

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kelistrikan merupakan infrastruktur vital dalam operasional rumah sakit modern, dengan Intensive Care Unit (ICU) sebagai area paling kritis yang memiliki ketergantungan absolut terhadap kontinuitas pasokan listrik. ICU menangani pasien dalam kondisi kritis yang bergantung sepenuhnya pada peralatan medis elektronis seperti ventilator, monitor hemodinamik, dan mesin dialisis yang harus beroperasi tanpa henti selama 24 jam [1]. Kegagalan pasokan listrik, bahkan dalam hitungan detik, dapat menyebabkan kematian pasien, cacat permanen, hingga tuntutan hukum malpraktik terhadap rumah sakit.

Signifikansi masalah sistem kelistrikan di ICU dapat dilihat dari tiga aspek kritis: keselamatan pasien, kerugian finansial, dan kepatuhan regulasi. Pertama, dari aspek keselamatan pasien, data World Health Organization (WHO) 2023 menunjukkan bahwa 23% kematian pasien ICU di negara berkembang terkait dengan gangguan sistem pendukung medis, termasuk pemadaman listrik [2]. Di Indonesia, Kementerian Kesehatan RI mencatat bahwa 35% rumah sakit masih mengalami gangguan kelistrikan minimal satu kali per bulan dengan durasi pemadaman rata-rata 30-45 menit, yang berpotensi mengancam nyawa pasien kritis [3]. Satu detik pemadaman pada ventilator dapat menyebabkan hipoksia berat pada pasien dengan gangguan pernapasan akut, sementara gangguan pada monitor hemodinamik dapat menyebabkan keterlambatan deteksi perburukan kondisi pasien yang berujung pada kematian.

Kedua, dari aspek kerugian finansial, dampak ekonomi gangguan kelistrikan di rumah sakit sangat signifikan. Studi Pratama et al. (2021) melaporkan bahwa fluktuasi tegangan di rumah sakit Indonesia mencapai $\pm 15\%$, melebihi toleransi $\pm 10\%$ yang disyaratkan untuk peralatan medis sensitif, dengan estimasi kerugian Rp 500 juta per tahun per rumah sakit akibat kerusakan peralatan dan kehilangan produktivitas [2]. Setiap kejadian pemadaman listrik di ICU dapat menyebabkan pembatalan tindakan medis, perpanjangan masa rawat pasien, kerusakan peralatan medis senilai ratusan juta rupiah, serta potensi tuntutan hukum dengan nilai ganti rugi miliaran rupiah. Widodo et al. (2023) mencatat peningkatan beban listrik unit kritis hingga 30% dalam lima tahun terakhir namun tidak diimbangi peningkatan kapasitas infrastruktur, menciptakan risiko overload dan kegagalan sistem yang semakin tinggi [3].

Ketiga, dari aspek kepatuhan regulasi dan akreditasi, sistem kelistrikan rumah sakit diatur ketat oleh standar nasional dan internasional. Kegagalan memenuhi standar dapat berakibat pada pencabutan akreditasi, penutupan operasional ICU, hingga sanksi pidana bagi manajemen rumah sakit. Standar IEC 60364-7-710 mensyaratkan UPS dedicated untuk area kritis dengan waktu transfer maksimal 0,5 detik [4], sementara Permenkes No. 40 Tahun 2022 mewajibkan sistem cadangan berlapis dan pemisahan jalur distribusi untuk menjamin zero downtime [5]. Akreditasi KARS (Komisi Akreditasi Rumah Sakit) 2022 menempatkan keandalan sistem kelistrikan ICU sebagai syarat mutlak untuk mencapai status 'Paripurna', yang menentukan kredibilitas dan daya saing rumah sakit.

Rumah Sakit Mitra Keluarga Pondok Tjandra Sidoarjo menghadapi tantangan kelistrikan yang signifikan dengan potensi dampak serius. Dengan kapasitas 7 bed ICU yang melayani rata-rata 6-7 pasien kritis per hari, rumah sakit ini

menghadapi beberapa masalah kritis: (1) Sistem UPS sentral menciptakan single point of failure – jika UPS gagal, seluruh ICU akan mengalami blackout selama 13 detik (waktu transfer genset), berpotensi membahayakan nyawa 8-10 pasien secara simultan; (2) Tercatat 8-10 kali blackout singkat per bulan akibat human error – frekuensi ini 3-4 kali lebih tinggi dari rata-rata nasional (2-3 kali/bulan), mengindikasikan kerentanan sistem yang serius; (3) Jalur distribusi penerangan belum terpisah dari beban medis kritis – lampu yang rusak dapat memicu trip MCB dan menghentikan operasi ventilator atau pompa infus, menciptakan situasi life-threatening; (4) Baterai UPS berusia lebih dari 5 tahun dengan runtime hanya 8-10 menit – jauh di bawah standar minimal 15 menit IEC 60364-7-710, menciptakan window of vulnerability yang berbahaya ketika genset gagal start atau mengalami delay.

Kondisi ini tidak hanya mengancam keselamatan pasien, tetapi juga menempatkan rumah sakit pada risiko tinggi secara operasional, finansial, dan legal. Secara operasional, gangguan berulang menurunkan kepercayaan masyarakat dan dapat menyebabkan penurunan occupancy rate ICU hingga 30-40% seperti yang terjadi pada beberapa rumah sakit dengan track record buruk. Secara finansial, potensi kerugian akibat satu kasus malpraktik terkait kegagalan sistem listrik dapat mencapai Rp 2-5 miliar berdasarkan preseden kasus serupa di Indonesia [6]. Secara legal, kegagalan memenuhi Permenkes No. 40/2022 dapat mengakibatkan sanksi administratif hingga pencabutan izin operasional ICU.

Urgensi penelitian ini semakin tinggi mengingat rencana ekspansi ICU dari 7 menjadi 12 bed pada tahun 2026. Penambahan kapasitas 67% ini akan meningkatkan beban listrik secara proporsional, sementara infrastruktur kelistrikan eksisting sudah menunjukkan tanda-tanda keterbatasan. Tanpa evaluasi komprehensif dan perbaikan

sistem sebelum ekspansi, risiko kegagalan total akan meningkat eksponensial, berpotensi mengancam nyawa hingga 20 pasien kritis secara simultan.

Penelitian terdahulu telah mengusulkan berbagai solusi seperti monitoring berbasis IoT [7], konfigurasi UPS modular N+1 redundancy [8], dan sistem double-conversion hot-standby [9]. Namun, mayoritas penelitian fokus pada unit individual seperti IGD atau ruang operasi, belum ada yang menganalisis ICU secara komprehensif dengan mengintegrasikan analisis menyeluruh mulai dari sumber utama PLN, sistem distribusi, hingga beban akhir sekaligus membandingkan dengan multiple standar (IEC, Permenkes, PUIL). Kesenjangan penelitian (research gap) ini penting untuk diisi mengingat ICU memiliki karakteristik unik: ketergantungan absolut pada listrik, beban kritis 24/7, sensitivitas ekstrem terhadap gangguan sekecil apapun, serta konsekuensi fatal dari kegagalan sistem.

Penelitian ini memiliki signifikansi praktis yang tinggi karena akan menghasilkan rekomendasi teknis yang aplikatif dan cost-effective berdasarkan kondisi aktual Rumah Sakit Mitra Keluarga Pondok Tjandra Sidoarjo. Hasil penelitian dapat menjadi: (1) dasar pengambilan keputusan manajemen dalam alokasi investasi infrastruktur kelistrikan; (2) acuan teknis bagi tim maintenance dalam prioritas perbaikan sistem; (3) roadmap untuk memenuhi persyaratan akreditasi KARS 2022 dan Permenkes 40/2022; (4) model analisis yang dapat direplikasi di rumah sakit lain dengan karakteristik serupa.

Oleh karena itu, diperlukan analisis menyeluruh terhadap sistem kelistrikan ICU untuk mengidentifikasi kondisi eksisting, mengevaluasi keandalan sistem, mengukur gap terhadap standar, serta merumuskan rekomendasi teknis yang terukur guna menjamin kontinuitas pelayanan medis kritis, keselamatan pasien,

kepatuhan regulasi, dan keberlanjutan operasional rumah sakit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi dan konfigurasi sistem kelistrikan di Intensive Care Unit (ICU) Rumah Sakit Mitra Keluarga Pondok Tjandra Sidoarjo, ditinjau dari sumber utama (PLN), panel distribusi, serta jalur suplai ke peralatan medis kritis?
2. Bagaimana kondisi kualitas dan distribusi daya listrik pada sistem kelistrikan ICU, yang meliputi parameter tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, serta keseimbangan beban antar fasa berdasarkan hasil pengukuran lapangan?
3. Bagaimana tingkat keandalan sistem kelistrikan ICU yang meliputi sistem cadangan genset dan Uninterruptible Power Supply (UPS), ditinjau dari waktu transfer sumber daya, kapasitas daya, runtime UPS, serta catatan downtime operasional?
4. Rekomendasi teknis apa yang dapat diberikan untuk meningkatkan keandalan dan kestabilan sistem kelistrikan ICU berdasarkan hasil analisis dan perbandingan dengan standar IEC 60364-7-710 serta Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kondisi dan konfigurasi sistem kelistrikan di Intensive Care Unit (ICU) Rumah Sakit

Mitra Keluarga Pondok Tjandra Sidoarjo, yang meliputi sumber utama (PLN), panel distribusi, serta jalur suplai ke peralatan medis kritis.

2. Menganalisis kualitas dan distribusi daya listrik pada sistem kelistrikan ICU berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, serta keseimbangan beban antar fasa dari hasil pengukuran lapangan.
3. Menilai tingkat keandalan sistem kelistrikan ICU, khususnya sistem cadangan genset dan Uninterruptible Power Supply (UPS), ditinjau dari waktu transfer sumber daya, kapasitas daya, runtime UPS, serta catatan downtime operasional.
4. Merumuskan rekomendasi teknis yang aplikatif untuk meningkatkan keandalan dan kestabilan sistem kelistrikan ICU berdasarkan hasil analisis serta perbandingan dengan standar IEC 60364-7-710 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Manfaat Akademis**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan wawasan keilmuan di bidang teknik elektro, khususnya terkait analisis dan evaluasi sistem kelistrikan pada fasilitas pelayanan kesehatan kritis seperti Intensive Care Unit (ICU), berdasarkan standar kelistrikan yang berlaku.

- **Manfaat Praktis**

Penelitian ini dapat memberikan gambaran kondisi aktual sistem kelistrikan ICU Rumah Sakit Mitra Keluarga Pondok Candra Sidoarjo, meliputi kualitas daya, distribusi beban, serta keandalan sistem cadangan, sehingga dapat menjadi bahan evaluasi teknis bagi pihak rumah sakit.

- **Manfaat Teknis**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi teknis untuk meningkatkan keandalan dan kestabilan sistem kelistrikan ICU, khususnya terkait pengelolaan sumber daya listrik utama dan cadangan sesuai dengan standar IEC 60364-7-710 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terfokus dan tidak melebar, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada sistem kelistrikan di ruang Intensive Care Unit (ICU) Rumah Sakit Mitra Keluarga Pondok Tjandra Sidoarjo.
2. Analisis sistem kelistrikan difokuskan pada sumber listrik utama (PLN), sistem distribusi internal melalui panel listrik, serta sistem cadangan berupa genset dan Uninterruptible Power Supply (UPS) yang melayani beban ICU.
3. Parameter kelistrikan yang dianalisis meliputi tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, serta keseimbangan beban antar fasa berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan.

4. Analisis keandalan sistem dibatasi pada waktu transfer sumber listrik, kapasitas daya cadangan, runtime UPS, serta catatan downtime operasional yang tersedia.
5. Penelitian ini tidak mencakup analisis harmonisa, gangguan transien, maupun kualitas daya lanjutan seperti Total Harmonic Distortion (THD).
6. Penelitian ini bersifat analisis dan evaluasi teknis, tanpa melakukan perancangan ulang, simulasi sistem, maupun implementasi fisik perubahan pada instalasi kelistrikan.
7. Standar acuan yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada IEC 60364-7-710 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan: Latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka: Kajian teori dan penelitian terdahulu terkait sistem kelistrikan rumah sakit dan keandalan listrik.

BAB III Metode Penelitian: Penjelasan metode dan prosedur penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan: Penyajian dan pembahasan hasil analisis.

BAB V Kesimpulan dan Saran: Kesimpulan penelitian dan rekomendasi perbaikan.