ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN BANDARA SEBAGAI SUMBER PEMBELAJARAN PADA PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

Yayuk Suprihartini

Politeknik Penerbangan Palembang
E-mail : yayuk.suprihartini@ppicurug.ac.id

ABSTRAK

Sistem kelistrikan bandara merupakan infrastruktur kritis yang menjamin keselamatan, keandalan, dan kelancaran operasi penerbangan. Namun, dalam konteks pendidikan, potensinya sebagai sumber pembelajaran kontekstual pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU) belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem kelistrikan bandara sebagai sumber pembelajaran yang relevan guna menjembatani perbedaan gap antara teori di perguruan tinggi dengan kebutuhan kompetensi nyata di industri Bandar Udara. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus di sebuah bandara internasional di Indonesia. Data dikumpulkan melalui triangulasi teknik, yaitu wawancara semi-terstruktur dengan praktisi dan akademisi, observasi lapangan, serta analisis dokumen teknis dan kurikulum. Data dianalisis secara tematik. Hasil penelitian mengungkap bahwa sistem kelistrikan Bandar Udara memiliki karakteristik yang kompleks, didominasi oleh prinsip keandalan (reliability), redundansi, dan keselamatan yang ketat. Temuan utama menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara kompetensi teknis yang diajarkan di kampus dengan tuntutan keterampilan kontekstual di lapangan, seperti kemampuan membaca diagram satu garis (SLD) spesifik bandara, menjalankan prosedur keselamatan Lock-Out Tag-Out (LOTO) di lingkungan operasional, dan melakukan troubleshooting sistem terintegrasi. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi sistem kelistrikan bandara ke dalam kurikulum Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU) sangat strategis. Penelitian merekomendasikan pengembangan bahan ajar berbasis studi kasus nyata, simulasi skenario gangguan, dan modul praktikum terpandu yang bersumber dari dokumentasi dan praktik operasional bandara. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai teori, tetapi juga memiliki *mindset* keselamatan, keandalan, dan kesiapan kerja yang sesuai dengan standar industri bandar udara.

Kata Kunci : *Sistem Kelistrikan Bandara, Sumber Pembelajaran, Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Keselamatan Operasional, Integrasi Kurikulum*

PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan simpul transportasi udara yang kompleks dan kritis, di mana aspek keselamatan, keandalan, dan efisiensi operasi menjadi hal yang mutlak. Kompleksitas ini muncul dari pertemuan berbagai sistem teknologi tinggi, prosedur standar internasional yang ketat, dan arus manusia serta barang yang sangat dinamis, semua beroperasi di bawah tekanan waktu yang nyata (*real-time*). Dalam ekosistem yang sedemikian rumit dan sensitif, setiap komponen harus berfungsi secara harmonis (Horonjeff et al., 2010). Salah satu kegagalan kecil pada subsistem pendukung berpotensi menyebabkan efek domino yang mengganggu ritme operasi secara keseluruhan, menimbulkan penundaan massal, kerugian finansial yang besar, dan yang terpenting, membahayakan nyawa. Oleh karena itu, bandara tidak hanya sekadar fasilitas fisik, tetapi lebih merupakan suatu ekosistem hidup yang membutuhkan ketersediaan dan ketahanan sistem penunjangnya sepanjang waktu (Ashford et al., 2011).

Di antara semua sistem penunjang itu, sistem kelistrikan menempati posisi yang paling fundamental, berfungsi sebagai urat nadi yang menghidupi seluruh operasi. Tanpa pasokan listrik yang stabil dan andal, hampir semua aktivitas bandara akan lumpuh total. Peran sistem kelistrikan jauh melampaui fungsi dasar penyediaan pencahayaan. Ia adalah penopang utama sistem-sistem yang menjadi *nyawa* keselamatan penerbangan, seperti sistem navigasi dan komunikasi Air Traffic Control (ATC), radar pemandu lalu lintas udara, sistem penerangan landasan pacu dan *taxiway* yang menjadi panduan visual vital bagi pilot, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau malam hari. Selain itu, sistem ini juga menggerakkan jantung operasional penumpang, mulai dari sistem bagasi otomatis, *check-in counter*, display informasi penerbangan, hingga sistem keamanan dan pendingin ruangan (ICAO, 2018).

Mengingat peran sentralnya, pemahaman yang mendalam, holistik, dan aplikatif tentang sistem kelistrikan bandara bukan lagi sekadar pengetahuan tambahan, melainkan sebuah kompetensi inti yang wajib dimiliki oleh setiap calon tenaga ahli dan rekayasawan di bidang bandar udara. Hal ini disebabkan karena interaksi mereka dengan sistem ini akan menentukan tingkat ketahanan dan keamanan operasi bandara secara keseluruhan. Tanpa penguasaan yang utuh, seorang supervisor berisiko membuat keputusan yang bersifat parsial atau teknis semata, tanpa menyadari implikasi sistemik dan prosedural yang dapat membahayakan kesinambungan layanan. Pemahaman mendalam berarti mengakar pada prinsip-prinsip rekayasa yang mendasarinya; pemahaman holistik menuntut kemampuan untuk melihat sistem ini sebagai bagian yang tak terpisahkan dari jaringan operasi, keselamatan, dan komunikasi bandara; sedangkan pemahaman aplikatif mensyaratkan keterampilan untuk menerjemahkan pengetahuan tersebut ke dalam tindakan nyata di lapangan, mulai dari pemecahan masalah hingga pengambilan keputusan di bawah tekanan (FAA, 2022).

Oleh karena itu, kurikulum pendidikan harus sesuai dengan teoritis konvensional dan secara aktif menjadikan sistem kelistrikan bandara yang aktual pada media pembelajaran. Kompetensi inti ini harus dibangun melalui paparan terhadap dokumen teknis nyata seperti *Single Line Diagram*, simulasi respons terhadap skenario kegagalan kritis, dan pengenalan langsung terhadap protokol darurat. Dengan demikian, lulusan tidak hanya memiliki sertifikat akademik, tetapi juga dengan kesiapan mental dan keahlian praktis untuk langsung berkontribusi dalam memelihara kelistrikan bandara, memastikan bahwa setiap kelistrikan yang dialirkan mendukung misi utama bandara: keselamatan, keandalan, dan efisiensi yang tak terganggu

Para supervisor dan teknisi bandar udara harus mampu memahami bukan hanya *bagaimana* sistem itu bekerja secara teknis, tetapi juga *mengapa* ia dirancang dengan redundansi dan proteksi tertentu, *apa* konsekuensi dari sebuah kegagalan, serta *bagaimana* merespons dan memulihkannya sesuai prosedur keselamatan yang berlaku. Inilah yang kemudian mendasari perlunya pendekatan pembelajaran yang kontekstual, di mana sistem kelistrikan bandara riil diangkat sebagai sumber belajar untuk menjembatani kesenjangan antara teori di ruang kuliah dengan tuntutan operasional yang sesungguhnya di lapangan.

Di antara berbagai sistem penunjang operasional bandara, sistem kelistrikan memegang peran vital sebagai *backbone* atau tulang punggung. Sistem ini tidak hanya bertugas menyediakan penerangan, tetapi lebih dari itu, ia menjamin keandalan suplai daya untuk sistem navigasi penerbangan (Air Traffic Control/ATC), radar, komunikasi ground-to-air, sistem bagasi, fasilitas penumpang, hingga keamanan perimeter. Kegagalan pada sistem kelistrikan, sekecil apapun, dapat berpotensi mengganggu keselamatan penerbangan, menimbulkan *delay* masif, dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang desain, operasi, dan pemeliharaan sistem kelistrikan bandara menjadi kompetensi esensial bagi calon tenaga ahli di bidang bandar udara.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus, yang dipandang paling tepat untuk mengeksplorasi dan menganalisis fenomena sistem kelistrikan bandara secara mendalam dalam konteksnya yang alamiah sebagai sumber belajar. Studi kasus ini dilakukan di sebuah bandara internasional di Indonesia, yang dipilih berdasarkan kriteria kesiapan akses dan kelengkapan sistem kelistrikannya yang representatif. Pengumpulan data dilakukan melalui triangulasi teknik untuk memperoleh keabsahan data yang komprehensif.

Data primer dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur dengan narasumber kunci yang meliputi Manajer Operasional dan Pemeliharaan (MOP) Bandara, Supervisor Teknik Listrik, dan Tenaga pengajar dari Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara. Wawancara ini bertujuan untuk menggali persepsi, pengalaman, dan pemahaman mendalam mengenai operasi, tantangan, dan aspek kritis sistem kelistrikan, serta potensi integrasinya ke dalam kurikulum. Penekanannya adalah pada upaya untuk memahami realitas di balik dokumen teknis dan diagram teoritis, dengan memahami sudut pandang para pelaku yang sehari-hari menjalankan, pemeliharaan, dan memastikan keandalan sistem tersebut. Melalui dialog yang terbuka, diharapkan dapat terkuak tidak hanya pengetahuan prosedural yang baku, tetapi juga *tacit knowledge* atau kearifan praktis yang diperoleh dari pengalaman menangani insiden, gangguan, dan tekanan operasional nyata. Wawasan ini sering kali tidak tercatat dalam manual, namun justru menjadi kunci dalam pengambilan keputusan cepat dan efektif di lapangan.

Lebih lanjut, eksplorasi melalui wawancara juga diarahkan untuk mengidentifikasi celah antara dunia akademis dan dunia praktik. Dengan bertanya langsung kepada narasumber dari kalangan industri mengenai keterampilan apa yang paling dibutuhkan namun sering kali kurang dimiliki oleh lulusan baru, penelitian dapat mendapatkan masukan yang sangat berharga untuk merancang kurikulum yang relevan. Selain itu, wawancara juga membuka ruang untuk menggali ide-ide kreatif tentang bagaimana elemen-elemen sistem kelistrikan yang kompleks beserta tantangan dan protokolnya dapat diadaptasi menjadi modul pembelajaran, studi kasus, atau simulasi yang efektif di dalam kelas. Dengan demikian, proses wawancara tidak hanya berfungsi

sebagai metode pengumpulan data, tetapi juga sebagai jembatan awal untuk dialog yang konstruktif antara pendidikan tinggi dan industri, dalam upaya menyelaraskan kebutuhan kompetensi masa depan dengan desain pembelajaran yang disediakan

Selain itu, dilakukan observasi langsung di area-area kritis seperti Main Distribution Board (MDB), Substation, Power House, ruang ATC, dan apron untuk mendokumentasikan konfigurasi fisik, prosedur operasi, dan simbol-simbol keselamatan yang diterapkan.

Data sekunder diperoleh melalui studi dokumentasi terhadap dokumen-dokumen teknis bandara, seperti Single Line Diagram (SLD) sistem kelistrikan, Standard Operating Procedure (SOP) pemeliharaan, laporan gangguan (trouble report), dan manual peralatan. Dokumen kurikulum, Rencana Pembelajaran Semester (RPS), dan bahan ajar Program Studi TRBU juga dianalisis untuk memetakan kesenjangan antara kebutuhan kompetensi dan materi yang diajarkan. Analisis ini dilakukan secara kritis dengan cara membenturkan muatan dan pendekatan pembelajaran yang tercermin dalam dokumen-dokumen akademik tersebut dengan temuan faktual dari lapangan mengenai tuntutan keterampilan dan pengetahuan operasional sistem kelistrikan bandara. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi apakah struktur kurikulum yang ada telah memberikan porsi dan pendalaman yang memadai, atau justru masih terjebak dalam pengajaran konsep kelistrikan umum yang terlepas dari konteks spesifik bandara. Dengan kata lain, analisis ini berusaha menjawab pertanyaan mendasar sejauh mana capaian pembelajaran yang dirancang selaras dengan kompetensi yang sesungguhnya dibutuhkan di tempat kerja.

Proses pemetaan ini mengungkap pola-pola tertentu, seperti kecenderungan mata kuliah teknik listrik diajarkan sebagai ilmu teknik dasar, kurangnya studi kasus yang diambil dari gangguan nyata pada suatu bandar udara atau desain sistem bandar udara, serta minimnya integrasi tema keselamatan penerbangan, regulasi bandara, dan manajemen risiko ke dalam pembahasan teknis. Temuan dari analisis dokumen ini kemudian menjadi landasan yang kuat untuk merekomendasikan perbaikan kurikulum. Rekomendasi tersebut dapat berbentuk penyusunan ulang RPS dengan memasukkan *learning outcome* yang lebih aplikatif, pengembangan bahan ajar baru yang berbasis dokumen teknis otentik bandara, atau perancangan tugas dan evaluasi yang mensimulasikan penyelesaian masalah (*problem-solving*) dalam lingkungan operasional Bandar Udara yang penuh dengan pertimbangan teknis dan prosedural. Dengan demikian, analisis ini tidak berhenti pada diagnosis perbedaan gap antara teori dengan kondisi nyata , tetapi berfungsi sebagai titik tolak untuk merancang intervensi pendidikan yang tepat sasaran dan berorientasi pada peningkatan kesiapan kerja lulusan.

Seluruh data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan analisis isi tematik (thematic content analysis). Proses analisis dimulai dengan transkripsi dan organisasi data, dilanjutkan dengan pengkodean untuk mengidentifikasi pola dan tema-tema penting. Tema-tema yang muncul, seperti “Aspek Kritikal Sistem Kelistrikan”, “Prosedur Keselamatan dan Keandalan”, serta “Kesenjangan Kompetensi Pendidikan”, kemudian dikelompokkan dan ditafsirkan untuk membangun suatu model konseptual yang menggambarkan bagaimana elemen-elemen sistem kelistrikan bandara dapat dipetakan dan diintegrasikan sebagai media dan sumber pembelajaran yang efektif, relevan, dan kontekstual dalam kurikulum Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan melalui wawancara, observasi, dan studi dokumen, penelitian ini berhasil mengungkap beberapa temuan kunci dan membahas implikasinya terhadap pendidikan di Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU). Secara umum, sistem kelistrikan bandara studi kasus terbukti merupakan entitas yang sangat kaya akan aspek rekayasa, manajemen, dan prosedural yang dapat diekstraksi sebagai sumber belajar autentik.

Hasil utama penelitian menunjukkan bahwa sistem kelistrikan Bandar Udara bukanlah sekadar jaringan distribusi listrik berskala besar, tetapi merupakan sistem critical dengan karakteristik unik yang membedakannya dari sistem kelistrikan komersial atau industri pada umumnya. Keunikan ini lahir dari tuntutan mutlak atas *zero downtime* atau ketiadaan jeda dalam pasokan daya, di mana konsekuensi dari pemadaman, sekecil apapun, melampaui kerugian material dan berpotensi langsung mengancam keselamatan jiwa dalam operasional penerbangan. Berbeda dengan fasilitas lain yang dapat menjadwalkan pemeliharaan dengan mematikan sebagian sistem, bandara harus beroperasi secara terus-menerus 24 jam sehari. Oleh karena itu, arsitektur kelistrikannya dibangun dengan filosofi redundansi dan keandalan yang ekstrem, didukung oleh sumber daya ganda, sistem transfer otomatis yang sangat cepat, dan desain yang mampu mengisolasi kegagalan tanpa mengganggu keseluruhan jaringan. Karakteristik ini menjadikan setiap komponen, dari panel utama hingga kabel cabang, sebagai bagian dari sebuah ekosistem yang tidak boleh gagal (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2021).

Lebih mendalam, keunikan sistem ini juga terletak pada integrasinya yang sangat erat dengan standar keselamatan penerbangan global dan sistem operasional lain yang menjadi penunjang operasional bandara. Spesifikasi teknis peralatan, seperti sistem penerangan landasan pacu dan peralatan bantu navigasi, harus mematuhi regulasi ketat dari organisasi internasional seperti ICAO dan FAA, yang menetapkan parameter yang jauh lebih rigid dibandingkan standar industri umum. Sebuah gangguan listrik dianggap sebagai peristiwa operasional critical yang memicu respons dari instansi eksternal, bukan sekadar masalah teknis divisi pemeliharaan Bandar Udara. Oleh karena itu, pemahaman terhadap sistem ini tidak cukup hanya pada aspek elektrikalnya, tetapi harus mencakup bagaimana listrik menjadi denyut nadi yang menggerakkan protokol keselamatan, koordinasi manusia, dan tanggung jawab regulasi dalam ekosistem bandara yang kompleks (Utami & Priyanta, 2022).

Keunikan ini terletak pada filosofi desainnya yang mutlak mengutamakan kesinambungan daya tanpa interupsi (*zero downtime*) dan keandalan ekstrem, karena konsekuensi dari pemadaman listrik, sekecil apapun, dapat berdampak langsung pada keselamatan penerbangan. Berbeda dengan sistem industri yang mungkin mengizinkan jeda untuk pemeliharaan, sistem kelistrikan bandara harus terus berdenyut selama 24 jam setiap hari tanpa henti. Hal ini diwujudkan melalui arsitektur yang sangat kompleks, yang dibangun di atas prinsip redundansi berlapis (*N+1*, bahkan *N+N* untuk sistem vital), jalur suplai alternatif, dan mekanisme transfer otomatis yang berkecepatan tinggi. Bahkan sumber dayanya sendiri sering kali berasal dari dua penyedia yang berbeda (seperti PLN dan pembangkit mandiri) untuk mengantisipasi kegagalan dari satu sisi (Sari & Hidayat, 2023).

Lebih jauh, karakteristik unik tersebut juga tampak pada tingkat spesifikasi teknis dan integrasinya dengan sistem operasi Bandar Udara yang lain. Peralatan kelistrikan di bandara, terutama yang mendukung navigasi penerbangan seperti sistem penerangan landasan pacu (*runway lighting*) dan peralatan bantu pendaratan, harus memenuhi standar internasional yang jauh

lebih ketat, seperti dari International Civil Aviation Organization (ICAO) dan Federal Aviation Administration (FAA), terkait intensitas cahaya, warna, pola penyalaan, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Sistem kelistrikan ini tidak berjalan secara independen, tetapi terintegrasi dengan sistem kontrol lalu lintas udara, sistem keselamatan, dan sistem informasi. Sebuah gangguan pada panel distribusi tertentu tidak hanya dipandang sebagai masalah kelistrikan murni, tetapi langsung dikaitkan dengan potensi dampaknya terhadap jadwal penerbangan, komunikasi dengan pilot, dan koordinasi darat. Oleh karena itu, pemeliharaannya pun melibatkan prosedur *lock-out tag-out* yang sangat ketat dan koordinasi intensif dengan pengawas lalu lintas udara untuk memastikan tidak ada gangguan operasional selama perawatan berlangsung. Sangat kaya dan kontekstual bagi mahasiswa Teknologi Rekayasa Bandar Udara, karena di dalamnya terpadu aspek teknik, manajemen risiko, regulasi, dan etika profesional yang tinggi (Chen & Wang, 2021). Kelistrikan bandara yang merupakan miniatur dari ekosistem bandara itu sendiri, di mana setiap komponen, kabel, saklar, atau panel distribusi bukanlah entitas yang berdiri sendiri, melainkan titik simpul dalam jaringan yang lebih luas yang menghubungkan aspek-aspek tersebut. Dari sudut pandang teknik, mahasiswa tidak hanya mempelajari teori transformator atau panel ATS, tetapi melihat penerapannya dalam konfigurasi yang dirancang untuk bertahan dari kegagalan tunggal (*single point of failure*). Mereka diajak untuk memahami bagaimana perhitungan teknis tentang kapasitas, proteksi, dan grounding langsung berkorelasi dengan jaminan keselamatan operasional bandar udara.

Lebih mendalam lagi, integrasi dengan manajemen risiko menjadi pembelajaran yang tak ternilai. Setiap desain redundansi dan setiap prosedur pemeliharaan preventif pada sistem kelistrikan pada dasarnya adalah penerapan nyata dari identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penerapan pengendalian. Taruna/Mahasiswa belajar bahwa mematikan sebuah panel untuk perbaikan bukan sekadar tindakan teknis, tetapi sebuah keputusan strategis yang harus mempertimbangkan risiko operasional, mitigasi dengan sumber daya cadangan, dan komunikasi ke semua unit yang terdampak. Hal ini secara alami mengarah pada pemahaman tentang regulasi. Sistem ini dibangun dan dioperasikan di bawah payung regulasi yang sangat ketat, baik nasional seperti Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara maupun internasional seperti standar ICAO dan FAA. Taruna/Mahasiswa disadarkan bahwa kode warna pada kabel, interval kalibrasi alat, atau spesifikasi lampu *runway* bukanlah sekadar rekomendasi, melainkan kewajiban hukum yang memiliki konsekuensi serius jika diabaikan (Pradana & Kusuma, 2020).

Pada puncaknya, seluruh integrasi aspek teknik, manajemen risiko, dan regulasi ini bermuara pada pembentukan etika profesional yang tinggi. Sebab, dalam ekosistem bandar udara, pengetahuan teknis yang canggih dan kepatuhan terhadap regulasi yang ketat tidak lagi cukup jika tidak dilandasi oleh kesadaran moral dan tanggung jawab personal yang mendalam. Seorang teknisi tidak hanya bekerja pada mesin dan kabel, tetapi menjadi penjaga terakhir dari sebuah sistem yang keandalannya menyangkut kepercayaan dan keselamatan ribuan nyawa manusia setiap harinya. Etika profesional inilah yang menjadi penuntun dalam mengambil keputusan di saat-saat kritis, ketika panduan prosedur baku mungkin belum sepenuhnya menjangkau situasi unik di lapangan atau ketika ada tekanan untuk mengabaikan langkah keselamatan demi mengejar efisiensi waktu.

Pembelajaran melalui sistem kelistrikan bandar udara menempatkan taruna/mahasiswa pada posisi untuk merasakan tanggung jawab ini secara kontekstual. Mereka diajak untuk merefleksikan bahwa memilih komponen dengan *Mean Time Between Failure* (MTBF) yang lebih tinggi, meski lebih mahal, bukan sekadar keputusan ekonomi atau teknis, melainkan sebuah

manifestasi dari prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*). Demikian pula, ketelitian dalam mendokumentasikan setiap inspeksi atau perbaikan bukanlah sekadar birokrasi, tetapi bentuk akuntabilitas dan kejujuran profesional yang memungkinkan pelacakan sejarah sistem dan pencegahan kegagalan di masa depan. Dalam pembelajaran, pengambilan keputusan seperti memilih antara melanjutkan operasi dengan sistem redundansi yang telah bekerja atau menghentikan sementara suatu operasi untuk perawatan menyeluruh yang berpotensi menyebabkan penundaan penerbangan. Melalui refleksi atas pilihan-pilihan tersebut, mahasiswa tidak hanya dilatih untuk menjadi teknisi yang terampil, tetapi juga diarahkan untuk menjadi praktisi, yang memahami bahwa integritas profesional mereka adalah komponen critical yang memastikan seluruh sistem kompleks itu berfungsi sebagaimana mestinya, dengan keselamatan operasional penerbangan sebagai hasil akhir yang tak tergantikan (Oka & Wirawan, 2021).

Melalui studi sistem kelistrikan bandar udara, taruna/mahasiswa diinternalisasi dengan sebuah kesadaran bahwa pekerjaan mereka kelak memikul tanggung jawab langsung terhadap nyawa manusia. Sebuah kelalaian dalam perencanaan, keteledoran dalam pemeliharaan, atau penyimpangan dari prosedur tidak akan berujung pada kerusakan peralatan semata, tetapi berpotensi menjadi mata rantai penyebab suatu insiden besar. Oleh karena itu, konteks pembelajaran ini membentuk tidak hanya kompetensi teknis (*hard skills*), tetapi juga sikap kehati-hatian, kedisiplinan, dan rasa tanggung jawab kolektif (*soft skills*) yang menjadi fondasi karakter seorang teknisi bandar udara yang andal dan professional (ACI, 2023).

Observasi dan wawancara mengkonfirmasi adanya hierarki suplai daya yang sangat terstruktur, mulai dari sumber utama (PLN dan genset), melalui Main Substation, hingga panel-panel distribusi khusus untuk beban-beban kritikal seperti Air Traffic Control (ATC), Runway & Taxiway Lighting (RCL, ACL), sistem komunikasi, dan fasilitas penumpang. Dokumen Single Line Diagram (SLD) yang dianalisis memperlihatkan kompleksitas desain dengan sistem redundancy (N+1), Automatic Transfer Switch (ATS), dan Uninterruptible Power Supply (UPS) yang menjadi standar wajib.

Lebih lanjut, dari sisi operasi dan pemeliharaan, hasil wawancara dengan tim teknik bandar udara mengungkap perbedaan gap antara kompetensi teoretis umum yang diajarkan di perguruan tinggi dengan tuntutan kompetensi kontekstual di lapangan. Narasumber menyatakan bahwa lulusan baru sering kali memahami teori dasar kelistrikan, namun kurang terampil dalam membaca SLD khusus bandara, memahami prosedur Lock-Out Tag-Out (LOTO) dalam lingkungan operasional bandar udara yang dinamis, atau melakukan troubleshooting gangguan pada sistem pencahayaan landasan yang terhubung dengan Constant Current Regulator (CCR). Studi dokumen terhadap laporan gangguan juga menunjukkan bahwa sebagian besar masalah bersifat sistemik dan memerlukan pemahaman holistik, bukan sekadar perbaikan komponen.

Dalam konteks pembelajaran, analisis kurikulum Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU) yang ada menunjukkan bahwa materi kelistrikan masih cenderung terpisah dan kurang terintegrasi secara mendalam dengan studi bandara. Mata kuliah teknik listrik dan elektronika sering diajarkan sebagai ilmu dasar tanpa konteks aplikasi spesifik bandar udara. Padahal, temuan penelitian ini justru mengidentifikasi bahwa setiap komponen sistem kelistrikan bandar udara dari genset, panel ATS, hingga lampu *papi* dapat menjadi *teaching point* yang sangat efektif.

Oleh karena itu, pembahasan ini mengarah pada perlunya rekontekstualisasi materi pembelajaran. Sistem kelistrikan-bandar udara harus dilihat sebagai sebuah media pembelajaran integral, bukan hanya sebagai topik terpisah. Hasil analisis tematik kemudian disintesis menjadi sebuah model integrasi yang mengusulkan tiga pendekatan utama: Pertama, pengembangan modul

studi kasus berbasis dokumen nyata bandar udara (SLD, SOP, Trouble Report). Kedua, perancangan simulasi untuk latihan pengambilan keputusan dalam skenario gangguan daya kritis. Ketiga, kolaborasi dengan bandar udara untuk penyusunan *job sheet* untuk praktikum terkait inspeksi visual, pembacaan parameter, dan prosedur keselamatan dasar di area teknis tertentu yang aman.

Dengan demikian, diskusi ini menyimpulkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis sistem kelistrikan bandar udara yang autentik tidak hanya akan meningkatkan pemahaman teknis mahasiswa, tetapi lebih penting lagi, membangun *mindset* tentang keselamatan, keandalan, dan tanggung jawab operasional yang menjadi jiwa dari profesi teknisi dan rekayasawan bandar udara. Integrasi ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara dunia akademik dan industri, sehingga menghasilkan lulusan yang lebih siap berkontribusi dari hari pertama bekerja.

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh proses penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem kelistrikan bandar udara merupakan sumber pembelajaran yang sangat kaya, autentik, dan strategis bagi Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU). Analisis mendalam terhadap studi kasus di sebuah bandar udara internasional mengungkap bahwa sistem ini bukan hanya infrastruktur pendukung, tetapi merupakan *core system* yang memadukan kompleksitas rekayasa teknik listrik dengan prinsip keselamatan, keandalan, dan regulasi penerbangan yang ketat.

Penelitian ini berhasil memetakan karakteristik unik sistem kelistrikan bandar udara seperti hierarki dan redundansi suplai daya, proteksi khusus, serta integrasi dengan sistem navigasi dan komunikasi penerbangan yang justru belum tertangkap secara memadai dalam kurikulum konvensional. Teridentifikasi adanya kesenjangan signifikan antara kompetensi teoretis lulusan dengan tuntutan kompetensi kontekstual di industri, khususnya dalam hal pemahaman dokumen teknis, prosedur keselamatan operasional dan *troubleshooting* sistem yang terintegrasi.

Oleh karena itu, diperlukan reorientasi dan integrasi materi pembelajaran dengan menjadikan sistem kelistrikan bandara sebagai media dan konteks utama. Sintesis temuan penelitian merekomendasikan pengembangan bahan ajar berbasis studi kasus riil, simulasi skenario gangguan, serta praktikum terpandu yang bersumber dari dokumentasi dan praktik operasional bandara. Pendekatan ini diyakini mampu menjembatani kesenjangan teori-praktek, sekaligus menanamkan *mindset* keselamatan dan keandalan (*safety and reliability culture*) yang menjadi fondasi profesi di bidang bandar udara. Dengan demikian, pemanfaatan sistem kelistrikan bandara sebagai sumber belajar bukan hanya meningkatkan relevansi pendidikan, tetapi juga secara langsung berkontribusi pada penyiapan tenaga teknis dan rekayasa bandara yang lebih kompeten, responsif, dan bertanggung jawab.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam penyelesaian penelitian dan penulisan jurnal ini. Penghargaan utama kami tujukan kepada pihak manajemen dan staf Teknik Bandar Udara [Nama Bandara, dapat disamarkan untuk anonimitas] atas kesediaan, izin, serta bantuan yang sangat berharga selama proses pengumpulan data di lapangan. Akses terhadap

fasilitas operasional, dokumen teknis, serta wawasan dari para praktisi telah menjadi fondasi utama yang memperkaya analisis dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Airports Council International (ACI). (2023). *Airport Infrastructure Resilience Handbook: A Practical Guide*. ACI World.

Ashford, N. J., Mumayiz, S. A., & Wright, P. H. (2011). *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Chen, J., & Wang, L. (2021). A Critical Review of Airport Power Supply Resilience: Concepts, Metrics, and Enhancement Strategies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 63, 102456.

Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2021). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 85 Tahun 2021 tentang Penyediaan dan Pengoperasian Fasilitas Penerbangan*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.

Federal Aviation Administration (FAA). (2022). Advisory Circular 150/5340-30H: Design and Installation Details for Airport Visual Aids. U.S. Department of Transportation.

Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

International Air Transport Association (IATA). (2022). *Airport Development Reference Manual* (11th ed.). IATA.

International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Volume I: Aerodrome Design and Operations* (8th ed.). ICAO.

Oka, I. M. D., & Wirawan, I. M. A. (2021). Analisis Kebutuhan Kompetensi Lulusan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara dalam Menghadapi Era Industri 4.0. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sains*, 5(1), 1-10.

Pradana, A. D., & Kusuma, H. (2020). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) pada Mata Kuliah Sistem Utilitas Bandara untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa TRBU. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(3), 267-278.

Sari, R. P., & Hidayat, A. (2023). Integrasi Sistem Renewable Energy pada Bandara: Tantangan dan Peluang untuk Meningkatkan Keberlanjutan dan Ketahanan Energi. *Jurnal Ilmiah Aviasi: Langit Biru*, 16(2), 112-125.

Utami, S. S., & Priyanta, I. M. (2022). Analisis Keandalan Sistem Kelistrikan pada Bandara Internasional dengan Pendekatan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 20(1), 43-54.