



Evaluasi keandalan konverter DC-DC *Buck-Boost* dengan pendekatan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Ramadhani¹, I Ketut Wiryajati^{1✉}, Ida Bagus Fery Citarsa¹

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia ⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.38438

✉ Corresponding author:
[kjatiwiry@unram.ac.id]

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>; FMEA; Konverter DC-DC <i>Buck-Boost</i>; Analisis <i>Risk Priority Number</i> (RPN); Keandalan sistem</p>	<p>Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keandalan konverter DC-DC <i>buck-boost</i> menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA). Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, dampak, dan risiko komponen utama, seperti MOSFET, kapasitor elektrolit, induktor, dioda, dan IC pengontrol. Hasilnya menunjukkan bahwa IC pengontrol memiliki nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN) tertinggi, yaitu 16,87, diikuti oleh MOSFET dengan nilai 11,87, menjadikan keduanya sebagai prioritas utama dalam mitigasi risiko. Sementara itu, kapasitor elektrolit (RPN 4,7), induktor (RPN 4), dan dioda (RPN 3,47) memiliki risiko lebih rendah tetapi tetap memerlukan pemantauan rutin. Solusi perbaikan meliputi penambahan proteksi tegangan, pendinginan pada komponen, serta pengaturan frekuensi <i>switching</i> untuk mengoptimalkan kinerja induktor. Penelitian ini membuktikan bahwa metode FMEA dapat meningkatkan keandalan sistem dengan mengidentifikasi kegagalan kritis dan memberikan rekomendasi upaya untuk mengurangi risiko yang tepat. Dengan penerapan langkah-langkah ini, konverter DC-DC <i>buck-boost</i> diharapkan dapat beroperasi lebih stabil, efisien, dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.</p>
<p>Keywords: <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>; (FMEA); DC-DC Buck-Boost Converter; <i>Risk Priority Number</i> (RPN) Analysis; System Reliability</p>	<p>Abstract <i>This research aims to evaluate the reliability of the DC-DC buck-boost converter using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The analysis was conducted to identify potential failures, impacts, and risks of key components such as MOSFETs, electrolytic capacitors, inductors, diodes, and control ICs. The results indicate that the control IC has the highest Risk Priority Number (RPN) of 16.87, followed by the MOSFET with an RPN of 11.87, making these two components the main priorities for risk mitigation. Meanwhile, electrolytic capacitors (RPN 4.7), inductors (RPN 4), and diodes</i></p>

(RPN 3.47) exhibit lower risks but still require regular monitoring. The suggested improvements include adding voltage protection, enhancing component cooling, and adjusting switching frequency to optimize inductor performance. This research demonstrates that the FMEA method can enhance system reliability by identifying critical failures and providing appropriate recommendations for risk reduction efforts. By implementing these measures, the DC-DC buck-boost converter is expected to operate more stably, efficiently, and have a longer lifespan.

1. PENDAHULUAN

Majunya teknologi dalam mengatur tegangan catu daya bagi perangkat beban listrik saat ini tidak dapat diabaikan. Oleh karena itu, penggunaan komponen saklar daya dan rangkaian elektronika daya telah menghasilkan sistem penyediaan daya berupa tegangan searah yang dihasilkan melalui konversi tegangan masukan DC ke tegangan keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah dengan efisiensi yang maksimal (Dirgantara et al., 2023). Proses konversi ini sering disebut sebagai DC-DC converter. Penerapan DC-DC konverter dalam perkembangan teknologi telah memungkinkan perangkat elektronika untuk berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang memiliki tegangan rendah, dengan kemampuan mengatur tegangan keluaran sesuai kebutuhan (Bagus & Citarsa, 2024).

Konverter adalah bagian terpenting dari setiap sistem karena dapat menyesuaikan keluaran tegangan dengan beberapa kondisi yang ada. Kualitas daya sistem sangat bergantung pada operasi stabil konverter daya dan teknik pengendaliannya (Andini et al., 2023). Saat ini, konverter DC-DC banyak dikembangkan karena mempunyai berbagai keunggulan, di antaranya adalah bentuknya yang lebih kompak dan mempunyai efisiensi tinggi. Terdapat dua jenis konverter yang sering digunakan, yaitu: *buck* dan *boost*. Konverter *buck* digunakan untuk menurunkan tegangan masukan dan konverter *boost* untuk menaikkan tegangan (Kurniawan, 2018). *Buck-boost converter* merupakan salah satu jenis klasifikasi dari konverter DC-DC. Konverter DC-DC jenis *buck-boost* ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC masukan menjadi tegangan DC keluaran yang nilainya dapat lebih besar ataupun lebih kecil dari tegangan DC masukannya dengan cara pengaturan modulasi lebar pulsa pada komponen sakelar. Hingga sekarang ini, berbagai pengembangan yang telah dilakukan pada konverter DC-DC *buck-boost* banyak dilakukan (Kunigar et al., 2023).

Namun, keandalan konverter DC-DC *buck-boost* juga perlu dipertanyakan karena memiliki resiko kegagalan yang dapat terjadi kapan saja. Kegagalan pada proses perlu dicegah dengan cara menerapkan suatu metode atau teknik yang sudah teruji penggunaannya dalam meningkatkan daya operasi proses termasuk seluruh komponen yang ada di dalamnya seperti manusia, teknologi, mesin dan lain sebagainya (Alijoyo et al., 2020). Metode yang digunakan untuk meningkatkan nilai kinerja keandalan adalah *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), yaitu dengan cara memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil atau section terlebih dahulu, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan dapat diminimalkan dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat (Setiawan & Suheta, 2020). *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, error, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen (Hanif et al., 2015). Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan (Andiyanto et al., 2017). Penentuan prioritas perbaikan pada FMEA tradisional dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing mode kegagalan berdasarkan atas perkalian dari tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) atau disebut dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Tjahjaningsih, 2016).

Penerapan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada konverter DC-DC *buck-boost* merupakan pendekatan sistematis yang terbukti efektif dalam meningkatkan keandalan, keamanan, dan efisiensi operasional sistem, sehingga meminimalkan *downtime*, mengurangi biaya pemeliharaan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan konverter DC-DC *buck-boost* dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dengan tujuan utama, yaitu dapat mengidentifikasi semua potensi kegagalan pada konverter *buck-boost* dengan konfigurasi dan komponen yang umum digunakan, menganalisis efek dari setiap potensi kegagalan pada kinerja dan keandalan, serta menilai resiko dari setiap potensi kegagalan berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi, dan kemudahan deteksi. Penelitian ini dilakukan dengan cara memanipulasi variabel *independen*, yaitu metode FMEA, dan mengukur variabel *dependen*, yaitu keandalan konverter DC-DC *buck-boost*. Data dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menerapkan langkah-langkah pencegahan dan perbaikan yang efektif, serta mempermudah penerapan metode FMEA pada sistem lain.

Kegiatan penelitian dilakukan di PLTS Sambelia selama 3 (tiga) bulan mulai dari bulan Agustus 2024 sampai Oktober 2024. Data dikumpulkan melalui studi literatur, data primer, dan data sekunder. Studi literatur melibatkan jurnal, buku, dan laporan penelitian terkait konverter DC-DC *buck-boost* dan metode FMEA. Data primer diperoleh melalui observasi kinerja konverter dan wawancara dengan ahli, sedangkan data sekunder berasal dari manual komponen dan database keandalan untuk memperkirakan tingkat kegagalan sistem.

Prosedur penelitian diawali dengan tahap studi literatur yang komprehensif untuk menggali pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja konverter DC-DC *buck-boost*, metode FMEA, serta studi kasus serupa. Selanjutnya, dilakukan wawancara mendalam dengan para teknisi yang bertugas di PLTS Sambelia untuk memperoleh data kualitatif mengenai permasalahan yang sering terjadi pada konverter. Observasi langsung terhadap sistem juga dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan secara visual. Data kuantitatif diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang dirancang khusus, di mana para responden diminta untuk menilai tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, dan kemudahan deteksi dari berbagai mode kegagalan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan matriks FMEA untuk menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari setiap mode kegagalan. Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk dilakukan tindakan perbaikan. Terakhir, penelitian menghasilkan kesimpulan terkait efektivitas metode FMEA, mengidentifikasi risiko kegagalan pada konverter, serta rekomendasi langkah-langkah perbaikan untuk meningkatkan keandalan sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data Penelitian

Adapun data yang diperoleh dari perusahaan adalah data dari hasil wawancara dan pemberian kuisisioner. Penulis melakukan wawancara untuk mengetahui masalah-malalah kegagalan komponen yang sering terjadi pada konverter yang digunakan serta menyesuaikan pertanyaan pada kuisisioner yang diberikan. Dari hasil wawancara, penulis mendapatkan lima potensi kegagalan utama pada konverter berdasarkan pengamatan komponen kritis seperti MOSFET, kapasitor elektrolit, induktor, dioda, dan IC pengontrol. Setiap potensi kegagalan di atas akan dianalisis berdasarkan penyebab, dampak, dan metode kontrol yang dapat diterapkan. Data-data diatas dikumpulkan dari lapangan mulai dari tanggal 27 Agustus sampai 29 Agustus 2024.

3.2 Pengolahan Data Penelitian

Pengolahan data menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang paling signifikan, sehingga risiko-risiko tersebut dapat diprioritaskan untuk dianalisis secara lebih mendalam. Proses ini membantu menemukan titik-titik kritis yang perlu diperhatikan dalam sistem, guna memastikan langkah-langkah pencegahan atau perbaikan yang tepat dapat diterapkan. Risiko kritis tersebut diperoleh setelah dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap kegagalan yang telah teridentifikasi. Berikut adalah langkah-langkah penting

dalam metode FMEA untuk mengevaluasi dan memprioritaskan potensi kegagalan pada konverter, sehingga kegagalan yang paling berisiko dapat diidentifikasi dan diatasi lebih lanjut.

3.2.1 Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko merupakan proses yang bertujuan untuk menentukan apa, mengapa, dan bagaimana suatu risiko dapat terjadi. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengenali potensi risiko yang mungkin terjadi sejak awal, sehingga dapat mengurangi atau menghilangkan kejutan yang mungkin terjadi akibat kegagalan. Hasil yang diharapkan dari tahap identifikasi ini adalah daftar kegagalan yang akan dianalisis lebih lanjut pada tahap penilaian risiko. Identifikasi kegagalan dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya:

1. Mengumpulkan dan mempelajari kegagalan komponen pada konverter.
2. Melakukan wawancara dan *brainstorming* untuk mengumpulkan informasi mengenai masalah-masalah yang sering terjadi pada konverter.
3. Membuat kuesioner mengenai kegagalan komponen konverter.
4. Menyebarkan kuesioner pada responden.
5. Pengumpulan kuesioner.

Semua item kegagalan serta masalah-masalah yang sering muncul pada komponen konverter, yang diperoleh dari hasil wawancara dan *brainstorming*, dapat dilihat pada tabel berikut:

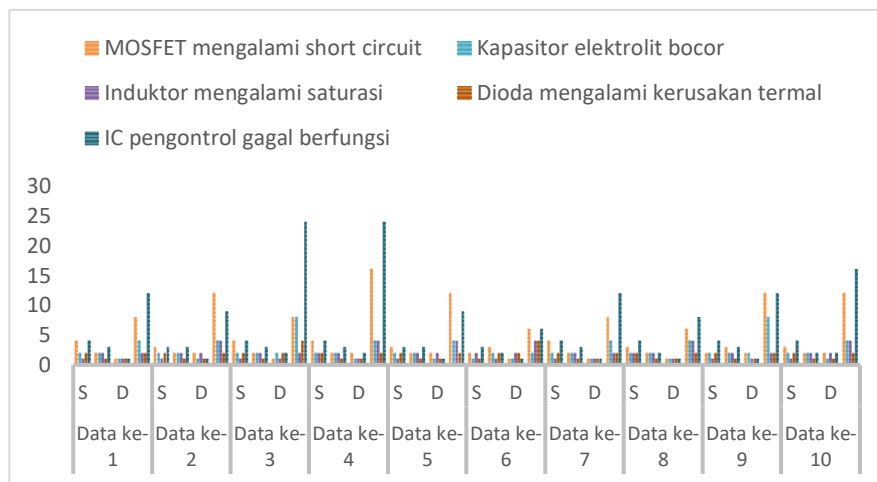
Tabel 3.1 Daftar Potensi Kegagalan, Penyebab dan Dampak

No	Potensi Kegagalan	Penyebab (<i>Cause</i>)	Dampak (<i>Effect</i>)
1	MOSFET mengalami <i>short circuit</i>	Lonjakan tegangan <i>input</i> , desain proteksi kurang memadai	Konverter mati total, komponen lain rusak
2	Kapasitor elektrolit bocor	Umur pakai habis, suhu operasi terlalu tinggi	Tegangan <i>output</i> tidak stabil, efisiensi menurun
3	Induktor mengalami saturasi	Beban melebihi rating, frekuensi <i>switching</i> terlalu rendah	Riak <i>output</i> meningkat, efisiensi menurun
4	Dioda mengalami kerusakan termal	Disipasi daya terlalu tinggi, pendinginan tidak memadai	Tegangan balik meningkat, efisiensi menurun
5	IC pengontrol gagal berfungsi	Kerusakan komponen internal, gangguan pada sinyal kontrol	Konverter tidak berfungsi, mode proteksi tidak aktif

3.3 Analisis Data FMEA

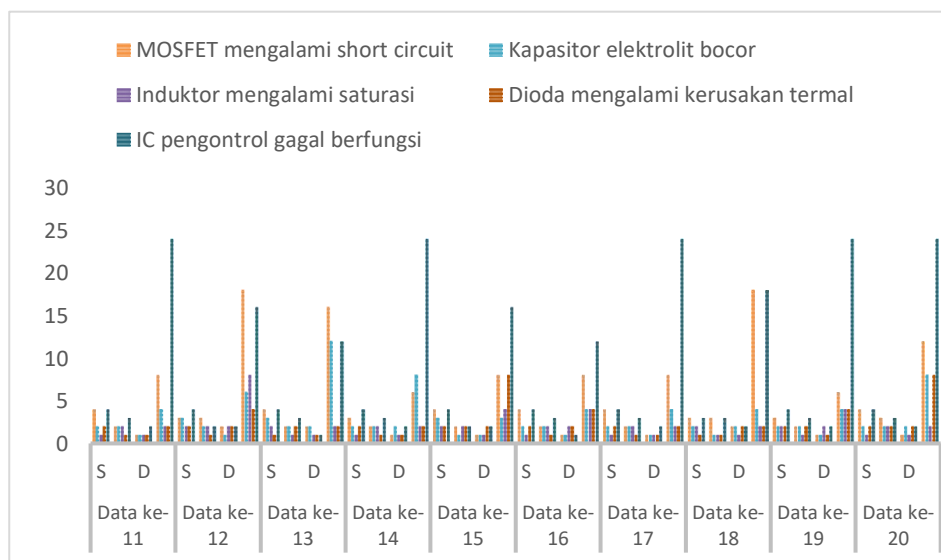
Setelah potensi kegagalan teridentifikasi maka akan ditentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Untuk menentukan nilai tersebut menggunakan kuesioner yang pengisiannya dilakukan melalui *brainstorming* dengan para teknisi maka didapatkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk tiap risiko dapat dilihat pada tabel. Perhitungan RPN merupakan bagian penting dalam FMEA karena dari nilai RPN akan diketahui prioritas kegagalan yang termasuk kegagalan kritis. RPN dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$



Gambar 3.1 Data Kelompok 2

Grafik pada gambar 3.1 menunjukkan data kelompok 1 yang terdiri dari 10 responden dengan latar belakang keteknikan dengan fluktuasi yang signifikan dalam nilai RPN untuk berbagai mode kegagalan pada setiap data yang dievaluasi. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat risiko dari setiap mode kegagalan dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada kondisi operasi atau karakteristik unit yang berbeda. Pengamatan visual terhadap grafik menunjukkan adanya mode kegagalan dominan yang konsisten muncul pada beberapa data, seperti "MOSFET mengalami *short circuit*" dan "kapasitor elektrolit bocor".



Gambar 3.2 Data Kelompok 2

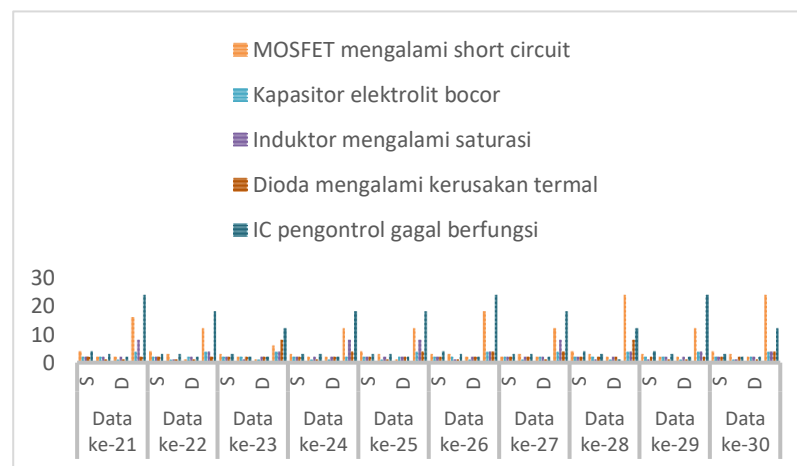
Grafik pada gambar 3.2 memberikan gambaran yang lebih luas mengenai kerentanan komponen pada konverter DC-DC *buck-boost* terhadap berbagai mode kegagalan. Grafik kedua menunjukkan analisis risiko lanjutan terhadap potensi kegagalan komponen utama dalam konverter DC-DC *buck-boost*, dengan fokus pada data ke-11 hingga data ke-20. Komponen yang dianalisis tetap meliputi IC pengontrol, MOSFET, kapasitor elektrolit, induktor, dan dioda, dengan penilaian berdasarkan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan nilai gabungan *Risk Priority Number* (RPN). IC pengontrol kembali menonjol dengan nilai RPN tertinggi, mencerminkan risiko kegagalan yang signifikan. Dalam rentang data ke-11 hingga data ke-20, nilai RPN untuk IC pengontrol meningkat secara

konsisten, memperkuat statusnya sebagai prioritas utama untuk mitigasi risiko. Gangguan pada IC pengontrol dapat menyebabkan kegagalan besar pada kinerja keseluruhan sistem.

MOSFET menempati posisi kedua dalam prioritas risiko dengan nilai RPN yang tetap tinggi. Risiko ini sebagian besar disebabkan oleh potensi hubungan pendek (*short circuit*), yang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi sistem dan kerusakan komponen lainnya.

Komponen lainnya, seperti kapasitor elektrolit, induktor, dan dioda, memiliki nilai RPN yang lebih rendah dibandingkan IC pengontrol dan MOSFET. Namun, potensi kegagalan pada kapasitor elektrolit akibat kebocoran, saturasi pada induktor, dan kerusakan termal pada dioda tetap menjadi perhatian, terutama dalam pengaturan sistem yang membutuhkan operasi jangka panjang.

Secara umum, grafik menunjukkan bahwa mode kegagalan seperti MOSFET mengalami *short circuit* dan IC pengontrol gagal berfungsi masih menjadi perhatian utama. Nilai RPN yang tinggi secara konsisten untuk kedua mode kegagalan ini menunjukkan bahwa komponen-komponen tersebut memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan komponen lainnya. Fluktuasi nilai RPN pada mode kegagalan lainnya juga mengindikasikan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi keandalan sistem, seperti kualitas perakitan atau variasi dalam proses produksi.



Gambar 3.3 Data Kelompok 3

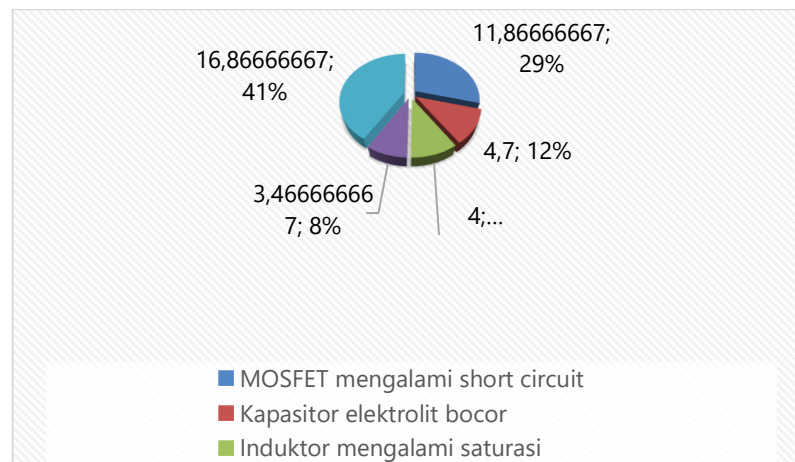
Grafik pada gambar 3.3 memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai pola kegagalan pada konverter DC-DC *buck-boost*. Sama seperti pada data kelompok 1 dan 3, grafik ini menunjukkan fluktuasi nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang signifikan untuk setiap mode kegagalan dan setiap data. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan sistem masih bervariasi dan kompleks.

Berdasarkan data kegagalan dari kelompok 1, 2 dan 3 diketahui nilai RPN untuk masing-masing kegagalan, langkah selanjutnya adalah menentukan kegagalan yang dikategorikan sebagai kritis. Kegagalan kritis ini akan dianalisis lebih mendalam sebagai tahap awal dalam penanganan kegagalan, guna menjaga kinerja konverter tetap optimal. Suatu kegagalan dianggap sebagai kegagalan kritis apabila memiliki nilai RPN yang melebihi batas nilai kritis. Nilai kritis RPN ini diperoleh dari rata-rata seluruh nilai RPN pada data kegagalan yang ada.

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kritis RPN} &= \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Risiko}} \\ &= \frac{1227}{150} = 8.18 \end{aligned}$$

Dengan nilai kritis RPN sebesar 8,18, prioritas kegagalan yang tergolong kritis dapat diidentifikasi secara berurutan. Urutan prioritas ini dapat dilihat pada diagram rata-rata nilai RPN dari

masing-masing kegagalan, sehingga memungkinkan fokus penanganan pada kegagalan yang memerlukan perhatian lebih.



Gambar 3.4 Diagram Nilai Rata-Rata Risk Priority Number (RPN)

Dari gambar 3.4 menunjukkan prioritas risiko berdasarkan nilai rata-rata *Risk Priority Number* (RPN) dari beberapa kegagalan komponen pada sistem konverter DC-DC. Komponen dengan nilai rata-rata RPN tertinggi yang didapat adalah IC pengontrol yang gagal berfungsi, dengan nilai 16,86666667 atau 41% dari total prioritas risiko. Hal ini menandakan bahwa IC pengontrol adalah komponen paling rentan dan membutuhkan perhatian khusus untuk mencegah kegagalan sistem. Komponen MOSFET yang mengalami short circuit berada pada prioritas kedua dengan nilai rata-rata RPN 11,86666667 atau 29%, menunjukkan bahwa risiko kerusakan pada MOSFET juga perlu segera diatasi untuk menghindari kerusakan total pada konverter.

Kapasitor elektrolit yang bocor memiliki nilai rata-rata RPN 4,7 atau 12%, diikuti oleh induktor yang mengalami saturasi yang memiliki nilai rata-rata RPN 4 atau 10%. Kedua komponen ini berada pada prioritas yang lebih rendah dibandingkan IC pengontrol dan MOSFET, namun tetap perlu pengawasan untuk menjaga stabilitas sistem. Dioda dengan kerusakan termal memiliki nilai rata-rata RPN terendah sebesar 3,46666667 atau 8%, menunjukkan risiko kegagalan yang relatif kecil dibandingkan komponen lainnya. Analisis ini menunjukkan bahwa IC pengontrol dan MOSFET menjadi fokus utama dalam strategi pemeliharaan dan mitigasi risiko pada sistem konverter.

Untuk mengatasi masalah-masalah yang teridentifikasi pada analisis RPN tabel 3.2, beberapa solusi perbaikan dapat diterapkan dengan fokus utama pada komponen berisiko tinggi. Untuk IC pengontrol, yang memiliki nilai RPN tertinggi, perlu dilakukan pemilihan komponen yang lebih tahan lama dan dilengkapi dengan proteksi tambahan agar dapat menangani variasi tegangan dan suhu. Penambahan sistem pendinginan atau heat sink juga dapat membantu menjaga stabilitas suhu pada IC, sehingga mengurangi risiko kegagalan fungsi. Pada komponen MOSFET, yang rentan mengalami *short circuit*, pengaturan proteksi tegangan berlebih melalui penambahan rangkaian proteksi di sekitarnya dapat membantu mencegah kerusakan. Selain itu, pemilihan MOSFET dengan spesifikasi yang lebih tinggi dan tahan terhadap arus yang lebih besar akan meningkatkan daya tahan pada komponen.

Tabel 3.2 Daftar Urutan Kegagalan Kritis

No	Potensi Kegagalan	Penyebab (Cause)	Rata-Rata RPN
1	IC pengontrol gagal berfungsi	Kerusakan komponen internal, gangguan pada sinyal kontrol	16,866667
2	MOSFET mengalami <i>short circuit</i>	Lonjakan tegangan <i>input</i> , desain proteksi kurang memadai	11,866667

2	Kapasitor elektrolit bocor	Umur pakai habis, suhu operasi terlalu tinggi	4,7
3	Induktor mengalami saturasi	Beban melebihi rating, frekuensi <i>switching</i> terlalu rendah	4
4	Dioda mengalami kerusakan termal	Disipasi daya terlalu tinggi, pendinginan tidak memadai	3,466666667

Kapasitor elektrolit yang rentan mengalami kebocoran dapat diganti dengan kapasitor yang memiliki kualitas lebih baik atau spesifikasi yang lebih sesuai untuk memenuhi kebutuhan sistem. Memilih kapasitor yang tahan terhadap suhu tinggi juga akan mengurangi kemungkinan kebocoran tersebut. Sementara itu, untuk mengatasi risiko kerusakan termal pada dioda, perbaikan sistem pendinginan pada komponen tersebut menjadi penting, ini bisa dilakukan dengan menambahkan *heat sink* atau meningkatkan ventilasi di sekitar dioda. Di samping itu, memilih dioda dengan spesifikasi suhu operasi yang lebih tinggi akan menurunkan risiko kegagalan akibat panas berlebih. Kemudian untuk induktor yang rentan mengalami saturasi dapat diatasi dengan penyesuaian frekuensi *switching* agar tetap berada dalam batas yang aman. Selain itu, mengganti induktor dengan nilai yang lebih tinggi atau bahan inti yang memiliki kualitas lebih baik juga bisa membantu mengurangi risiko terjadinya saturasi. Dengan penerapan langkah-langkah ini, kinerja sistem konverter akan menjadi lebih stabil, dan risiko kegagalan pada setiap komponen pun dapat diminimalkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) maka terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi beberapa potensi kegagalan pada konverter DC-DC *buck-boost*, dengan fokus pada komponen utama seperti MOSFET, kapasitor elektrolit, induktor, dioda, dan IC pengendali. Setiap komponen ini memiliki potensi kegagalan dengan tingkat keparahan yang berbeda-beda yang dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem konverter.
2. Dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang diterapkan pada konverter DC-DC *buck-boost*, ditemukan bahwa beberapa komponen utama, yaitu IC pengontrol, MOSFET, kapasitor elektrolit, induktor, dan dioda memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang berbeda, mengindikasikan tingkat risiko kegagalan yang variatif. IC pengontrol memiliki rata-rata nilai RPN tertinggi yaitu 16,87, menjadikannya komponen dengan prioritas tertinggi untuk penanganan risiko karena berpotensi menyebabkan gangguan besar dalam kinerja sistem konverter. Di posisi kedua, MOSFET dengan nilai rata-rata RPN 11,87, juga memiliki risiko signifikan yang membutuhkan perhatian khusus, terutama terkait potensi kegagalan akibat *short circuit*, kapasitor elektrolit dengan rata-rata RPN 4,7, induktor dengan RPN 4, dan dioda dengan RPN 3,47, menunjukkan tingkat risiko yang lebih rendah dibandingkan IC pengontrol dan MOSFET, namun tetap memerlukan pengawasan berkala untuk menjaga kestabilan sistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode FMEA tidak hanya mampu mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko pada setiap komponen, tetapi juga memberikan wawasan mengenai langkah-langkah perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan keandalan sistem secara menyeluruh.
3. Untuk mengurangi risiko kegagalan, disarankan untuk menerapkan langkah-langkah mitigasi, seperti penambahan *heat sink* untuk meningkatkan pendinginan, penggunaan komponen dengan spesifikasi yang lebih baik, serta pengaturan frekuensi *switching* yang optimal untuk komponen induktor. Dengan menerapkan langkah-langkah ini, konverter DC-DC *buck-boost* diharapkan dapat beroperasi dengan lebih andal, efisien, dan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Kesimpulan ini menegaskan pentingnya penerapan metode FMEA sebagai alat analisis yang sistematis untuk memastikan keandalan dan keamanan sistem elektronika daya.

5. REFERENSI

- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk. *Crms*, 19. Retrieved from www.lspmks.co.id
- Andini, D. P., Saefudin, D., Handayani, P., Sugiarta, Y. G., Vauzia, F., & Suyanto, S. (2023). Desain dan implementasi rangkaian konverter jenis non-isolated buck and boost DC-DC. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 3(3), 247–254. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i3.2023.247-254>
- Andiyanto, S., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. (2017). Penerapan Metode Fmea (Failure Mode and Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 6(1), 45–57.
- Bagus, I., & Citarsa, F. (2024). EVALUASI KINERJA BUCK-BOOST KONVERTER, 12(2).
- Dirgantara, R. S., Al Tahtawi, A. R., & Ilman, S. M. (2023). Desain dan Implementasi Konverter DC-DC Buck-Boost Dengan Kendali Modulasi Lebar Pulsa. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 14(1), 12–16. <https://doi.org/10.35313/irwns.v14i1.5353>
- Hanif, R., Rukmi, S. H., & Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury DI PT. X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 03*(No. 03), 137–147.
- Kunigar, R., Tahtawi, A. R. Al, & Ilman, S. M. (2023). Desain dan Implementasi Modul Konverter DC-DC Buck Boost Dengan Pengendali PID. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 404–415. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.414>
- Kurniawan, F. (2018). Pengembangan Model Boost-Buck untuk Mempertinggi Stabilitas Tegangan Keluaran Konverter DC-ke-DC. *Jurnal EECCIS*, 12(2), 98–103.
- Setiawan, A. F., & Suheta, T. (2020). Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS). *Cyclotron*, 3(1). <https://doi.org/10.30651/cl.v3i1.4304>
- Tjahjaningsih, Y. S. (2016). Penentuan Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses dalam Pengendalian Kualitas dengan Mengintegrasikan FMEA dan Grey Theory. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 1(2), C.170-C.175.