untuk beroperasi dan motor elevator mensuplai daya listrik ke jala-jala listrik gedung. Dari hasil perhitungan daya motor elevator dapat dianalisis:

1. Saat kondisi beban sangkar elevator lebih ringan dibandingkan dengan bandul pemberat (counterweight) dan dimana kondisi sangkar bergerak naik keatas dari lantai dasar menuju ke lantai teratas. Motor elevator mengalami proses pengereman regeneratif yang bertujuan untuk menjaga kecepatan tidak melebihi kecepatan normal elevator. Pada saat itu menghasilkan daya regeneratif sementara yang dapat disalurkan kembali ke jala-jala listrik gedung. Pada motor 1 menghasilkan daya regeneratif sebesar 21 kVA dan pada motor 2 menghasilkan daya regeneratif sebesar 18,2 kVA.

2. Saat kondisi dimana motor elevator mengkonsumsi daya listrik yaitu:

- saat kondisi beban 0 % elevator berjalan turun.
- saat kondisi beban 50 % elevator berjalan naik ataupun turun.
- Saat kondisi beban 100 % elevator berjalan naik.

Jumlah daya yang dibutuhkan pada motor 1 sebesar 68,96 kVA dan pada motor 2 dibutuhkan daya sebesar 52,62 kVA.

## 3. SIMPULAN

Setelah proses pengujian, pengukuran dan analisa data diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Proses pengereman regeneratif pada sistem kinerja motor elevator membuat pemakaian daya listrik lebih efisien.

- Sampel motor ke 2 lebih efisien dalam melakukan proses regeneratif dibandingkan sampel motor ke 1.

- Pada sampel motor ke 1 menghasilkan daya regeneratif sebesar 23 % dari jumlah total daya yang digunakan.

- Pada sampel motor ke 2 menghasilkan daya regeneratif sebesar 26 % dari jumlah total daya yang digunakan.

- Pengereman regeratif pada 2 motor dengan kapasitas yang berbeda telah diperoleh hasilnya, masing-masing pada pada motor berdaya 26,6 kW menghasilkan daya sebesar 18,2 kW dan pada motor berdaya 20,2 kW menghasilkan daya sebesar 16,8 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chapman, Stephen J. 1999. *Electric Machinery Fundamental*. New York : Higher Education.
- [2] Kadir, Abdul. 1999. *Mesin Sinkron*. Jakarta: Djambatan.
- [3] Rashid, H. Muhammad.1993. *Elektronika Daya*. Jakarta: PT Prenhallindo.
- [4] Djatmiko, Istanto W. 2010. *Elektronika Daya*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Mislan, Dwi Aryono. 2009. *Pemakaian Timer Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Rotor Sangkar Tiga Phasa*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- [6] Dity, Deny Faturrahman. 2016. *Perancangan Dan Implementasi Sistem Pengereman Regeneratif Pada Mobil Listrik Dengan Penggerak BLDC Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*. Bandung : Universitas Telkom.
- [7] Sofian, Edy. 2011. *Studi Bentuk Rotor Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Listrik Stator*. Depok: Universitas Indonesia.
- [8] Wulansari, Nieke. 2005. *Pengendali Tegangan DC Link Pada Pengereman Regeneratif Motor Induksi Tiga Fasa*. Depok : Universitas Indonesia.
- [9] Team, Training Center . 2011. *KDM Drive Special Technology*. Hyvinkaa : Kone Corporation.
- [10] Team, Training Center. 2010. *KDM System For Mini Space Installation*. Hyvinkaa : Kone Corporation.