

KEBERLANJUTAN DAN KINERJA LINGKUNGAN BANDARA: EVALUASI PERAN ECO DESAIN, EFISIENSI SUMBER DAYA, DAN TANGGAPAN KEPENTINGAN

Ni Wayan Santika Yoni^{1*}, Ubaedillah²

^{1,2}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

santika3067@gmail.com

Received: 27-07-2025

Revised: 25-08-2025

Approved: 17-10-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi peran eco-design, efisiensi sumber daya, dan tanggapan pemangku kepentingan terhadap keberlanjutan serta kinerja lingkungan bandara. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif melalui studi kepustakaan (systematic literature review) terhadap publikasi ilmiah, laporan teknis internasional, serta dokumen kebijakan terkait periode 2020–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa eco-design berkontribusi terhadap pengurangan jejak karbon dan peningkatan efisiensi energi melalui penerapan desain sirkular, material berkelanjutan, dan teknologi digital seperti BIM 6D–7D. Efisiensi sumber daya berperan penting dalam dekarbonisasi sistem bandara melalui penggunaan energi terbarukan, daur ulang air, serta pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular. Sementara itu, tanggapan positif dan partisipatif dari pemangku kepentingan menjadi faktor kunci dalam keberhasilan implementasi kebijakan hijau dan legitimasi sosial bandara. Integrasi ketiga faktor tersebut dalam kerangka teori Transisi Sosio-Teknis dan Teori Pemangku Kepentingan menunjukkan bahwa keberlanjutan bandara menuntut perubahan sistemik yang mencakup aspek teknis, institusional, dan sosial secara simultan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis, metodologis, dan praktis dalam upaya mewujudkan operasional bandara yang efisien, inklusif, dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Keberlanjutan Bandara, Eco-Design, Efisiensi Sumber Daya, Pemangku Kepentingan

PENDAHULUAN

Bandara di masa kini bukan hanya sekadar tempat bertemunya pesawat dan penumpang melainkan suatu sistem sosio-teknis yang memadukan teknologi, kebijakan, cara kerja, serta interaksi sosial dalam satu kesatuan. Sistem ini menjadi simpul di mana ambisi pertumbuhan ekonomi berhadapan langsung dengan batas-batas daya dukung lingkungan. Industri aviasi memang menyumbang pemasukan ekonomi yang besar dan menyediakan jutaan lapangan kerja, tetapi pada saat yang sama menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan, mulai dari emisi gas rumah kaca, kebisingan, penggunaan lahan, timbulan limbah, hingga gangguan pada ekosistem air dan habitat local (Latumeten & Azhar, 2024). Tekanan untuk berubah datang dari berbagai arah, baik dari komitmen global seperti target *net-zero* dari *Airports Council International (ACI)*, regulasi pemerintah yang semakin ketat, serta tuntutan masyarakat yang makin peduli lingkungan, sehingga keberlanjutan kini bukan lagi sekadar tambahan pekerjaan, tetapi menjadi syarat strategis untuk mempertahankan izin operasi, reputasi, dan daya saing bandara. Perubahan ini diikuti oleh pergeseran paradigma keberlanjutan di sektor bandara. Jika sebelumnya fokusnya sebatas kepatuhan terhadap aturan dasar seperti mitigasi kebisingan atau pengelolaan limbah, kini pendekatannya bersifat lebih holistik.

Konsep *Triple Bottom Line* (ekonomi, sosial, lingkungan) berkembang menjadi kerangka yang lebih komprehensif seperti EONS (*Economic viability, Operational efficiency, Natural resource conservation, Social responsibility*) dan ESG (*Environmental, Social, and Governance*). Penambahan aspek efisiensi operasional menegaskan bahwa ketidakefisienan, misalnya pembakaran bahan bakar saat pesawat mengantre, secara langsung menimbulkan kerugian finansial sekaligus beban ekologis (Nurcahyo et al., 2023). Berdasarkan kajian terkini, terdapat tiga pilar utama keberlanjutan bandara. Pertama, eco-desain atau perancangan fasilitas yang ramah lingkungan. Han et al.

(2020) menunjukkan bahwa eco-desain secara signifikan meningkatkan reputasi bandara ($\beta=0.555$) dan kesejahteraan penumpang ($\beta=0.397$), serta kedua faktor ini memengaruhi niat perilaku pengunjung untuk kembali, merekomendasikan, dan menghabiskan lebih banyak waktu di bandara. Kedua, efisiensi pengelolaan sumber daya seperti energi, air, dan limbah, termasuk penerapan energi terbarukan dan prinsip ekonomi sirkular. Ketiga, dinamika pemangku kepentingan yang menuntut negosiasi berkelanjutan antara pengelola bandara, maskapai, masyarakat lokal, pemerintah, dan investor. Namun, hasil penelitian Couto & Baltazar (2025) menemukan bahwa kajian keberlanjutan bandara masih cenderung terpisah-pisah sehingga jarang membahas interaksi dan trade-off di antara ketiga pilar tersebut secara terpadu.

Keterbatasan ini juga terlihat pada tinjauan Bahman (2023) terhadap penerapan *Life Cycle Assessment (LCA)* di bandara yang jarang mencakup operasi *ground support equipment* atau *auxiliary power units*, serta minim mempertimbangkan aspek sosial. Sementara itu, Eid et al. (2022) menegaskan bahwa kesadaran dan sikap pemangku kepentingan berpengaruh besar terhadap keberhasilan implementasi kebijakan hijau, sehingga faktor manusia menjadi kunci. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian, yaitu kurangnya model evaluasi yang mampu mengintegrasikan indikator lingkungan, sosial, dan tata kelola dalam kerangka analisis yang menangkap dinamika sistemik dan umpan balik jangka panjang.

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini di antara lain adalah: (1) Bagaimana peran *eco-design*, efisiensi sumber daya dan dinamika pemangku kepentingan terhadap keberlanjutan dan kinerja lingkungan bandara? Tujuan dari penelitian ini di antara lain adalah: (1) Mengidentifikasi peran *eco-design*, efisiensi sumber daya dan dinamika pemangku kepentingan terhadap keberlanjutan dan kinerja lingkungan bandara. Dengan pendekatan ini, kontribusi penelitian bersifat tiga lapis: pertama, secara teoretis, mengintegrasikan teori dari manajemen operasional, arsitektur hijau, dan ilmu kebijakan publik; kedua, secara metodologis, mengkritisi keterbatasan metode yang ada dan menawarkan pendekatan baru berbasis dinamika sistem; ketiga, secara praktis, memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan oleh pengelola bandara dan pembuat kebijakan untuk menyeimbangkan kebutuhan ekonomi, efisiensi operasional, dan tanggung jawab lingkungan.

KAJIAN TEORETIS

Kinerja Lingkungan Bandara

Kinerja Lingkungan Bandara dapat didefinisikan sebagai tingkat keberhasilan terukur sebuah bandara dalam mengelola dan meminimalkan dampak negatif dari seluruh aktivitas operasinya terhadap lingkungan (Suryan et al., 2024). Dalam paradigma modern, bandara tidak lagi dipandang hanya sebagai simpul transportasi, melainkan sebagai sebuah ekosistem bisnis kompleks dengan jejak ekologis yang signifikan, mencakup konsumsi energi masif, produksi limbah, emisi gas rumah kaca, dan penggunaan lahan yang luas. Oleh karena itu, pengukuran kinerja lingkungan menjadi esensial untuk mengevaluasi komitmen bandara terhadap praktik pembangunan berkelanjutan (Auliandi & Triwulandari, 2022).

Konsep ini merupakan implementasi dari pilar 'Planet' dalam kerangka *Triple Bottom Line (Profit, People, Planet)* yang menjadi bagian dari Tanggung Jawab Sosial Perusahaan (*Corporate Social Responsibility*) di industri aviasi (Auliandi & Triwulandari, 2022). Penilaian sebuah bandara modern kini bergeser dari yang tadinya murni

berorientasi pada profitabilitas dan jumlah penumpang, menjadi penilaian holistik yang turut mempertimbangkan aspek ekologis dan sosial. Organisasi internasional seperti *Airports Council International (ACI)* bahkan telah mengembangkan program standar seperti *Airport Carbon Accreditation* untuk memberikan kerangka kerja dan pengakuan global terhadap upaya pengelolaan lingkungan oleh bandara di seluruh dunia (Suryan et al., 2024). Secara operasional, Kinerja Lingkungan Bandara diukur melalui serangkaian dimensi atau indikator kunci. Indikator-indikator ini meliputi: (a) Pengurangan emisi karbon, baik dari operasional pesawat di darat (siklus LTO), kendaraan pendukung (*Ground Support Equipment*), maupun dari konsumsi listrik gedung terminal; (b) Penurunan konsumsi sumber daya, seperti efisiensi penggunaan energi melalui teknologi LED dan HVAC cerdas, serta konservasi air melalui daur ulang dan sistem penampungan air hujan; (c) Manajemen limbah yang efektif, yang mencakup program pengurangan sampah plastik, pemilahan, dan daur ulang limbah padat maupun penanganan limbah B3; serta (d) Konservasi keanekaragaman hayati, yaitu upaya untuk mengelola dan melindungi ekosistem di sekitar area bandara (Suryan et al., 2024). Upaya untuk mencapai kinerja yang unggul pada semua indikator tersebut merupakan fokus utama dalam berbagai studi tentang "*Green Airport*" dan manajemen bandara berkelanjutan. Literatur di bidang ini terus berkembang, menunjukkan berbagai strategi dan inovasi untuk menyeimbangkan pertumbuhan operasional dengan pelestarian lingkungan, sebagaimana dibahas dalam banyak penelitian oleh Suryan et al. (2024), Auliandi & Triwulandari (2022), dan Al Bareeq (2024).

Eco-Desain

Eco desain, atau desain ekologis, merupakan pendekatan holistik yang mempertimbangkan seluruh siklus hidup aset untuk mendukung transisi keberlanjutan di sektor aviasi. Konsep ini menjadi bagian dari kerangka *Green Transport System* yang bertujuan menyelaraskan pembangunan ekonomi dengan pelestarian lingkungan melalui perencanaan dan desain yang cermat. Prinsip eco desain memiliki keterkaitan erat dengan ekonomi sirkular yang menekankan pemeliharaan, penggunaan kembali, manufaktur ulang, dan daur ulang (Han et al., 2020). Dengan demikian, eco desain tidak lagi dipandang sebagai solusi parsial, melainkan sebagai perubahan konseptual mendasar menuju perancangan sistem terintegrasi yang mampu meminimalkan jejak lingkungan sejak tahap awal hingga akhir siklus hidup aset. Penerapan eco desain dalam sektor aviasi terlihat pada dua aspek utama, yaitu infrastruktur bandara dan pesawat. Pada infrastruktur bandara, prinsip ini diwujudkan melalui pembangunan gedung yang diarahkan untuk mencapai netralitas energi, penerapan prinsip desain sirkular dalam konstruksi, dan penggunaan material ramah lingkungan. Sementara itu, pada pesawat, fokusnya adalah pengurangan massa atau *lightweighting* yang bertujuan mengurangi konsumsi energi selama fase operasi, yang merupakan fase dengan dampak lingkungan terbesar (Han et al., 2020). Hubungan timbal balik antara inovasi di darat dan di udara semakin jelas ketika bandara harus menyiapkan fasilitas yang mampu mendukung teknologi pesawat hijau, seperti stasiun pengisian daya listrik atau hidrogen.

Meskipun manfaat eco desain telah diakui secara luas, penerapannya masih menghadapi hambatan seperti tingginya biaya investasi awal, kurangnya tenaga kerja terampil, dan lemahnya kerangka regulasi. Tantangan tersebut memerlukan solusi berbasis pendekatan terpadu yang melibatkan kebijakan pemerintah yang kuat, kolaborasi lintas rantai pasok, serta pengembangan sumber daya manusia yang

kompeten. Hanya dengan dukungan menyeluruh dari berbagai pihak, eco desain dapat menjadi landasan bagi terwujudnya masa depan sektor aviasi yang berkelanjutan.

Efisiensi Sumber Daya

Efisiensi sumber daya merupakan pilar penting dalam mewujudkan operasi bandara yang berkelanjutan. Fokus utamanya adalah pada pengelolaan energi, air, dan material secara terintegrasi sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 12.2 yang menargetkan pengelolaan berkelanjutan dan penggunaan sumber daya alam yang efisien. Sektor aviasi merupakan konsumen energi dalam jumlah besar sekaligus penyumbang emisi karbon dioksida global. Oleh karena itu, dorongan untuk meningkatkan efisiensi sumber daya di bandara berasal dari kombinasi tekanan lingkungan dan insentif ekonomi yang dapat mendorong transformasi operasional. Implementasi efisiensi sumber daya pada bandara terkemuka di dunia menunjukkan pergeseran dari sekadar peningkatan efisiensi secara bertahap menuju dekarbonisasi sistemik. Langkah-langkahnya mencakup pembaruan teknologi seperti sistem pendingin udara yang hemat energi, penggunaan pencahayaan LED, serta transisi menuju energi terbarukan seperti tenaga surya. Selain itu, pengelolaan air dan limbah didesain dengan prinsip ekonomi sirkular, di mana limbah dipandang sebagai sumber daya melalui praktik daur ulang air, pengomposan, dan penggunaan kembali material konstruksi (Rawahi et al., 2020). Pendekatan ini menjadikan konsep ekonomi sirkular sebagai praktik operasional yang nyata dan terukur.

Walaupun ambisi efisiensi sumber daya tinggi, terdapat kesenjangan antara target dan kapasitas untuk mencapainya. Tantangan yang dihadapi meliputi biaya investasi awal yang besar, kekurangan tenaga kerja terampil, resistensi terhadap perubahan, dan belum adanya regulasi yang ketat (Monteiro et al., 2022). Mengatasi hambatan ini memerlukan peta jalan yang jelas serta kerja sama erat antara industri dan pemerintah. Sinergi lintas sektor diperlukan untuk membangun infrastruktur yang mendukung, meningkatkan kapasitas teknis, dan memastikan tercapainya tujuan efisiensi sumber daya secara berkelanjutan.

Tanggapan Pemangku Kepentingan

Keberhasilan program keberlanjutan lingkungan bandara sangat bergantung pada pengelolaan tanggapan dari berbagai pemangku kepentingan yang meliputi penumpang, maskapai penerbangan, pemerintah, dan komunitas lokal. Peran mereka menjadi semakin penting karena dampak lingkungan bandara melampaui batas fisik wilayahnya. Konsep pemangku kepentingan kini mencakup pula masyarakat terdampak yang memiliki legitimasi untuk berpartisipasi dalam pengambilan keputusan strategis. Tanggapan komunitas sering kali dipicu oleh dampak eksternal seperti kebisingan dan polusi udara yang dapat memengaruhi kesehatan serta kualitas hidup. Perbedaan antara data resmi bandara dengan pengalaman yang dirasakan masyarakat dapat memicu ketidakpercayaan publik dan tuntutan untuk adanya program mitigasi (Ahmad & Xu, 2021). Untuk mengelola hubungan ini, disarankan adanya mekanisme formal seperti pembentukan komite penasihat independen dan pelaksanaan Penilaian Dampak Kesehatan sebagai bagian dari rencana pengembangan bandara. Pendekatan ini memungkinkan keterlibatan masyarakat secara aktif dalam merumuskan solusi.

Selain aspek teknis, tanggapan pemangku kepentingan dapat dianalisis melalui perspektif psikologi sosial. Penelitian yang dilakukan oleh Hooda & Yadav (2023) menunjukkan bahwa motivasi untuk berperilaku pro-lingkungan sering kali muncul

dari keterlibatan dalam suatu kelompok atau kolektivitas. Oleh karena itu, bandara dapat mengubah hubungan yang awalnya bersifat konfrontatif menjadi kemitraan strategis dengan membangun identitas keberlanjutan bersama. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi potensi konflik, tetapi juga memperkuat dukungan sosial untuk program keberlanjutan jangka panjang.

Teori Transisi Sosio-Teknis

Teori Transisi Sosio-Teknis dengan Perspektif Multi-Level atau *Multi-Level Perspective* (MLP) menjelaskan bagaimana sistem yang stabil dan terkunci dapat mengalami perubahan besar menuju keberlanjutan. Analisis ini dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu lanskap sosio-teknis yang mencakup faktor makro seperti perubahan iklim, rezim sosio-teknis yang mewakili struktur dominan seperti teknologi dan kebijakan, serta *niche* sebagai ruang yang terlindungi di mana inovasi radikal dapat berkembang (Klasen, 2024). Perubahan terjadi ketika tekanan dari lanskap melemahkan rezim, sehingga memberi peluang bagi inovasi *niche* untuk masuk dan menantang sistem yang ada.

Penerapan MLP pada konteks bandara menunjukkan bahwa tekanan global seperti krisis iklim membuka jalan bagi penerapan inovasi seperti bahan bakar aviasi berkelanjutan, elektrifikasi, dan penerapan ekonomi sirkular. Bandara memiliki peran unik sebagai bagian dari rezim yang mapan sekaligus sebagai tempat tumbuhnya inovasi baru (Muehlberger et al., 2024). Posisi ganda ini menjadikan bandara sebagai titik strategis di mana transisi menuju keberlanjutan dapat diarahkan secara efektif. Proses transisi tidak akan terjadi secara alami tanpa adanya intervensi kebijakan yang dirancang dengan sengaja. Oleh karena itu, diperlukan bauran kebijakan yang mencakup dukungan bagi inovasi *niche* melalui pendanaan penelitian dan pengembangan, pemberian subsidi, serta pemberlakuan tekanan pada rezim lama melalui pajak karbon dan regulasi ketat. Pemerintah bersama pelaku industri perlu bertindak sebagai pengelola transisi yang mengatur arah dan kecepatan perubahan menuju sistem aviasi yang lebih berkelanjutan.

Teori Pemangku Kepentingan

Teori Pemangku Kepentingan atau *Stakeholder Theory* memandang organisasi sebagai jaringan hubungan antara berbagai kelompok atau individu yang memiliki kepentingan terhadap pencapaian tujuan organisasi. Pemangku kepentingan mencakup pihak internal maupun eksternal seperti pelanggan, karyawan, pemasok, komunitas, dan pemegang saham. Prinsip dasarnya adalah menciptakan nilai bagi semua pemangku kepentingan, bukan hanya memaksimalkan keuntungan pemegang saham (Freudenreich et al., 2020). Dalam konteks keberlanjutan bandara, teori ini sangat relevan karena kinerja lingkungan menjadi titik temu kepentingan berbagai pihak. Pendekatan ini memiliki dimensi instrumental, yaitu pengelolaan pemangku kepentingan sebagai strategi bisnis yang menguntungkan, serta dimensi normatif yang menekankan bahwa pengelolaan tersebut merupakan kewajiban etis (Hörisch et al., 2020). Mengabaikan dampak negatif seperti kebisingan dan polusi tidak hanya salah secara moral, tetapi juga berisiko menimbulkan kerugian finansial akibat protes atau pembatasan operasional. Manajemen pemangku kepentingan yang efektif menjadi prasyarat utama untuk mencapai keberlanjutan. Organisasi yang mampu mengelola hubungan ini secara baik dapat mengantisipasi tantangan, merancang tujuan yang selaras dengan kebutuhan global, dan memanfaatkan dukungan dari seluruh pihak yang

terlibat (Freudenreich et al., 2020). Jika Teori Transisi Sosio-Teknis menjelaskan proses dan mekanisme perubahan sistemik, Teori Pemangku Kepentingan memberikan panduan mengenai pihak-pihak yang perlu dilibatkan serta alasan mengapa kepentingan mereka harus diseimbangkan demi keberhasilan transisi.

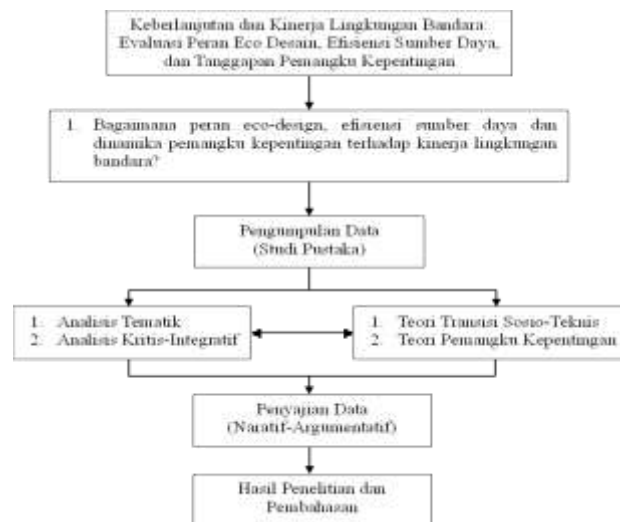
Tabel 1 .
Penelitian terdahulu yang relevan

No	Author (tahun)	Hasil Riset terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	Suryan et al. (2024)	Eco Green Airport mengulas penerapan pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, dan keterlibatan stakeholder.	Sama-sama membahas eco-design, efisiensi sumber daya, dan stakeholder bandara.	Artikel ini menyajikan pendekatan konseptual dan kerangka variabel terintegrasi.
2	Arinda et al. (2024)	Optimalisasi penghematan energi terminal bandara melalui sistem HVAC, manajemen energi, dan konsep eco-airport.	Sama-sama meneliti efisiensi energi dan sistem pendukung pada infrastruktur bandara.	Penelitian ini lebih fokus ke aspek teknis HVAC; artikel ini mencakup aspek sosial juga.
3	Ramadhan et al. (2021)	Penggunaan material ramah lingkungan di Terminal Bandara Dewadaru sebagai bagian dari desain berkelanjutan.	Sama-sama membahas eco-design bangunan terminal dan efisiensi energi.	Penelitian ini fokus pada bahan bangunan, artikel ini mencakup indikator yang lebih luas.
4	Lismawan et al. (2021)	Green roof di Bandara Ngloram mendukung konservasi energi dan kenyamanan termal penumpang.	Sama-sama menyoroti elemen arsitektur hijau dalam bandara.	Penelitian ini fokus pada satu desain (green roof), artikel ini membahas berbagai aspek.
5	Utomo (2025)	Keterlibatan stakeholder dalam proyek pembangunan Bandara Bali Utara berkontribusi pada keberlanjutan dan penerimaan sosial.	Sama-sama membahas stakeholder engagement dan keberlanjutan proyek bandara.	Penelitian ini fokus pada proses sosial tanah, artikel ini pada kinerja lingkungan bandara.
6	Mahardika et al. (2025)	Strategi green construction untuk efisiensi energi dan pengurangan limbah dalam bangunan publik termasuk bandara.	Sama-sama mengangkat efisiensi sumber daya dan konstruksi ramah lingkungan.	Penelitian ini fokus pada konstruksi, artikel ini mengaitkan dengan kinerja lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kepustakaan (*literature review*) secara sistematis untuk menjawab rumusan masalah yang telah diajukan. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah untuk melakukan sintesis kritis terhadap pengetahuan yang ada, mengidentifikasi celah, dan membangun sebuah kerangka kerja konseptual yang baru, bukan untuk menguji

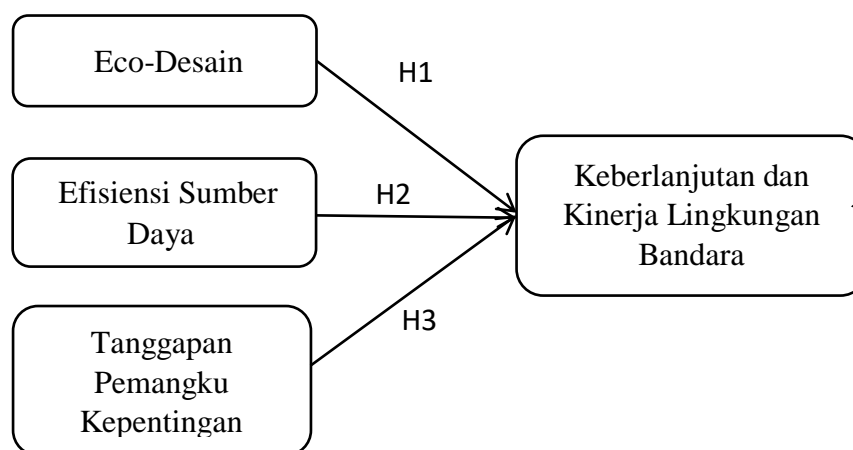
hipotesis melalui data empiris primer. Pengumpulan data dilakukan dengan menelusuri, mengidentifikasi, dan menyeleksi sumber-sumber primer dan sekunder yang relevan, yang meliputi artikel jurnal ilmiah bereputasi, laporan teknis dari organisasi aviasi internasional (seperti ICAO, IATA, dan ACI), laporan keberlanjutan resmi dari berbagai operator bandara, serta dokumen kebijakan pemerintah yang dipublikasikan dalam rentang waktu lima tahun terakhir (2020–2025) untuk menjamin aktualitas data.



Gambar 1.
Bagan Penelitian

Teknik analisis data bersifat kualitatif-interpretatif dan dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah analisis tematik, di mana data yang terkumpul diklasifikasikan dan disintesis berdasarkan tiga pilar utama penelitian: *eco-design*, efisiensi sumber daya, dan tanggapan pemangku kepentingan. Tahap selanjutnya adalah analisis kritis-integratif untuk mengidentifikasi pola, interdependensi, sinergi, dan trade-off di antara ketiga pilar tersebut, dengan mengacu pada kerangka teori yang relevan seperti Teori Transisi Sosio-Teknis dan Teori Pemangku Kepentingan untuk membingkai dinamika kompleks yang terjadi. Analisis ini secara spesifik mengkritisi keterbatasan metodologi evaluasi yang ada, seperti *Data Envelopment Analysis* (DEA) dan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), yang cenderung terfragmentasi. Terakhir, teknik penyajian data menggunakan pendekatan naratif-argumentatif, di mana hasil sintesis dan analisis disajikan secara deskriptif untuk membangun alur argumen yang koheren dan logis. Penyajian ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah yang diajukan serta tujuan dari penelitian ini.

Mengacu pada rumusan masalah, landasan teori, temuan-temuan dari penelitian sebelumnya yang relevan, maka kerangka berpikir dalam artikel ini dapat dirumuskan sebagaimana dijelaskan berikut ini.



Gambar 2.
Kerangka Konseptual

Kerangka konsep ini menggambarkan bahwa keberlanjutan dan kinerja lingkungan bandara dipengaruhi oleh tiga faktor utama yang diuji melalui hipotesis H₁, H₂, dan H₃. Pertama, eco-desain (H₁) mencakup penerapan prinsip desain ramah lingkungan seperti penggunaan material berkelanjutan, optimalisasi tata letak untuk efisiensi energi, serta minimisasi dampak ekologis, yang diharapkan mampu menekan jejak karbon dan meningkatkan kualitas lingkungan. Kedua, efisiensi sumber daya (H₂) meliputi strategi penghematan energi, pengelolaan limbah yang efektif, dan pemanfaatan sumber daya secara optimal, termasuk penggunaan energi terbarukan dan pengolahan air hemat, yang berkontribusi langsung terhadap perbaikan kinerja lingkungan bandara. Ketiga, tanggapan pemangku kepentingan (H₃) menekankan pentingnya dukungan dan partisipasi pihak-pihak terkait seperti masyarakat, pemerintah, operator bandara, maskapai, dan LSM, yang dapat memperkuat implementasi kebijakan lingkungan dan mempercepat pencapaian target keberlanjutan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Peran Eco-Desain terhadap Keberlanjutan dan Kinerja Lingkungan

Eco-desain telah menjadi landasan strategis dalam upaya mentransformasi sektor aviasi menuju keberlanjutan. Pendekatan ini tidak lagi dipandang sebagai sekadar penerapan teknologi hijau secara parsial, melainkan sebagai sebuah filosofi desain holistik yang mempertimbangkan seluruh siklus hidup aset. Dalam kerangka "Sistem Transportasi Hijau", eco-desain bertujuan untuk menyelaraskan pertumbuhan ekonomi dengan pelestarian lingkungan melalui perencanaan yang cermat dan desain yang simpatik. Prinsip ini secara inheren terhubung dengan konsep ekonomi sirkular, yang berfokus pada optimalisasi manajemen sumber daya melalui pemeliharaan, penggunaan kembali, manufaktur ulang, dan daur ulang, sehingga meminimalkan jejak lingkungan dari tahap konsepsi hingga akhir masa pakai (Suryan et al., 2024).

Implementasi eco-desain termanifestasi secara konkret baik pada infrastruktur darat maupun pada armada pesawat. Di sisi infrastruktur, bandara modern menerapkan prinsip ini melalui pembangunan gedung yang netral energi dan penerapan desain sirkular dalam proyek konstruksi. Sementara itu, pada pesawat, strategi *lightweighting* atau pengurangan massa menjadi fokus utama untuk menekan

konsumsi energi selama fase operasional, yang merupakan fase dengan dampak lingkungan terbesar (Couto & Baltazar, 2025). Inovasi di kedua domain ini saling bergantung; infrastruktur bandara harus berevolusi untuk mendukung pesawat generasi baru, misalnya dengan menyediakan fasilitas pengisian daya listrik atau hidrogen, sementara manfaat dari pesawat yang lebih efisien hanya dapat dimaksimalkan jika operasi darat dioptimalkan (Monteiro et al., 2022).

Aspek sirkularitas dalam eco-desain menjadi sangat krusial, terutama dalam mengelola tantangan akhir masa pakai (*End-of-Life* - EoL) pesawat. Paradigma ekonomi sirkular mendorong pergeseran dari model EoL tradisional yang sering berakhir di tempat pembuangan akhir menuju siklus material tertutup yang memaksimalkan pemulihan sumber daya. Meskipun kerangka regulasi untuk EoL sudah ada di sektor otomotif, ketiadaan arahan serupa di sektor aviasi menjadi sebuah celah yang perlu diatasi. Tantangan dalam mengelola material komposit yang kompleks di akhir siklus hidupnya justru menjadi pendorong inovasi di tahap hulu, memaksa para perancang untuk memikirkan kemudahan pembongkaran dan kemurnian material sejak awal (Monteiro et al., 2022). Teknologi digital seperti *Building Information Modeling* (BIM) memainkan peran penting dalam mewujudkan prinsip-prinsip eco-desain. BIM 6D memungkinkan analisis keberlanjutan yang komprehensif, memfasilitasi desain hemat energi, pengurangan limbah, dan pemilihan material berkelanjutan sepanjang siklus hidup bangunan. Sementara itu, BIM 7D mengoptimalkan manajemen fasilitas, mendorong penggunaan sumber daya yang efisien, dan merencanakan strategi pemeliharaan yang efektif (Al-Raqeb & Ghaffar, 2025). Proyek-proyek besar seperti Bandara Internasional Kuwait yang baru telah mengadopsi BIM 6D untuk manajemen keberlanjutan dan siklus hidup, menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat menerjemahkan konsep eco-desain menjadi praktik nyata yang terukur.

Meskipun demikian, adopsi eco-desain secara luas masih menghadapi berbagai hambatan signifikan. Tantangan utama meliputi tingginya biaya investasi awal untuk teknologi dan material baru, kekurangan personel terampil yang mampu mengoperasikan sistem kompleks seperti BIM, resistensi terhadap perubahan dari praktik konstruksi tradisional, serta kerangka regulasi yang belum memadai dan kurangnya penegakan hukum. Oleh karena itu, keberhasilan eco-desain tidak dapat dicapai hanya melalui inovasi teknologi semata. Diperlukan sebuah pendekatan terpadu yang melibatkan kolaborasi di seluruh rantai nilai, didukung oleh kebijakan pemerintah yang progresif, dan investasi dalam pengembangan sumber daya manusia untuk memastikan transisi menuju aviasi yang berkelanjutan dapat berjalan secara efektif.

Peran Efisiensi Sumber Daya dalam Kinerja Lingkungan

Efisiensi sumber daya merupakan pilar fundamental dalam strategi keberlanjutan bandara, dengan fokus utama pada tiga area kritis: energi, air, dan material (limbah). Praktik ini selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 12.2, yang menargetkan manajemen berkelanjutan dan penggunaan sumber daya alam yang efisien. Mengingat sektor aviasi merupakan konsumen bahan bakar fosil yang signifikan dan berkontribusi terhadap 2-3% emisi CO₂ global, efisiensi energi menjadi prioritas utama karena didorong oleh insentif ekonomi dan tekanan lingkungan (Arinda et al., 2024). Selain itu, operasi bandara juga berkontribusi pada polusi air dan peningkatan volume limbah di TPA, menjadikan manajemen sumber daya holistik sebagai suatu keharusan. Dalam manajemen energi, bandara-bandara terkemuka dunia telah bergerak melampaui perbaikan inkremental menuju dekarbonisasi sistemik.

Strategi efisiensi energi, yang didefinisikan sebagai penggunaan teknologi yang membutuhkan lebih sedikit energi untuk fungsi yang sama, diimplementasikan melalui pembaruan sistem pendingin udara (AC), pemasangan sensor otomatis, dan penggantian pencahayaan konvensional dengan LED. Namun, fokusnya telah bergeser secara fundamental menuju transisi ke energi bersih (Baxter, 2021). Bandara seperti Changi dan Schiphol berinvestasi besar pada pembangkit listrik tenaga surya di lokasi dan elektrifikasi kendaraan darat, sejalan dengan target ambisius seperti operasi nol-emisi pada tahun 2030 dan komitmen *net-zero* global pada tahun 2050.

Pada pengelolaan air dan limbah, prinsip-prinsip ekonomi sirkular diterapkan secara aktif dengan membingkai ulang "limbah" sebagai "sumber daya". Bandara Changi, misalnya, memanfaatkan *NEWater* (air daur ulang bermutu tinggi) untuk sebagian besar konsumsinya, memulihkan air kondensat dari sistem penanganan udara, dan memasang perlengkapan hemat air, yang secara signifikan mengurangi ketergantungan pada air bersih (Baxter, 2021). Dalam manajemen limbah, fokusnya adalah pada pengurangan di sumber, mendorong daur ulang, dan menerapkan sistem pengumpulan yang efektif. Praktik nyata mencakup pengomposan limbah hortikultura menjadi pupuk dan penggunaan kembali beton dari proyek infrastruktur, yang menunjukkan penerapan nyata dari ekonomi sirkular. Meskipun ambisi untuk mencapai efisiensi sumber daya sangat tinggi, terdapat "kesenjangan implementasi" yang signifikan. Hambatan utama yang dihadapi meliputi biaya investasi awal yang tinggi untuk teknologi berkelanjutan, kekurangan personel terampil, resistensi terhadap perubahan dari praktik yang sudah mapan, dan kurangnya kerangka peraturan yang ketat beserta penegakannya. Kinerja keberlanjutan sebuah bandara tidak sepenuhnya berada dalam kendalinya sendiri, melainkan sangat bergantung pada kapabilitas dan prioritas seluruh rantai pasoknya (Nurchayyo et al., 2023). Banyak kontraktor dan pengembang masih memprioritaskan biaya jangka pendek daripada keberlanjutan jangka panjang, yang menghambat adopsi praktik terbaik.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan strategis yang melampaui batas operasional bandara. Ini mencakup pengembangan peta jalan dan rencana aksi yang jelas untuk memandu upaya efisiensi, investasi dalam opsi transportasi bersih di sekitar bandara, dan pembinaan kolaborasi yang erat antara industri dan pemerintah untuk menghilangkan hambatan infrastruktur dan membangun kapasitas di seluruh sektor. Transisi menuju efisiensi sumber daya yang sejati menuntut upaya terkoordinasi untuk memastikan bahwa seluruh ekosistem aviasi bergerak ke arah yang sama, didukung oleh kebijakan yang kuat dan kesadaran kolektif akan urgensi perubahan.

Peran Tanggapan Pemangku Kepentingan dalam Kinerja Lingkungan

Keberhasilan agenda keberlanjutan bandara secara fundamental bergantung pada kemampuannya mengelola dinamika hubungan dengan ekosistem pemangku kepentingan yang kompleks. Pemangku kepentingan ini tidak hanya mencakup kelompok internal seperti maskapai dan karyawan, tetapi juga pemerintah, dan yang semakin penting, komunitas tuan rumah yang terkena dampak langsung dari operasi bandara (Eid et al., 2022). Keterlibatan aktif dari semua pihak diidentifikasi sebagai faktor kritis untuk mewujudkan ambisi keberlanjutan, karena bandara menimbulkan beban lingkungan yang signifikan di luar batas fisiknya, seperti polusi dan kebisingan. Oleh karena itu, integrasi kepentingan komunitas ke dalam strategi bisnis inti bukan lagi pilihan, melainkan sebuah keharusan. Respons dari komunitas lokal, yang sering

kali bersifat negatif, sebagian besar dipicu oleh eksternalitas lingkungan yang nyata. Laporan dari komunitas yang terdampak secara konsisten menyoroti gangguan tidur, stres, kecemasan, dan dampak kesehatan merugikan lainnya akibat kebisingan pesawat yang melebihi pedoman Organisasi Kesehatan Dunia (WHO).

Ketidakpercayaan semakin dalam ketika terdapat kesenjangan antara "pengalaman yang dirasakan" oleh warga dengan "data yang dimodelkan" oleh bandara, yang pada akhirnya merusak kredibilitas bandara dan memicu tuntutan kuat untuk program mitigasi dan kompensasi yang adil (Muehlberger et al., 2024). Untuk mengelola hubungan yang krusial ini, pendekatan proaktif dan terstruktur dalam keterlibatan pemangku kepentingan menjadi sangat penting. Praktik terbaik yang direkomendasikan mencakup pembentukan komite penasihat independen untuk memberikan tinjauan publik yang transparan, serta kewajiban untuk melakukan Penilaian Dampak Kesehatan (*Health Impact Assessment*) untuk setiap rencana pengembangan besar. Komunikasi harus ditingkatkan melalui pelaporan keluhan yang transparan dan penyediaan informasi yang responsif terhadap karakteristik demografis komunitas (Rawahi et al., 2020). Tujuannya adalah untuk beralih menuju "pendekatan yang digerakkan oleh komunitas", di mana para pemangku kepentingan tidak hanya didengar, tetapi juga dilibatkan secara aktif dalam perancangan solusi sejak awal.

Pada tingkat yang lebih dalam, dinamika ini dapat dipahami melalui lensa psikologi sosial, yang menunjukkan bahwa motivasi pro-lingkungan sering kali muncul dari keterlibatan dalam suatu kolektivitas yang memiliki agensi dan identitas bersama. Ini membuka peluang strategis bagi bandara untuk bergerak melampaui sekadar mitigasi konflik. Dengan membingkai ulang narasi dari "kami versus mereka" menjadi "kita" yang bekerja sama untuk tujuan bersama, seperti menjadikan wilayah tersebut sebagai pemimpin dalam aviasi berkelanjutan, bandara dapat memanfaatkan motivasi kolektif ini (Mahardika et al., 2025). Pendekatan ini berpotensi mengubah lawan menjadi mitra kolaboratif, menciptakan fondasi sosial yang kokoh untuk transisi keberlanjutan. Pada akhirnya, manajemen pemangku kepentingan yang efektif adalah prasyarat fundamental untuk keberlanjutan. Organisasi yang dikelola dengan baik untuk para pemangku kepentingannya terbukti lebih mampu mengantisipasi tantangan, merancang tujuan yang sejalan dengan tuntutan global, dan memanfaatkan energi kolektif untuk mencapai tujuan bersama. Investasi dalam keberlanjutan tidak boleh dilihat sebagai biaya, tetapi sebagai strategi inti untuk menciptakan nilai jangka panjang dan melindungi "izin sosial untuk beroperasi". Namun, ini tidak cukup jika dilakukan secara terisolasi; diperlukan kebijakan pendukung yang komprehensif, seperti penyediaan perumahan yang terjangkau dan inisiatif keselamatan publik, untuk memastikan bahwa pembangunan infrastruktur memberikan pertumbuhan yang inklusif dan berkelanjutan bagi semua pihak.

KESIMPULAN

Bahwa Eco-Desain memainkan peran yang sangat fundamental dan proaktif dalam menentukan kinerja lingkungan bandara. Penerapan prinsip desain berkelanjutan terbukti efektif dalam menurunkan konsumsi energi dan air serta meminimalkan jejak karbon infrastruktur sejak tahap perencanaan dan konstruksi awal. Selain itu, praktik Efisiensi Sumber Daya juga diidentifikasi sebagai pilar operasional yang krusial dalam pengelolaan lingkungan bandara. Berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen energi, program pengelolaan limbah, dan teknologi konservasi merupakan strategi yang efektif dan telah banyak

diadopsi oleh bandara-bandara terkemuka di dunia untuk menekan dampak lingkungan dari aktivitas operasional sehari-hari. Selanjutnya, tanggapan pemangku kepentingan berperan penting sebagai akselerator sekaligus faktor penentu keberhasilan implementasi inisiatif keberlanjutan. Dukungan pemerintah, kolaborasi dengan maskapai, serta partisipasi aktif komunitas lokal terbukti menjadi kunci dalam memastikan keberhasilan dan keberlanjutan program-program lingkungan di sektor kebandarudaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., & Xu, B. (2021). A cognitive mapping approach to analyse stakeholders' perspectives on sustainable aviation fuels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *100*, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103076>
- Al-Raqeb, H., & Ghaffar, S. H. (2025). The Role of BIM 6D and 7D in Enhancing Sustainable Construction Practices: A Qualitative Study. *Technologies*, *13*(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/technologies13020065>
- Al Bareeq, M. M. (2024). *Perancangan Hotel Transit di Kawasan Aerotropolis Kulon Progo dengan Pendekatan Green Building*. Universitas Islam Indonesia.
- Arinda, N. H., Putra, A. S., Amalia, D., Martadinata, M. I., & Sunardi. (2024). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Optimization Energy Saving in Large Airport Terminal: HVAC Technology, Eco Airport System Dan Energy Management And Control. *Jurnal Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya*, *9*(3), 261–276. <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/jurnalpenelitian/article/view/1854>
- Auliandi, R., & Triwulandari, S. D. (2022). Pengaruh Supply Management, Lean Management dan Triple Bottom Line Practices Terhadap Sustainable Performance Di Industri Kebandarudaraan. *JMIBI UNSRAT (Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi)*, *9*(3), 1665–1684. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmibi/article/view/43147>
- Bahman, N. (2023). Airport sustainability through life cycle assessments: A systematic literature review. *Sustainable Development*, *31*(3), 1268–1277. <https://doi.org/10.1002/sd.2498>
- Baxter, G. (2021). An Assessment of Singapore Airlines Environmentally Sustainable Energy Management. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *6*(6), 219–233. <https://doi.org/10.22161/ijeab>
- Couto, J., & Baltazar, M. E. (2025). Sustainable Airport Development: A Literature Review Based on Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Methodology, Using OpenAlex Database. *Sustainability*, *17*(9), 1–34. <https://doi.org/10.3390/su17094184>
- Eid, A., Salah, M., Barakat, M., & Obrecht, M. (2022). Airport Sustainability Awareness: A Theoretical Framework. *Sustainability*, *14*(19), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su141911921>
- Freudenreich, B., Lüdeke-Freund, F., & Schaltegger, S. (2020). A Stakeholder Theory Perspective on Business Models: Value Creation for Sustainability. *Journal of Business Ethics*, *166*(1), 3–18. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04112-z>
- Han, H., Quan, W., Lho, L. H., & Yu, J. (2020). Eco-design of airport buildings and customer responses and behaviors: Uncovering the role of biospheric value, reputation, and subjective well-being. *Sustainability*, *12*(23), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su122310059>

- Hooda, S. K., & Yadav, S. (2023). Green Finance for Sustainable Aviation: Stakeholder Perspectives and Systematic Review. In *International Journal of Professional Business Review* (Vol. 8, Issue 5). <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i5.2085>
- Hörisch, J., Schaltegger, S., & Freeman, R. E. (2020). Integrating stakeholder theory and sustainability accounting: A conceptual synthesis. *Journal of Cleaner Production*, 275, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124097>
- Klasen, N. T. (2024). *Technological Niches of Sustainable Aviation Fuel: Socio-Technical Configuration Analysis of the Dutch Socio-Technical System of Aviation Fuel* [Utrecht University]. https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/46742/Thesis_Niels_Tijssse_Klasen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Latumeten, S. H., & Azhar, M. (2024). Analisis Pengelolaan Limbah Padat di Bandar Udara Internasional Zainuddin Abdul Majid Lombok. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 34(2), 13–23. <https://doi.org/10.37277/stch.v34i2.2038>
- Lismawan, M. D., Dermawati, & Utami, L. (2021). Penerapan Green Roof Pada Perancangan Terminal Bandar Udara Ngloram Cepu di Blora Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 4(1), 115–121. <https://doi.org/10.25105/psia.v2i1.8962>
- Mahardika, D., Dewanti, R. P., & Subagyo, A. (2025). Strategi Green Construction dalam Konstruksi Berkelanjutan Untuk Bangunan Gedung Ramah Lingkungan Dan Ekonomis di Indonesia. *Metta: Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 5(2), 52–61. <https://doi.org/10.37329/metta.v5i2.4092>
- Monteiro, H., Carmona-Aparicio, G., Lei, I., & Despeisse, M. (2022). Energy and material efficiency strategies enabled by metal additive manufacturing – A review for the aeronautic and aerospace sectors. *Energy Reports*, 8, 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.035>
- Muehlberger, C. M., Gruen, L., Liefner, I., & Losacker, S. (2024). Socio-technical imaginaries of climate-neutral aviation. *Energy Research and Social Science*, 114(May), 103595. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103595>
- Nurchahyo, Y. B., Rizky Ramadhan, G., Supriadi, A., Tia Ardiani, G., & Hastuti LK, D. (2023). Pendekatan Non Parametik: Apakah Industri Penerbangan Indonesia Sudah Efisien? *WELFARE: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 4(1), 42–53. <https://doi.org/10.37058/wlfr.v4i1.7048>
- Ramadhan, B. M., Pribadi, I. G. O. S., & Rosnarti, D. (2021). Penggunaan Material Ramah Lingkungan pada Bangunan Terminal Bandar Udara Dewadaru. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 6(1), 322–329. <https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/sim/article/view/13061>
- Rawahi, S. H. Al, Jamaluddin, Z. Bin, & Bhuiyan, A. B. (2020). The Conceptual Framework for the Resources Management Attributes and Aircraft Maintenance Efficiency in the Aviation Industries in Oman. *International Journal of Accounting & Finance Review*, 5(3), 31–40. <https://doi.org/10.46281/ijafr.v5i3.808>
- Suryan, V., Chandra, P. W. A., Amalia, D., Septiani, V., & Sari, A. N. (2024). Penerapan Eco Green Airport dalam Rangka Pengurangan Emisi Karbon: A Systematic Review. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur, September*, 1–8.
- Utomo, D. L. (2025). *Kajian Dampak Sosial Pengadaan Tanah untuk Mendukung Perencanaan Pembangunan Bandara Bali Utara*. Institut Pertanian Bogor.