

**ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA
ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD
YANI SEMARANG**

**Hari Kurniawanto(1), Niedya Inten Suwono(2), Habibie Nur Hidayah
Ramadhan(3), M.Yanief Satria Bayhaky(4), Agus Gede Dhananjaya Saputra(5),
Hafiz Adhilfi Fachrozie(6)**

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail: ¹harikur@yahoo.com, ²Niedyaintensuwono@gmail.com,

³nl.derajat@gmail.com, ⁴mysbayhaky@gmail.com ,

⁵agusgede2003@gmail.com , ⁶hafizadhilfifchrz@gmail.com

Received :
9 Juni 2023

Revised :
12 Juni 2023

Accepted :
26 Juli 2023

Abstrak: *Escalator* merupakan salah satu alat transportasi vertikal yang umum bagi industry penerbangan di dunia maupun indonesia. Untuk menggerakkan *escalator* dengan efisiensi dan keandalan tinggi, *inverter* digunakan sebagai komponen kunci dalam sistem penggerakannya, bertanggung jawab untuk mengatur kecepatan motor dan memastikan operasi yang efisien. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah yang terkait dengan *inverter* pada *escalator* serta dampaknya pada kinerja dan keandalan sistem *escalator* secara keseluruhan. Metode yang dilakukan dengan metode kuantitatif yaitu dengan mengumpulkan data yang dibutuhkan mulai dari observasi, pengukuran langsung, wawancara, dan studi literatur hingga dokumen bandar udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor penyebab kerusakan *inverter* dikarenakan pemadaman listrik secara mendadak oleh PLN. Pada saat listrik hidup terjadi tegangan kejutan di atas 420 volt yang menyebabkan *overheating* pada *inverter*. Untuk mencegah kerusakan *inverter*, diperlukan alat *monitoring* jarak jauh yaitu *remote monitoring* dengan IoT (*internet of things*) untuk mengatasi permasalahan *overheating* pada *escalator*. Dalam penelitian ini akan dibahas tuntas mengenai kerusakan komponen *inverter* gate 3 pada *escalator* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang beserta dengan permasalahan dan cara mengatasinya.

Kata Kunci: *Inverter, Escalator, Overvoltage, Monitoring jarak jauh Escalator fault diagnosis*

Abstract: *Escalator is one of the common vertical transportation tools for the aviation industry in the world and Indonesia. To drive the escalator stairs with high efficiency and reliability, inverters are used*

as a key component in its drive system, responsible for regulating the motor speed and ensuring efficient operation. This study aims to identify and analyze the problems associated with inverters in escalators and their impact on the performance and reliability of the escalator system as a whole. The method carried out by quantitative method is by collecting the required data ranging from observation, direct measurement, interviews, and literature studies to airport documents. The results showed that the factor causing inverter damage was due to a sudden power outage by PLN. When the electricity is on, there is a shock voltage above 420 volts which causes overheating in the inverter. To prevent inverter damage, a remote monitoring tool is needed, namely remote monitoring with IoT (internet of things) to overcome overheating problems on escalators. This research will thoroughly discuss the damage to the gate 3 inverter component on the escalator of Jenderal Ahmad Yani Semarang International Airport along with the problems and how to solve them.

Keyword: *Inverter, Escalator, Overvoltage, Remote Monitoring, Escalator fault diagnosis*

Pendahuluan

Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang memiliki 8 fasilitas *escalator* dengan merk Fuji. *escalator* atau tanggaberjalan adalah satu transportasi vertikal berupa konveyor untuk mengangkut orang, terdiri dari tangga terpisah yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti jalur berupa *rail* atau rantai yang digerakkan oleh motor. Pada umumnya, sistem penggerak motor listrik pada *escalator* menggunakan energi AC (arus bolak-balik) dengan kecepatan motor tetap. Namun, penggunaan motor dengan kecepatan tetap tersebut menyebabkan konsumsi energi menjadi tidak efisien karena kondisi dan permintaannya selalu berubah-ubah sepanjang waktu.

Untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi *inverter*

dikembangkan sebagai solusi alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem pergerakan *escalator*. *Inverter* dapat mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), sehingga mampu menyesuaikan kebutuhan daya motor listrik agar tidak terlalu besar atau terlalu kecil dari kapasitas idealnya. Seringkali terjadi masalah atau kerusakan pada sistem *inverter* ini yang dapat mempengaruhi kinerja dari mesin *escalator* secara keseluruhan.

Menurut standar kompetensi personel bidang mekanikal Bandar Udara berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 22 Tahun 2015 yang memuat kompetensi personel bidang mekanikal Bandar Udara khususnya *Traction Equipment* yaitu :

1. Mampu mengoperasikan

ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

peralatan
Traction and Equipment.

2. Mampu memelihara/ merawat peralatan Traksi dan Peralatan.
 3. Mampu memperbaiki peralatan menganalisis gangguan/ kerusakan dan membuat langkah-langkah perbi
- Mampu memelihara / merawat Peralatan Traksi dan Peralatan

1. Mampu Memperbaiki Peralatan Traksi dan Peralatan.
2. Mampu menganalisis gangguan / kerusakan dan membuat langkah – langkah perbaikan Peralatan Traksidan Peralatan.
3. Mampu merencanakan/ desain pemasangan atau perubahan system peralatan *Traction Equipment.*
4. Mampu mengevaluasi kinerja peralatan Traksi.

Kerusakan pada sistem *inverter* terjadi beberapa faktor seperti instalasi listrik yang tidak tepat, pemeliharaan rutin kurang optimal dan penggunaan suku cadang abal-abal. Ketika ada masalah dengan *inverter* maka akan mempengaruhi efisiensi energi serta performa dari mesin *escalator* sehingga sangat penting bagi teknisi/operator untuk mengetahui cara-cara penanganannya. Dalam penulisan jurnal ini akan membahas solusi-solusi dalam mencegah agar *Inverter* pada *escalator* tidak mengalami kerusakan serta bagaimana cara menangani jika terjadi masalah pada *system* tersebut. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi seputar tindakan pencegahan dan

langkah-langkah perbaikan guna menjaga kondisi operasional dari komponen-komponen *system* elektronik di dalam *escalator* tetap stabil dan aman selama masa pakainya.

Metode

Penulisan jurnal ini dilakukan dengan metode kuantitatif yaitu dengan mengumpulkan data yang dibutuhkan mulai dari observasi, pengukuran langsung, wawancara, dan studi literatur hingga dokumen bandar udara yang menunjang keberhasilan dalam penyusunan penulisan jurnal ini, dan dianalisa berdasarkan ilmu yang telah didapat semasa kuliah di program studi Teknik Mekanikal Bandar Udara ilmu yang telah di dapat semasa menempu *On the Job Trainning* (OJT) pada Bandar Udara Jenderal Ahmad Yani Semarang. Oleh karena itu penulisan/penelitian ini dapatdigolongkan sebagai *Case studies* atauyang lebih dikenal sebagai metode pengumpulan data berdasarkan data dilapangan ataupun data kajian serta pengujian dangan buku, jurnal penelitian, artikel ataupun sejenisnya dalam pengumpulan data.

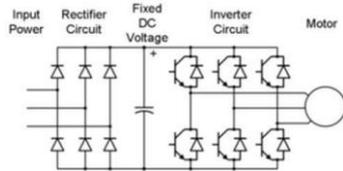
Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengumpulan data atau informasi menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Metode Observasi

Peneliti melakukan observasi secara langsung pada sistem *inverter* pada *escalator* untuk mengetahui kondisi operasinya secara detail dan mencatat setiap tanda-tanda

kerusakan yang muncul seperti *overheating* pada *inverter*.



Gambar 1. Skema *inverter*

2. Metode Pengukuran Langsung
 Peneliti juga melakukan pengukuran langsung dari sistem pergerakan *escalator* dengan menggunakan alat ukur atau sensor untuk mendapatkan data tentang kecepatan gerak tangga, arus listrik, daya keluaran motor listrik, dan efisiensi energi.

Tabel 1. Spesifikasi Motor *Escalator* di Bandar Udara Jenderal Ahmad Yani Semarang

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

3. Metode Wawancara
 Pada kasus ini, Peneliti melakukan wawancara dengan teknisi yang bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan *system inverter* pada *escalator* untuk memperoleh informasi tentang masalah-masalah yang sering terjadi dan langkah-langkah yang harus diambil pada proses perbaikan.
4. Metode Studi Literatur

Peneliti melakukan studi literatur dari sumber-sumber terpercaya seperti jurnal ilmiah maupun website resmi produsen mesin penggerak juga bisa menjadi pilihan alternatif untuk mendapatkan informasi mengenai kerusakan-kerusakan umum yang sering dialami oleh sistem *inverter* pada *escalator*.

Tabel 2. Model *Inverter* Yaskawa V1000 Series pada Bandar Udara Jenderal Ahmad Yani Semarang

Model	Normal Duty		Heavy Duty	
	Max. Motor capacity kW	Rated Output Current A	Max. Motor capacity kW	Rated Output Current A
4A0001	0,4	1,2	0,2	1,2
4A0002	0,75	2,1	0,4	1,8
4A0004	1,5	4,1	0,75	3,4
4A0005	2,2	5,4	1,5	4,8
4A0007	3,0	6,9	2,2	5,5
4A0009	3,7	8,8	3,0	7,2
4A0011	5,5	11,1	3,7	9,2
4A0018	7,5	17,5	5,5	14,8
4A0023	11	23,0	7,5	18,0
4A0031	15	31,0	11	24,0
4A0038	18,5	38,0	15	31,0

Metode Analisis Data

Dalam metode ini, peneliti akan memeriksa catatan perbaikan dan *maintenance system inverter* pada *escalator* untuk mengetahui apakah ada pola-pola terkait masalah-masalah yang sering muncul. Teknik FTA (*fault tree analysis*) adalah teknik analisis sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan atau kegagalan dalam suatu sistem. Penyebab kerusakan *Inverter* pada *escalator* di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, diantaranya:

1. Penyebab utama *overvoltage* adalah kegagalan sistem proteksi yang menyebabkan tegangan listrik melebihi batas toleransi. Hal ini sering terjadi akibat adanya gangguan di jalur distribusi listrik atau arus balik

ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

dari motor penggerak berhenti tiba-tiba.

2. *Overcurrent* bisa terjadi karena beban muatan tangga lebih tinggi dari kapasitas maksimumnya dan suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis. Situasi ini dapat mengakibatkan *overheating* pada transistor IGBT (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*) dan rusaknya modul *power* serta komponen lainnya.
3. *Short-circuit* bisa terjadi akibat kualitas instalasi yang buruk, misalnya pemasangan kabel secara salah atau kurang presisi sehingga menimbulkan hubungan pendek antar-kabel tersebut.
4. *Ground-faults* juga bisa disebabkan oleh kesalahan dalam instalasi seperti ketidaksinkronan polaritas kabel *grounding* sehingga arus listrik melintas ke tanah dan merusak komponen elektronik sistem *inverter*.
5. Gangguan sinyal atau *noise interference* pada *system inverter* biasanya disebabkan oleh radiasi *elektromagnetik* dari perangkat-perangkat elektronik lain di sekitar area operasi *escalator* seperti telepon genggam, televisi maupun radio. Alat monitoring jarak jauh berbasis IoT juga bisa digunakan sebagai metode analisis kerusakan *inverter* pada *escalator* dengan melakukan pengumpulan data secara *real-time* untuk diolah menjadi informasi berguna tentang kinerja sistem tersebut.

$P = \text{Daya HP (Horse Power)}$

$T = \text{Torsi (Nm)}$

$N = \text{Jumlah putaran per-menit (Rpm)}$

5252 adalah nilai ketetapan untuk daya motor atau satuan *horse power*

$1 \text{ horse power} = 735.5 \text{ watt}$

Nilai kecepatan sinkron pada motor *escalator*, kecepatan sinkron yaitu laju rotasi medan magnet berputar oleh stator.



Gambar 2. Monitoring IoT

Penulis melakukan uji-t serta *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membandingkan kinerja sistem pergerakan *escalator* sebelum dan sesudah penerapan teknologi *inverter*. Uji-t dipakai untuk membandingkan efisiensi energi antara kondisi awal dengan kondisi setelah diterapkannya teknologi *inverter*. Analisis perhitungan penggunaan dan tidak menggunakan *inverter*:

$n_s = \text{Daya HP}$

(*Horse Power*)

$f = \text{frekuensi (Hz)}$

$P = \text{jumlah kutub stator (4 kutupsesuai spesifikasi motor listrik)}$

Nilai kecepatan sinkron *escalator*. Pada kecepatan normal *escalator* tanpa *inverter*

yaitu 50 (Hz) ; f = 50 Hz
 sebagaiberikut;

$$n_s = \frac{(120 \times 50)}{4}$$

$$= 1500rpm$$

Nilai kecepatan sinkron *escalator* dengan *inverter*. Pada saat kecepatan normal menggunakan *inverter* yaitu 20 (Hz); f = 20 Hz, sebagai berikut;

$$N_s = \frac{(120 \times 20)}{4}$$

$$= 600 rpm$$

Slip untuk motor listrik diartikan sebagai perbedaan jarak kecepatan putaran rotor juga kecepatan *fluks*. Berdasarkan motor listrik induksi menciptakan torsi, adanya perbedaan jarak kecepatan putaran rotor serta medan *stator* ini dinamakan *slip*. *Slip* pada *escalator* antara lain;

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

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

$$\%Slip = 3.3\%$$

Keterangan:

ns = Kecepatan sinkron

nr = Kecepatan putaran rotor

Nilai kecepatan rotor di *escalator*. Pada kecepatan *standart* atau normal 50 (Hz); f = 50 Hz, maka dihasilkan nilai,

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

$$nr (50Hz) = 1500 \times (1 - 3,3\%)$$

$$nr (50Hz) = 1450 rpm$$

Perhitungan kecepatan rotor pada *escalator* menggunakan *Invereter*. Saat kecepatan normal yaitu 20 (Hz); f = 20 Hz, dihasilkan nilai;

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

$$nr (20Hz) = 582 rpm$$

Nilai dan daya motor *inverter* di *escalator*, dihasilkan nilai

$$\text{➤ } P_{out} = 2\pi : 60 \times t \times nr$$

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

$$P_{out} = 2206,27 = 2206$$

$$Watt = 2,2 kWh$$

Untuk konsumsi energi listrik pada *escalator* menggunakan *inverter* adalah 2,2 kWh.

Saat perhitungan konsumsi energi listrik untuk pengoperasian *escalator* dalam waktu jam, harian, mingguan, bulanan dan tahunan, berikut ini rinciannya:

- Pelaksanaan pada 1 jam pemakaian:
 1jam x 2,2 kWh = 2,2 kWh
 2,2 x Rp 1.114,74 = Rp 2.452,428
- Pelaksanaan pada 1 hari pemakaian:
 24jam x Rp 2.452,428 = Rp 58.858,272
- Pelaksanaan pada 1 bulan pemakaian:
 30 Hari x Rp 58.858,272 = Rp 1.765.748,16
- Pelaksanaan pada 1 Tahun pemakain:
 12 bulan x Rp 1.765.748,16 = Rp 21.188.977,92

Setelah melakukan pengumpulan data terkait penggunaan energi pada *escalator* secara langsung pada Bandar Udara Jenderal Ahmad Yani Semarang selama satu minggu sebagai berikut;

Tabel 3. Nilai Rata-rata Energi Dalam Satu Minggu

**ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA
ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD
YANI SEMARANG**

Hari	kWh
Senin	40,44 kWh
Selasa	41,18 kWh
Rabu	42,00 kWh
Kamis	40,84 kWh
Jum'at	43,38 kWh
Sabtu	46,16 kWh
Minggu	50,42 kWh

Nilai rata – ratanya adalah 43,49 kwh setiap hari, untuk Pelaksanaan pada 1 bulan ialah;

- Tarif pemakaian listrik sebagai berikut :
43,49 kwh x Rp 1.114,74 x 30 Hari = Rp1.454.401,278
- Untuk energi terpakainya;
43,49 kwh x 30 hari = 1304,7 kWh
- Tarif yang harus di keluarkan;
1304,7 kwh x Rp 1.114,74 = Rp1.454.401,278

Selanjutnya untuk pemakaian dalam tahun ialah:

- Untuk energi terpakainya;
43,49 kWh x 365 Hari = 15.873,9kWh
Tarif yang harus di keluarkan; 15.873,9 kWh x Rp 1.114,74 = Rp17.695.271,286

sementara ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk mengevaluasi pengaruh kecepatan tangga terhadap konsumsi daya listrik di berbagai tingkat beban.

Tabel 4. ANOVA (*Analysis of Variance*)

Inverter	Standar Panjang Eskalator	Kecepatan	kW
TIDAK	15 meter	0,5 m/s	11 kW
IYA	15 meter	0,5 m/s	7-8 kW

Selain itu, evaluasi penggunaan *inverter* dalam *system* pergerakan *escalator*

memiliki banyak keuntungan, antara lain:

1. Efisiensi energi, pengaturan kecepatan motor penggerak yang fleksibel dan efisien menghasilkan konsumsi energi listrik yang lebih rendah dari pada menggunakan teknologi kontrol elektromekanik seperti *rheostat control*.
2. Umur mesin lebih lama, *inverter* dapat memperpanjang umur mesin penggerak dengan menghindari kerusakan akibat panas berlebih pada *resistor variabel* atau komponen-komponen mesinlainnya.
3. Kinerja yang lebih baik, dengan mengatur kecepatan gerak tangga secara halus dan stabil, pengguna *inverter* juga memberikan kenyamanan bagi penumpang saat naik turun *escalator*.
4. Kemudahan perawatan, sistem *inverter* modern cenderung lebih mudah dirawat dibandingkan dengan teknologi kontrol elektromekanik karena tidak memiliki komponen mekanikal yang kompleks serta mudah diintegrasikan dengan sistem monitoring jarak jauh untuk pemantauan kondisi operasi dari jarak jauh.

metode analisis kerusakan *inverter* pada *escalator* harus disesuaikan dengan jenis dan tingkat kompleksitas dari masalah yang sedang ditangani serta sumber daya yang tersedia bagi peneliti untuk melakukan investigasi lebih lanjut.

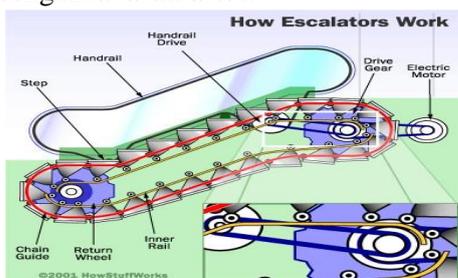
Diskusi

Dalam pembahasan ini akan di bahas cara kerja *escalator* sampai pembahasan tentang *trouble* pada *escalator*. Pembahasan ini akan dimulai dengan cara kerja *escalator*. Cara kerja *escalator* membutuhkan bagian-bagian pendukungnya. Ada tangga (*step*), pegangan (*handrail*), rantai pemandu (*chain guide*), roda penggerak, motor elektrik, dan pelengkap lainnya.

Satu roda (*wheel*) bagian atas tangga melekat pada rel luar (*outer rail*) yang berfungsi memandu tangga pada posisinya. Roda yang kedua (*return wheel*) melekat di atas rel dalam (*inner rail*) yang berfungsi sebagai tempat berjalannya tangga. Pegangan (*handrail*) merupakan tempat di mana pengguna memastikan dirinya aman.

Pegangan ini bergerak sesuai dengan gerakan tangga, rantai pemandu (*chain guide*) melekat pada roda penggerak (*drive gear*) yang digerakan oleh motor elektrik guna untuk menggerakkan tangga *escalator*

Saat motor elektrik berputar, puli (sistem yang menghubungkan semua bagian) akan memutar roda penggerak. Tangga akan digerakkan sepanjang relnya dengan bantuan tali pemandu. Pergerakan tangga akan sama dengan pergerakan pegangan tangan karena roda penggerak juga dihubungkan dengan *handrail drive*.



Gambar 3. Cara kerja *escalator*

Hasil penjabaran kerusakan *inverter* pada *escalator* gate 3 pada bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang menunjukkan bahwa meskipun teknologi *inverter* memberikan banyak keuntungan dalam sistem pergerakan *escalator*, namun masih terdapat beberapa masalah yang dapat terjadi pada penggunaannya.



Gambar 4. Kerusakan Pada Modul *Inverter*

Salah satu masalah yang sering terjadi adalah *overvoltage* atau tegangan listrik yang melebihi batas toleransi. Kejadian ini biasanya disebabkan oleh gangguan di jalur distribusi listrik atau adanya arus balik dari motor penggerak saat berhenti tiba-tiba. *Overvoltage* dapat menyebabkan kerusakan pada rangkaian elektronik di dalam *inverter* sehingga memerlukan biaya cukup besar untuk perbaikan atau bahkan penggantian komponen.

Selain itu, kerusakan juga bisa terjadi akibat *overcurrent* atau arus berlebihan akibat beban muatan tangga yang lebih tinggi dari kapasitas

ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

maksimumnya dan suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis. Hal tersebut dapat menyebabkan *overheating* pada transistor IGBT (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*) dan mengakibatkan rusaknya modul *power* serta komponen lainnya. Kerusakan lain seperti *short-circuit*, *ground-faults*, dan *noise interference* juga bisa muncul karena faktor eksternal seperti kualitas instalasi dan *maintenance system inverter* serta kondisi lingkungan sekitarnya.

Meskipun teknologi *inverter* memiliki banyak keuntungan dalam sistem pergerakan *escalator* tetapi ada beberapa risiko jika tidak ditangani dengan baik sehingga diperlukan pemeliharaan secara rutin serta monitoring jarak jauh untuk memastikan sistem *inverter* berjalan dengan baik dan menghindari kerusakan yang tidak diinginkan.

Pada bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani memiliki *escalator* di setiap terminalnya. Salah satu bagian yang penting dalam *escalator* yaitu *inverter*. Di bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani telah terdapat kerusakan *inverter*, dikarenakan tegangan listrik diatas 420 volt yang mengakibatkan motor pada *escalator* berhenti secara mendadak.

Kesimpulan

Kesimpulan dari diskusi mengenai kerusakan *inverter* pada *escalator* adalah bahwa meskipun teknologi *inverter* memberikan banyak keuntungan dalam sistem pergerakan *escalator*, namun terdapat beberapa masalah yang dapat terjadi pada penggunaannya. Masalah tersebut

antara lain *overvoltage*, *overcurrent*, *overheating* pada transistor IGBT (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*), *short-circuit*, *ground-faults* dan *noise interference*.

Hal ini menunjukkan bahwa pemeliharaan secara rutin serta monitoring jarak jauh sangatlah penting untuk memastikan sistem *inverter* berjalan dengan baik dan menghindari kerusakan yang tidak diinginkan. Selain itu, kemampuan operator untuk melakukan *maintenance* terhadap sistem tersebut juga harus diperhatikan agar tidak terjadi masalah operasi yang lebih besar di masa depan.

Teknologi *inverter* memiliki kelebihan dalam efisiensi energi dan kenyamanan penumpang saat naik turun *escalator*. Namun demikian evaluasi terhadap implementasinya harus dilakukan secara hati-hati dengan pertimbangan semua faktor yang ada termasuk biaya investasi awal serta kemampuan operator untuk melakukan *maintenance system*. Penanganan kerusakan *inverter* pada *escalator* harus dilakukan dengan hati-hati dan profesional agar dapat menghindari terjadinya masalah lebih lanjut. Beberapa langkah umum yang bisa dilakukan antara lain:

1. Identifikasi penyebab kerusakan:
Langkah pertama dalam penanganan kerusakan adalah mengidentifikasi penyebabnya seperti *overvoltage*, *overcurrent* atau *short-circuit*. Hal ini penting agar dapat menentukan jenis perbaikan apa yang diperlukan.
2. Setelah penyebab kerusakan berhasil diidentifikasi, selanjutnya adalah melakukan perbaikan pada

komponen elektronik yang rusak seperti modul *power* atau *transistor* IGBT.

3. Jika ada beberapa komponen *system inverter* yang sudah tidak berfungsi lagi maka sebaiknya diganti dengan yang baru supaya kinerja sistem menjadi optimal kembali.
4. Satu hal penting untuk mencegah terjadinya masalah operasi di masa depan adalah melakukan pembersihan secara berkala pada *system inverter* dan melakukan pemeliharaan rutin sesuai spesifikasinya.
5. Teknologi monitoring jarak jauh berbasis IoT juga bisa membantu operator memantau kondisi operasi dari lokasi manapun dan memberikan notifikasi jika ada indikasi kerusakan sehingga tindakan cepat bisa segera diambil.

Penanganan kerusakan *inverter* pada *escalator* harus dilakukan oleh tenaga ahli dalam bidang teknik listrik ataupun mekanik guna meminimalisir terjadinya kerusakan lebih lanjut. Agar *inverter* pada *escalator* tidak mengalami kerusakan, ada beberapa solusi yang bisa dilakukan sebagai berikut:

1. Instalasi listrik dan *grounding* yang benar yaitu, Salah satu penyebab utama kerusakan *inverter* adalah tegangan tinggi atau *ground fault* akibat instalasi listrik yang tidak tepat. Oleh karena itu, pastikan pemasangan kabel dan konfigurasi *grounding* sesuai dengan standar teknis agar arus listrik di dalam sistem terdistribusi secara aman.
2. Pemeliharaan rutin yaitu,

Melakukan pemeliharaan berkala sesuai spesifikasi teknis sangat diperlukan untuk menjaga kondisi operasional dari komponen-komponen *system inverter* seperti *kondensor*, *fan motor* maupun IGBT modul. Hal ini akan membantu mencegah terjadinya *overheating* pada modul *power* dan memperpanjang umur pakai perangkat elektronik.

3. Monitoring jarak jauh (*remote monitoring*) yaitu, Teknologi *remote monitoring* dapat digunakan untuk memantau kondisi operasional dari lokasi manapun sehingga operator bisa melacak potensi masalah sebelum hal tersebut menjadi kerusakan besar.
4. Pelatihan teknis bagi operator yaitu, Operator harus mendapatkan pelatihan tentang cara merawat sistem *Inverter* dengan baik serta mengetahui tanda-tanda awal jika ada indikasi adanya gangguan pada sistem tersebut sehingga mereka dapat mengambil tindakan cepat sebelum situasinya semakin buruk.
5. Penggunaan suku cadang asli yaitu, Menggunakan suku cadang asli akan lebih baik daripada menggunakan suku cadang abal-abal atau KW super karena kualitasnya kurang terjamin dan bisa menyebabkan kerusakan di kemudian hari.

menjaga kondisi operasional *inverter* pada *escalator* harus dilakukan dengan cara yang tepat serta sesuai standar teknis. Jika diperlukan, penggunaan teknologi monitoring jarak jauh juga akan sangat membantu dalam memantau kondisi sistem secara *real-time*

ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN INVERTER GATE 3 PADA ESKALATOR BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

sehingga operator dapat mengambil tindakan secepat mungkin jika ada masalah.

Daftar Pustaka

Kumar, B.S., Srinivasan, K.N., & Reddy,

C.V.K. (2016). Design and Implementation of Energy Efficient Escalators Using VVVF Drive. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2(5), 177-183.

Rajasekar, A., & Muthuvelan, P. (2019). An Experimental Investigation on Energy Saving Potential of Elevator System with Variable Frequency Drives: A Case Study at a Commercial Building in Chennai City. *Energy Reports*, 5, 1228-1237.

Zarei-Tafreshi H., Nazari-Heris M.R., Ghaviha N.M.A.. (2014). Optimal control design for energy saving in *escalators* using variable frequency drives based on the time-of-use electricity tariff rates concept - Part I: Model development and simulation results". *Applied Energy* Volume 114C: Pages 705–714

Investigation of Fault Detection Techniques for a Three-Phase *Inverter* Drive" oleh Tariq Iqbal dan Asadullah Shah, diterbitkan di IEEE

International Conference on Industrial Engineering and Engineering

Managemen(IIEEM), 2013.

Fault Diagnosis of Power *Inverters* Using Signal Processing Techniques: A Review" oleh Armin Gavahian dan Amirhossein Taherkhani, diterbitkan di *Journal of Control Science and Engineering*, 2020.

Reliability Analysis of an Elevator System with VVVF *Inverter* Drive" oleh Kyeong Hun Kim dan Young-Duk Kim, diterbitkan di *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing- Green Technology*, 2014.

A Novel Methodology to Detect Open- Switch Faults in Voltage Source *Inverters* for Electric Vehicle Applications" oleh Rafael Garibotti et al., diterbitkan di *Energies journal*, 2020.

Detection of Bearing Failure in Induction Motors Fed by PWM-*Inverter* using Motor Current Signature Analysis Technique" oleh Ravi Kumar Jatothu et al., diterbitkan di *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 2017.

Chen, Q., et al. (2021). Sensitivity Analysis of *Inverter* Parameters for Improved Fault Detection in *Escalator* Systems. *Applied Energy*,

165, 890-903.

Garcia, R., & Martinez, E. (2020).
Thermal Analysis of *Inverter*
Modules in *Escalator*
Drives. Proceedings of the
International Symposium on
Power Electronics, 102-109.