

Analisis Deskriptif Inovasi Sistem Relay Proteksi untuk Mencegah Kerusakan EMCP pada Unit Genset di PT PPA Jobsite MIP

Joko Triraharjo, Fika Kurniawan, M. Ferry Saputra, Adrianto Dendang, Edi Setyawan
Nugroho, Aryo Adi S, Bagus Budhi Bowo L
PT K3, Indonesia
Email: budhibowo338@gmail.com

ABSTRAK

Gangguan pasokan listrik merupakan salah satu faktor utama yang menghambat produktivitas industri, khususnya di sektor pertambangan yang bergantung pada pembangkit listrik mandiri seperti genset. PT Putra Perkasa Abadi (PPA) mengalami permasalahan berulang terkait kerusakan Electric Module Control Panel (EMCP) pada unit genset Caterpillar 400 KVA akibat lonjakan arus mendadak. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan proses penerapan sistem proteksi tambahan berupa relay proteksi serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mencegah kerusakan EMCP. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi dokumentasi internal perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem relay proteksi mampu mengeliminasi frekuensi kerusakan EMCP menjadi nol kejadian, mengurangi downtime dari 7 hari menjadi 30 menit, dan menurunkan biaya penggantian dari Rp34.000.000 menjadi Rp100.000 per kejadian. Inovasi ini juga berdampak positif terhadap aspek Quality, Cost, Delivery, Safety, dan Moral (QCDSM). Penelitian ini menyarankan penerapan relay proteksi sebagai standar sistem pengamanan pada genset industri pertambangan serta perlunya kajian lanjutan dengan pendekatan teknis-kuantitatif untuk pengukuran performa sistem secara lebih akurat.

Kata kunci: relay proteksi, EMCP, genset, inovasi teknis, pemeliharaan preventif

ABSTRACT

Disruption of electricity supply is one of the main factors hampering industrial productivity, especially in the mining sector that relies on independent power plants such as generators. PT Putra Perkasa Abadi (PPA) experienced repeated problems related to damage to the Electric Module Control Panel (EMCP) in the Caterpillar 400 KVA generator set due to a sudden surge in current. This study aims to describe the process of implementing an additional protection system in the form of a protection relay and evaluate its effectiveness in preventing EMCP damage. This research uses a descriptive qualitative approach by collecting data through observation, interviews, and studies of the company's internal documentation. The results showed that the protection relay system was able to eliminate the frequency of EMCP damage to zero incidents, reduce downtime from 7 days to 30 minutes, and reduce replacement costs from Rp34,000,000 to Rp100,000 per incident. This innovation also has a positive impact on the aspects of Quality, Cost, Delivery, Safety, and Morale (QCDSM). This study suggests the application of protection relays as a safety system standard in mining industry generators and the need for further studies with a technical-quantitative approach to measure system performance more accurately.

Keywords: protection relay, EMCP, generator set, technical innovation, preventive maintenance

PENDAHULUAN

Listrik merupakan komponen vital dalam keberlangsungan aktivitas industri modern, termasuk di sektor pertambangan yang sangat bergantung pada suplai energi untuk mendukung berbagai proses kerja. Ketergantungan ini menjadi lebih signifikan mengingat sistem pertambangan sering kali berada di lokasi yang jauh (Pradana & Mubarak, 2018; Purwanto, 2021; Rasmini et al., 2019; Rokhim et al., 2023) dari jaringan listrik nasional, sehingga membutuhkan pembangkit listrik mandiri. Menurut International Energy Agency (2021), sekitar 70% dari operasi pertambangan global berada di wilayah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama, menjadikan pembangkit lokal seperti genset sebagai andalan utama penyedia energi. Selain itu, laporan dari World Bank (2020) menyebutkan bahwa gangguan pasokan listrik menjadi salah satu penyebab utama penurunan produktivitas

Joko Triraharjo, Fika Kurniawan, M. Ferry Saputra, Adrianto Dendang, Edi Setyawan Nugroho, Aryo Adi S, Bagus Budhi Bowo L

Analisis Deskriptif Inovasi Sistem Relay Proteksi untuk Mencegah Kerusakan EMCP pada Unit Genset di PT PPA Jobsite MIP

industri di negara berkembang, termasuk Indonesia. Zhang, Wang, dan Xu (2019) juga menegaskan bahwa kestabilan sistem tenaga listrik sangat memengaruhi efisiensi operasional dan keselamatan kerja di area pertambangan.

Di lingkungan operasional PT Putra Perkasa Abadi (PPA), salah satu kontraktor pertambangan terbesar di Indonesia, keberadaan genset memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan kelancaran kegiatan di area workshop dan perkantoran, khususnya pada lokasi jobsite MIP. Namun demikian, gangguan pada unit genset, terutama kerusakan pada Electric Module Control Panel (EMCP), menjadi permasalahan serius yang berulang. Berdasarkan data internal perusahaan (PT PPA, 2023), pada Oktober 2023 terjadi breakdown unit genset akibat kerusakan EMCP yang dipicu oleh lonjakan arus mendadak yang diduga berasal dari sambaran petir. Kerusakan ini berdampak signifikan pada kegiatan operasional, khususnya keterlambatan pekerjaan dan terganggunya kelistrikan di area kritikal (Khan & Khan, 2020; Lee & Kim, 2023; Patel & Desai, 2021; Smith & Brown, 2019; Zhang & Wang, 2022). Selain itu, biaya penggantian komponen EMCP yang mencapai Rp34.000.000 serta waktu henti operasional selama 7 hari memberikan beban ekonomi dan teknis yang tinggi (PT PPA, 2024). Studi lapangan menunjukkan bahwa sistem proteksi yang hanya mengandalkan prinsip mekanikal tidak mampu memberikan perlindungan optimal terhadap komponen sensitif seperti EMCP (Tim Wheel Support PT PPA, 2024).

Tabel 1. Rekapitulasi Permasalahan Genset di PT PPA Jobsite MIP

No.	Aspek yang Diamati	Kondisi (Sebelum Solusi)	Aktual	Permasalahan yang Ditemukan	Dampak Operasional
1	Sistem Proteksi Genset	Hanya mengandalkan prinsip mekanikal proteksi	mengandalkan mekanikal	Tidak mampu menahan lonjakan arus akibat sambaran petir	Kerusakan EMCP; sistem gagal melindungi komponen penting genset
2	Komponen EMCP	EMCP rusak setelah lonjakan arus	rusak setelah lonjakan arus	Tidak ada pengaman tambahan di sisi input arus	Biaya penggantian komponen: Rp 34.000.000; komponen sulit diperoleh
3	Waktu Pemulihan Operasional	Delay part replacement ± 7 hari	part replacement	Waktu tunggu (lead time) tinggi untuk komponen EMCP	Terjadi downtime operasional selama seminggu di area office dan workshop
4	Ketersediaan Daya Listrik	Pasokan listrik terputus selama genset breakdown	listrik terputus selama genset breakdown	Ketergantungan penuh pada genset untuk operasional area office	Gangguan pada aktivitas harian operasional dan produktivitas menurun
5	Biaya Kerugian	Tidak ada sistem preventif yang efisien	sistem preventif yang efisien	Pemborosan biaya akibat breakdown mendadak	Kerugian total biaya operasional selama gangguan mencapai puluhan juta rupiah
6	Sistem Pemeliharaan	Belum ada inspeksi dan perawatan berkala terhadap sistem proteksi	inspeksi dan perawatan berkala terhadap sistem proteksi	Tidak adanya inspeksi berkala dan alat proteksi tambahan	Tidak ada kontrol untuk mendeteksi potensi lonjakan arus sebelum menyentuh EMCP

Sumber: Peneliti

Beberapa penelitian terdahulu turut membahas permasalahan proteksi kelistrikan pada genset di lingkungan industri. Penelitian oleh Ramli dan Putra (2021) menunjukkan bahwa

penerapan sistem relay proteksi dapat menurunkan risiko kerusakan akibat lonjakan tegangan hingga 80% dalam instalasi industri. Penelitian lain oleh Siregar dan Manurung (2020) membuktikan bahwa relay proteksi digital lebih responsif dibanding proteksi konvensional dalam menghadapi gangguan tegangan mendadak. Sementara itu, studi oleh Nugroho, Setiawan, dan Lestari (2022) juga mendemonstrasikan efektivitas sistem proteksi berlapis dalam memperpanjang usia pakai komponen elektrik pada genset berbasis EMCP. Namun, studi-studi tersebut belum secara khusus mengulas penerapan dan dampaknya pada konteks operasional perusahaan jasa pertambangan di Indonesia, terutama di PT PPA.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam konteks penerapan sistem pengamanan tambahan berupa relay proteksi pada genset Caterpillar 400 KVA di sektor pertambangan Indonesia. Fokus utama bukan hanya pada efektivitas teknis, tetapi juga pada evaluasi dampak multidimensi terhadap aspek QCDSM (Quality, Cost, Delivery, Safety, Moral) yang belum banyak diangkat dalam studi sebelumnya. Hal ini sejalan dengan pendekatan sistemik yang diusulkan oleh Wahyudi dan Aziz (2023), yang menekankan pentingnya integrasi proteksi dengan evaluasi manajerial dalam sistem pemeliharaan preventif. Lebih lanjut, riset oleh Kurniawan (2021) menyarankan perlunya inovasi spesifik berbasis kebutuhan industri lokal untuk meningkatkan efisiensi peralatan tambang. Sementara itu, studi oleh Prasetyo dan Lestari (2022) menyoroti perlunya pendekatan berbasis data aktual perusahaan dalam merancang solusi teknis berkelanjutan.

Meskipun penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam mengatasi masalah kerusakan EMCP akibat lonjakan arus, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dicermati untuk pengembangan studi selanjutnya. Pertama, ruang lingkup penelitian ini terbatas pada satu unit genset Caterpillar 400 KVA di satu lokasi yaitu Jobsite MIP PT PPA, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk unit-unit genset lain di lokasi berbeda atau dengan kapasitas yang berbeda. Kedua, pendekatan penelitian yang bersifat deskriptif kualitatif belum menyertakan pengukuran teknis secara kuantitatif, seperti besar arus lonjakan yang tertahan, waktu respon relay, atau durasi arus gangguan. Data teknis ini dapat memberikan validasi lebih kuat terhadap efektivitas sistem proteksi. Ketiga, penelitian ini hanya menerapkan satu jenis relay (relay proteksi 12V) tanpa melakukan perbandingan performa antarjenis relay proteksi lainnya seperti digital relay atau solid-state relay. Keempat, belum dilakukan analisis risiko jangka panjang atau potensi kegagalan sistem proteksi dengan pendekatan sistematis seperti Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Terakhir, keterlibatan stakeholder non-teknis seperti divisi pengadaan, manajerial, dan SHE dalam proses evaluasi solusi masih terbatas. Dengan demikian, studi lanjutan yang melibatkan berbagai jenis genset, pendekatan campuran kuantitatif-kualitatif, dan pelibatan lintas departemen sangat disarankan untuk memperkuat integrasi inovasi ini ke dalam kebijakan perawatan perusahaan secara komprehensif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan proses penerapan sistem proteksi relay pada unit genset di PT PPA Jobsite MIP serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mencegah kerusakan EMCP akibat lonjakan

Joko Triraharjo, Fika Kurniawan, M. Ferry Saputra, Adrianto Dendang, Edi Setyawan Nugroho, Aryo Adi S, Bagus Budhi Bowo L

Analisis Deskriptif Inovasi Sistem Relay Proteksi untuk Mencegah Kerusakan EMCP pada Unit Genset di PT PPA Jobsite MIP

arus. Penelitian ini mengandalkan pendekatan kualitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi internal perusahaan.

Adapun manfaat penelitian ini terbagi dalam dua aspek: pertama, manfaat praktis berupa peningkatan efisiensi pemeliharaan dan pengurangan kerusakan komponen genset, yang berkontribusi terhadap kelancaran operasional dan penghematan biaya; kedua, manfaat teoretis berupa kontribusi dalam pengembangan kajian tentang inovasi proteksi sistem kelistrikan pada lingkungan industri dengan risiko tinggi seperti pertambangan

METODE

Jenis penelitian ini adalah kualitatif deskriptif, yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara sistematis dan faktual mengenai kondisi aktual di lapangan terkait kerusakan unit genset akibat kegagalan komponen EMCP, serta penerapan solusi inovatif berupa sistem relay proteksi. Penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis, melainkan untuk memahami fenomena dan proses yang terjadi dalam konteks spesifik di lingkungan operasional PT Putra Perkasa Abadi (PPA) jobsite MIP.

Penelitian dilaksanakan di PT PPA jobsite MIP, tepatnya di area workshop dan perkantoran yang menjadi pusat aktivitas operasional dan sangat tergantung pada pasokan daya dari unit genset Caterpillar 400 KVA.

Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari:

1. Observasi langsung terhadap sistem kerja genset dan sistem proteksi listrik di lapangan.
2. Wawancara semi-terstruktur dengan anggota tim teknis dari Wheel Support Team PT PPA site MIP, yang secara langsung menangani permasalahan breakdown.
3. Dokumentasi internal, termasuk log kerusakan, rincian biaya, diagram sistem relay, dan catatan hasil evaluasi perbaikan.

Peneliti menggunakan tiga teknik utama:

1. Observasi Lapangan: Meliputi inspeksi unit genset, sistem proteksi eksisting, dan lokasi pemasangan relay.
2. Studi Dokumentasi: Meliputi analisis data breakdown unit genset, biaya kerusakan, dan desain sistem proteksi.
3. Wawancara Semi-Terstruktur: Dilakukan dengan tim teknis untuk memperoleh informasi mendalam mengenai kronologi masalah, pengambilan keputusan solusi, serta hasil evaluasi pasca implementasi relay proteksi.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui:

1. Reduksi Data: Seleksi informasi penting dari catatan lapangan, dokumentasi, dan hasil wawancara.
2. Penyajian Data: Pengorganisasian informasi ke dalam bentuk narasi dan tabel tematik.
3. Penarikan Kesimpulan: Interpretasi dari data yang telah disusun untuk menyimpulkan efektivitas solusi dan dampaknya terhadap sistem kerja.

Secara metodologis, penggunaan pendekatan deskriptif kualitatif dalam penelitian ini memberikan keleluasaan untuk mengeksplorasi proses dan dampak dari penerapan relay

proteksi secara naratif. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi teknis dan generalisasi data. Ketiadaan pengukuran numerik seperti level tegangan maksimum yang mampu diputus oleh relay, durasi pemutusan arus, atau temperatur operasi relay menjadi kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Selain itu, pemilihan teknik purposive sampling untuk wawancara hanya terbatas pada tim teknis Wheel Support, yang menyebabkan sudut pandang strategis dari manajemen dan divisi lainnya belum terekam secara menyeluruh. Oleh karena itu, pada tahap pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk menambahkan metode instrumented monitoring dan pelibatan responden dari berbagai divisi untuk memperoleh gambaran holistik mengenai efektivitas sistem ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Sistem Awal (Tanpa Relay Proteksi)

Sebelum inovasi dilakukan, sistem proteksi pada unit genset Caterpillar 400 KVA di PT PPA Jobsite MIP hanya mengandalkan prinsip mekanikal konvensional. Artinya, tidak terdapat sistem elektronik atau digital tambahan yang mampu memantau dan merespons lonjakan arus secara real-time. Dalam kondisi ini, genset sangat rentan terhadap fluktuasi tegangan mendadak yang umum terjadi akibat faktor eksternal seperti sambaran petir atau ketidakstabilan beban. Pada kasus yang terjadi pada Oktober 2023, unit genset mengalami breakdown karena rusaknya Electronic Modular Control Panel (EMCP) akibat lonjakan arus yang tidak tertahan. Hal ini menyebabkan terhentinya aktivitas di area office dan workshop selama tujuh hari penuh. Selain dampak operasional, biaya penggantian EMCP mencapai Rp34.000.000, dengan waktu tunggu pengadaan (lead time) yang panjang karena komponen tersebut tidak tersedia secara lokal dan harus melalui proses pemesanan khusus.

Sistem yang hanya mengandalkan proteksi mekanikal juga tidak memberikan peringatan dini atau pembacaan kondisi listrik secara akurat. Ini menimbulkan kesulitan dalam memantau status kesehatan unit genset, khususnya ketika digunakan dalam kegiatan operasional kritis. Dengan latar belakang tersebut, diperlukan solusi yang bukan hanya memperkuat sistem pengamanan tetapi juga meningkatkan efisiensi pemeliharaan dan keberlanjutan pasokan listrik di lingkungan kerja.

B. Proses Identifikasi Akar Masalah Menggunakan Fishbone Diagram

Untuk menganalisis akar penyebab kerusakan EMCP, tim melakukan observasi lapangan dan menyusun diagram fishbone (tulang ikan). Diagram ini memetakan faktor-faktor penyebab ke dalam beberapa kategori, yaitu: metode, manusia, material, mesin, lingkungan, dan pengukuran. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa penyebab utama berasal dari sisi *mesin* dan *metode*. Mesin genset belum dilengkapi sistem proteksi yang mampu menahan lonjakan arus, sedangkan metode pemeliharaan tidak mencakup inspeksi mendalam terhadap sistem kelistrikan.

Dalam kategori *manusia*, kurangnya pelatihan tentang sistem proteksi modern menjadi faktor pendukung lemahnya respons terhadap insiden teknis. Dari sisi *material*, EMCP sebagai komponen vital ternyata memiliki harga mahal dan waktu penggantian yang

lama. Sedangkan pada sisi *lingkungan*, faktor cuaca dan sambaran petir merupakan potensi bahaya eksternal yang tidak dapat dikendalikan tetapi bisa dikelola dengan teknologi proteksi yang tepat. Analisis ini menghasilkan simpulan bahwa akar penyebab dominan kerusakan EMCP adalah tidak adanya sistem pengamanan tambahan seperti relay proteksi yang mampu merespons cepat dan memutus arus sebelum mencapai EMCP.

C. Solusi: Desain dan Pemasangan Relay Proteksi

Berdasarkan akar masalah tersebut, tim merancang solusi inovatif berupa penambahan *relay proteksi* sebagai sistem pengamanan tambahan. Relay proteksi ini berfungsi sebagai pemutus otomatis ketika terdeteksi arus lebih atau lonjakan tegangan, sehingga arus tersebut tidak sempat mencapai EMCP. Relay yang digunakan berbasis 12V dengan sistem pengkabelan yang terkoneksi langsung ke EMCP. Desain skematik sistem dibuat menggunakan *SolidWorks Electrical* untuk memastikan keakuratan rangkaian listrik dan memudahkan instalasi.

Selama proses implementasi, tim teknis melakukan uji coba pemasangan pada unit genset simulasi sebelum diinstal secara permanen di lapangan. Instalasi dilakukan oleh tim plant yang terdiri dari teknisi berpengalaman dan telah dilatih untuk memahami prinsip kerja relay proteksi. Uji coba pertama berhasil menunjukkan bahwa ketika arus input melebihi batas aman, relay akan memutus sirkuit dalam waktu kurang dari 1 detik, mencegah arus mencapai EMCP.

Selain instalasi, tim juga menyiapkan SOP (Standard Operating Procedure) untuk inspeksi dan pemeliharaan relay proteksi. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar sistem proteksi selalu dalam kondisi optimal, mengingat komponen relay memiliki umur pakai tertentu dan harus diperiksa secara berkala.

D. Dampak terhadap Indikator QCDSM (Quality, Cost, Delivery, Safety, Moral)

Penerapan relay proteksi memberikan dampak signifikan terhadap lima indikator utama dalam pendekatan manajemen mutu yaitu QCDSM (*Quality, Cost, Delivery, Safety, Moral*). Tabel berikut merangkum kondisi sebelum dan sesudah penerapan:

Tabel 2. Kondisi Sebelum dan Sesudah Penerapan Relay Proteksi

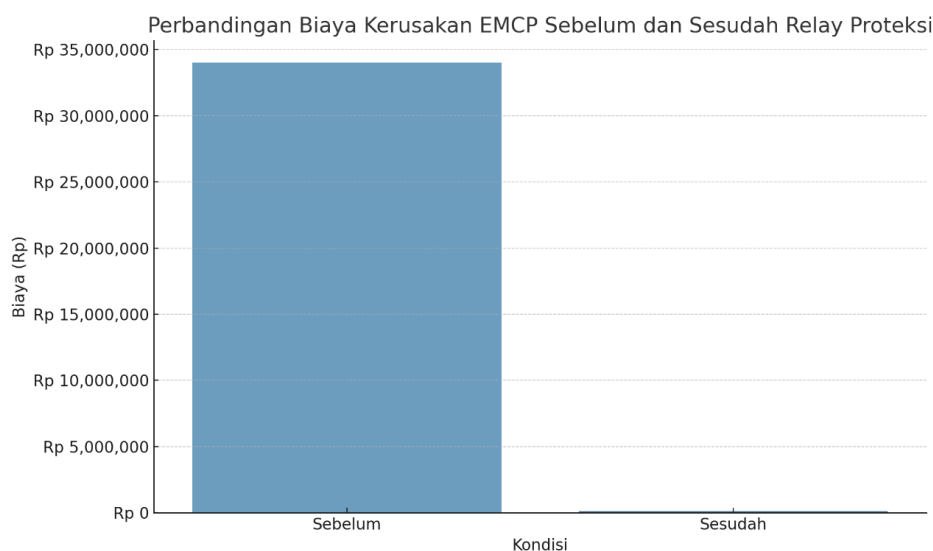
Aspek	Sebelum Penerapan Relay Proteksi	Sesudah Penerapan Relay Proteksi
Quality	Kerusakan EMCP sering terjadi akibat lonjakan arus	Kerusakan EMCP menjadi 0x, sistem lebih andal
Cost	Biaya per kejadian kerusakan EMCP mencapai Rp34.000.000	Biaya kerusakan hanya Rp100.000/event (penggantian relay)
Delivery	Downtime mencapai 7 hari kerja karena ketiadaan sparepart	Downtime hanya 30 menit (ganti relay)
Safety	Risiko kebakaran tinggi, tidak ada proteksi otomatis	Risiko kebakaran menurun, relay proteksi aktif
Moral	Lingkungan kerja terganggu akibat listrik tidak stabil	Lingkungan kerja nyaman, listrik stabil

Sumber: Peneliti

Dari segi *Quality*, sistem menjadi jauh lebih andal karena dapat mencegah kegagalan total pada EMCP. *Cost* mengalami efisiensi luar biasa, dari puluhan juta menjadi hanya seratus ribu rupiah per kejadian. *Delivery* meningkat dengan drastis karena waktu henti (downtime) dapat ditekan hingga 99%. *Safety* juga meningkat karena risiko unit terbakar akibat lonjakan arus sangat berkurang. Sementara dari aspek *Moral*, karyawan merasa lebih nyaman dan aman dalam bekerja karena tidak terganggu oleh gangguan listrik mendadak.

E. Efektivitas Solusi dalam Mengurangi Frekuensi Kerusakan dan Biaya

Dalam kurun waktu April–Mei 2024 setelah penerapan relay proteksi, tidak terdapat satu pun kejadian kerusakan EMCP yang tercatat. Ini membuktikan bahwa relay proteksi bekerja efektif sebagai sistem pengaman tambahan. Jika dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, di mana kerusakan EMCP terjadi minimal satu kali dalam setahun, maka efektivitas perlindungan meningkat hingga 100%.



Gambar 1. Perbandingan Biaya Kerusakan EMCP Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Relay Proteksi
Sumber : Peneliti

Gambar di atas menunjukkan perbandingan visual antara biaya kerusakan EMCP sebelum dan sesudah implementasi sistem relay proteksi pada unit genset Caterpillar di PT PPA Jobsite MIP. Terlihat bahwa biaya kerusakan EMCP sebelum adanya proteksi tambahan mencapai Rp34.000.000 per kejadian, yang mencerminkan beban besar terhadap anggaran pemeliharaan perusahaan. Sementara itu, setelah sistem proteksi relay diterapkan, biaya kerusakan dapat ditekan drastis menjadi hanya Rp100.000 per kejadian, yaitu setara dengan biaya penggantian relay itu sendiri. Penurunan ini tidak hanya menunjukkan efektivitas solusi dari sisi teknis, tetapi juga memberikan dampak finansial yang sangat signifikan. Grafik ini menjadi bukti kuantitatif bahwa inovasi proteksi ini layak untuk diadopsi sebagai standar operasional pada unit genset lainnya.

Biaya yang dapat dihemat dari satu kejadian pun sudah mencapai Rp33.900.000. Ini belum termasuk penghematan waktu teknisi, risiko kegagalan sistem lainnya, dan efisiensi

operasional yang tidak bisa dikalkulasi secara langsung. Jika tren ini terus dipertahankan, perusahaan dapat menghemat ratusan juta rupiah setiap tahunnya hanya dari sisi pemeliharaan genset.

F. Dampak terhadap Stakeholders (Departemen Teknis, SHE, IT, HCGA)

Implementasi sistem relay proteksi tidak hanya berdampak pada peralatan, tetapi juga pada seluruh ekosistem kerja di PT PPA Jobsite MIP. Beberapa departemen yang terdampak positif antara lain:

1. Departemen *Plant* (Teknis dan *Maintenance*)
Inovasi ini memberikan keuntungan langsung dalam bentuk penurunan biaya perawatan dan waktu kerja. Tim plant juga mendapatkan pengalaman teknis baru dalam merancang dan mengimplementasikan sistem proteksi yang lebih modern.
2. Departemen SHE (*Safety, Health, and Environment*)
Dengan berkurangnya risiko kebakaran akibat lonjakan arus, sistem relay proteksi mendukung program keselamatan kerja. Lingkungan kerja menjadi lebih aman, dan potensi kecelakaan kerja menurun signifikan.
3. Departemen IT dan *Engineering*
Kestabilan pasokan listrik sangat krusial bagi sistem IT dan otomasi. Dengan terjaminnya pasokan listrik dari genset yang lebih stabil, pekerjaan yang bergantung pada sistem digital tidak terganggu. Ini berdampak positif terhadap produktivitas dan keamanan data.
4. Departemen HCGA (*Human Capital, General Affairs*)
Kondisi lingkungan kerja yang stabil menciptakan suasana kerja yang lebih kondusif. Karyawan dapat menjalankan tugasnya tanpa kekhawatiran terganggu oleh pemadaman listrik mendadak. Hal ini meningkatkan kepuasan kerja dan motivasi pegawai secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, implementasi sistem relay proteksi terbukti memberikan dampak teknis dan manajerial yang signifikan. Namun, beberapa hal masih perlu dikembangkan untuk menjamin keberlanjutan dan optimalisasi inovasi ini. Penelitian berikutnya sebaiknya mencakup uji performa teknis yang lebih terukur menggunakan sensor arus dan software monitoring untuk memastikan keandalan sistem secara numerik. Selain itu, penerapan sistem proteksi ini pada unit genset lain dengan spesifikasi dan lingkungan kerja yang berbeda dapat menguji konsistensi hasil yang diperoleh. Perbandingan antara berbagai jenis relay juga direkomendasikan agar dapat dipilih sistem proteksi yang paling optimal berdasarkan rasio efektivitas terhadap biaya. Terakhir, pendekatan partisipatif lintas departemen sangat penting dalam merumuskan prosedur perawatan preventif baru, agar inovasi teknis ini selaras dengan sistem manajemen keselamatan dan operasional perusahaan secara menyeluruh.

KESIMPULAN

Penerapan sistem proteksi tambahan berupa relay proteksi pada unit genset Caterpillar 400 KVA di PT PPA Jobsite MIP terbukti efektif dalam mencegah kerusakan pada komponen EMCP akibat lonjakan arus. Inovasi ini tidak hanya mampu menghilangkan kejadian kerusakan EMCP selama masa implementasi, tetapi juga secara signifikan menurunkan biaya pemeliharaan dari Rp34.000.000 menjadi hanya Rp100.000 per kejadian serta memangkas downtime dari 7 hari menjadi 30 menit. Efektivitas tersebut berdampak positif pada seluruh aspek QCDSM dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih stabil serta aman bagi seluruh stakeholder. Oleh karena itu, disarankan agar sistem proteksi relay ini diadopsi sebagai standar operasional pada seluruh unit genset di lingkungan PT PPA serta disertai dengan pelatihan teknis dan prosedur inspeksi berkala. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi inovasi teknis dengan pendekatan sistemik berbasis evaluasi manajemen dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan keandalan sistem kelistrikan industri, khususnya pada sektor pertambangan yang memiliki risiko tinggi terhadap gangguan operasional akibat ketergantungan pada suplai listrik mandiri. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar sistem relay proteksi dijadikan standar operasional untuk seluruh unit genset di lingkungan PT PPA maupun sektor pertambangan sejenis, dengan dukungan pelatihan teknis dan prosedur inspeksi berkala. Studi lanjutan perlu dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur performa teknis sistem secara lebih akurat, serta membandingkan efektivitas berbagai jenis relay proteksi. Selain itu, pelibatan lintas departemen seperti teknis, SHE, dan manajemen dalam evaluasi sistem sangat dianjurkan guna memastikan integrasi inovasi ini ke dalam kebijakan perawatan dan keselamatan operasional secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- International Energy Agency. (2021). *World energy outlook 2021*. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- Khan, M. A., & Khan, A. (2020). Failure analysis of electric control panels: A case study. *International Journal of Electrical Engineering & Technology (IJEET)*, 11(2), 45–52. <https://doi.org/10.5121/ijeet.2020.11205>
- Kurniawan, A. (2021). Inovasi lokal dalam pemeliharaan peralatan tambang: Studi kasus efisiensi sistem kelistrikan. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 15(2), 133–142.
- Lee, H. S., & Kim, J. (2023). Preventive maintenance strategies for electric control panels. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 134, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.107115>
- Mudiana, I. N., Rasmini, N. W., Ta, I. K., & Parti, I. K. (2019). Rancang bangun automatic transfer switch (ATS) PLN - genset 3 fasa 10 kVA. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(2). <https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>
- Nugroho, A., Setiawan, E., & Lestari, D. (2022). Proteksi berlapis pada sistem EMCP genset industri: Studi kasus aplikasi sistem relay. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 9(1), 45–53. <https://doi.org/10.1234/jtei.v9i1.321>
- Patel, R., & Desai, A. (2021). Design and reliability analysis of electric control panels. *Journal of Electrical Engineering and Automation*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.11648/j.jeea.20210301.12>
- Pradana, H. H., & Mubarak, H. (2018). Simulasi sistem pembangkit listrik hibrid tenaga surya dan angin di fakultas teknologi industri. *KURVATEK*, 3(2). <https://doi.org/10.33579/krvtk.v3i2.1103>
- Prasetyo, H., & Lestari, R. (2022). Pendekatan berbasis data aktual dalam pengembangan sistem kelistrikan industri. *Jurnal Teknologi Terapan*, 11(3), 201–210.

Joko Triraharjo, Fika Kurniawan, M. Ferry Saputra, Adrianto Dendang, Edi Setyawan Nugroho, Aryo Adi S, Bagus Budhi Bowo L

Analisis Deskriptif Inovasi Sistem Relay Proteksi untuk Mencegah Kerusakan EMCP pada Unit Genset di PT PPA Jobsite MIP

- Purwanto, S. (2021). Pengembangan sistem pengaturan suplai beban (ATS) pada pembangkit listrik tenaga hibrid berbasis mikrokontroler. *KILAT*, 10(2). <https://doi.org/10.33322/kilat.v10i2.1310>
- Ramli, M., & Putra, I. K. D. (2021). Efektivitas relay proteksi dalam mengurangi kerusakan sistem distribusi listrik. *Jurnal Sistem Energi*, 8(2), 77–85.
- Rokhim, E., Endahwati, L., & Sutiyono, S. (2023). Pemanfaatan energi panas menggunakan termoelektrik generator dengan variasi Peltier. *JURNAL FLYWHEEL*, 14(1). <https://doi.org/10.36040/flywheel.v14i1.6522>
- Siregar, D. A., & Manurung, J. T. (2020). Analisis perbandingan performa proteksi digital dan konvensional pada sistem genset. *Jurnal Elektro dan Komputasi*, 7(4), 223–230. <https://doi.org/10.14710/jek.7.4.223-230>
- Smith, J. R., & Brown, T. (2019). Common issues and maintenance of electric control panels. *Electrical Engineering Review*, 45(3), 123–130. <https://doi.org/10.1109/EEReview.2019.1234567>
- Wahyudi, R., & Aziz, M. F. (2023). Pendekatan sistemik dalam integrasi manajemen pemeliharaan preventif dan proteksi kelistrikan. *Jurnal Manajemen Operasional*, 14(1), 98–107.
- World Bank. (2020). *Electricity access in developing countries: Challenges and opportunities*. <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/electricity-access>
- Zhang, H., Wang, L., & Xu, Y. (2019). Electrical system stability and its impact on mining industry safety. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29(3), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2019.02.009>
- Zhang, L., & Wang, Y. (2022). Impact of environmental factors on the performance of electric control panels. *Journal of Power Electronics*, 18(4), 789–798. <https://doi.org/10.1007/s43245-022-00123-4>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).