

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai faktor – faktor dan dampak gangguan daya terhadap sistem UPS. Pendekatan Kuantitatif digunakan untuk menganalisis data numeric dan terukur yang berkaitan dengan performa sistem kelistrikan dan keandalan UPS. Data kuantitatif yang dikumpulkan meliputi catatan gangguan daya, durasi downtime, nilai tegangan dan frekuensi dari sistem catu daya, serta parameter kesehatan baterai. Analisis dilakukan dengan menghitung parameter seperti MTBF dan MTTR untuk mengetahui tingkat keandalan sistem UPS. Selain itu, dilakukan juga analisis statistik terhadap hubungan antara gangguan daya dengan frekuensi kegagalan UPS. Pendekatan kualitatif dan kuantitatif ini membantu mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan yang tidak selalu tercatat dalam data teknis, seperti kesalahan manusia, keterlambatan penggantian komponen, atau kondisi lingkungan ruang peralatan. Dengan demikian, hasil kualitatif memperkaya analisis kuantitatif dan memungkinkan peneliti memberikan rekomendasi yang lebih aplikatif terhadap peningkatan keandalan sistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan sistem UPS dan mengukur efek kegagalan UPS terhadap ketersediaan sistem kontrol dan operasi serta mengusulkan rekomendasi pemeliharaan untuk meningkatkan ketersediaan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Trans Pasific Petrochemical Indotama, yang berlokasi di Jalan Tanjung Awar-awar Desa Remen – Tasikharjo, Jenu Kabupaten Tuban Jawa Timur.

Waktu penelitian direncanakan selama 4 bulan, yaitu mulai bulan September sampai dengan Desember 2025. Kegiatan penelitian meliputi tahap persiapan, pengumpulan data, analisis data, serta

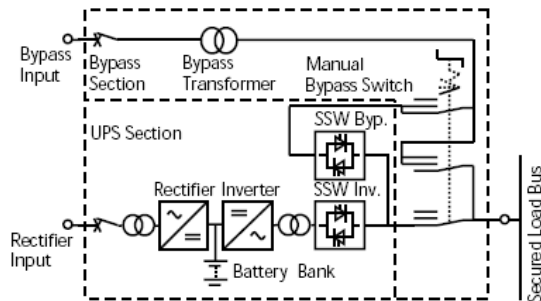
penyusunan laporan akhir. Rincian jadwal kegiatan ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Tabel Penelitian

No	Kegiatan	Sept	Okt	Nov	Des
1	Studi literatur dan penyusunan proposal	√			
2	Pengajuan proposal dan revisi	√	√		
3	Pengumpulan data (observasi lapangan, wawancara, dokumentasi)		√	√	
4	Analisis data dan evaluasi kegagalan UPS			√	√
5	Penyusunan dan finalisasi laporan			√	√
6	Seminar hasil / sidang akhir				√

3.3. Obyek Penelitian

Obyek utama penelitian adalah unit UPS yang berfungsi sebagai catu daya cadangan untuk sistem DCS. Penelitian ini difokuskan pada UPS tipe PEW 1030-220/110-EAN dari GUTOR dengan kapasitas 50kVA.



Gambar 3. 1 Topologi UPS di PT TPPI

Sistem UPS di PT TPPI terdiri dari beberapa tahap konversi daya. Blok penyearah (*rectifier*) mengubah arus AC tiga fasa menjadi DC untuk mengisi bank baterai yang berfungsi sebagai penyimpanan energi. *Inverter* kemudian mengubah kembali daya DC tersebut menjadi AC murni guna menyuplai beban kritis. *Static switch* (SSW) menghubungkan atau memutus keluaran inverter ke *output* UPS, yang dapat dikonfigurasi untuk satu fasa atau tiga fasa. *Input bypass* dari listrik utama dihubungkan melalui transformator opsional ke *static switch* kedua. Inverter disinkronkan dengan tegangan *bypass*, memungkinkan perpindahan daya tanpa gangguan saat terjadi beban lebih, kerusakan inverter, atau atas perintah operator. Selain itu, terdapat saklar manual *make-before-break* yang digunakan untuk pemindahan beban secara halus antara suplai UPS dan bypass, terutama saat perawatan atau perbaikan. Seluruh sistem ini menyuplai panel distribusi daya terjamin sebagai sumber daya cadangan yang andal.

Penelitian dilakukan untuk menganalisis kondisi operasional UPS secara teknis dengan tujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keandalan dan performanya. Adapun aspek yang menjadi fokus analisis meliputi :

1. Konfigurasi UPS yang digunakan, UPS di TPPI belum menggunakan sistem *redundant* sehingga UPS beroperasi secara individual. UPS tersusun oleh komponen utama

seperti trafo, *rectifier*, *inverter*, *static switch* dan sistem baterai.

2. Kondisi fisik dan performa UPS, aspek tersebut dinilai berdasarkan inspeksi visual, pengukuran parameter teknis seperti tegangan dan arus, serta hasil fungsi uji terhadap sistem konversi daya dan komponen pendukungnya.
3. Riwayat gangguan atau kegagalan operasi, data yang dianalisis berdasarkan catatan *log event* oleh operator, catatan laporan perawatan dan pemeliharaan serta histori *alarm* untuk menentukan pola kegagalan.
4. Parameter kelistrikan utama, meliputi tegangan input dan output, arus beban, suhu operasi, kapasitas baterai, serta efisiensi sistem yang digunakan sebagai dasar untuk menilai stabilitas dan kinerja UPS dalam berbagai kondisi operasional.

Melalui analisis beberapa aspek tersebut, diharapkan dapat diperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat keandalan UPS serta potensi penyebab gangguan yang berpengaruh terhadap keberlangsungan suplai daya pada sistem kontrol industri.

3.4. Data dan Sumber Data

3.4.1. Jenis data

a. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh oleh penulis melalui observasi langsung di lapangan sebagai objek penelitian. Contoh data jenis ini adalah survei wawancara kepada operator berupa tegangan *input* dan tegangan *output*, *input current*, DC voltage dan frekuensi *input*.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak langsung memberikan data kepada peneliti, misalnya data diperoleh dengan mencari melalui dokumen menggunakan studi literature

yang berdasarkan catatan – catatan yang berhubungan dengan peneliti. Selain itu, data dapat diperoleh dari internet sebagai referensi.

Pada penelitian ini penulis cenderung memperoleh data menggunakan data sekunder yaitu melalui studi literature terkait dengan tema yang diambil.

3.4.2. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data dari variable dalam penelitian ini yaitu analisa kegagalan operasi pada unit UPS dengan menggunakan beberapa metode antara lain :

a. Teknik Observasi Lapangan

Teknik observasi lapangan adalah teknik yang menggabungkan dari berbagai proses psikologis dan teknis. Teknik observasi merupakan suatu proses yang kompleks dimana penulis diharuskan mengobservasi obyek secara langsung.

b. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi merupakan catatan peristiwa yang sudah berlalu berupa bentuk tulisan, karya dokumentasi dari orang lain, dan gambar. Teknik dokumentasi dapat memudahkan penulis untuk mencatat hal-hal penting dalam penyusunan laporan.

c. Teknik Wawancara

Teknik wawancara adalah pertemuan dua orang atau lebih untuk saling bertukar informasi dan mengemukakan ide dalam bentuk tanya jawab secara verbal, sehingga dengan wawancara tersebut penulis dapat menarik kesimpulan dari suatu topik tertentu.

d. Teknik Studi Literature

Studi Literature dapat digunakan sebagai data pembanding atau data pendukung dalam penyusunan laporan. Dengan menggabungkan dari berbagai sumber termasuk jurnal, buku, dan standar kelistrikan.

3.5. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk memberikan kesimpulan yang lebih kemprehensif dan efisien sehingga tidak menyebabkan kegagalan berlanjut pada unit UPS. Langkah – langkah analisis dapat disusun sebagai berikut :

3.5.1. Analisis Kinerja UPS

Analisis kinerja UPS dilakukan guna mengukur kemampuan sistem UPS secara fungsional dalam menjaga kestabilan suplai daya pada saat kondisi normal operasi maupun ketika terjadi gangguan pada sumber daya utama. Data pengukuran didapatkan dari hasil monitoring parameter listrik serta pemeriksaan kondisi komponen utama UPS. Tahapan analisis sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi hasil *monitoring* parameter UPS

Pengukuran parameter – parameter dilakukan untuk mengkaji hasil yang didapat seperti tegangan *input* dan *output* UPS, arus beban, frekuensi sistem, kapasitas baterai dan *alarm* yang muncul sebagai acuan identifikasi sistem. Data tersebut diperoleh dengan cara mencatat hasil pengukuran langsung di lapangan. Tujuan pengukuran ini adalah untuk memastikan ada atau tidak *abnormality* yang muncul pada sistem, berupa penurunan tegangan secara mendadak, ketidakseimbangan beban.

2. Membandingkan dengan data spesifikasi pabrik

Nilai yang diperoleh keandalan dari hasil pengukuran secara langsung kemudian dibandingkan dengan spesifikasi sata teknis yang dikeluarkan oleh pabrikan UPS. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien dan efektif dari UPS sesuai dengan standart yang dikeluarkan pabrikan. Apabila terdapat penyimpangan nilai yang sudah tidak sesuai dengan standar, kemungkinan disebabkan oleh adanya penurunan efisiensi dari UPS.

3. Evaluasi terhadap batas toleransi operasi

Berdasarkan hasil perbandingan sebelumnya, dilakukan evaluasi kinerja sesuai standar untuk menentukan sistem operasi dari UPS bekerja dalam batas toleransi yang masih diizinkan. Apabila sistem UPS bekerja dalam rentang toleransi dari data spesifikasi pabrikan maka sistem masi dikategorikan layak untuk dioperasikan. Namun sebaliknya, apabila nilai sudah melewati batas toleransi standar dari data spesifikasi maka diperlukan tindakan korektif atau pemeliharaan preventif untuk mencegah potensi kegagalan yang berkelanjutan.

3.5.2. Analisis Kegagalan Operasi

Analisis kegagalan operasi pada UPS dilakukan untuk meningkatkan pemahaman pada jenis kegagalan, penyebab utama kegagalan dan tingkat keandalan pada sistem UPS. Tahapan analisis ini mencakup identifikasi permasalahan yang berpotensi timbul pada komponen atau sistem yang mengalami gangguan, penelusuran akar penyebab masalah serta perhitungan parameter keandalan sistem.

1. Identifikasi Jenis Kegagalan

Langkah awal dalam mengidentifikasi kegagalan sistem UPS adalah mengklasifikasikan jenis – jenis kegagalan yang terjadi pad sistem UPS. Data tersebut dapat diperoleh dari data historis sistem UPS, laporan pemeliharaan baik

dilakukan internal maupun eksternal dan hasil observasi lapangan. Jenis kegagalan secara umum sebagai berikut :

- a. Kegagalan baterai, terjadi karena adanya penurunan kapasitas dari baterai secara individual maupun paralel, peningkatan resistansi internal.
- b. Kegagalan inverter, apabila inverter mengalami gangguan maka dapat menyebabkan fluktuasi tegangan sehingga tidak mampu melakukan konversi tegangan DC ke tegangan AC dengan sempurna.
- c. Kegagalan *rectifier*, umumnya kegagalan pada komponen semikonduktor adalah penurunan efektivitas dari masing – masing komponen. Hal tersebut dapat merusak sistem dari rangkaian elektronika.
- d. Kegagalan *switching* atau *static switch*, sebagai komponen penting dalam perangkat UPS dalam pemindahan suplai daya utama dan cadangan dapat dipengaruhi oleh ketidakefektifan dari modul modul pendukung untuk *switching*, sehingga dapat menimbulkan keterlambatan transfer beban.
- e. Kegagalan akibat beban berlebih, perangkat UPS bekerja diluar kapasitas dapat memicu proteksi otomatis untuk mengamankan perangkat diluar nominal.

2. Penentuan Penyebab Utama

Langkah berikutnya setelah jenis kegagalan dapat diidentifikasi adalah dengan menentukan penyebab utama dari kegagalan yang teridentifikasi. Pendekatan analisis dilakukan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). RCA cocok digunakan untuk menganalisis penyebab utama dari berbagai perspektif, dapat dari perspektif teknis maupun manajerial. Contoh pendekatan RCA adalah keterlambatan pemeliharaan, kurangnya monitoring dan kegiatan inspeksi rutin atau penggunaan komponen – komponen UPS yang diluar batas usia peralatan.

3. Perhitungan Keandalan Sistem

Apabila terdapat data historis gangguan dalam sistem UPS yang cukup akurat dan lengkap, maka perhitungan tingkat keandalan UPS dapat diperhitungkan menggunakan parameter MTBF dan MTTR. Dimana kedua parameter tersebut dapat digunakan untuk menghitung availability sistem UPS.

3.5.3. Analisis Dampak Terhadap DCS

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui dampak yang terjadi jika sistem UPS mengalami gangguan, serta bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja sistem operasi DCS. Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan untuk mengendalikan atau mencegah gangguan tersebut agar tidak menimbulkan masalah lanjutan, sehingga sistem kontrol industri tetap dapat beroperasi dengan normal dan stabil.

1. Hubungan Kegagalan UPS dengan Performa DCS

Kegagalan UPS dapat menyebabkan penurunan langsung performa atau interupsi langsung pada sistem DCS. Karena sistem DCS mendapatkan suplai daya dari UPS, maka ketika UPS mengalami gangguan, sistem DCS juga akan terdampak dan menjadi tergantung pada kondisi UPS tersebut.. Beberapa bentuk dampak yang dapat diidentifikasi antara lain :

- a. Henti operasi sistem kontrol, yaitu kondisi ketika suplai daya pada modul DCS mengalami gangguan sehingga sistem kendali tidak melakukan pemantauan maupun kendali proses. Sebagai industri yang memiliki tingkat resiko tinggi maka potensi adanya *breakdown* unit akan semakin besar. Selain itu, dampak paling besar adalah adanya kerugian pada industri.
- b. *Restart* sistem otomatis, yaitu akibat yang timbul apabila sistem DCS terjadi gangguan singkat atau *voltage dip* maka proses akan terhenti sementara sehingga membutuhkan waktu yang cukup untuk melakukan inisialisasi ulang, selain itu adanya

gangguan tiba-tiba pada perangkat komputer akan menimbulkan kerusakan pada komponen internal tersebut.

- c. Kehilangan data proses, kejadian ini dapat terjadi khususnya apabila gangguan daya terjadi pada saat proses pencatatan data sedang berlangsung.

2. Dampak Terhadap Kelancaran Produksi dan Keselamatan Operasi

Beberapa dampak yang mungkin terjadi terhadap kelancaran produksi dan keselamatan kerja antara lain:

a. Gangguan Produksi Menyeluruh

Gangguan pada industri seperti *oil and gas* yang perlu dihindari adalah apabila ada ketidaktepatan dalam instrumentasi. Karena industri migas adalah sebuah industri kompleks sehingga apabila terjadi ketidakakuratan pada sisi proses maka akan berakibat pada proses selanjutnya. Mayoritas peralatan kritis dikontrol oleh sistem DCS, apabila terjadi gangguan pada DCS maka proses produksi akan berjalan tanpa ada monitoring. Sehingga berpotensi henti operasi proses produksi.

b. Resiko Keselamatan Operasi

Selain berfungsi mengatur kualitas proses, sistem DCS juga berperan dalam mengontrol sistem keselamatan di industri. Jika DCS kehilangan fungsi kendali, maka sistem kontrol darurat bisa gagal beroperasi, dan kondisi ini dapat menimbulkan risiko serius bahkan berpotensi menyebabkan kecelakaan fatal.

3.5.4. Evaluasi dan Rekomendasi

Hasil analisis ini menunjukkan betapa penting dan kritisnya menjaga keandalan dari sistem UPS sebagai bagian integral dari sistem kendali proses industri. Oleh karena itu, diperlukan strategi keandalan melalui peningkatan inspeksi berkala, pemeliharaan preventif, pembaharuan sistem yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan umur peralatan, serta pengujian transfer beban secara rutin. Mengingat usia dari UPS yang sedang beroperasi sudah cukup lama sehingga perlu dilakukan peremajaan yang mempertimbangkan usia peralatan. Penggantian komponen yang sudah jenuh adalah langkah yang paling tepat untuk saat ini. Karena hampir semua UPS sistem di PT TPPI tipikal diperlukan tindakan serupa pada keseluruhan sistem UPS.

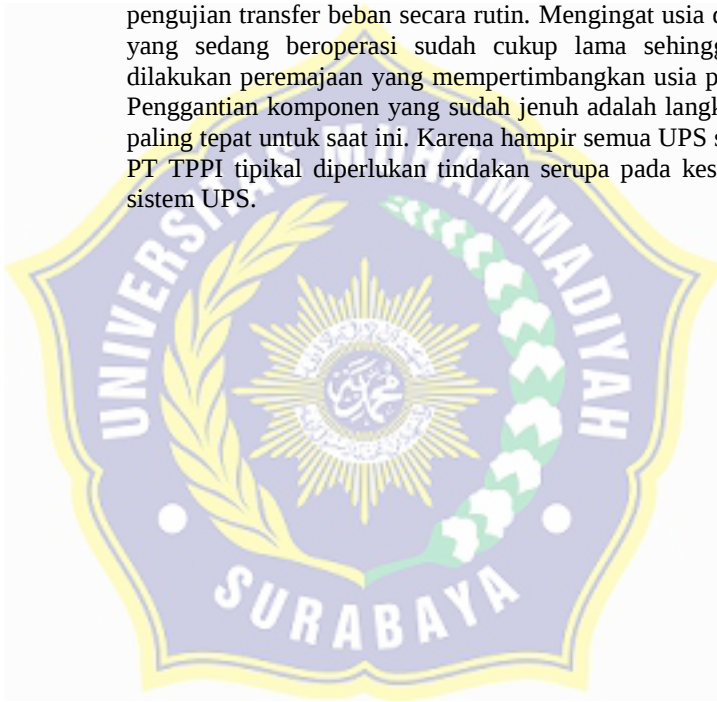
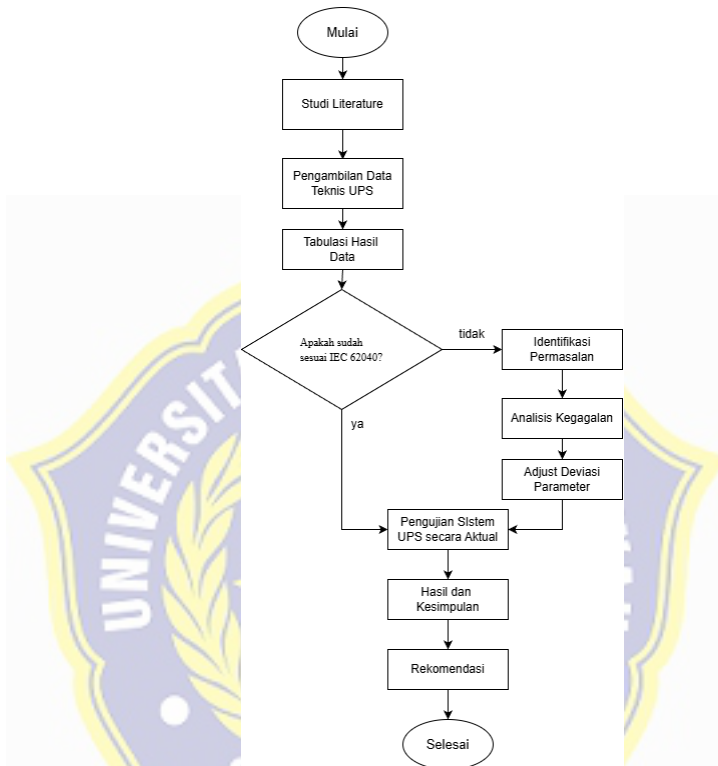


Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart penelitian

Proses penelitian dimulai dari tahap studi literatur, yaitu pengumpulan teori, standar, dan referensi yang berkaitan dengan sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS), termasuk referensi dari IEC 62040 yang mengatur standar performa dan lingkungan kerja UPS. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman dasar mengenai parameter teknis yang mempengaruhi keandalan dan kualitas daya dari sistem UPS. Selanjutnya dilakukan pengambilan data teknis UPS yang meliputi spesifikasi tegangan input dan output, kapasitas baterai, serta kondisi lingkungan operasi seperti suhu ruang kerja UPS. Data tersebut diperoleh melalui pengukuran langsung, observasi lapangan, maupun

dokumentasi teknis pabrikan. Data yang telah dikumpulkan kemudian ditabulasi untuk memudahkan proses analisis dan simulasi. Tabulasi ini memuat parameter utama yang akan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Tahap berikutnya adalah verifikasi kondisi standar, yaitu membandingkan data aktual dengan batas toleransi sesuai standar IEC 62040, yang meliputi:

2. Tegangan input: $220\text{ V} \pm 10\%$
3. Tegangan output: $110\text{ V} \pm 3\%$
4. Suhu ruang UPS: $20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Kapasitas baterai: $\geq 80\%$

Apabila hasil pengukuran tidak memenuhi kriteria tersebut, maka dilakukan identifikasi permasalahan untuk menentukan penyebab deviasi parameter diatas. Setelah itu, dilakukan penyesuaian parameter (*adjust* deviasi parameter) guna mengembalikan sistem agar sesuai dengan standar IEC 62040. Jika kondisi sistem memenuhi kriteria standar, maka proses dilanjutkan ke tahap simulasi sistem UPS, di mana dilakukan pemodelan dan analisis performa sistem terhadap berbagai kondisi operasi. Hasil simulasi dianalisis untuk memperoleh nilai-nilai efisiensi, keandalan, serta parameter kualitas daya seperti *Total Harmonic Distortion* (THD) dan waktu transisi beban. Setelah simulasi selesai, dilakukan tahap analisis hasil dan kesimpulan untuk menilai apakah performa sistem UPS telah sesuai dengan batas standar IEC dan kebutuhan operasional sistem *Distributed Control System* (DCS). Tahap akhir dari proses ini adalah pemberian rekomendasi, yaitu usulan tindakan perbaikan atau peningkatan sistem UPS berdasarkan hasil analisis yang diperoleh. Rekomendasi tersebut menjadi dasar untuk peningkatan keandalan sistem daya dan kestabilan operasi DCS di lingkungan industri.

Halaman ini sengaja dikosongkan

