

Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Eskalator Menggunakan Inverter Dipusat Perbelanjaan

Prian Gagani Chamdareno¹, Ahmad Hairul Hamimi²

¹⁾²⁾ Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email: ¹⁾ prian.gagani@ftumj.ac.id, ²⁾ 2016420048@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini untuk menganalisa unit eskalator yang menggunakan inverter yang menimbulkan efisiensi karna adanya pengaturan frekuensi yang di atur oleh inveter terhadap kecepatan putaran pada motor listrik. Hasil penelitian menunjukkan yakni Eskalator yang di gunakan pada mall atau pusat perbelanjaan menggunakan merk Sigma, untuk penggunaan eskalator yang menggunakan inverter dapat penghematan konsumsi energi listrik, Untuk penggunaan 1 tahun pada 1 eskalator yang tanpa inverter menghabiskan konsumsi energi listrik sebesar 22.484 kWh sedangkan pada eskalator yang menggunakan inverter menghabiskan konsumsi energi listrik sebesar 15.873,9 kWh sehingga penghematan yang di dapat oleh eskalator dengan menggunakan inverter sebesar 6.610,2 kwh dengan biaya Rp 8.411.085 (29,4%).

Kata Kunci : Eskalator, Motor listrik, Efisiensi

ABSTRACT

This study is to investigate the escalator unit that utilizes an inverter which makes productivity in view of the recurrence setting set by the inverter to the rotational speed of the electric engine. The outcomes show that the elevator utilized in shopping centers or retail plazas utilizes the Sigma brand, for the utilization of a lift that utilizes an inverter it can save power utilization, For 1 year use on 1 elevator without an inverter consumes 22,484 kWh of electrical energy while on an elevator that doesn't utilize an inverter. utilizing an inverter consumes 15,873.9 kWh of electrical energy so the reserve funds got by the lift utilizing an inverter is 6,610.2 kWh at an expense of Rp 8,411,085 (29.4%).

Keywords : Escalator, Electic Motor, Efficiency

1 PENDAHULUAN

Eskalator atau biasa disebut dengan tangga berjalan merupakan suatu alat pengangkut yang bisa digunakan untuk membawa orang maupun barang yang bisa berjalan ke bawah dan ke atas mengikuti arah alur yang berupa rantai atau rail yang dioperasikan oleh motor listrik [1].

Kurangnya informasi mengenai pola konsumsi energi eskalator yang beroperasi secara terputus-putus dan ketidaktahuan pemilik bangunan tentang potensi efisiensi energi merupakan kendala utama untuk teknologi eskalator yang hemat energi [2]. Pada operasi eskalator yang terputus-putus memberikan penghematan energi yang besar dalam lalu lintas penumpang, maka penelitian dikhususkan untuk menganalisis konsumsi energi pada eskalator yang beroperasi secara putus-putus maupun beroperasi secara normal [3]. Makalah ini menyajikan observasi dan data yang dikumpulkan selama pengukuran energi jangka panjang dari eskalator di Plaza Semanggi.

Eskalator dipakai di seluruh dunia untuk memindahkan pejalan kaki dari suatu lantai ke lantai yang lainnya. Bidang penggunaan utama meliputi department store, pusat belanja, bandara, kantor,

pusat konvensi, hotel, arena, stadion dan bangunan-bangunan umum lainnya, pada alat transportasi tidak hanya menggunakan eskalator tetapi ada juga elevator, Elevator atau biasa disebut lift merupakan suatu alat pengangkut yang bertujuan untuk menghemat jarak, waktu yang di tempuh, dan tenaga untuk penggunaannya menuju setiap lantai pada gedung. Lift adalah suatu alat pengangkut untuk menuju setiap lantai pada suatu bangunan dengan tataletak yang sudah di tentukan, penggerak utama pada kedua alat transportasi tersebut sama – sama menggunakan motor listrik induksi.

Dalam jangka panjang dengan berkembangnya jumlah Pusat Perbelanjaan, Penginapan. Kemudian lagi, ketersediaan energi listrik mulai semakin sedikit. Hal itu tak lepas dari energi listrik. Penghematan energi merupakan salah satu cara untuk mengatasi persoalan ini. Motor listrik induksi mengambil bagian peran utama baik dalam dalam kehidupan sehari-hari maupun industry [4].

Pemakaian motor listrik induksi di dunia industri pada dasarnya untuk memberikan kerja mekanis, sedangkan untuk kebutuhan sehari-hari mesin listrik dipergunakan sebagai komponen peralatan yang biasa

ada di rumah, misalnya mesin cuci pakaian, pompa air, lemari es, dan lain-lain [5].

Sumber energi listrik yang sejauh ini dipakai adalah kebanyakan sumber energi listrik yang berasal dari fosil. Seperti yang kita pahami, sumber energi listrik ini dalam persediaan terbatas yang diharapkan dapat diakses selama 70 tahun ke depan. Biaya untuk menghasilkan listrik dari fosil tidaklah murah, membutuhkan biaya yang sangat mahal [6]. Sehingga kita diharapkan memiliki pilihan untuk menggantinya dengan sumber energi elektif yang layak digunakan [7].

Eskalator yang biasa digunakan di pusat belanja selalu dalam keadaan aktif meskipun tanpa ada penumpang, itu merupakan kerugian yang besar, karna membiarkan eskalator berjalan normal tanpa adanya penumpang [8]. Oleh karena itu, pembahasan tentang penghematan eskalator dalam pembahasan ini menggunakan sistem kontrol dengan sistem kombinasi, khususnya dengan cara aktif-nonaktif dan memperlambat laju motor [9], sistem ini melibatkan inverter sebagai pengatur serta perubah frekuensi tegangan, sedangkan PLC (Programmable Logic Control) untuk mengatur kendali dan merubah kendali pada sistem eskalator, sehingga dengan menggunakan sistem ini bisa mendapatkan penghematan energi listrik dan biaya, karena hanya mengkonsumsi energi di saat eskalator dijalankan [10].

2 METODOLOGI

Tempat penelitian ini dilakukan di Plaza Semanggi, yaitu terhitung sejak awal bulan Oktober 2021 hingga selesai. Objek yang diteliti adalah semua unit eskalator yang aktif, baik unit eskalator yang menggunakan inverter maupun unit yang tanpa inverter

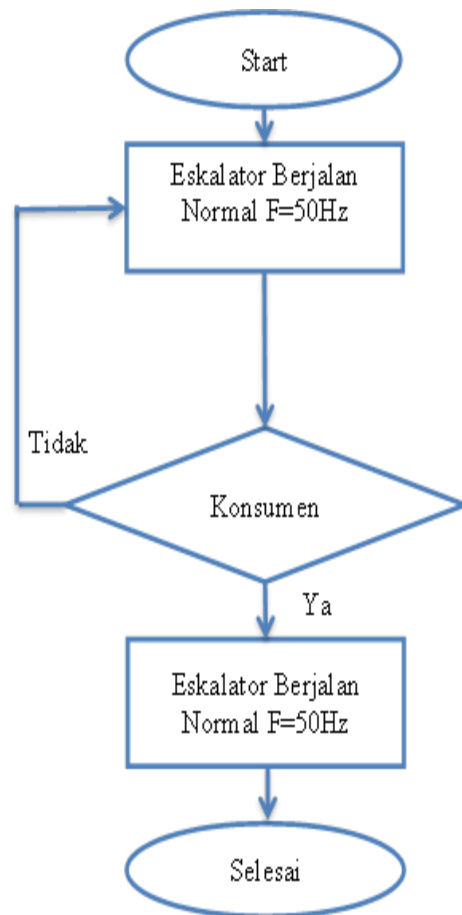
Teknik pengambilan data yang digunakan menggunakan tekniksampling dan observasi. Observasi dilakukan dengan pengamatan secara langsung yaitu sistem Eskalator yang menggunakan inverter maupun Eskalator yang tidak menggunakan inverter adapun hasil observasi meliputi data penggunaan seluruh eskalator, baik yang menggunakan inverter maupun yang tanpa inverter. Setelah mengetahui penggunaan kerja eskalator, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisa perhitungan.

Dalam pengambilan data kerja eskalator peneliti membutuhkan alat bantu, yakni sebuah timer Dengan menggunakan penghitung waktu untuk menghitung lama gerak eskalator selama 2 jam dalam 11 Jam kerja Eskalator, pengambilan data akan dilakukan selama seminggu penuh untuk mengetahui penggunaan rata – rata dalam satu minggu, jumlah waktu pengambilan data yang terhitung oleh

penghitung waktu akan dicatat, selanjutnya nilai waktu tersebut akan dihitung dengan nilai kerja motor.

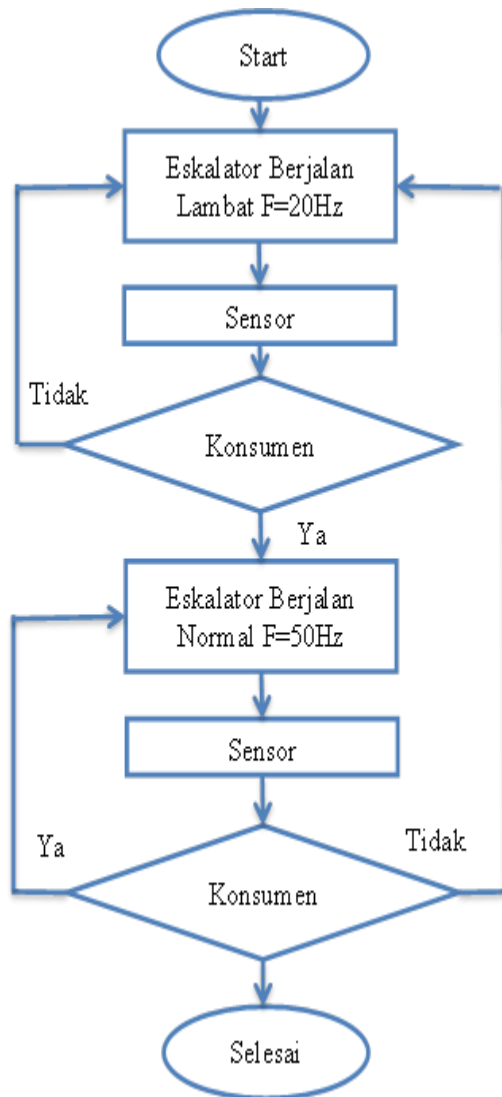
Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan, mulai dari studi literatur, pengampibaln data serta pengolahan data.

Pada pengujian tahap pertama yakni pada eskalator tanpa inverter, eskalator yang tidak mengguakan inverter akan berjalan normal dengan frekuensi motor sebesar 50 Hz, pada momen ini peneliti akan mencatat lama kerja eskalator sesuai jam aktifitas mall.



Gambar 1 Sistem Kerja Esalator tanpa Inverter.

Pada pengujian tahap kedua yakni pada eskalatr yang menggunakan inverter, eskalator yang dengan menggunakan inverter akan berjalan dengan start frekuensi motor 20 Hz, eskalator akan memulai dengan berjalan lambat, dan ketika mulai ada penumpang, eskalator akan berjalan normal, sesampainya penumpang telah tiba pada lantai yang di inginkan dan eskalator dengan kondisi tidak ada penumpang maka eskalator vakan kembali berjalan melambat.



Gambar 2 Sistem Kerja Eskalator yang menggunakan Inverter.

Pada tahapan ketiga, setelah dilakukannya pengambilan data pada eskalator kemudian akan dilakukan penghitungan, hal hal yang akan dihitung antara lain perhitungan kecepatan sinkron, perhitungan slip, serta perhitungan kecepatan beban penuh.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Terciptanya adanya efisiensi konsumsi energi listrik di sebabkan oleh pengoptimalan kinerja motor listrik, pengoptimalan terjadi karna adanya inverter yang mengatur frekuensi pada motor listrik, inverter sendiri akan bekerja ketika eskalator tidak ada penumpang. Pada pengambilan data lapangan yang dilakukan terhadap eskalator yang menggunakan inverter maupun eskalator tanpa inverter terdapat beberapa sample, antara lain.

Pengambilan sample pertama pada eskalator menggunakan inverter : pengambilan data ini di

lakukan selama 7 hari kerja. Dalam 1 hari kerja pengambilan data di lakukan selama 2 jam dari 11 jam kerja eskalator. Pengambilan sample kedua pada eskalator tanpa inverter : pengambilan data ini di lakukan selama 7 hari kerja. Dalam 1 hari kerja pengambilan data di lakukan selama 2 jam dari 11 jam kerja eskalator.

Berikut ini merupakan data kerja eskalator yang menggunakan inverter maupun yang tanpa inverter.

No	Hari	Pengambilan Sample		Eskalator Inverter				Jam kerja mall (11 Jam)	
				f=20 Hz		f=50Hz			
		Detik	Jam	Detik	Jam	Detik	Jam	f=20 Hz	f=50Hz
1	Minggu	7200	2	2152	0,60	5048	1,40	3,29	7,71
2	Senin	7200	2	4073	1,13	3127	0,87	6,22	4,78
3	Selasa	7200	2	3932	1,09	3268	0,91	6,01	4,99
4	Rabu	7200	2	3774	1,05	3426	0,95	5,77	5,23
5	Kamis	7200	2	3996	1,11	3204	0,89	6,11	4,90
6	Jum'at	7200	2	3507	0,97	3693	1,03	5,36	5,64
7	Sabtu	7200	2	2973	0,83	4227	1,17	4,54	6,46
Total Penggunaan 1 Minggu (jam)								37,29	39,71

Gambar 3 Pengambilan Data Eskalator Inverter.

No	Hari	Pengambilan Sample		Eskalator Tanpa Inverter				Jam kerja mall (11 Jam)	
				f=20 Hz		f=50Hz			
		Detik	Jam	Detik	Jam	Detik	Jam	f=20 Hz	f=50Hz
1	Minggu	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
2	Senin	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
3	Selasa	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
4	Rabu	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
5	Kamis	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
6	Jum'at	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
7	Sabtu	7200	2	0	0,00	7200	2,00	0,00	11,00
Total Penggunaan 1 Minggu (jam)								0,00	77,00

Gambar 4 Pengambilan Data Eskalator Tanpa Inverter.

Spesifikasi motor listrik yang digunakan untuk menggerakkan eskalator sebagai berikut.

No	Data Motor	Nilai
1	Model	LG 11 OH01
2	Motor nominal rotation speed	1450 rpm
3	Motor nominal frekuensi	50 Hz
4	Motor nominal output power	7.5 kW (10 HP)
5	Motor nominal voltage	380 V
6	Motor nominal current	15.2 A

Gambar 5 Spesifikasi motor yang di gunakan

Torsi ; $T = (5252 \times P) : N$

Dimana ;

$P =$ Daya HP (Horse Power)

$T =$ Torsi (Nm)

$N =$ Jumlah putaran per-menit (Rpm)

5252 merupakan suatu nilai ketetapan untuk daya motor (satuan HP)

Jadi ;

$T = (5252 \times P) : N$

$T = (5252 \times 10) : 1450$

$T = 52520 : 1450$

$T = 36,2 \text{ Nm}$

Perhitungan Kecepatan Sinkron

Kecepatan sinkron merupakan laju rotasi medan magnet berputar yang dibuat oleh stator, jika sumber tegangan 3 fasa di pasang pada kumparan stator akan muncul medan putar dengan kecepatan

$$n_s = \frac{120 \times f}{p}$$

Dimana ;

$n_s =$ kecepatan sinkron (rpm),

$f =$ frekuensi (Hz), dan

$p =$ jumlah kutub stator (4 kutub sesuai spesifikasi motor listrik)

Perhitungan kecepatan sinkron pada eskalator tanpa inverter. Pada posisi kecepatan standart atau normal 50 (Hz) ; $f = 50 \text{ Hz}$, maka dihasilkan nilai

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

Perhitungan kecepatan sinkron pada eskalator menggunakan inverter. Pada posisi kecepatan pelan atau lambat 20 (Hz) ; $f = 20 \text{ Hz}$, maka dihasilkan nilai,

$$n_s = \frac{120 \times 20}{4} = 600 \text{ rpm}$$

Perhitungan Slip Motor

Slip pada motor listrik dapat diartikan sebagai suatu perbedaan antara kecepatan putaran pada rotor dan kecepatan fluks. pada motor listrik induksi menghasilkan torsi, setidaknya adanya perbedaan antara kecepatan putaran rotor dan medan stator. hal ini dinamakan slip. Slip yang terjadi pada eskalator antaralain ;

$$\% \text{ Slip} = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

$$\% \text{ Slip} = \frac{1500 - 1450}{1500} \times 100\%$$

$$\% \text{ Slip} = 3,3 \%$$

Dimana :

$n_s =$ Kecepatan sinkron

$n_r =$ Kecepatan putaran rotor

Perhitungan Kecepatan Rotor

Perhitungan kecepatan rotor pada eskalator tanpa inverter. Pada kecepatan standart atau normal 50 (Hz) ; $f = 50 \text{ Hz}$, maka dihasilkan nilai,

$$n_r = n_s \times (1 - \% \text{ Slip})$$

$$n_r (50\text{Hz}) = 1500 \times (1 - 3,3\%)$$

$$n_r (50\text{Hz}) = 1450 \text{ rpm}$$

Perhitungan kecepatan rotor pada eskalator menggunakan inverter. Pada kecepatan standart atau normal 20 (Hz) ; $f = 20 \text{ Hz}$, maka dihasilkan nilai

$$n_r (20\text{Hz}) = 600 \times (1 - 3,3\%)$$

$$n_r (20\text{Hz}) = 582 \text{ rpm}$$

Perhitungan Serta Analisis Daya Motor

Perhitungan pada eskalator tanpa inverter.

$$P_{out} = \frac{2\pi}{60} \times t \times n_r$$

Dimana ;

$n_s = 50 \text{ Hz}$

slip= 3,3 %

$n_r = 1450 \text{ Rpm}$

$t = 36,2 \text{ Nm}$

Jadi ;

$$P_{out} = \frac{2\pi}{60} \times 36,2 \times 1455$$

$$P_{out} = 5515,69 = 5516 \text{ Watt} = 5,6 \text{ kW}$$

Perhitungan pada eskalator inverter.

$$P_{out} = \frac{2\pi}{60} \times t \times n_r$$

$$P_{out} = \frac{2\pi}{60} \times 36,2 \times 582$$

$$P_{out} = 2206,27 = 2206 \text{ Watt} = 2,2 \text{ kWh}$$

Untuk penghematan konsumsi energi listrik pada eskalator. antara lain;

Eskalator tanpa inverter = 5,6 kWh
 Eskalator menggunakan inverter = 2,2 kWh
 Jadi penghematannya adalah 5,6 kwh - 2,2 kWh = 3,4 kWh (60,7%)

Perhitungan Serta Analisis eskalator tanpa menggunakan inverter

Dalam perhitungan ini akan di cari konsumsi energi listrik pada penggunaan eskalator tanpa inverter dalam waktu jam, harian , mingguan, bulanan serta tahunan, berikut rinciannya ;

Penggunaan dalam 1 jam pemakaian :
 1 jam x 5,6 kWh = 5,6 kWh
 5,6 kWh x Rp 1272,45 = Rp 7.125,72

Penggunaan dalam 1 hari pemakaian (Pengguaan eskalator 11 jam dalam 1 hari) :
 11 x Rp 7.125,72 = Rp 78.382,92

Penggunaan dalam 1 bulan pemakaian :
 30 Hari x Rp 1.272,45 = Rp2.351.487,60

Penggunaan dalam 1 Tahun pemakain :
 365 Hari x Rp 1.272,45 = Rp28.609.765,80

Perhitungan Serta Analisis eskalator menggunakan inverter

Dalam perhitungan ini akan di cari konsumsi energi listrik pada penggunaan eskalator dengan menggunakan inverter dalam waktu jam, harian , mingguan, bulanan serta tahunan, berikut rinciannya

Penggunaan dalam 1 jam pemakaian :
 Penggunaan saat eskalator berjalan dengan frekuensi 20 Hz
 1 x 2,2 kWh = 2,2 kWh
 2,2 x Rp 1.272,45 = Rp 2.798,4

Penggunaan saat eskalator berjalan dengan frekuensi 50 Hz
 1 x 5,6 kWh = 5,6 kWh
 5,6 kWh x Rp 1272,45 = Rp 7.125,72

Penggunaan dalam 1 hari pemakaian :

Pada penggunaan eskalator Menggunakan inverter untuk energi yang terpakai pada hari minggu sampai sabtu berbeda –beda untuk pemakaian per harinya, untuk rinciannya seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Biaya Penggunaan eskalator menggunakan inverter dalam waktu 1 minggu

No	Hari	Pengambilan sample eskalator selama 2 jam		Pengambilan sample eskalator dalam 1 hari (11 Jam)		Energi yang terpakai		Total Energi yang terpakai (kWh)	Biaya (/kwh)	Biaya Penggunaan per hari (/kwh)
		f=20Hz (Jam)	f=50Hz (Jam)	f=20Hz (Jam)	f=50Hz (Jam)	f=20Hz (kWh)	f=50Hz (kWh)			
1	Minggu	0,60	1,40	3,29	7,71	7,23	43,19	50,42	Rp 1.272,45	Rp 64.158,91
2	Senin	1,13	0,87	6,22	4,78	13,69	26,75	40,44	Rp 1.272,45	Rp 51.461,73
3	Selasa	1,09	0,91	6,01	4,99	13,22	27,96	41,18	Rp 1.272,45	Rp 52.393,69
4	Rabu	1,05	0,95	5,77	5,23	12,68	29,31	42,00	Rp 1.272,45	Rp 53.438,02
5	Kamis	1,11	0,89	6,11	4,90	13,43	27,41	40,84	Rp 1.272,45	Rp 51.970,68
6	Jumat	0,97	1,03	5,36	5,64	11,79	31,60	43,38	Rp 1.272,45	Rp 55.202,80
7	Sabtu	0,83	1,17	4,54	6,46	9,99	36,16	46,16	Rp 1.272,45	Rp 58.732,37
Total biaya penggunaan dalam 1 minggu										Rp 387.358,20

Penggunaan dalam 1 Minggu pemakaian.

Pada tabel 4.8 di perhatikan total energi yang terpakai harian dalam waktu 1 minggu, untuk mendapat nilai pemakaian dalam waktu 1 bulan yakni dengan cara mengalikan nilai rata – rata penggunaan dalam 1 minggu di kali dengan 30 hari kerja.

Nilai rata2 energi yang terpakai dalam 1 minggu;
 Minggu : 50,42 kwh
 Senin : 40,44 kWh
 Selasa : 41,18 kWh
 Rabu : 42,00 kWh
 Kamis : 40,84 kWh
 Jumat : 43,38 kWh
 Sabtu : 46,16 kWh

Nilai rata – rata = 43,49 kwh per hari

Penggunaan dalam 1 bulan = nilai rata – rata dikali 30 hari kerja dikali biaya penggunaan listrik ; 43,49 kwh x Rp 1.272,45 x 30 Hari = Rp1.660.165,52

Energi yang terpakai 43,49 kwh x 30 = 1304,7 kWh

Biaya yang di dikeluarkan 1304,7 x Rp 1.272,45 = Rp1.660.165,52

Penggunaan dalam 1 Tahun pemakain :

Energi yang terpakai 43,49,7 kWh x 365 Hari = 15.873,9kWh

Biaya yang di dikeluarkan 15.873,9 kWh x Rp 1.272,45 = Rp20.198.680,43

Jadi dalam penggunaan 1 eskalator yang tanpa inverter dalam 1 tahun menghabiskan biaya sebanyak Rp20.198.680,43

4 KESIMPULAN

Eskalator yang di gunakan pada mall atau pusat perbelanjaan menggunakan merk Sigma, untuk penggunaan eskalator yang menggunakan inverter dapat penghematan konsumsi energi listrik.

Untuk penggunaan 1 tahun pada 1 eskalator yang tanpa inverter menghabiskan konsumsi energi listrik sebesar 22.484 kWh sedangkan pada eskalator yang menggunakan inverter menghabiskan konsumsi

energi listrik sebesar 15.873,9 kWh sehingga penghematan yang di dapat oleh eskalator dengan menggunakan inverter sebesar 6.610,2 kwh dengan biaya Rp 8.411.085 (29,4%).

Total eskalator yang terpasang pada mall sebanyak 32 unit, diantaranya 12 unit eskalator menggunakan inverter dan 20 unit tidak menggunakan inverter, untuk total konsumsi energi listrik yang terpakai \pm 640.166,2 kWh

Jika pada eskalator yang tanpa inveter dirubah menjadi eskalator dengan menggunakan inverter untuk konsumsi energi listrik akan lebih efisien dan berkurang dari 640.166,2 kWh menjadi 507.963,20 kWh atau dengan total penghematan sebesar 132.203,00 kWh (20,7%) per tahun

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] D. Almanda and I. T. Ramadhan, "Analisis Kebutuhan Motor Listrik Untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Tunggu Elevator," *Resist. Elektron. Kendali Telekomun. Tenaga List. Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–96, 2021.
- [2] M. Amir and A. Muis, "Penghematan Energi Pada Eskalator Menggunakan Inverter," *SAINSTECH J. Penelit. DAN Pengkaj. SAINS DAN Teknol.*, vol. 23, no. 1, 2013.
- [3] B. P. Hartono and E. Nurcahyo, "Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," *Elektr. J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 8–16, 2017.
- [4] I. A. MALIK, N. HARIYANTO, and S. CHANIAGO, "Analisis Penghematan Energi Motor Listrik di PT. X," *REKA ELKOMIKA*, vol. 1, no. 3, 2013.
- [5] G. Priyandi and U. Wiharja, "Analisa Pengaturan Kecepatan Motor Listrik Dengan Merubah Kutub," *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [6] H. Sarhan, "Energy efficient control of three-phase induction motor drive," *Energy Power Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 107–112, 2011.
- [7] U. Sowmmiya, "Energy Saving Scheme for Induction Motor Drives".
- [8] S. Uimonen, T. Tukia, M.-L. Siikonen, and M. Lehtonen, "Predicting the annual escalator energy consumption based on short-term measurements," *J. Build. Eng.*, vol. 13, pp. 319–325, 2017.
- [9] S. Uimonen *et al.*, "Energy consumption of escalators in low traffic environment," *Energy Build.*, vol. 125, pp. 287–297, 2016.
- [10] Y. Yusniati, "Penggunaan Sensor Infrared Switching Pada Motor DC Satu Fasa," *JET J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–96, 2018.