

## **Studi Eksplorasi Sistem Drainase Fasilitas Sisi Udara di Bandar Udara: A Systematic Review**

**Putu Wisnu Ardia Chandra, Viktor Suryan\*, Direstu Amalia, Anggi Nidya Sari**

Politeknik Penerbangan Palembang, Politeknik Negeri Sriwijaya

\*Correspondence email: viktor@poltekbangplg.ac.id

**Abstrak.** Area sisi udara merupakan area vital yang berhubungan dengan pergerakan pesawat. Dalam menunjang keselamatan di sisi udara, sistem drainase perlu diterapkan di setiap bandara. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem drainase pada beberapa bandara. Pada studi eksplorasi sistem drainase di sisi udara menggunakan metode kualitatif berbasis *systematic literature review* dengan membandingkan kajian yang diperoleh melalui *google scholar* pada periode 2015–2024. Kemudian penulis menganalisis dengan teknik analisis GAP terkait permasalahan yang diangkat. Adapun bandara yang menjadi *sample* adalah Bandara Juwata Tarakan, Bandara Rahadi Oesman Ketapang, Bandara Sultan Muhammad Salahuddin Bima, Bandara Kualanamu Deli Serdang, dan Bandara Husein Sastranegara Bandung. Hasil penelitian ini menemukan bahwa luapan air yang timbul ketika hujan berlangsung disebabkan oleh beberapa factor, diantaranya: kerusakan struktur, ketidakefisienan dimensi saluran, Ketidakstabilan dinding penahan tanah, kurangnya area tangkapan hujan dan sedimentasi yang menumpuk. Sehingga dapat disimpulkan pihak bandara perlu mengevaluasi efektifitas dimensi saluran menggunakan metode analisa hidrologi dan analisa hidrolika. Selain melakukan evaluasi, sistem drainase perlu dilakukan pemeliharaan yang mengacu pada KP 94 Tahun 2015 dan KP 326 Tahun 2019. Kegiatan pemeliharaan drainase dapat dilakukan dengan pembersihan sedimentasi, tanaman rambat, rumput dan endapan pada saluran. Sehingga dapat menghemat biaya operasional dan meningkatnya umur fasilitas. Selain itu, terjadinya luapan di sisi udara dapat diminimalisir dan keselamatan operasional penerbangan dapat terjamin.

**Kata Kunci:** Drainase; Hidrologi; Hidrolika; Kajian Literatur dan Sisi Udara.

**Abstract.** The Airside is a vital area related to aircraft movement. A drainage system needs to be implemented at each airport to support airside safety. This research aims to find out the drainage system at several airports. The exploration study of the drainage system on the air side uses a qualitative method based on a systematic literature review by comparing studies obtained through Google Scholar in the 2015-2024 period. Then, the author analyzes the issues raised using GAP analysis techniques. The sample airports are Juwata Tarakan Airport, Rahadi Oesman Ketapang Airport, Sultan Muhammad Salahuddin Bima Airport, Kualanamu Deli Serdang Airport, and Husein Sastranegara Bandung Airport. This study found that several factors, including structural damage, inefficiency of channel dimensions, instability of retaining walls, lack of rain catchment areas, and accumulated sedimentation, cause the overflow of water that arises when rain occurs. Therefore, it can be concluded that the airport needs to evaluate the effectiveness of channel dimensions using hydrological and hydraulic analysis methods. In addition to evaluation, the drainage system needs to be maintained, which refers to KP 94 of 2015 and KP 326 of 2019. Drainage maintenance activities can be carried out by cleaning sedimentation, vines, grass, and sediment in the channel to save operational costs and increase the channel's life. In addition, overflows on the air side can be minimized, and the safety of flight operations can be guaranteed.

**Keywords:** Airside; Drainage; Hydrology; Hydraulics and Literature Review

### **PENDAHULUAN**

Bandar udara merupakan fasilitas yang berfungsi sebagai pintu gerbang internasional yang mampu menghubungkan antar daerah dan negara di dunia melalui transportasi udara. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan, bandar udara merupakan suatu kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan penunjang lainnya. Bandara di tiap daerah umumnya dirancang dengan ciri khas budaya masing-masing daerah dengan tujuan agar memberikan kesan khusus bagi wisatawan melalui arsitektur *ornament local* (Purnomo, Amelia and

Dirayati, 2020). Keberadaan bandara mampu memberikan efek positif yang memicu percepatan pembangunan infrastruktur, pariwisata, perekonomian dan investasi nasional (Suprpti and Tius, 2022).

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 36 Tahun 2021 Tentang Standarisasi Fasilitas Bandar Udara menyebutkan bahwa bandara memiliki fasilitas yang dibagi menjadi tiga bagian dalam kegiatan operasi, diantaranya : *land side* (fasilitas sisi darat), *air side* (fasilitas sisi udara) dan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan. Pada fasilitas sisi darat dirancang agar dapat mengakomodasikan pergerakan kendaraan darat, angkutan kargo dan penumpang di bandara. Adapun fasilitas sisi darat meliputi : terminal bandara, crub, parkir dan kendaraan (Ramadhan *et al.*, 2023). Sedangkan, fasilitas sisi udara merupakan tempat pesawat melakukan *take-off* dan *landing* di bandara. Adapun fasilitas sisi udara meliputi : *runway*, *taxiway*, *apron*, gedung ATC (*Air Traffic Control*), dan lain-lain (Seno and Ahyudanari, 2015). Kemudian, fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan merupakan sebuah fasilitas yang dirancang untuk menjaga keamanan dan keselamatan penerbangan selama kegiatan operasional berlangsung. Beberapa fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, diantaranya : *airfield lighting system*, sistem catu daya kelistrikan, fasilitas PKP-PK (Pertolongan Kecelakaan Penerbangan-Pemadam Kebakaran) dan lainnya. Fasilitas tersebut bertujuan agar dapat memberikan kualitas pelayanan yang memadai agar pengguna jasa merasa nyaman dan puas dengan fasilitas yang diberikan. Selain memberikan kenyamanan, fasilitas tersebut memiliki peran sebagai penunjang keselamatan penerbangan (Agustini and Lumban Batu, 2016).

Dalam memenuhi standar international, bandara yang baik haruslah memiliki fasilitas keselamatan dan keamanan salah satunya adalah sistem drainase (Maciej Serda and Becker, 2018). Sistem drainase merupakan cara pengontrol air dengan mengalokasikan air berlebih dari satu lokasi ke lokasi lainnya agar area tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik dalam proses sanitasinya. Proses pengendalian air melalui saluran drainase berfungsi untuk mencegah wilayah mengalami genangan air, becek hingga banjir yang merugikan sarana dan prasarana di bandara (Pangesti, Rahmawati and Mahbub, 2022). Adapun tujuan pembuatan saluran drainase di bandara agar kawasan yang terjadi hujan dapat mengalirkan luapan air yang memicu genangan disepanjang area sisi udara dan darat menuju lokasi saluran yang telah dibuat. Tujuan pembuatan drainase dapat dicapai jika data diperhitungkan dengan benar. Saluran drainase dibuat sesuai area yang ditetapkan dengan pola jaringan beragam yang bertujuan agar mendapatkan hasil optimal. Sistem drainase wajib dilakukan pemeliharaan rutin dengan memeriksa kebersihan dan kerusakan pada saluran (Rian Riandi, Novalia and Kurniawan, 2022). Tujuannya untuk memastikan sistem dapat dioperasikan dengan efisien dalam mengelola aliran air dengan tepat agar dapat meminimalisir potensi banjir dan masalah lainnya.

Sistem drainase memiliki beragam jenis yang dapat dilihat dari beragam aspek. Adapun jenis-jenis drainase dapat dibedakan sebagai berikut : (1) Menurut sejarah terbentuknya drainase dibedakan menjadi dua yaitu, drainase alamiah yang terbentuk secara alami melalui gerusan air yang bergerak membentuk jalan air, dan drainase buatan yang dibuat secara sadar oleh manusia agar dapat difungsikan dengan baik. (2) Menurut letak saluran, sistem drainase dibedakan menjadi drainase permukaan tanah yang berada diatas tanah untuk mengalirkan limpasan air di permukaan, dan drainase bawah permukaan tanah. (3) Menurut fungsi drainase dibedakan menjadi *single purpose* yang mengalirkan satu jenis air buangan, dan *multi purpose* yang mengalirkan lebih dari satu jenis air buangan. (4) Menurut kontruksinya, drainase dibedakan menjadi saluran terbuka yakni saluran yang memiliki kontruksi bagian atas terbuka dan berhubungan dengan udara luar, dan saluran tertutup yakni saluran yang kontruksi bagian atasnya tertutup dan tidak adanya hubungan dengan udara luar (Almahera *et al.*, 2020). Dari beragam jenis drainase, penerapan sistem drainase menyesuaikan lokasi penerapan dengan tetap memerhatikan efektivitas dan kelayakannya.

Di kawasan sisi udara, drainase merupakan fasilitas yang sangat penting sebagai penunjang keamanan di bandara. Hal ini karena *air side* merupakan area vital yang berhubungan langsung dengan pergerakan pesawat dan kegiatan operasinya. Pembuatan saluran drainase penting dilakukan untuk memperkecil dampak negative yang terjadi ketika hujan berlangsung di bandara. Adapun dampak negative tersebut antara lain : resiko *hydroplaning*, kerusakan struktur perkerasan, keterlambatan penumpang dan gangguan operasi penerbangan lainnya.

1. Meningkatnya resiko *hydroplaning*. Perlu diketahui bahwa *hydroplaning* merupakan kondisi dimana ban pesawat tidak dapat menapak langsung ke permukaan *runway* karena terhalang oleh

- genangan air (Aulia Mardiah and Yohandri, 2020). Ketika kontak antara roda dan permukaan *runway* terhalang oleh air, gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih kecil dibandingkan saat keadaan kering. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya efisiensi rem pesawat sehingga akan menyebabkan *set-off*, *overrun* dan *hard landing*.
2. Kerusakan struktur perkerasan. Air yang menggenangi di area sisi udara akan merusak struktur perkerasan khususnya di area *runway*. *Runway* umumnya menggunakan perkerasan lentur dengan bahan lapisan aspal. Penggunaan aspal sangat rentan terhadap air yang menggenangi karena dapat meresap melalui pori-pori dan merusak ikatan komponen aspal (Novitasari and Iskandar, 2017). Rusaknya komponen aspal akan menyebabkan *cracking*, seperti : *alligator crack*, *edge crack*, *lane joint crack* dan sebagainya. Terjadinya *crack* ini akan memicu kecelakaan penerbangan ketika beroperasi. Sehingga FAA (*Federal Aviation Administration*) melalui regulasinya mengatur tentang genangan air di sisi udara khususnya pada *runway* dibatasi maksimal 14 cm dan harus segera dikeringkan.
  3. Keterlambatan penumpang. Drainase yang tidak dirancang dan dipelihara dengan baik akan menyebabkan meluapnya aliran air ketika musim hujan berlangsung. Meluapnya air di saluran drainase akan menyebabkan genangan di area sisi udara. Genangan air dengan volume yang melebihi standar membuat penerbangan akan ditunda sementara atau dibatalkan. Hal ini bertujuan agar teknisi dapat mengclearkan area sisi udara dari genangan air. Sehingga kegiatan penerbangan dapat dilakukan dengan selamat dan aman sampai tujuan. Dengan adanya penundaan hingga pembatalan penerbangan, banyak penumpang akan kecewa karena ketidaknyamanan pelayanan di dalam menggunakan jasa penerbangan (Legiman, Sudini and Utama, 2020).

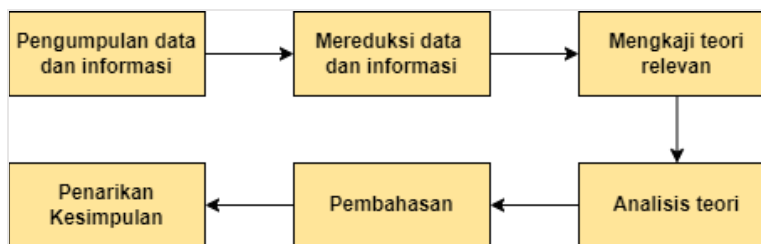
Melihat adanya permasalahan diatas, Kementerian Perhubungan melalui Direktorat Jenderal Perhubungan Udara membuat peraturan KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual Of Standard CASR Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*) yang mengemukakan bahwa dalam menunjang teknis keselamatan bandara, penerapan sistem drainase perlu dilakukan. Pembuatan sistem drainase perlu diperhitungkan dan dilakukan pemeliharaan untuk menghindari genangan air di area sisi udara yang memicu kecelakaan penerbangan di bandara. Selain itu, pengoptimalan sistem drainase dapat membantu keefisienan waktu, mencegah kerugian *cost*, dan meningkatkan kepuasan penumpang dalam bertransportasi.

Pada penelitian studi eksplorasi sistem drainase di bandar udara memiliki tujuan dalam mengkaji efektivitas saluran drainase dari beberapa penelitian yang telah diteliti kebermanfaatannya di tiap bandara. Kajian literatur *review* mengenai penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi regulasi, standar, teknologi dan mengevaluasi kinerja sistem yang nantinya akan mendapatkan benang merah dari persamaan dan perbedaan saluran drainase di setiap bandara yang mampu mengakomodir debit limpasan air, sehingga meminimalisir terjadinya luapan ketika musim hujan berlangsung (Ardiansyah et al., 2022). Dalam mencapai tujuan tersebut, tinjauan sistematis literatur ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan berdasarkan permasalahan yang menjadi keluhan personel di kebandarudaraan. Adapun permasalahan tersebut adalah seberapa efektif pengaruh saluran drainase bandara dalam mencegah terjadinya luapan air ketika hujan berlangsung di area sisi udara agar dapat memberikan kenyamanan, keamanan dan keselamatan penumpang di bandara. Berdasarkan hal tersebut, peneliti berkontribusi untuk memberikan solusi atau rekomendasi terkait standar, metode, teknologi, analisis rencana desain terhadap sistem drainase di bandara.

## METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Metode kualitatif merupakan penelitian yang bersifat deskriptif dan analisis. Deskriptif dimaksudkan untuk menggambarkan suatu peristiwa dan situasional yang diteliti, sedangkan analisis memaknai interpretasi data dengan membandingkan data hasil penelitian sebelumnya (Adlini et al., 2022). Pengambilan data memanfaatkan model *systematic literature review* dengan melakukan penelusuran dari membaca buku, jurnal, publikasi pustaka yang berkaitan dengan sistem drainase di bandara (Waruwu, 2023). Tujuan memanfaatkan kajian literatur dalam penelitian ini adalah untuk memperkaya wawasan peneliti dan pembaca terkait topik penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan kajian literatur melalui artikel ilmiah dari buku, jurnal nasional dan internasional yang terbit dari tahun 2015 sampai dengan 2024. Data yang diperoleh dari hasil kajian akan dianalisis dengan mengklasifikasikan, menemukan persamaan dan

perbedaan, memberikan pandangan serta solusi terbaik pada sistem drainase di bandara. Merujuk pada tahapan penelitian (Asbar and Witarsa, 2020) yang menggunakan *systematic literature review*, peneliti membuat tahapan dengan model berikut ini :



Gambar 1. Tahapan Kajian Literatur

Sumber: Data Olahan (2024)

1. Pengumpulan data dan informasi. Pada tahapan ini dilakukan dengan mencari dan mengunduh artikel, buku, jurnal dan berbagai macam berita melalui *google scholar* yang membahas tentang eksplorasi sistem drainase fasilitas sisi udara di bandar udara. Dalam penelusuran melalui *google scholar* untuk menyelidiki permasalahan sesuai topik yang diangkat dapat menggunakan kata kunci sebagai berikut: sistem drainase, drainase di sisi darat dan sisi udara, pentingnya sistem drainase di bandara, evaluasi sistem drainase, kajian sistem drainase dan masih banyak lagi. Dengan mengetikkan kata kunci sesuai dengan judul penelitian. Kata kunci tersebut adalah studi.
2. Mereduksi data dan informasi. Data yang telah berhasil dikumpulkan akan dirangkum dan dipilih hal-hal pokok dengan memfokuskan tema dan judul penelitian yang diangkat serta membuang yang tidak perlu. Untuk mendapatkan teori yang relevan sesuai dengan judul yang diangkat, peneliti mengumpulkan 5 artikel terbaik dari 50 artikel yang dipilih. Tujuannya agar tulisan tersebut dapat memberikan gambaran jelas dan mempermudah peneliti melakukan pengumpulan data selanjutnya dan mencari di sumber lain apabila diperlukan.
3. Mengkaji teori relevan. Setelah dilakukan perangkuman data dilanjutkan dengan mempelajari teori relevan dan permasalahan yang umumnya terjadi pada saluran drainase di bandara. Pada tahap ini peneliti mempelajari keterkaitan hubungan antar variable dalam perancangan sistem drainase bandara yang telah direduksi sebelumnya.
4. Analisis teori. Setelah memahami teori relevan, langkah selanjutnya dilakukan analisis penerapan teori tersebut dalam saluran drainase bandara. Hal ini akan melibatkan penggunaan konsep teoritis dalam memahami masalah dan menemukan solusi yang akan diusulkan.
5. Pembahasan. Pada tahap ini akan dilakukan pembahasan berdasarkan kajian literatur yang digunakan. Kajian tersebut berupa kajian teori dimana penulis akan memaparkan teori atau konsep terpusat pada topik yang peneliti angkat dan membandingkan teori tersebut atas dasar asumsi-asumsi, konsistensi *logic* dan lingkup eksplanasinya.
6. Penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil pengorganisasian dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya.

Tahapan penelitian ini diharapkan dapat mengekstraksi dan menyintesis data literatur yang dipilih untuk menarik kesimpulan dengan menemukan pembanding berdasarkan analisis GAP dalam menemukan keefektifitas sistem drainase di sisi udara dengan menggunakan metode kualitatif berbasis *systematic literature review*.

## HASIL

Pada penelitian yang dilaksanakan oleh (Handayani, 2018) berjudul Studi Sistem Jaringan Drainase pada Landasan Pacu Bandar Udara Juwata Tarakan. Perlu diketahui bahwa Bandara Juwata Tarakan yang berstatus sebagai bandara internasional harus mendapat pembenahan sarana dan prasarana untuk memenuhi standar internasional. Kemudian melihat kota Tarakan yang rentan terhadap air hujan maupun pasang surut air laut membuat pembangunan sistem drainase di bandara perlu dilakukan evaluasi dan pembenahan. Hal ini karena sistem drainase tersebut memiliki peran dalam pengendalian banjir untuk meminimalisir kecelakaan terjadi di sisi udara. Oleh karena itu, penelitian terhadap aliran air pada saluran drainase di bandara ini diharapkan mampu mengetahui kapasitas saluran pada drainase tersebut. Metode penelitian ini dilakukan beberapa tahap mulai dari persiapan, survey serta investigasi pada lokasi yang bersangkutan. Penelitian ini menggunakan

perhitungan data curah hujan parsial serius dan distribus Log Normal dengan menganalisis perhitungan debit dimana perhitungan tersebut menggunakan rumus Manning yang kemudian di input pada proram HEC-RAS 4.1.0. Berdasarkan perhitungan didapatkan debit rencana  $0.367 \text{ m}^3/\text{det}$  dengan dimensi saluran rencana lebar bawah (B) sebesar 0,64 m, tinggi saluran (H) adalah 1.08 m, dengan tinggi air (H air) adalah 0.56 m sedangkan pada saluran *existing* lebar bawah (B) adalah 1.04 m dengan tinggi saluran (H) adalah 0.67 m dengan tinggi air (H air) sebesar 0.721, dimana pada kondisi ini saluran *existing* tidak mampu menampung debit air yang ada.

Penelitian Amran, Musa and Mallombassi, (2022) yang meneliti tentang Kajian Sistem Drainase pada Pengembangan Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang. Penelitian ini dilatarbelakangi dengan meningkatnya kebutuhan pelayanan bandara yang mendorong untuk dilakukan perluasan area bandara. Dengan perluasan area bandara maka diperlukan sistem drainase yang mampu mengakomodir debit limpasan air yang ada. Penelitian ini menggunakan metode analisa hidrologi dan analisa hidrolika untuk menghitung debit banjir rencana di area bandara. Langkah pertama yang dilakukan peneliti adalah menghitung intensitas hujan dari periode ulang hujan 5 tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan luas cathment area yang dihitung agar luas DAS saluran diketahui. Kemudian menetapkan nilai koefisien rembesan pada masing masing cathment area. Kemudian akan didapatkan debit hidrologi yang diproyeksikan ke debit hidrolika. Setelah itu dilakukan perencanaan dimensi saluran sesuai perhitungan. Terakhir barulah merencanakan alternatif solusi untuk mengatasi pengaruh *back waternya*. Perhitungan debit rencana akhir diperoleh  $8,48 \text{ m}^3/\text{det}$  sehingga saluran direncanakan lebar 7 m dengan tinggi 1,2 m. Adanya pengaruh dari *back water* dari data pasang yang ada akan menyebabkan direncanakannya kolam dengan dimensi 150 m x 80 m yang dioperasikan dengan pintu ketika surut dan menggunakan pompa kapasitas  $2 \text{ m}^3/\text{det}$  sebanyak 3 buah ketika adanya pasang air laut di level +0.95.

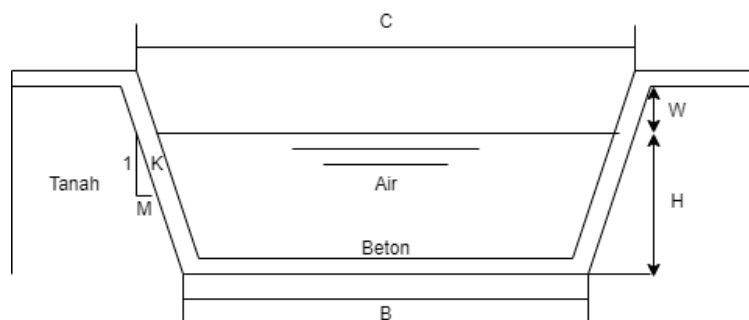
Syabhana, Hartatik and Putro (2022) yang membahas mengenai Perbaikan Saluran Drainase *Runway Strip* di Bandar Udara Sultan Muhammad Salahuddin Bima. Penelitian ini diangkat dilatarbelakangi oleh rusaknya dinding saluran di sisi *runway* akibat ketidakstabilnya kondisi tanah yang menyebabkan longsor. Longsor tersebut megakibatkan sedimentasi pada saluran sehingga terjadi perangkalan saluran. Akibatnya air tidak mengalir dengan lancar dan akan menimbulkan luapan apabila tidak dilakukannya tindak lanjut. Hal ini akan mengganggu pergerakan pesawat ketika beroperasi. Peneliti berencana menggunakan drainase tertutup yang dimulai dengan mengumpulkan data seperti data curah hujan. Kemudian dilakukan perhitungan curah hujan maksimum untuk 10 tahun kedepan dengan metode Log Person III dan intensitas curah hujan. Selanjutnya menghitung debit limpasan maksimum untuk 10 tahun kedepan. Setelah itu menghitung dimensi yang diperlukan dengan menggunakan *trial* dan *error*. Hasil penelitian ini diperoleh dimensi yang direncanakan dengan metode Monobe adalah lebar saluran 1,2 m dan tinggi 1,2 m. perbaikan saluran yang semula menggunakan saluran terbuka menjadi saluran tertutup menggunakan beton *pre-cast*. Perbaikan saluran ini berfungsi dalam mendukung keselamatan penerbangan di area *runway*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Almahera et al. (2020) tentang Evaluasi Sistem Drainase Area Sisi Udara (*Air Side*) Bandar Udara International Kualanamu Deli Serdang. Dalam penelitian ini dilatarbelakangi oleh umur kontruksi pembangunan bandara yang terhitung sudah lebih dari 10 tahun yang terhitung pada periode tahun 2008 hingga 2020, sehingga perlu dilakukan evaluasi termasuk kontuksi drainase eksisting di sisi udara. Evaluasi ini direncanakan untuk mengetahui apakah saluran masih mampu menampung debit air yang ada, mengingat telah banyak kontruksi bangunan di sisi udara yang dibangun, seperti : Gedung PKP-PK, akses jalan *service road*, pembuatan parkir GSE (*Ground Support Euipment*) yang mengakibatkan berkurangnya area tangkapan hujan di sisi udara. Evaluasi ini dilakukan dengan cara membandingkan dimensi saluran di lapangan (eksiting) dengan dimensi saluran hasil evaluasi menggunakan rumus debit banjir rasional menurut kaidah teknis dalam perencanaan dimensi saluran. Hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa dimensi saluran eksisting yang ada telah memenuhi syarat karena mempunyai dimensi yang lebih besar dari hasil evaluasi. Kemudian untuk lebar saluran eksisting  $\pm 67,5\%$  lebih besar dibandingkan lebar dasar saluran hasil evaluasi, sedangkan untuk lebar puncak saluran eksisting  $\pm 43,4\%$  lebih besar dibandingkan lebar puncak saluran hasil evaluasi dan ketinggian muka air saluran eksisting  $\pm 53,7\%$  lebih besar dibandingkan ketinggian muka air hasil evaluasi. Dari hasil evaluasi tersebut didapatkan juga debit rencana dengan total  $80,182 \text{ m}^3/\text{det}$ , dengan terdapatnya *water pounding* 3 (*regulation pounding*) dengan kapasitas  $191.000 \text{ m}^3$ . Maka daya tampung debit air sementara di *water pounding* 3 masih

dalam status aman. Sehingga kemungkinan untuk terjadinya luapan pada area sisi udara sangatlah kecil.

Margono, Priambodo and Fatra (2018) membahas mengenai Normalisasi Drainase *Apron* B-C di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh terjadinya penyumbatan pada sistem drainase di bandara yang diakibatkan oleh sedimentasi, kerusakan struktur saluran sehingga rawan terjadinya genangan air di beberapa lokasi muncul ketika hujan dan kroposnya beberapa bagian tutup trails dari drainase yang sudah berumur di bagian sisi udara apron B-C. sehingga harus dilakukan perbaikan dengan penggantian model drainase yang baru menggunakan saluran tertutup dengan *box culvert pre-cast* berdimensi 90 x 90 x 9 cm. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitis yaitu dengan menganalisis permasalahan yang ada berdasarkan teori dan standar yang selanjutnya dideskripsikan di lapangan. Berdasarkan hasil analisa debit puncak di lokasi eksisting menunjukkan bahwa saluran yang ada (tanpa penumpukan sedimen) mampu mengakomodir debit puncak banjir sampai dengan kala ulang 10 tahun. Genangan air yang terjadi bukan berasal dari kurangnya dimensi saluran drainase, melainkan berasal dari titik kontur yang tidak normal, sedimentasi yang menumpuk dan limpahan air dari apron A-B. Maka dari itu akan dibuatkan pembatas dengan tinggi setengah dari dimensi drainase eksisting. Dalam penelitian ini untuk mencegah terjadinya penyumbatan pada saluran drainase, perlu dilakukan perbaikan dan perawatan saluran. Perbaikan saluran dapat dilakukan dengan mengganti struktur dan dimensi untuk mengakomodir efektifitas saluran, dan peneliharaan dapat dilakukan dengan melakukan pembersihan sedimentasi, pembersihan tanaman rambat dan endapan yang ada di saluran secara berkala.

Mengkaji dari kelima bandara internasional di Indonesia, yakni : Bandara Juwata Tarakan, Bandara Rahadi Oesman Ketapang, Bandara Sultan Muhammad Salahuddin Bima, Bandara Kualanamu Deli Serdang, dan Bandara Husein Sastranegara Bandung ditemukan hasil bahwa desain pada sistem drainase sangat penting dilakukan sebagai bentuk rancangan sebelum diimplementasikan di lapangan. Tujuannya agar dapat meminimalisir kegagalan konstruksi dan kesesuaian terapan dari desain rencana. Umumnya sistem drainase berfungsi untuk membuang kelebihan air di kawasan sisi udara agar kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal. Desain drainase rencana yang terletak di area sisi udara dirancang menggunakan tipe saluran terbuka dengan syarat memiliki luasan cukup dan tidak berada di area sibuk, dan sebaliknya untuk tipe saluran tertutup dengan syarat berada di area sibuk khususnya *runway strip* dan *apron* dengan desain terlihat pada gambar 2 dan 3.

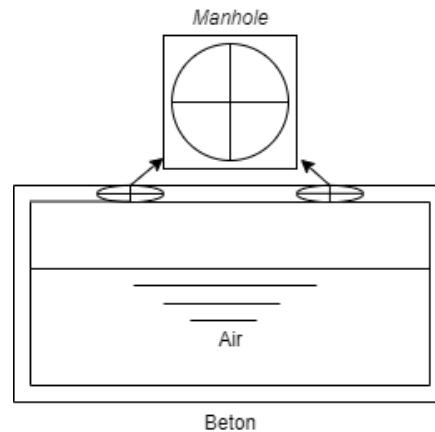


**Gambar 2.** Dimensi Rencana Drainase Terbuka di Bandara

Sumber: Data Olahan (2024)

Keterangan :

- C = Lebar atas saluran
- K = Kemiringan dinding saluran (1:1,5)
- M = Asumsi nilai 1,5
- W = Tinggi jagaan
- H = Tinggi muka air
- B = Lebar bawah saluran



**Gambar 3.** Dimensi Rencana Drainase Tertutup di Bandara

Sumber: Data Olahan (2024)

### Pembahasan

Sistem drainase merupakan sebuah sistem pengaliran air, baik air permukaan (limpasan) maupun air tanah (*underground water*) dari kawasan bandar udara (Fairizi, 2015). Di bandar udara sistem drainase berfungsi untuk membuang kelebihan air agar tidak menimbulkan genangan air yang mengganggu aktivitas penerbangan. Di setiap bandara di Indonesia, sistem drainase perlu dilakukan perencanaan agar dapat meningkatkan kebutuhan pelayanan bandara sesuai dengan standar internasional. Dengan memenuhi standar tersebut, keamanan dan kenyamanan dalam menggunakan transportasi penerbangan dapat dijamin sehingga dapat meminimalisir dampak kecelakaan akibat ketidaksesuaian dengan standar yang berlaku.

Berdasarkan analisis kajian dari kelima bandara internasional di Indonesia, yakni : Bandara Juwata Tarakan, Bandara Rahadi Oesman Ketapang, Bandara Sultan Muhammad Salahuddin Bima, Bandara Kualanamu Deli Serdang, dan Bandara Husein Sastranegara Bandung. Ditemukan benang merah atas permasalahan yang umum terjadi ketika curah hujan di wilayah bandara meningkat. Masalah tersebut adalah timbulnya luapan yang mengakibatkan banjir di kawasan sisi udara. Pada umumnya luapan air terjadi karena kerusakan struktur saluran, ketidakefisien dimensi saluran yang dirancang, dan tidak stabilnya dinding penahan tanah. Akan tetapi hal yang disebutkan tadi bukan factor utama timbulnya luapan air di sisi udara. Terdapat factor lainnya yang menjadi penentu luapan air diantaranya titik kontur yang tidak normal, kurangnya area tangkapan hujan di sisi udara, sedimentasi yang menumpuk dan kurangnya dilakukan perbaikan dan pemeliharaan. Oleh karena itu selama periode kurang lebih 10 tahun, sistem drainase perlu dilakukan pembenahan dan evaluasi berkala untuk mengetahui apakah saluran masih mampu menampung debit air yang ada dalam mencegah terjadinya luapan ketika hujan berlangsung (Almahera *et al.*, 2020). Selain melakukan evaluasi, pihak bandara tentunya akan menjadwalkan secara periodic terkait pemeliharaan sistem drainase yang mengacu pada KP 94 Tahun 2015 dan KP 326 Tahun 2019. Hal ini bertujuan untuk menghemat biaya operasional dan meningkatkan umur fasilitas sistem drainase bandara (Rio, 2020).

Evaluasi dan perencanaan ulang sistem drainase perlu dilakukan dengan melihat efektifitas saluran dalam menampung debit air setiap tahunnya. Untuk memperoleh kualitas evaluasi yang baik dapat dicapai jika data sah dan sesuai dengan keadaan lapangan. Data tersebut berpengaruh terhadap desain saluran rencana yang akan diimplementasikan. Dalam pembuatan saluran drainase perlu memperhitungkan kondisi iklim, cuaca dan lahan di sekitar bandara. Dimensi yang telah dirancang akan dibandingkan dengan dimensi saluran rencana dengan dimensi saluran hasil perhitungan. Sehingga sistem drainase dapat didesain dengan berbagai jenis pola jaringan sesuai dengan rencana desain agar memperoleh hasil yang maksimal (Pangesti, Rahmawati and Mahbub, 2022). Merujuk kepada kelima sample bandara dalam kajian, proses evaluasi drainase secara garis besar menggunakan metode analisa hidrologi dan analisa hidrolika untuk menghitung debit banjir rencana di area bandara dan menyesuaikannya dengan dimensi di lapangan. Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan perbaikan, perluasan dimensi dan struktur drainase yang efektif dalam mencegah luapan air

ketika hujan berlangsung (Amran, Musa and Mallombassi, 2022). Berikut merupakan langkah-langkah tersebut:



Gambar 4. Langkah Evaluasi Rencana Sistem Drainase

Sumber: Data Olahan (2024)

1. Menentukan jaringan drainase. Pada langkah ini, jaringan eksisting drainase akan dilakukan pemeriksaan untuk direncanakan kembali menjadi suatu jaringan yang baru dengan melihat kontur di sekitar lokasi perencanaan.
2. Pembagian zona dan koefisien aliran. Pembagian zona dilakukan untuk meningkatkan efektifitas perencanaan jaringan drainase agar dapat melayani cakupan wilayah dengan baik. Perencanaan ini akan dianalisis dari luasan area lama dan pengembangan area baru yang ditetapkan sebagai daerah aliran dan koefisien alirannya juga.
3. Menentukan hujan rencana. Langkah ini akan dilakukan dengan menghitung hujan rencana dari periode hujan 5 tahun. Data yang digunakan merupakan data curah hujan rata-rata dari stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di wilayah uji. Data ini nantinya digunakan untuk mencari hujan rencana dan intensitas hujan.
4. Menentukan debit limpasan. Dalam menentukan debit limpasan, diperlukan data yang akan dijadikan dasar perhitungan, yaitu : data curah hujan, perhitungan hujan rencana, perhitungan waktu konsentrasi, perkiraan lama hujan, dan luas daerah yang menjadi daerah aliran terutama untuk wilayah Pengembangan bandara.
5. Menentukan dimensi saluran. Setelah mendapatkan nilai debit banjir rencana yang akan ditampung saluran dari analisa hidrologi, selanjutnya dalam perhitungan Analisa hidrolika akan didapatkan dimensi saluran rencana yang akan digunakan. Rencana saluran yang dipakai adalah trapezium untuk saluran dan segi empat untuk *box culvert*.
6. Fasilitas rencana sistem drainase. Perencanaan fasilitas drainase dapat berupa kolam tamping, pintu air dan pompa yang bertujuan untuk mengatasi pengaruh *back water* yang ada di saluran hilir. Harapannya sistem drainase yang dibuat dapat bekerja dengan baik dan mengijilangkan pengaruh *back water*.

Dengan dilaksanakannya langkah diatas, sistem drainase yang telah berhasil dievaluasi dengan memperbaiki dan menambah struktur dan dimensi saluran yang dibutuhkan serta memberikan pemeliharaan berkala dengan melakukan pembersihan sedimentasi, pembersihan tanaman rambat dan endapan yang ada di saluran (Margono, Priambodo and Fatra). Sehingga kemungkinan untuk terjadinya luapan pada area sisi udara sangatlah kecil dan mendukung keselamatan operasional penerbangan di area *air side*.

Selain pembahasan diatas, peneliti menganalisis kajian dari Bandara Juwata Tarakan, Bandara Rahadi Oesman Ketapang, Bandara Sultan Muhammad Salahuddin Bima, Bandara Kualanamu Deli Serdang, dan Bandara Husein Sastranegara Bandung dan mendapatkan beberapa persamaan dan perbedaan yang dapat diperhatikan sebagai berikut :

1. Persamaan
  - a. Sistem drainase memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya luapan air yang mampu mengganggu kegiatan operasional bandara.
  - b. Terjadinya luapan air di bandara umumnya disebabkan oleh kerusakan struktur dan kurangnya pelaksanaan pemeliharaan pada sistem drainase.
  - c. Pihak bandara melakukan perawatan berkala dengan cara pembersihan tanaman rambat, lumpur dan sedimentasi yang mengendap untuk memperpanjang umur drainase dan meminimalisir terjadi luapan.



- d. Dalam melakukan evaluasi drainase dapat menggunakan berbagai metode selama dapat menunjang efektivitas sistem drainase di bandara.
  - e. Penggunaan *water ponding* pada sistem drainase bertujuan untuk menampung debit air hujan sementara sebelum dialirkan menuju kolam retensi atau pembuangan akhir.
2. Perbedaan
- a. Di Kawasan sisi udara dapat menggunakan sistem drainase terbuka dengan syarat memiliki luasan cukup dan tidak berada di area sibuk. Akan tetapi berdasarkan KP 326 Tahun 2019 terdapat area yang tidak cocok menerapkan drainase terbuka, contohnya *runway strip* dan *apron*. Hal tersebut karena pada area *runway strip* dan *apron* merupakan area sibuk dan apabila strukturnya tidak diperhitungkan secara matang akan dianggap sebagai *obstacle*. Oleh karena itu, pada kawasan *runway strip* dan *apron* biasanya menggunakan sistem drainase tertutup.
  - b. Area yang menerapkan drainase tertutup dapat menggunakan *box culvert pre-cast* agar selain difungsikan untuk saluran drainase dapat dimanfaatkan sebagai area pergerakan pesawat. Kemudian area tersebut dapat dibuatkan manhole setiap 50 m untuk mempermudah pemeliharaan.
  - c. Dalam melakukan evaluasi rencana dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan program. Secara manual dapat dilakukan dengan beragam metode efektif yang dikalkulasi menggunakan Ms.Excel, kalkulator dan sebagainya. Akan tetapi, untuk memperkuat hasil evaluasi yang lebih valid dapat menggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Program ini digunakan sebagai model secara permanen dan tidak permanen dari aliran Sungai agar data sesuai dengan kondisi *real* dan digunakan secara valid.

Dari persamaan dan perbedaan diatas dapat disimpulkan bahwa berbagai permasalahan yang timbul di sistem drainase sisi udara pastinya ada beberapa factor penentu. Untuk meminimalisir pihak bandara secara periodic harus selalu melakukan evaluasi dan pemeliharaan. Dalam melakukan evaluasi dapat menggunakan program untuk mendapatkan data rancangan yang sah dan valid. Data yang sudah didapatkan dapat diterapkan pada desain rencana. Desain tersebut dapat diperhitungkan sesuai dengan aturan yang berlaku dan efektivitas jaringan. Sehingga jaringan drainase yang diterapkan di lapangan dapat memenuhi syarat yang mampu menampung limpasan air hujan dengan baik.

## SIMPULAN

Drainase merupakan salah satu fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan di bandara yang berfungsi untuk mencegah terjadinya banjir di sisi udara yang menyebabkan resiko *hydroplaning*, kerusakan struktur perkerasan, keterlambatan penumpang dan gangguan operasional. Dengan mengambil sample di Bandara Juwata Tarakan, Bandara Rahadi Oesman Ketapang, Bandara Sultan Muhammad Salahuddin Bima, Bandara Kuala Namu Deli Serdang, dan Bandara Husein Sastranegara Bandung menemukan permasalahan dimana luapan air yang timbul ketika hujan di sisi udara disebabkan oleh beberapa factor, diantaranya : kerusakan struktur, ketidakefisienan dimensi saluran, Ketidakstabilan dinding penahan tanah, kurangnya area tangkapan hujan dan sedimentasi yang menumpuk. Oleh sebab itu, penyelenggara bandara wajib melakukan evaluasi dimensi dan pemeliharaan secara berkala. Dalam melakukan evaluasi umumnya dilakukan dengan menentukan jaringan drainase, membagi zona dan koefisien aliran, menentukan hujan rencana, menentukan debit limpasan, menentukan dimensi saluran dan rencana sistem drainase. Metode yang digunakan adalah analisa hidrologi dan analisa hidrolika. Proses evaluasi ini dapat menggunakan program HEC-RAS 4.1.0 sebagai permodelan secara permanen dan tidak permanen dari aliran sungai agar data sesuai dengan kondisi *real* dan digunakan secara valid. Program tersebut berfungsi untuk menghitung debit banjir rencana di area bandara dan menyesuaikannya dengan dimensi area di lapangan. Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan perbaikan, perluasan dimensi dan struktur drainase yang efektif dalam mencegah luapan air ketika hujan berlangsung.

Dalam proses evaluasi dimensi saluran perlu melihat aturan sesuai KP 326 Tahun 2019, untuk melihat efektivitas penerapan drainase terbuka atau tertutup di kawasan sisi udara. Sistem drainase terbuka dapat diterapkan ketika memiliki luasan cukup dan tidak berada di area sibuk, dan sebaliknya sistem drainase tertutup dapat diterapkan di area sibuk seperti pada *runway strip* dan *apron* dan struktur drainase perlu diperhitungkan secara matang agar saluran tidak dianggap sebagai *obstacle* di kawasan pergerakan pesawat. Dalam menerapkan sistem drainase tertutup dapat menggunakan *box*

*culvert pre-cast* agar selain difungsikan untuk saluran drainase dapat dimanfaatkan sebagai area pergerakan pesawat. Kemudian area tersebut dapat dibuatkan *manhole* setiap 50 m untuk mempermudah pemeliharaan. Selain itu dalam mencegah luapan yang terjadi di sisi udara penggunaan *water ponding* pada sistem drainase sangatlah penting. Hal tersebut bertujuan untuk menampung debit air hujan sementara sebelum dialirkan menuju kolam retensi atau pembuangan akhir. Selain melakukan evaluasi secara berkala, sesuai dengan KP 94 Tahun 2015 dan KP 326 Tahun 2019 sistem drainase perlu dilakukan pemeliharaan. Pemeliharaan dapat dijadwal oleh pihak bandara dengan pembersihan sedimentasi, pembersihan tanaman rambat, pemotongan rumput dan pembersihan endapan pada saluran. Selain itu, pihak bandara dapat pemantauan aliran air dan melakukan pembenahan apabila ditemukan struktur yang berpeluang menjadi penyebab banjir di sisi udara. Dengan menerapkan hal tersebut, selain dapat mencegah kendala yang terjadi di sisi udara, kita dapat menghemat biaya operasional dan meningkatkan umur fasilitas sistem drainase. Sehingga, luapan yang sering terjadi ketika curah hujan tinggi di kawasan bandara dapat diminimalisir dan keselamatan operasional penerbangan dapat terjamin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, M.R. (2020) 'Perencanaan Program Pemeliharaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Internasional Banyuwangi', *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, pp. 1–12.
- Adlini, M.N. et al. (2022) 'Metode Penelitian Kualitatif Studi Pustaka', *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i1.3394>.
- Agustini, E.D. and Lumban Batu, H.Y. (2016) 'Kinerja Keamanan dan Keselamatan Penerbangan di Bandara Juwata Tarakan', *Warta Penelitian Perhubungan*, 28(6). Available at: <https://doi.org/10.25104/warlit.v28i6.304>.
- Almahera, D. et al. (2020) 'Evaluasi Sistem Drainase Area Sisi Udara (Air Side) Bandar Udara Internasional Kualanamu Deli Serdang', *Cetak Buletin Utama Teknik*, 15(2).
- Amran, Musa, R. and Mallombassi, A. (2022) 'Kajian Sistem Drainase pada Pengembangan Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang', *Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains*, 1(6).
- Ardiansyah, Y. et al. (2022) 'Evaluasi Sistem Drainase Underpass Yogyakarta International Airport (YIA)', *Rang Teknik Journal*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.31869/rjt.v5i2.3074>.
- Asbar, R.F. and Witarso, R. (2020) 'Kajian Literatur Tentang Penerapan Pembelajaran Terpadu di Sekolah Dasar', *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 3(2). Available at: <https://doi.org/10.31004/jrpp.v3i2.1220>.
- Aulia Mardiah, P. and Yohandri (2020) 'Design of water height detector model in runway based on internet of things', in *Journal of Physics: Conference Series*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012022>.
- Rian Riandi, J., Novalia, N. and Kurniawan, A. (2022) 'Evaluasi Pemeliharaan Runway di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung', *Jurnal Deformasi*, 7(2), pp. 193–203. Available at: <https://doi.org/10.31851/DEFORMASI.V7I2.8082>.
- Fairizi, D. (2015) 'Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa di Subdas Lambidaro Kota Palembang', *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1).
- Handayani, R. (2018) 'Studi Sistem Jaringan Drainase pada Landasan Pacu Bandar Udara Juwata Tarakan', *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.35334/be.v2i1.612>.
- Legiman, F.S., Sudini, L.P. and Utama, I.N. (2020) 'Tanggung Jawab Keperdataan dalam Pengangkutan Udara atas Keterlambatan Jadwal Penerbangan', *Jurnal Preferensi Hukum*, 1(2). Available at: <https://doi.org/10.22225/jph.1.2.2383.150-153>.
- Maciej Serda and Becker, F.G. (2018) 'Perencanaan Sistem Drainase pada Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang', *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7(1).
- Margono, A.S., Priambodo, D. and Fatra, O. (2018) 'Normalisasi Drainase Apron B-C di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung', *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 11(3), pp. 11–16.
- Novitasari, V. and Iskandar, D. (2017) 'Pengaruh Kondisi Drainase Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan Lentur dengan Metode Pavement Condition Index (PCI)', *Tapak*, 7(1).

- Pangesti, R.D., Rahmawati, R. and Mahbub, J. (2022) 'Sistem Perencanaan Saluran Drainase Bandara Douw Auturure–Nabire', *Bangun Rekaprima*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v8i2.3974>.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual Of Standard CASR Part 139*) Volume I Bandar Udara (Aerodrome)
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 94 Tahun 2015 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-23 (*Advisory Circular CASR Part 139-23*), Pedoman Program Pemeliharaan Konstruksi Perkerasan Bandar Udara (*Pavement Management System*)
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 36 Tahun 2021 Tentang Standarisasi Fasilitas Bandar Udara
- Purnomo, A.D., Amelia, K.P. and Dirayati, S. (2020) 'Penerapan Elemen Estetik Sebagai Identitas Budaya Lokal pada Elemen Interior Terminal Penumpang BIJB Kertajati', *Waca Cipta Ruang*, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.34010/wcr.v6i1.4194>.
- Ramadhan, I. et al. (2023) 'Analisis Kendala Sisi Darat (*landside*) oleh Petugas Pelayanan Terminal (*Terminal Service Officer*) di PT. Angkasa Pura I Bandar Udara Internasional Zainuddin Abdul Madjid Lombok Nusa Tenggara Barat', *Student Research Journal*, 1(4).
- Seno, R. and Ahyudanari, E. (2015) 'Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (*Runway, Taxiway, Apron*) Bandara Juanda dengan Metode Perbandingan ACN-PCN', *Jurnal Teknik ITS* [Preprint].
- Suprpti and Tius, K. (2022) 'Analisis Fasilitas Ruang Tunggu Terhadap Kepuasan Penumpang di Bandar Udara Supadio Pontianak', *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2), pp. 3402–3413. Available at: <https://journal.upy.ac.id/index.php/pkn/article/view/3408>.
- Syabhana, W.A., Hartatik, N. and Putro, S.H.S. (2022) 'Perbaikan Saluran Drainase Runway Strip di Bandar Udara Sultan Muhammad Salahuddin Bima', *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, pp. 1–0.
- Waruwu, M. (2023) 'Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (*Mixed Method*)', *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1).