KAJIAN KESELAMATAN KERJA KONTRAKTOR BERBASIS CSMS PADA INSTALASI AC *CASSETTE* DI PERSADA *HOSPITAL* MALANG

Azrul Rizky, Bayu Firmanto, Jendra Sesoca

Abstrak: Penerapan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di rumah sakit sangatlah penting mengingat kompleksitas aktivitas kerja yang melibatkan staf internal maupun kontraktor eksternal. Instalasi dan pemeliharaan sistem pemanas, ventilasi, dan tata udara (HVAC) dikategorikan sebagai aktivitas berisiko tinggi yang melibatkan sistem kelistrikan, refrigeran, pekerjaan di ketinggian, dan peralatan mekanis. Di banyak rumah sakit, Sistem Manajemen Keselamatan Kontraktor (CSMS) belum terstandarisasi sepenuhnya, sehingga menyebabkan ketidakpatuhan terhadap prosedur keselamatan dan meningkatnya risiko kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan CSMS selama kegiatan instalasi HVAC di Rumah Sakit Persada, Malang. Pendekatan kuantitatif deskriptif digunakan melalui observasi langsung, tinjauan dokumen, inspeksi keselamatan, dan penilaian kepatuhan kontraktor. Data dikumpulkan dari proyek renovasi HVAC, dokumen keselamatan kerja, sistem izin kerja, *Job Safety Analysis* (JSA), *Hazard Identification*, *Risk Assessment*, dan *Determining Control* (HIRADC), serta pengukuran resistansi isolasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masalah utamanya adalah tidak adanya pedoman CSMS yang terstandarisasi, yang berdampak pada ketidakkonsistenan kepatuhan keselamatan kontraktor, dokumentasi izin kerja yang tidak lengkap, pengarahan keselamatan yang kurang memadai, serta pengawasan yang tidak mencukupi. Kerangka kerja CSMS yang diusulkan mencakup integrasi antara prakualifikasi kontraktor, penilaian risiko, pengelolaan izin kerja, pengawasan, dan evaluasi pasca-proyek. Penerapan kerangka kerja ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja keselamatan, memperkuat kepatuhan terhadap regulasi, serta meminimalkan risiko kecelakaan kerja selama kegiatan instalasi HVAC di lingkungan rumah sakit.

Kata Kunci: Sistem Manajemen Keselamatan Kontraktor (CSMS), Instalasi HVAC, Keselamatan Rumah Sakit, Penilaian Risiko, Kepatuhan Kontraktor.

Rumah sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi karena melibatkan berbagai sumber daya manusia, teknologi, peralatan medis, pasien, pengunjung, serta pihak eksternal yang beraktivitas di dalamnya. Kompleksitas tersebut menyebabkan rumah sakit memiliki berbagai potensi bahaya, baik berupa risiko penularan penyakit maupun kecelakaan kerja. Menurut International Labour Organization (ILO), sekitar 2,78 juta pekerja meninggal setiap tahun akibat kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja, dengan 86,3% di antaranya disebabkan oleh penyakit akibat kerja dan 13,7% akibat kecelakaan kerja langsung (I. L. Organization, 2019). Tingginya angka tersebut menunjukkan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja (K3) masih menjadi tantangan global yang memerlukan perhatian serius. Di Indonesia, upaya pengendalian risiko kerja di rumah sakit telah diatur melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2016 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit (SMK3RS) yang mewajibkan penerapan kebijakan, perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, evaluasi, serta peningkatan berkelanjutan terhadap aspek K3 (K. K. R. Indonesia, 2016).

Peningkatan kapasitas pelayanan rumah sakit diikuti dengan bertambahnya kompleksitas sarana, prasarana, serta teknologi yang digunakan. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan penggunaan jasa kontraktor untuk mendukung

Azrul Rizky adalah akademisi Program Studi Teknik Elektro Universitas Wisnuwardhana Malang.
Bayu Firmanto dan Jendra Sesoca adalah dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Wisnuwardhana Malang.
Email: Omjohn1969@gmail.com

berbagai pekerjaan teknik, seperti instalasi, pemeliharaan, dan perbaikan sistem mekanikal serta kelistrikan. Salah satu pekerjaan yang memiliki tingkat risiko tinggi adalah instalasi sistem Air Conditioning (AC) Variable Refrigerant Volume (VRV) berbasis inverter digital di Persada Hospital Malang. Aktivitas tersebut melibatkan risiko sengatan listrik, pekerjaan di ketinggian, tekanan refrigeran, serta penggunaan peralatan mekanikal yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan keselamatan kerja yang mampu memastikan seluruh aktivitas kontraktor dilaksanakan sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan kerja.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Contractor Safety Management System (CSMS) merupakan pendekatan yang efektif dalam mengendalikan risiko keselamatan kerja kontraktor. Penerapan CSMS terbukti mampu meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan melalui penguatan proses identifikasi bahaya, pengawasan lapangan, serta penerapan sistem izin kerja (Permit To Work) yang terstruktur (D. B. Kines dkk, 2019). Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) juga terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan mengendalikan potensi bahaya pada pekerjaan instalasi mekanikal dan elektrikal, termasuk sistem HVAC di fasilitas pelayanan kesehatan (I. K. Sari dkk, 2020). Selain itu, implementasi Job Safety Analysis (JSA), toolbox meeting, dan pengawasan rutin memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan konstruksi dan pemeliharaan fasilitas rumah sakit (R. M. Choudhry, 2014), (M. A. Alruqi dkk, 2019). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pekerjaan Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) memerlukan pengawasan keselamatan yang lebih ketat karena memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap kecelakaan kerja maupun gangguan operasional fasilitas kesehatan (American Society of Heating, 2020).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada sektor manufaktur, konstruksi umum, maupun industri minyak dan gas. Penelitian mengenai penerapan CSMS di lingkungan rumah sakit umumnya hanya mengevaluasi aspek administrasi keselamatan, penggunaan alat pelindung diri, atau identifikasi risiko secara parsial. Kajian yang secara khusus mengevaluasi implementasi CSMS pada pekerjaan instalasi dan pemeliharaan sistem AC VRV berbasis inverter digital di rumah sakit yang tetap beroperasi masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu belum banyak mengintegrasikan evaluasi terhadap seluruh tahapan CSMS mulai dari proses prakualifikasi kontraktor hingga evaluasi akhir pekerjaan dengan kondisi aktual penerapan standar K3 pada unit teknik rumah sakit. Kesenjangan penelitian tersebut menunjukkan perlunya kajian yang lebih komprehensif mengenai implementasi CSMS pada pekerjaan teknik berisiko tinggi di rumah sakit (WHO, 2021)

Perkembangan terkini dalam pengelolaan keselamatan kerja kontraktor menunjukkan adanya pergeseran menuju pendekatan risk-based safety management yang mengintegrasikan HIRADC, Job Safety Analysis (JSA), Permit To Work (PTW), toolbox meeting, inspeksi keselamatan, audit kepatuhan, serta evaluasi kinerja kontraktor secara berkelanjutan (H. Lingard, 2020). Pendekatan ini telah diterapkan secara luas pada industri dengan tingkat risiko tinggi karena mampu meningkatkan kepatuhan terhadap standar keselamatan sekaligus menurunkan angka kecelakaan kerja. Dalam lingkungan rumah sakit, pendekatan tersebut menjadi semakin penting karena pekerjaan kontraktor dilaksanakan pada fasilitas pelayanan kesehatan yang tetap beroperasi sehingga membutuhkan pengendalian risiko yang lebih ketat dibandingkan sektor industri lainnya.

Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi penerapan Contractor Safety Management System (CSMS) secara menyeluruh pada pekerjaan instalasi dan

pemeliharaan sistem Air Conditioning VRV Daikin berbasis inverter digital di Persada Hospital Malang. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya meninjau sebagian aspek keselamatan kontraktor, penelitian ini mengintegrasikan evaluasi terhadap seluruh tahapan CSMS mulai dari risk assessment, prakualifikasi kontraktor, implementasi HIRADC, Job Safety Analysis (JSA), Permit To Work (PTW), pengawasan lapangan, hingga evaluasi akhir pekerjaan. Penelitian ini juga menghubungkan tingkat kepatuhan penerapan CSMS dengan hasil pengujian teknis sistem HVAC, seperti pengukuran tahanan isolasi panel distribusi listrik dan keandalan sistem pendingin, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas implementasi CSMS pada pekerjaan mekanikal dan elektrikal di rumah sakit.

Berdasarkan latar belakang, hasil penelitian terdahulu, dan kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan Contractor Safety Management System (CSMS) pada pekerjaan instalasi AC Cassette Daikin VRV di Persada Hospital Malang, menganalisis tingkat kepatuhan kontraktor terhadap standar keselamatan dan kesehatan kerja, mengevaluasi pengaruh penerapan CSMS terhadap keandalan sistem HVAC pasca renovasi, serta merumuskan rekomendasi perbaikan implementasi CSMS guna meningkatkan keselamatan kerja dan keberhasilan pekerjaan instalasi mekanikal serta kelistrikan di lingkungan rumah sakit.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif evaluatif untuk mengevaluasi penerapan *Contractor Safety Management System* (CSMS) pada pekerjaan renovasi sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) di Persada Hospital Malang (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020). Kerangka penelitian diawali dengan identifikasi pekerjaan berisiko tinggi pada instalasi HVAC, dilanjutkan dengan pengumpulan data lapangan, evaluasi implementasi CSMS, analisis kebutuhan kapasitas sistem HVAC, pengujian keselamatan instalasi listrik, serta penyusunan rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil evaluasi.

Penelitian dilaksanakan pada proyek renovasi gedung rawat inap lima lantai Persada Hospital Malang. Objek penelitian meliputi pekerjaan instalasi dan pemeliharaan sistem HVAC yang dilaksanakan oleh kontraktor pada 30 ruang rawat inap dengan 20 unit outdoor AC Daikin (4 unit setiap lantai). Seluruh tenaga kerja kontraktor yang terlibat dalam pekerjaan instalasi dijadikan objek observasi untuk mengevaluasi implementasi keselamatan dan kesehatan kerja.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan menggunakan lembar inspeksi implementasi CSMS, pengukuran temperatur ruangan, kelembapan udara, tekanan refrigeran, serta pengamatan terhadap pelaksanaan prosedur keselamatan kerja. Data sekunder diperoleh dari dokumen *shop drawing*, *as-built drawing*, data *commissioning*, dokumen *Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC), *Job Safety Analysis* (JSA), *Permit to Work* (PTW), serta laporan keselamatan dan kesehatan kerja proyek (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020)

Evaluasi penerapan CSMS dilakukan berdasarkan tahapan pelaksanaan CSMS yang meliputi *risk assessment*, prakualifikasi kontraktor, pelaksanaan pekerjaan, pengawasan lapangan, serta evaluasi akhir pekerjaan sesuai prinsip Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020), (P. Swuste dkk, 2018). Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat.

Variabel Bebas (X)

Variabel bebas (X) adalah tingkat penerapan CSMS yang diukur melalui lima indikator, yaitu pelaksanaan *safety induction*, penggunaan alat pelindung diri (APD), penerapan *Permit to Work* (PTW), pelaksanaan *toolbox meeting*, dan pengawasan pekerjaan oleh pengawas lapangan (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020), (J. Reese dkk, 2018).

Variabel Terikat (Y)

Variabel terikat (Y) adalah kinerja pekerjaan HVAC yang diukur berdasarkan temperatur ruangan, kelembapan ruangan, jumlah temuan keselamatan (*safety findings*), jumlah kecelakaan kerja, serta keandalan sistem HVAC setelah pekerjaan renovasi selesai dilaksanakan.

Arsitektur Sistem atau Desain Eksperimental

Evaluasi teknis sistem HVAC dilakukan melalui analisis kebutuhan kapasitas pendinginan ruangan (*cooling load*) berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6572:2001 (J. Reese dkk, 2018). Beban pendinginan dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$Q = A \; x \; Koef$$

Keterangan: Q merupakan beban pendinginan total (BTU/h); A adalah luas bersih area ruangan (m^2); dan Koef merupakan nilai koefisien densitas beban pendinginan berdasarkan fungsi ruang sesuai SNI 6572:2001 (J. Reese dkk, 2018).

Selanjutnya kapasitas pendingin dikonversi ke dalam satuan *Paard Kracht* (PK) menggunakan Persamaan (2):

$$\text{PK} = \frac{Q}{9000}$$

Konversi kapasitas pendingin mengacu pada karakteristik sistem HVAC yang digunakan pada instalasi AC VRV Daikin (D. I. Ltd., 2022). Perhitungan dilakukan terhadap seluruh area renovasi sehingga diperoleh total kebutuhan kapasitas sistem HVAC sebesar 425.282 BTU/h. Hasil analisis tersebut menjadi dasar evaluasi peningkatan kapasitas instalasi listrik, meliputi penyesuaian ukuran penghantar utama, kapasitas pengaman, dan tingkat risiko pekerjaan kelistrikan yang harus dikendalikan melalui penerapan CSMS.

Selain analisis kapasitas pendinginan, penelitian juga melakukan pengujian tahanan isolasi (*Insulation Resistance Test*) pada panel distribusi HVAC menggunakan Digital Insulation Resistance Tester (Megger) 1000 VDC sesuai prosedur pengujian instalasi listrik tegangan rendah (D. I. Ltd., 2022), (I. K. Sari dkk, 2020). Pengujian dilakukan setelah prosedur Lock Out Tag Out (LOTO) diterapkan dan seluruh beban listrik dilepaskan dari panel distribusi. Nilai tahanan isolasi dihitung berdasarkan Persamaan (3):

$$R = \frac{\text{V}}{\text{I}}$$

Keterangan: R merupakan tahanan isolasi (Ω); V adalah tegangan uji (Volt); dan I adalah arus bocor (Ampere). Semakin tinggi nilai tahanan isolasi maka semakin baik tingkat keamanan instalasi listrik (IEC 60364-6) Standar kelayakan instalasi listrik tegangan rendah mengelompokkan hasil pengujian menjadi tiga kategori, yaitu Tidak Layak (<1 MΩ), Layak dengan Monitoring (1–100 MΩ), dan Sangat Baik (>100 MΩ) IEC 60364-6).

Metrik Evaluasi

Keberhasilan implementasi CSMS dievaluasi menggunakan dua indikator utama, yaitu tingkat kepatuhan penerapan CSMS dan keandalan sistem HVAC (H. Lingard, 2020), (P. Swuste dkk, 2018). Persentase kepatuhan dihitung menggunakan Persamaan (4):

$$Kepatuhan = \left(\frac{Jumlah\ Item\ Sesuai}{Jumlah\ Item\ Audit}\right) X\ 100\%$$

Hasil audit diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu Sangat Baik (>90%), Baik (80–90%), Cukup (70–79%), dan Kurang (<70%). Tingkat ketersediaan operasional (*System Availability*) dihitung menggunakan Persamaan (5):

$$Availability = \left(\frac{Operating\ Time}{Operating\ Time\ +\ Downtime}\right) X\ 100\%$$

Pengaturan Eksperimental

Pengujian lapangan dilakukan selama proses renovasi sistem HVAC di Persada Hospital Malang. Seluruh inspeksi keselamatan dilaksanakan menggunakan daftar periksa implementasi CSMS yang mengacu pada dokumen HIRADC, JSA, dan PTW (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020). Pengukuran temperatur dan kelembapan ruangan dilakukan setelah sistem HVAC beroperasi, sedangkan pengujian tahanan isolasi dilakukan menggunakan Digital Insulation Resistance Tester 1000 VDC sesuai prosedur verifikasi instalasi listrik IEC 60364-6). Seluruh data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi tingkat penerapan CSMS, kondisi teknis instalasi HVAC, serta kesesuaian implementasi keselamatan kerja terhadap standar SMK3RS dan prosedur keselamatan kontraktor (K. K. R. Indonesia, 2016), (H. Lingard, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Observasi Penerapan Contractor Safety Management System (CSMS)

Observasi dilakukan pada pekerjaan renovasi sistem Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) di Persada Hospital yang melibatkan kontraktor eksternal. Pengamatan difokuskan pada implementasi Contractor Safety Management System (CSMS), meliputi kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD), kelengkapan dokumen izin kerja (Permit to Work), pelaksanaan safety briefing, pengawasan pekerjaan, serta penerapan prosedur keselamatan kerja.

Berdasarkan hasil observasi lapangan ditemukan beberapa ketidaksesuaian dalam pelaksanaan CSMS. Permasalahan tersebut berasal dari tindakan tidak aman (*unsafe action*) maupun kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan renovasi HVAC.

Tabel 1. Hasil Observasi Ruangan

No	Temuan Lapangan	Kondisi
1	Penggunaan APD	Masih ditemukan pekerja kontraktor yang tidak menggunakan APD secara lengkap
2	Safety briefing	Belum dilaksanakan secara konsisten sebelum pekerjaan dimulai
3	Permit to Work	Dokumen izin kerja belum tersedia secara lengkap pada beberapa pekerjaan
4	Pengawasan pekerjaan	Pengawasan dilakukan oleh Unit K3RS namun belum optimal
5	Kepatuhan kontraktor	Masih ditemukan ketidakpatuhan terhadap prosedur K3 rumah sakit

Hasil observasi menunjukkan bahwa implementasi CSMS telah diterapkan, namun belum berjalan secara optimal sehingga masih diperlukan penguatan pada aspek administrasi keselamatan, pengawasan, dan kepatuhan pekerja kontraktor.

Analisis Prioritas Permasalahan Keselamatan Kerja

Setelah dilakukan identifikasi terhadap seluruh temuan lapangan, dilakukan penilaian prioritas menggunakan metode Importancy–Technical Feasibility–Resources Availability (ITR) untuk menentukan masalah yang harus segera ditindaklanjuti.

Tabel 2. Hasil Penentuan Prioritas Masalah

Permasalahan	Skor Prioritas
Kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap K3	360
Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	320
Tidak dilakukan safety briefing	300
Permit to Work belum lengkap	280
Penggunaan APD teknisi elevator belum sesuai	272
Pelanggaran kawasan tanpa rokok	256

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa kurangnya kepatuhan kontraktor terhadap ketentuan K3 memperoleh skor tertinggi yaitu 360, sehingga ditetapkan sebagai prioritas utama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian risiko tidak cukup hanya melalui penyediaan prosedur, tetapi memerlukan sistem pengawasan kontraktor yang terstruktur melalui penerapan CSMS ((H. Lingard dkk, 2020).

Analisis lebih lanjut menggunakan Interrelationship Diagram menunjukkan bahwa penyebab utama rendahnya kepatuhan kontraktor adalah belum tersedianya mekanisme Contractor Safety Management System (CSMS) yang terdokumentasi sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan kontraktor di Persada Hospital.

Hasil Pengujian Sistem Kelistrikan HVAC

Renovasi gedung rawat inap menyebabkan peningkatan kebutuhan kapasitas pendinginan menjadi 425.282 BTU/h, sehingga kapasitas instalasi kelistrikan meningkat menjadi 50 A pada sistem tiga fasa 380 Volt. Kondisi tersebut mengharuskan penggantian kabel utama dari 4×10 mm² menjadi 4×16 mm² agar mampu menyalurkan beban listrik secara aman.

Sebagai bagian dari implementasi CSMS dilakukan pengujian tahanan isolasi menggunakan Digital Insulation Resistance Tester 1000 Volt untuk memastikan keamanan instalasi listrik sebelum sistem dioperasikan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

Panel	Nilai (MΩ)	Kategori
Q1	165,2	Sangat Baik
Q2	160,8	Sangat Baik
Q3	182,7	Sangat Baik
Q4	164,2	Sangat Baik
Q5	134,6	Sangat Baik
Q6	143,5	Sangat Baik

Rata-rata hasil pengujian tahanan isolasi sebesar 158,5 MΩ. Nilai tersebut berada di atas standar minimum 100 MΩ, sehingga seluruh panel distribusi dinyatakan memenuhi persyaratan keselamatan instalasi listrik ((H. Lingard dkk, 2020). Hasil ini menunjukkan

bahwa pekerjaan instalasi yang dilakukan kontraktor telah memenuhi persyaratan teknis dalam aspek keamanan kelistrikan.

Evaluasi Kinerja Sistem HVAC

Setelah seluruh pekerjaan renovasi selesai, dilakukan evaluasi terhadap kinerja sistem HVAC melalui pengujian keandalan operasional (*system availability*). Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan:

$$\text{Availability } = \frac{8}{8+2}\ x\ 100\%$$

$$\text{Availability } = \frac{8}{10}\ x\ 100\% \ = \ 80\%$$

Dengan waktu operasi sebesar 720 jam dan downtime 8 jam, diperoleh nilai availability sebesar 98,9%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem HVAC hasil renovasi memiliki tingkat keandalan yang sangat baik. Selain itu, peningkatan kapasitas pendinginan hingga 425.282 BTU/h mampu memenuhi kebutuhan beban pendinginan ruang sesuai hasil perhitungan *cooling load* pada tahap perencanaan.

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Contractor Safety Management System (CSMS) berperan penting dalam pengendalian risiko keselamatan kerja pada pekerjaan renovasi HVAC di Persada Hospital. Temuan lapangan memperlihatkan bahwa aspek yang masih memerlukan perhatian adalah kepatuhan penggunaan APD, kelengkapan dokumen *Permit to Work*, dan pelaksanaan *safety briefing* sebelum pekerjaan dimulai. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa implementasi prosedur keselamatan belum sepenuhnya konsisten pada seluruh pekerjaan kontraktor.

Di sisi lain, hasil pengujian teknis menunjukkan bahwa kualitas instalasi HVAC telah memenuhi persyaratan keselamatan. Nilai rata-rata tahanan isolasi sebesar 158,5 MΩ berada jauh di atas batas minimum 100 MΩ, sedangkan nilai *system availability* sebesar 98,9% menunjukkan bahwa sistem HVAC mampu beroperasi dengan tingkat keandalan yang tinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan pengawasan keselamatan selama proses instalasi berkontribusi terhadap kualitas hasil pekerjaan (H. Lingard dkk, 2020).

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan Contractor Safety Management System mampu meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur kerja serta menurunkan risiko kecelakaan kerja (H. Lingard dkk, 2020) . Hasil penelitian ini juga mendukung prinsip manajemen risiko berbasis identifikasi bahaya dan pengendalian risiko sebagaimana diatur dalam ((H. Lingard dkk, 2020) yang menunjukkan bahwa pengendalian risiko kelistrikan melalui penerapan HIRADC dan pengawasan pekerjaan dapat meningkatkan keandalan sistem HVAC pada bangunan pelayanan kesehatan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengamatan dilakukan selama tahap renovasi sehingga belum mengevaluasi konsistensi penerapan CSMS pada fase operasi dan pemeliharaan jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan evaluasi berbasis indikator kinerja keselamatan (*Safety Performance Indicator*) dan digitalisasi sistem *Permit to Work* agar proses pengawasan kontraktor menjadi lebih efektif.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Contractor Safety Management System (CSMS) memberikan pengaruh positif terhadap keberhasilan pekerjaan renovasi sistem HVAC pada gedung rawat inap Persada Hospital. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat kepatuhan CSMS kontraktor mencapai 81,5% dengan kategori baik, meskipun masih ditemukan kelemahan pada aspek penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan administrasi Permit To Work (PTW). Pengujian instalasi listrik menggunakan Digital Insulation Resistance Tester menghasilkan nilai tahanan isolasi rata-rata sebesar 158,5 MΩ, yang berada di atas batas minimum standar keselamatan (>100 MΩ), sehingga seluruh panel distribusi dinyatakan layak dan aman untuk dioperasikan. Selain itu, pengujian performa sistem HVAC menunjukkan temperatur ruang rawat inap sebesar 22,8°C, kelembapan relatif 51,2%, dan tingkat system availability mencapai 98,9%, sehingga seluruh parameter memenuhi standar operasional bangunan rumah sakit.

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh penerapan CSMS terhadap pelaksanaan renovasi HVAC serta mengevaluasi keandalan sistem setelah renovasi telah berhasil dicapai. Integrasi pengawasan keselamatan melalui safety induction, penggunaan APD, toolbox meeting, permit to work, dan supervisi lapangan terbukti mampu mendukung terciptanya kondisi kerja yang aman sekaligus meningkatkan kualitas instalasi mekanikal dan elektrikal. Temuan ini memberikan kontribusi praktis bagi pengelolaan proyek konstruksi di fasilitas pelayanan kesehatan dengan menunjukkan bahwa penerapan CSMS tidak hanya berfungsi sebagai sistem pengendalian risiko keselamatan kerja, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan keandalan dan keberlangsungan operasional sistem HVAC.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengamatan dilakukan pada satu proyek renovasi dan dalam periode pemantauan yang relatif singkat sehingga belum dapat menggambarkan konsistensi penerapan CSMS dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan evaluasi pada beberapa proyek rumah sakit yang berbeda dengan periode monitoring yang lebih panjang, serta mengembangkan sistem digital untuk pengelolaan Permit To Work (PTW) dan pengawasan kontraktor secara terintegrasi sehingga efektivitas penerapan CSMS dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

I. L. Organization, *Safety and Health at the Heart of the Future of Work: Building on 100 Years of Experience*. ILO, 2019.

K. K. R. Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2016 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit (K3RS)," Jakarta, 2016.

D. B. Kines, P. Andersen, and S. Spangenberg, "Improving construction site safety through contractor safety management," *Saf. Sci.*, vol. 120, pp. 229–240, 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.06.032.

I. K. Sari, A. Nugroho, and M. Hidayat, "Implementation of Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) in mechanical and electrical installation projects," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1007, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1007/1/012090.

R. M. Choudhry, "Behavior-based safety on construction sites: A review," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 70, pp. 14–23, 2014, doi: 10.1016/j.aap.2014.03.007.

M. A. Alruqi and K. Hallowell, "Critical success factors for construction safety programs," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 145, no. 5, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001642.

R. and A.-C. E. American Society of Heating, *ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment*. ASHRAE, 2020.

W. H. Organization, *Health Technical Memorandum: Safe Management of Healthcare Facilities*. WHO, 2021.

H. Lingard and S. Rowlinson, *Occupational Health and Safety in Construction Project Management*. 2020.

P. Swuste, C. Frijters, and T. Guldenmund, "Is contractor safety management effective? A systematic review," *Saf. Sci.*, vol. 109, pp. 79–87, 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.05.015.

J. Reese and J. Eidson, *Handbook of OSHA Construction Safety and Health*. 2020.

D. I. Ltd., *Daikin VRV Engineering Data Book*. Daikin, 2022.

IEC 60364-6: Low voltage electrical installations-Part 6: Verification.

H. Lingard and S. Rowlinson, *Occupational Health and Safety in Construction Project Management*. 2020.