

KAJIAN PENAMBAHAN RUNWAY BANDAR UDARA INTERNASIONAL SENTANI-JAYAPURA

Violetta Erica Florien Merino¹, Efendy Tambunan², Agnes Sri Mulyani³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: viomerino16@gmail.com

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: efendy.tambunan@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: agnes.mulyani@uki.ac.id

Masuk: 08-06-2022, revisi: 20-06-2022, diterima untuk diterbitkan: 28-06-2022

ABSTRAK

Bandara Jayapura Sentani adalah bandara tersibuk di Papua yang melayani penerbangan ke hampir seluruh wilayah Indonesia. Bandara ini tidak hanya yang paling menonjol dan dinamis di Papua tetapi juga bandara hub utama untuk wilayah Papua atau wilayah pegunungan tengah. Sebagai bandara hub, bandara ini melayani pergerakan pesawat dengan berbagai ukuran dan jenis, dari pesawat kecil hingga besar. Layanan lalu lintas udara dari pesawat dengan ukuran berbeda di landasan pacu yang sama harus benar-benar mematuhi peraturan manajemen lalu lintas udara. Selain itu, lalu lintas udara di bandara ini relatif tinggi dan mendekati kejenuhan. Studi ini akan menganalisis kapasitas landasan pacu bandara dan mengeksplorasi landasan pacu tambahan dengan memprediksi pergerakan penerbangan di masa depan berdasarkan data pergerakan penerbangan tahun sebelumnya. Analisis dilakukan dengan regresi dan analisis kapasitas runway sesuai estimasi tahun 2024, penentuan geometri runway menggunakan FAA dan SKEP77 (Peraturan Pemerintah tentang Persyaratan Teknis Operasi Bandara). Penambahan landasan pacu yang diperlukan untuk pergerakan pesawat mengacu kepada prosedur keselamatan penerbangan. Hasil analisa menunjukkan panjang 3000m, lebar 45m dan bahu 7,5m memenuhi kapasitas landas pacu untuk jumlah dan jenis pesawat yang dilayani sesuai jumlah pergerakan penerbangan per jam. Runway kedua dibangun secara paralel dengan jarak 350 meter antara runway pertama.

Kata kunci: Bandara Sentani; Kapasitas landas Pacu; FAA; SKEP77; KKOP

ABSTRACT

Jayapura Sentani Airport is the busiest airport in Papua. This airport serves flights to the Papua region and almost all parts of Indonesia. This airport is not only the most famous and dynamic in Papua but also the main hub airport for the province of Papua, the central mountain region. As a hub airport, this airport serves flight movements of various sizes and types, from small to large aircraft. Air traffic services of aircraft of different sizes on the same runway must strictly comply with air traffic management regulations. In addition, air traffic at this airport is relatively high and is approaching saturation. This study will analyze the airport's runway capacity and explore additional runways by predicting future flight movements based on the previous year's flight movement data. The analysis is done by regression and analysis of runway capacity as estimated in 2024, determination of runway geometry using FAA and SKEP77 (Government Regulation on Technical Requirements for Airport Operations). Adding a runway is necessary for aircraft movement regarding flight safety procedures. The analysis results show that a length of 3000 m, a width of 45 m, and a shoulder of 7.5 m meet the runway capacity for the number and type of aircraft served according to the number of flight movements per hour. The second runway should build in parallel with a distance of 350 meters between the first runway.

Keywords: *Sentani Airport; runway capacity; FAA; SKEP77; KKOP*

1. PENDAHULUAN

Sebagai negara kontinental, sektor transportasi udara menjadi salah satu sektor andalan untuk mengangkut manusia dan barang. Oleh karena itu, bandara merupakan prasarana yang penting dalam transportasi udara. Keberadaan bandara dengan kelengkapan fasilitasnya sangat mendukung pelayanan pesawat untuk mendarat dan lepas landas, bongkar muat barang maupun tempat menaikan dan menurunkan penumpang. Pelayanan penumpang di bandara diupayakan sebaik mungkin walau kadang-kadang pelayanan yang baik tidak selalu bersinergitas dengan faktor keamanan.

Bandar Udara Internasional Sentani merupakan bandar udara yang terletak di Kota Sentani Kabupaten Jayapura, letaknya kurang lebih 40 Km dari pusat Kota Jayapura. Bandara ini merupakan bandara terbesar dan tersibuk di Papua karena bandara penghubung utama untuk tujuan perjalanan dari dan ke wilayah pedalaman atau wilayah pegunungan tengah di Papua. Oleh karena itu, bandar ini melayani berbagai jenis ukuran pesawat dan berbagai rute.

Sebelum pandemi Covid-19, Bandara Sentani termasuk salah satu bandara dengan pertumbuhan lalu lintas pesawat yang pesat. Pada saat ini, perlu dilakukan analisis kapasitas Bandara Sentani seperti yang dilakukan peneliti pada sejumlah bandara, (Palayukan et al., 2020) (RUKITO et al., 2019) (Dawi, 2017). Hasil penelitian (Surrachman, 2019), kapasitas landasan pacu Bandara Sentani sudah mengalami titik jenuh atau padat sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kemungkinan penambahan runway dengan terlebih dahulu menganalisis kapasitas runwaynya. Penambahan landasan pacu dapat direncanakan kesegala arah jika memiliki nilai presentasi menggunakan *wind rose* lebih dari 95% (Adu et al., 2012). Pengembangan runway untuk pesawat rencana A-330 direncanakan panjangnya 3.383 meter dan jarak touchdown ke lokasi *taxiway* yang dibutuhkan adalah 1.394 meter (Dwi, 2017). Penambahan panjang runway dan *taxiway* harus mampu melayani pesawat rencana, (Bethary & Pradana, 2016). Pengembangan bandara tidak sekedar penambahan atau perpanjangan runway tetapi juga perlu kerjasama dan kemitraan antar instansi terkait supaya pelayanan bandara optimal untuk mendukung lalu lintas penumpang dan wisata daerah, (Kurniawan, 2016). Prediksi pergerakan pesawat ke depan untuk pengembangan runway dilakukan untuk 15 tahun kedepan (Malik & Ardan, 2019). Panjang landasan pacu dipengaruhi oleh elevasi, temperature dan slope. Jika hasil perhitungan lebih besar dari 35% harus dilakukan perhitungan yang lebih spesifik, (Nurhayati, 2012). Penambahan atau pengembangan runway tidak hanya menambah panjang *runway* dan *taxiway* tetapi juga memperluas atau menambah apron pesawat, (Wibowo et al., 2015). Selain mengembangkan atau menambah panjang runway, harus dilakukan analisa perkerasan bandara udara dengan metoda ACN-PCN dan BCR (Pradana et al., 2020).

1.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandara Sentani, Jayapura. Bandara ini berfungsi sebagai hub transportasi udara untuk menghubungkan penerbangan dari luar Pulau Papua ke sejumlah bandara di Pegunungan Tengah Papua (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Bandara Sentani, Jayapura (*google earth*)

Karena posisinya sebagai hub, bandara ini melayani pesawat kecil seperti beberapa series pesawat ATR-72, Cessna Caravan hingga Pesawat *Helio Courier* dan beberapa series pesawat berbadan besar seperti Boeing 737 dan Airbus 320 (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis pesawat yang dilayani di Bandara Sentani

Pesawat Berukuran Besar	Pesawat Berukuran Kecil
Boeing-737-900	ATR 72-600
Boeing 737-800	ATR 72-500
Boeing 737-500	ATR 42
Boeing 737-300	Cessna Caravan
Boeing 737-200	Twin Otter
	Pilatus Porter
	Piper Aztec
	Helio Courier

Sumber: Angkasa Pura 1

Bandar udara Sentani Jayapura hanya beroperasi mulai dari jam 06.00 – 19.00 WIT. Atau dengan kata lain, bandara ini hanya melayani pergerakan pesawat *landing* dan *takeoff* dari pagi hingga sore hari.

Rute perjalanan semua pesawat di Bandara Sentani Jayapura, dari bandara berukuran kecil di wilayah Pegunungan Tengah Papua hingga bandara besar di Pulau Jawa. Karena jenis pesawat dan ukuran bandara yang dilayani berbeda beda, maka pelayanan di bandara tersebut mempunyai tantangan tersendiri, baik dari aspek pengelolaan bandara maupun dari ketidakpastian keberangkatan karena perubahan cuaca di bandara tujuan, khususnya perubahan cuaca di bandara-bandara yang terletak di pegunungan tengah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian penambahan runway dan fasilitas pendukungnya dilakukan berdasarkan prediksi pertumbuhan lalu lintas pesawat di Bandara Sentani Jayapura 10 tahun kedepan dengan menggunakan persamaan regresi. Pergerakan pesawat dihitung berdasarkan *peak month*, *peak day*, dan *peak hour*.

2.1 Prediksi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Dalam penelitian ini, prakiraan pergerakan pesawat di Bandara Sentani Jayapura hanya menggunakan analisis regresi dari tahun 2017 hingga 2019. Data pergerakan pesawat tahun 2020 hingga 2021 tidak digunakan dalam penelitian ini karena tidak mencerminkan kondisi normal pergerakan pesawat yang disebabkan terjadinya pandemi Covid-19. Data historis

pergerakan pesawat tahun 2017 hingga 2019 merupakan data pergerakan kedatangan dan keberangkatan dari Bandara Sentani.

Setelah dihitung prediksi pergerakan pesawat, kemudian dilakukan perhitungan geometri *runway*, *taxiway*, *apron* berdasarkan FAA, SKEP77 dan penentuan lokasi *runway* kedua.

3. PEMBAHASAN

Dalam memprediksi kapasitas landasan pacu untuk 10 tahun mendatang, didasarkan pada pergerakan pesawat dalam peak hour.

3.1 Prediksi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Dalam penelitian ini, prakiraan pergerakan pesawat di Bandara Sentani Jayapura hanya menggunakan analisis regresi dari tahun 2017 hingga 2019. Data pergerakan pesawat tahun 2020 hingga 2021 tidak digunakan dalam penelitian ini karena tidak mencerminkan kondisi normal pergerakan pesawat yang disebabkan terjadinya pandemi Covid-19. Data historis pergerakan pesawat tahun 2017 hingga 2019 merupakan data pergerakan kedatangan dan keberangkatan dari Bandara Sentani.

Tabel 2. Total pergerakan pesawat tahun 2017 s/d 2019

Tahun	Total
2017	23.906
2018	29.850
2019	33.108

Sumber: Angkasa Pura 1

Tabel 1 menunjukkan data pergerakan pesawat tahun 2017 hingga 2019 yang semakin meningkat. Data pergerakan pesawat tahun 2020 sampai dengan 2021 tidak dimasukkan karena terjadi ketidaknormalan pertumbuhan pergerakan pesawat karena Pandemi Covid-19.

Tabel 3. Prediksi pergerakan pesawat tahun 2020 s/d 2029

Tahun	Tahun ke	Keberangkatan	Kedatangan	Total
2020	2	37.139	38.157	75.296
2021	3	41.381	42.758	84.139
2022	4	45.622	47.359	92.981
2023	5	49.864	51.960	101.824
2024	6	54.105	56.561	110.666
2025	7	58.347	61.162	119.509
2026	8	62.588	65.763	128.351
2027	9	66.830	70.364	137.194
2028	10	71.071	74.965	146.036
2029	11	75.313	79.566	154.879

Sumber: Angkasa Pura 1

Tabel 3 menunjukkan prediksi keberangkatan dan kedatangan pesawat. Data total prediksi pergerakan pesawat ini digunakan untuk menghitung keadaan puncak runway yaitu *peak month ratio*, *peak day ratio*, *peak hour ratio*.

Untuk mengetahui *peak month*, *peak day*, dan *peak hour* pada *runway*, harus dihitung rasionya terlebih dahulu. *Peak month ratio* dihitung berdasarkan data total pergerakan pesawat setiap bulan dalam satu tahun. Tabel 4 menunjukkan jumlah total pergerakan pesawat yang *landing* maupun *takeoff* dalam satu tahun.

Tabel 4. Pergerakan pesawat setiap bulan

No	Total pergerakan pesawat			
	Bulan	2017	2018	2019
1	Januari	5.166	5.416	6.033
2	Februari	4.449	4.518	5.075
3	Maret	4.069	5.027	5.224
4	April	3.357	4.558	4.991
5	Mey	2.796	5.010	6.557
6	Juni	3.400	4.213	5.004
7	Juli	3.180	5.045	5.371
8	Agustus	3.177	5.282	5.329
9	September	4.135	4.928	5.372
10	Oktober	4.410	5.201	5.587
11	November	4.540	5.122	5.427
12	Desember	5.033	5.404	5.427
	Total	47.712	59.724	65.397

Sumber: Angkasa Pura 1

Nilai *peak month ratio* pada Tabel 4 didapat dari jumlah pergerakan pesawat tiap bulan dibagi total pergerakan pesawat satu tahun. Diambil contoh perhitungan pada bulan januari 2017 sebagai berikut : $R_{month} = \frac{N_{month}}{N_{year}}$ dan tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan rasio tiap bulan dari tahun 2017 hingga tahun 2019.

Tabel 5. Ratio pergerakan Pesawat setiap bulan

No	Bulan	Ratio		
		2017	2018	2019
1	Januari	0.108275	0.09068381	0.09225194
2	Februari	0.093247	0.07564798	0.07760295
3	Maret	0.085283	0.08417052	0.07988134
4	April	0.07036	0.07631773	0.07631849
5	Mey	0.058602	0.08388588	0.10026454
6	Juni	0.071261	0.07054116	0.07651727
7	Juli	0.06665	0.0844719	0.08212915
8	Agustus	0.066587	0.08844016	0.08148692
9	September	0.086666	0.08251289	0.08214444
10	Oktober	0.09243	0.08708392	0.08543205
11	November	0.095154	0.08576117	0.08298546
12	Desember	0.105487	0.09048289	0.08298546

Dari tabel 5, rasio peak month tertinggi yaitu sebesar 0.108257 terjadi pada Bulan Januari 2017. Karena keterbatasan dalam pengumpulan data, maka perhitungan *peak day* dan *peak hour* rasio diasumsikan terjadi pada Bulan Januari 2017. Nilai perhitungan *peak day ratio* sebesar 0,035985 dan *peak hour ratio* adalah 0.079867.

3.2 Penentuan *peak month*, *peak day*, dan *peak hour*

3.2.1 Penentuan *peak month*

Untuk menentukan puncak pergerakan pesawat dalam bulan tertentu, dihitung dengan cara mengalikan jumlah keberangkatan atau kedatangan pesawat ditahun rencana dengan ratio tertinggi bulan puncak sebagai berikut: $N_{\text{month}} = N_{\text{year}} \times R_{\text{month}}$. Dengan cara yang sama dihitung juga puncak pergerakan keberangkatan dan kedatangan pesawat seperti ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Prediksi pergerakan pesawat pada bulan puncak, 2020 s/d 2029

No	Tahun	Keberangkatan	Kedatangan	Total
1	2020	4.021	4.131	8.153
2	2021	4.480	4.630	9.110
3	2022	4.940	5.128	10.067
4	2023	5.399	5.626	11.025
5	2024	5.858	6.124	11.982
6	2025	6.317	6.622	12.940
7	2026	6.777	7.120	13.897
8	2027	7.236	7.619	14.855

9	2028	7.695	8.117	15.812
10	2029	8.154	8.615	16.769

Tabel 6 merupakan hasil dari prediksi pergerakan pada bulan puncak. Hasil dari total pergerakan tersebut kemudian akan digunakan untuk menghitung *peak day*.

3.2.2 Penentuan *peak day*

Penentuan *peak day* atau hari puncak pergerakan total pesawat di tentukan dengan cara mengalikan hasil pergerakan *peak month* dengan *peak day ratio* dengan perhitungan sebagai berikut: $N_{day} = N_{month} \times R_{day}$.

Tabel 7. Prediksi pergerakan pesawat pada kondisi hari puncak, tahun 2020 s/d 2029

No	Tahun	Keberangkatan	Kedatangan	Total
1	2020	145	149	293
2	2021	161	167	328
3	2022	178	185	362
4	2023	194	202	397
5	2024	211	220	431
6	2025	227	238	466
7	2026	244	256	500
8	2027	260	274	535
9	2028	277	292	569
10	2029	293	310	603

Hasil prediksi pergerakan pesawat pada hari puncak pada Tabel 7. Selanjutnya total pergerakannya akan digunakan untuk menghitung *peak hour* atau jam puncak.

3.2.3 Penentuan *Peak Hour*

Penentuan *peak hour* atau jam puncak pergerakan total pesawat di tentukan dengan cara mengalikan hasil *peak day* dengan *peak hour ratio* atau $N_{hour} = N_{day} \times R_{hour}$. Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan *peak hour*.

Tabel 8. Prediksi pergerakan pesawat pada kondisi jam puncak, tahun 2020 s/d 2029

No	Tahun	Keberangkatan	Kedatangan	Total
1	2020	12	12	24
2	2021	13	13	26
3	2022	14	15	29
4	2023	16	16	32
5	2024	17	18	35

6	2025	18	19	37
7	2026	20	20	40
8	2027	21	22	43
9	2028	22	23	45
10	2029	23	25	48

Dari Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa pada tahun ke 5 prediksi pergerakan jam puncak sudah mencapai 35 pergerakan setiap jam dimana jika 35 pergerakan dibagi 60 menit maka terdapat 1 pergerakan dalam 1 menit. Sedangkan berdasarkan aturan *Air Traffic Management* (Kale et al., 2021) waktu aman bagi pergerakan tiap pesawat adalah 2 menit.

Menurut *manual of standards CASR-part 139* atau Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Sipil-Bagian 139 (KP 39, 2015) juga dapat disimpulkan bahwa pergerakan setiap jam pada *runway* di Bandara Sentani sudah masuk ke dalam kategori lalu lintas *heavy* atau lalu lintas dengan kepadatan tingkat tinggi dimana sudah terjadi 35 pergerakan setiap jam. Berdasarkan pergerakan pesawat pada jam puncak dapat disimpulkan bahwa perlu penambahan *runway* di Bandara Sentani Jayapura.

Penambahan *runway* harus disesuaikan dengan penambahan fasilitas pendukung *runway* seperti taxiway, apron, gedung terminal dan fasilitas pendukung lainnya.

3.3 Perencanaan Geometri *Runway* Rencana

Karena pergerakan pesawat di Bandara Sentani Jayapura sudah kurang dari 2 menit menurut *Air Traffic Management* atau tepatnya 1 menit, maka perlu direncanakan penambahan *runway* dan semua fasilitas pendukungnya. *Runway* rencana merupakan *runway* kedua yang direncanakan di Bandar Udara Sentani Jayapura. Perencanaan *runway* kedua berdasarkan penggolongan pesawat menurut SKEP77 dan FAA sehingga Bandara Sentani digolongkan dengan kode 4C.

3.3.1 Panjang *Runway* Rencana

1. Koreksi Elevasi

$$F_e = 1 + 0,07 \left(\frac{h}{300} \right)$$

$$F_e = 1 + 0,07 \left(\frac{88}{300} \right)$$

$$F_e = 1.0205 \text{ m}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01 \times (T - (15 - 0,0065) \times h)$$

$$F_t = 1 + 0,01 \times (33 - (15 - 0,0065) \times 88)$$

$$F_t = 1.1857 \text{ m}$$

3. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 S$$

$$F_s = 1 + 0,1(0,015)$$

$$F_s = 1,0015 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan koreksi diatas, maka ditentukan panjang *runway* sebenarnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{ARFL lokal} &= \text{ARFL rencana} \times \text{FE} \times \text{Ft} \times \text{Fs} \\ \text{ARFL lokal} &= 2240 \times 1,0205 \times 1,1857 \times 1,0015 \\ \text{ARFL lokal} &= 2714,48 \text{ m} = 3000 \text{ m} \end{aligned}$$

3.3.2. Lebar Landasan Pacu Rencana dan Bahu Landasan Pacu Rencana

Berdasarkan SKEP77 dan FAA lebar runway rencana adalah 45 m dan lebar bahu runway rencana adalah 7,5 m sehingga total lebar runway adalah 52,5 m.

3.3.3. RESA dan *Turning Area*

Menurut SKEP77 daerah RESA memiliki Panjang 90 m dan lebar 45 m. Untuk lebar *Turning area* adalah 4,5 m.

3.3.4. *Stopway* dan *Clearway* Rencana

Mengacu pada SKEP77 panjang *stopway* adalah 60 m dan lebar *stopway* adalah 30 m. Panjang *clearway* adalah 1500 m dan lebar *clearway* adalah 150 m. Perencanaan *clearway* berdasarkan pada aturan direktur jenderal perhubungan udara tentang standar teknis dan operasi peraturan keselamatan penerbangan sipil-bagian 139.

3.3.5. Kemiringan Memanjang dan Kemiringan Melintang Landas Pacu Rencana

Pada peraturan direktur jenderal perhubungan udara tentang standar teknis dan operasi peraturan keselamatan penerbangan sipil-bagian 139, kemiringan memanjang secara keseluruhan untuk bandara dengan kode nomor 4 tidak boleh lebih dari 1% dan untuk bandara code letter E kemiringan melintang maksimumnya yaitu 2%.

3.4. Perencanaan Geometri *Taxiway* Rencana

3.4.1 Dimensi *Taxiway* dan Lebar *Taxiway*

Ketentuan SKEP77 untuk pesawat dengan kode huruf C memiliki lebar *taxiway* minimum adalah 18 m. Ukuran Bahu *taxiway* minimum yang di syaratkan didalam SKEP77 adalah 25 m.

3.5. Perencanaan Apron

$$\begin{aligned} \text{Panjang apron} &= (K \times S) + ((K + 1) \times C) \\ &= (10 \times 35.79) + (10+1) \times 4,5 = 326,8 \text{ m} \approx 330 \text{ m} \\ \text{Lebar apron} &= L + A + W \\ &= 42.2 + 4.5 + 88.4 = 135 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk rencana landasan pacu yang kedua, masih mungkin dibangun meskipun ada *obstacle* pada potongan memanjang dan melintang namun masih diijinkan selama memenuhi prosedur keselamatan penerbangan (KKOP).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis kapasitas Bandara Sentani Jayapura dan kajian penambahan runway di bandara tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada perhitungan prediksi lalu lintas pesawat di tahun 2024 sudah mencapai 35 total pergerakan, maka runway eksisting sudah dikategorikan kedalam kepadatan lalu lintas *heavy* atau tinggi sehingga diperlukan penambahan *runway* agar pergerakan pesawat menjadi lebih optimal.

2. Berdasarkan KKOP, ruang untuk landasan pacu ke 2 (rencana) masih tersedia meskipun masih ada obstacle pada potongan memanjang dan melintang namun masih diijinkan selama memenuhi prosedur keselamatan penerbangan.
3. Perhitungan dimensi runway kedua Bandara Sentani Jayapura berdasarkan jumlah dan jenis jenis pesawat yang dilayani dan letak geografisnya didapat panjang landasan pacu 3000 m dan lebar landasan pacu 45 m dengan bahu landasan 7,5 m dan ukuran fasilitas pendukungnya disesuaikan dengan jenis pesawat dan jumlah pergerakan pesawat setiap jamnya.
4. Runway kedua direncanakan dengan konfigurasi landasan pacu sejajar dengan jarak antar landasan pertama dan kedua adalah 350 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, A. S., Lee Barnabas, P., & Setiawan, A. (2012). Tinjauan Pengembangan Landasan Pacu Bandar Udara Kasiguncu Kabupaten Poso. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Transportasi*, 2(2).
- Angkasa Pura 1, <https://apl.co.id>
- Bethary, R. T., & Pradana, M. F. (2016). Analisa Pengembangan Geometri Landasan (Studi Kasus Bandara Husein Sastranegara). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1247>
- Dawi, H. (2017). Analisis Kapasitas Runway Udara Sorowako. *Jurnal Unhas*.
- Dwi, E. (2017). Perencanaan Pengembangan Runway dan Taxiway Bandar Udara Juwata – Tarakan. *Warta Ardhia*, 42(4). <https://doi.org/10.25104/wa.v42i4.250.203-208>
- Kale, U., Jankovics, I., Nagy, A., & Rohács, D. (2021). Towards sustainability in air traffic management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105451>
- KP 39. (2015). Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Sipil - Bagian 139 (Manual Of Standard CASR - Part 139) Volume 1 Bandar Udara (Aerodromes). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, I*.
- Kurniawan, J. S. (2016). *Jurnal Perhubungan Udara. Implementation of Aerotropolis Interaction Concept Based Spatial in Indonesia*, 42(584).
- Malik, A., & Ardan, M. (2019). Analisa Runway Di Bandara Senubung Gayo Lues Aceh. *Journal Of Civil Engineering, Building And Transportation*, 3(1). <https://doi.org/10.31289/jcebt.v3i1.2461>
- Nurhayati, Y. (2012). Perhitungan Panjang Landas Pacu Untuk Operasi Pesawat Udara. *Warta Ardhia*, 38(4). <https://doi.org/10.25104/wa.v38i4.204.373-381>
- Palayukan, R. B., Rachman, R., & Kusuma, A. (2020). Analisis Kapasitas Landasan Pacu Sultan Hasanuddin International Airport. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(3). <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i3.141>
- Pradana, M. F., Intari, D. E., & Akbar, F. A. (2020). Analisa Perkerasan Bandar Udara Menggunakan Metode Acn-Pcn Dan Cbr (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara Bandung). *Jurnal Fondasi*, 9(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v9i1.7296>
- Rukito, K., Sumarjaya, I. W., & Srinadi, I. G. A. M. (2019). Analisis Kapasitas Runway Bandara I Gusti Ngurah Rai Menggunakan Teori Antrean. *E-Jurnal Matematika*, 8(3). <https://doi.org/10.24843/mtk.2019.v08.i03.p258>

Surrachman, L. (2019). Analisis kapasitas landas pacu (runway) pada Bandar Udara Internasional Sentani Jayapura. *SKRIPSI-2019*.

Wibowo, A. H., Ramadhan, R. D., & Riyanto, B. (2015). Analisis kapasitas bandara halim perdanakusuma sebagai bandara komersil. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4).