



Desain Geometrik dan Tebal Perkerasan Lentur *Rapid Exit Taxiway* Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dengan Metode FAA

Suse Lamtiar S.^{1*}, Wahyu Dwi Agustini², Reza Pahlevi³, M. Zhabri Gaffari D.⁴
suse.lamtiar@ppicurug.ac.id, wahyuagustini@ppicurug.ac.id, pahlevirezatbl7@gmail.com,
zhabrigaffarii@gmail.com

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

ABSTRAK

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta merupakan bandar udara tersibuk di Indonesia, pada tahun 2018 Bandar Udara Soekarno Hatta peringkat ke 17 Bandar Udara tersibuk di dunia dengan 462.071 pergerakan pesawat per tahun, pada jam puncak Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta melayani 100 pergerakan pesawat per jam, tingkat pertumbuhan penerbangan di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta sebesar 7% per tahun (Rosalinda Avelina, 2018). Perkiraan peak hour yang didapat untuk tahun 2020 sebesar 148 pergerakan, sedangkan pada perhitungan simulasi menggunakan metode time space analysis pergerakan yang bisa dilayani sebesar 124 pergerakan per jam. Maka diketahui terdapat keterlambatan (delay) sebanyak 24 pergerakan. Berdasarkan hasil survei lapangan, lahan pada sisi selatan runway 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat dibuat rapid exit taxiway di area Middle 6. Oleh karena itu, penulis melakukan desain rapid exit taxiway dengan melakukan peramalan (forecast) pergerakan pesawat untuk 10 tahun mendatang menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration) untuk melayani pergerakan pesawat yang mengalami delay dan mengurangi waktu tunggu antrian masuk runway, sehingga waktu antrian masuk runway lebih cepat dan mengurangi traffic congestion di runway.

Kata kunci: Bandar Udara, rapid exit taxiway, geometrik dan tebal perkerasan

ABSTRACT

Soekarno-Hatta International Airport is the busiest airport in Indonesia, in 2018 Soekarno-Hatta Airport was ranked the 17th busiest airport in the world with 462,071 aircraft movements per year, during peak hours Soekarno-Hatta International Airport served 100 aircraft movements per hour, the flight growth rate at Soekarno-Hatta International Airport is 7% per year (Rosalinda Avelina, 2018). The estimated peak hour obtained for 2020 is 148 movements, while in simulation calculations using the time-space analysis method the movements that can be served are 124 movements per hour. It is known that there is a delayed of 24 movements. Based on the, the land on the south side of runway 06/24 Soekarno-Hatta International Airport can be made a rapid exit taxiway in the Middle 6 area. Therefore, the author plans a rapid exit taxiway by forecasting aircraft movements for 10 years The future uses the FAA (Federal Aviation Administration) method to serve delayed aircraft movements and reduce the waiting time for queues to enter the runway, so that the queue time to enter the runway is faster and reduces traffic congestion on the runway.

Keywords: Airport, rapid exit taxiway, geometric and pavement thickness

1. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta merupakan bandar udara tersibuk di Indonesia, pada tahun 2018 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta peringkat ke-17 Bandar Udara tersibuk di dunia dengan 462.071 pergerakan pesawat per tahun, pada jam puncak Bandar Udara ini melayani 100 pergerakan pesawat per jam dengan kapasitas runway 1 40 pergerakan pesawat per jam, runway 2 hanya untuk take-off 33 pergerakan pesawat per jam, dan runway 3 hanya untuk landing 44 pergerakan per jam dengan total 117. Menurut (Tengku Annisa, 2016) peak hour perkiraan yang didapat sebanyak 148 pergerakan pada tahun 2020, sedangkan kapasitas runway yang diteliti dengan perhitungan metode time space analysis hanya bisa melayani sebesar 124 pergerakan per jam. Dari hal tersebut terdapat 24 pergerakan yang mengalami keterlambatan (delay).

Penelitian terdahulu terkait Rapid Exit Taxiway berdasarkan hasil peningkatan di Bandar Udara Soekarno Hatta dengan memperpanjang taxiway NP 3 dan NP 2 sepanjang 1 km hanya menambah kapasitas 128 pergerakan per jam (Hans dan Neno, 2020). Menurut (Agus Susanto, 2018) studi kasus Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makasar dengan merubah konfigurasi Rapid Exit Taxiway dengan sudut 25° dapat menekan waktu separasi sehingga menambah kapasitas dari 22 pergerakan menjadi 30 pergerakan. Untuk memenuhi kapasitas runway dilakukan analisis geometrik East Cross dan North Parallel Taxiway Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dengan Pesawat Boeing B777-300ER sehingga direkomendasikan perancangan RET (Rapid Exit Taxiway) menggunakan metode FAA mensyaratkan jarak as taxiway ke as runway 168 m, radius RET terhadap runway 457,5 m (1500 ft). lokasi RET untuk pesawat kecil double engine minimal 1373 m, pesawat jenis large jet minimal 1983 m dan pesawat jenis heavy jet minimal 2135 m dengan persentasi penggunaan RET direncanakan 100% (Rifani dan Sartono, 2016).

Berdasarkan hasil survei lapangan, lahan pada sisi selatan runway 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat dibuat rapid exit taxiway di area Middle 6. Oleh karena itu, penulis melakukan Desain Geometrik dan Tebal Perkerasan Lentur Rapid Exit Taxiway Middle 6 di Bandar udara Soekarno Hatta dengan melakukan peramalan (forecast) pergerakan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif, yaitu metode untuk mengetahui hubungan antar variabel. Deskriptif analitis adalah suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran suatu objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah dikumpulkan sebagaimana adanya (Sugiyono, 2013). setelah itu dilakukan pengembangan dengan melakukan peramalan untuk 10 tahun yang akan datang menggunakan metode regresi untuk data pergerakan pesawat. penelitian dimulai dengan studi literatur berdasarkan penelitian terdahulu, selanjutnya dilakukan pengumpulan data dan data tersebut dilakukan forecasting untuk 10 tahun yang akan datang menggunakan metode regresi, setelah data didapat dilakukan perhitungan pergerakan pesawat peak hour, perhitungan kapasitas runway, dan perhitungan geometrik rapid exit taxiway, untuk menentukan tebal menggunakan metode FAA yaitu dengan metode perhitungan manual menggunakan grafik dan menggunakan software FAARFIELD. software FAARFIELD adalah perangkat lunak standar FAA untuk desain dan evaluasi ketebalan perkerasan, software ini mudah digunakan, dapat menambah, menyimpan dan mengedit kendaraan sesuai kebutuhan pengguna, perpustakaan pesawat yang diperbarui, kemampuan untuk bekerja dengan banyak pekerjaan sekaligus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pekerjaan dilakukan pada sisi selatan runway 06/24 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta di area Middle 6.

Berikut Langkah-langkah penelitian untuk desain pembuatan Rapid Exit Taxiway:

a. Peramalan pergerakan pesawat

Peramalan lalu lintas pesawat menggunakan metode analisis regresi dengan menggunakan data pergerakan lalu lintas pesawat dari tahun 2014 hingga 2018. Pemilihan tahun pengambilan data didasarkan pada saat kondisi penerbangan normal (tidak pandemi), sehingga dalam peramalan pergerakan hingga tahun 2025 diasumsikan penerbangan berada pada kondisi normal.

No	Bulan	Total Pergerakan				
		2014	2015	2016	2017	2018
1	Januari	34525	31284	34682	35367	39000
2	Februari	28801	27432	31598	31071	34859
3	Maret	31904	31419	34593	35187	38553
4	April	30708	32049	33234	34605	39066
5	Mei	32769	33957	34960	35942	37252
6	Juni	33774	31418	32553	34629	40392
7	Juli	30700	34920	37425	38348	40862
8	Agustus	35221	34255	34826	37191	40040
9	September	31863	30068	33775	36105	38599
10	Oktober	33427	31980	35117	37233	38670
11	November	32252	32048	33969	37214	37018
12	Desember	35040	35785	37049	38668	37760
TOTAL		390984	386615	413781	431560	462071

Gambar 1. Data lalu lintas pesawat tahun 2014-2018

Peramalan pergerakan pesawat dilakukan dengan analisis regresi dengan bantuan software Microsoft Excel. Analisis regresi yang digunakan terdiri dari empat tipe, diantaranya tipe linear, polinomial, eksponensial, dan logaritmik. Dari keempat tipe regresi tersebut, akan dipilih yang paling sesuai atau yang memiliki nilai koefisien determinasi (R²) terbesar. Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat grafik untuk melakukan analisis regresi:

- 1) Menyusun data lalu lintas pesawat berupa total pergerakan pada tahun 2014-2018 di Microsoft Excel.
- 2) Data tersebut dibuat grafik, dengan ketentuan sumbu X adalah waktu (tahun ke-1 adalah 2014 sampai 2018) dan sumbu Y adalah total pergerakan pesawat.
- 3) Membuat trendline dari grafik hubungan tersebut, kemudian memilih tipe analisis regresi
- 4) Menampilkan persamaan dari regresi serta koefisien determinasinya.

Hasil dari analisis regresi berupa persamaan regresi dan R² dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan regresi

Tipe	Persamaan Regresi	R ²
Linier	$y = 21,067.90x +$	0.969
	$351,442.50$	
Polinomial	$y = 2,629.50x^2 +$	0.991
	$5,290.90x +$	
Eksponensial	$369,849.00$	0.977
	$y = 355389e^{0.0505x}$	
Logaritmik	$y = 49146\ln(x) +$	0.969
	367589	

Berdasarkan hasil analisis regresi dapat dilihat bahwa analisis dengan tipe polinomial memiliki nilai R² terbesar yaitu 0,99. Sehingga persamaan regresi dengan tipe polinomial akan digunakan untuk melakukan peramalan, dengan memasukkan urutan tahun pada variabel X. Misalnya untuk tahun 2019 adalah tahun ke-6, 2020 adalah tahun ke-7, dan seterusnya. Hal tersebut berdasarkan hasil pengujian dari *Mean Square Error* (MSE).

Tahun	Tahun ke-	Data Jumlah Pergerakan Pesawat	Analisis Jumlah Pergerakan Pesawat
2014	1	379204	377769
2015	2	386615	390949
2016	3	413781	409387
2017	4	431560	433085
2018	5	462071	462041
2019	6		496256
2020	7		535731
2021	8		580464
2022	9		630457
2023	10		685708
2024	11		746218
2025	12		811988

Gambar 2. Ramalan pergerakan pesawat

Berdasarkan perhitungan ramalan pergerakan pesawat pada Gambar 2. di atas, maka diprediksi pada tahun 2025 akan ada 811.988 pergerakan.

b. Perhitungan Volume Jam Puncak

Perhitungan volume jam puncak dilakukan dengan menghitung rasio bulan puncak, rasio hari tersibuk, dan rasio jam sibuk.

Setelah itu, dihitung dengan mengalikan angka rasio dengan hasil peramalan pergerakan pesawat. Untuk menghitung rasio bulan puncak atau *peak month ratio*, digunakan data pergerakan pesawat per bulan dalam jangka tahun 2014-2018. Untuk memperoleh rasio bulan puncak berikut contoh perhitungannya:

- 1) Jumlah pergerakan bulan Januari 2014 = 34.525
- 2) Total pergerakan tahun 2014 = 390.984
- 3) Rasio pergerakan bulanan untuk bulan Januari 2014:

$$R_{\text{month}} = \frac{N_{\text{month}}}{N_{\text{year}}} = \frac{34.525}{390.984} = 0.088$$

No	Bulan	Rasio Pergerakan				
		2014	2015	2016	2017	2018
1	Januari	0.088	0.081	0.084	0.082	0.084
2	Februari	0.074	0.071	0.076	0.072	0.075
3	Maret	0.082	0.081	0.084	0.082	0.083
4	April	0.079	0.083	0.080	0.080	0.085
5	Mei	0.084	0.088	0.084	0.083	0.081
6	Juni	0.086	0.081	0.079	0.080	0.087
7	Juli	0.079	0.090	0.090	0.089	0.088
8	Agustus	0.090	0.089	0.084	0.086	0.087
9	September	0.081	0.078	0.082	0.084	0.084
10	Oktober	0.085	0.083	0.085	0.086	0.084
11	November	0.082	0.083	0.082	0.086	0.080
12	Desember	0.090	0.093	0.090	0.090	0.082
TOTAL		1	1	1	1	1

Gambar 3. Rasio pergerakan bulanan

Berdasarkan hasil perhitungan rasio pergerakan bulanan terhadap total pergerakan tahunan, dapat dilihat bahwa bulan Desember pada tahun 2015 memiliki nilai rasio bulan puncak tertinggi yaitu 0,093.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk rasio hari tersibuk atau *peak day ratio* yang digunakan untuk menghitung volume pergerakan ketika hari tersibuk. Dalam menghitungnya, diperlukan data pergerakan harian pada bulan puncak yaitu bulan Desember 2015.

Hari	Tanggal	Pergerakan					Maks	Total
Senin	7,14,21,28	1011	1060	1010	1296	1296	4377	
Selasa	1,8,15,22,29	1064	1010	1065	1090	1333	5562	
Rabu	2,9,16,23,30	1076	1034	1067	1016	1273	5466	
Kamis	3,10,17,24,31	1090	1121	1060	1090	1007	5368	
Jumat	4,11,18,25	1165	1275	1107	1021	1275	4568	
Sabtu	5,12,19,26	1207	1287	1256	1429	1429	5179	
Minggu	6,13,20,27	1287	1314	1297	1387	1387	5285	
TOTAL							35785	

Gambar 4. Pergerakan harian bulan Desember 2015

Untuk menghitung rasio pergerakan harian pesawat, digunakan jumlah pergerakan maksimum untuk setiap harinya.

Contoh perhitungan rasio pergerakan harian:

- 1) Pergerakan maksimal hari senin = 1.296
- 2) Total pergerakan bulan Desember 2015 = 35.785
- 3) Rasio pergerakan bulanan untuk bulan Januari 2014:

$$R_{\text{day}} = \frac{N_{\text{day}}}{N_{\text{pk month}}} = \frac{1296}{35040} = 0.0362$$

Perhitungan dilakukan untuk semua hari, dan hasilnya disajikan pada gambar dibawah ini :

Hari	Tanggal	Pergerakan Maks	Ratio
Senin	7,14,21,28	1296	0.0362
Selasa	1,8,15,22,29	1333	0.0373
Rabu	2,9,16,23,30	1273	0.0356
Kamis	3,10,17,24,31	1121	0.0313
Jumat	4,11,18,25	1275	0.0356
Sabtu	5,12,19,26	1429	0.0399
Minggu	6,13,20,27	1387	0.0388

Gambar 5. Rasio pergerakan harian

Berdasarkan perhitungan rasio pergerakan harian pada Gambar 5., dapat dilihat rasio tertinggi terjadi pada hari Sabtu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rasio hari tersibuk atau *peak day ratio* adalah 0,0399.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, perhitungan jam sibuk dilakukan dengan mengambil data pada hari Sabtu, 26 Desember. Data tersebut disajikan dalam Gambar 6. berikut:

No	Jam	Berangkat	Datang	Jumlah Pergerakan
1	00.00 - 00.59	17	14	31
2	01.00 - 01.59	13	16	29
3	02.00 - 02.59	17	15	32
4	03.00 - 03.59	18	20	38
5	04.00 - 04.59	24	22	46
6	05.00 - 05.59	34	36	70
7	06.00 - 06.59	40	38	78
8	07.00 - 07.59	40	33	73
9	08.00 - 08.59	40	38	78
10	09.00 - 09.59	37	38	75
11	10.00 - 10.59	34	37	71
12	11.00 - 11.59	31	44	75
13	12.00 - 12.59	23	50	73
14	13.00 - 13.59	19	64	83
15	14.00 - 14.59	20	59	79
16	15.00 - 15.59	22	53	75
17	16.00 - 16.59	26	50	76
18	17.00 - 17.59	23	41	64
19	18.00 - 18.59	28	30	58
20	19.00 - 19.59	26	22	48
21	20.00 - 20.59	24	30	54
22	21.00 - 21.59	21	23	44
23	22.00 - 22.59	22	19	41
24	23.00 - 23.59	20	18	38
TOTAL		723	706	1429

Gambar 6. Jumlah pergerakan per jam

Berdasarkan pergerakan terbanyak ada pada pukul 07.00 – 07.59 yaitu 83.

Maka *peak hour ratio* adalah:

$$R_{day} = \frac{N_{pk\ hour}}{N_{pk\ day}} = \frac{83}{1429} = 0.0581$$

Setelah diperoleh rasio bulan puncak, rasio hari tersibuk, dan rasio jam puncak, selanjutnya dihitung volume jam puncak hingga 2030. Data lalu lintas tahunan diperlukan pada perhitungan. Sehingga data lalu lintas tahunan pesawat diambil dari hasil *forecasting* atau peramalan yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah langkah perhitungan untuk mendapatkan volume jam puncak:

1) Bulan puncak (*peak month*)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pergerakan pesawat tahun 2022} \\ = 630.457 \end{aligned}$$

$$\text{Peak month ratio} = 0.093$$

$$N_{month} = R_{month} \times N_{year}$$

$$\begin{aligned} N_{month} &= R_{month} \times N_{year} \\ &= 0.093 \times 630.457 = 58.633 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

2) Hari tersibuk (*peak day*)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pergerakan pesawat bulan puncak} \\ = 58.633 \end{aligned}$$

$$\text{Peak day ratio} = 0.0399$$

$$N_{day} = R_{day} \times N_{month}$$

$$\begin{aligned} N_{day} &= R_{day} \times N_{month} \\ &= 0.0399 \times 58.633 = 2.339 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

3) Jam tersibuk (*peak hour*)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pergerakan saat hari tersibuk} &= 2.339 \\ \text{Peak hour ratio} &= 0.0581 \end{aligned}$$

$$N_{hour} = R_{hour} \times N_{day}$$

$$\begin{aligned} N_{hour} &= R_{hour} \times N_{day} \\ &= 0.0581 \times 2.339 = 136 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

Tahun	Jumlah Pergerakan	Peak month	Peak day	Peak hour
2022	630457	58632	2339	136
2023	685708	63771	2544	148
2024	746218	69398	2769	161
2025	811988	75515	3013	175

Gambar 7. Perhitungan *peak month*, *peak day*, *peak hour*

Berdasarkan perhitungan di atas, volume jam puncak di hari tersibuk pada bulan puncak tahun 2025 adalah 175 pergerakan.

c. Perhitungan Kapasitas Runway Existing

Menentukan kategori pesawat Kategori pesawat digolongkan berdasarkan kecepatan mendaratnya. Nilai kecepatan tersebut diambil dari spesifikasi pesawat yang dikeluarkan oleh produsen pesawat. Sedangkan persentase *arrival* dan *departure* diperoleh berdasarkan jadwal pergerakan pesawat saat *peak hour*.

Tipe Pesawat	Approach Speed	Waktu Pemakaian Runway, R _i	Persentase	
			Arrival	Departure
C	120 knot	66.67 s	26%	31%
D	140 knot	66.59 s	74%	69%

Gambar 8. Perhitungan *peak month*, *peak day*, *peak hour*

1) Penggunaan *runway* rata-rata

Besarnya nilai penggunaan *runway* dapat dilihat pada Gambar 8.

$$\begin{aligned} E[R_i] &= [P_1][R_1] + \dots + [P_n][R_n] \\ &= 0.26 (66.67) + 0.74 (66.59) \\ &= 66.61 \text{ detik} \end{aligned}$$

2) Waktu pesawat datang melewati jarak 2nm terakhir pada *threshold*

$$\begin{aligned} E[Dd/V_j] &= ([P_1][Dd/V_j] + \dots + [P_n][Dd/V_n]) \\ &\times 3600 = [0.26(2/120) + 0.74(2/140)] \\ &\times 3600 = 38 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$E[td] = 120 \text{ detik}$$

$$E[Bij] = 33 \text{ detik}$$

$$E[Tij] \geq E[R_i] + E[Dd/V_j] + E[Bij] + E[td] (nd - 1)$$

$$E[Tij] \geq 66.61 + 38 + 33 + 120 (nd - 1)$$

$$E[T_{ij}] \geq 137.61 + 120 (nd - 1)$$

Nilai yang ada pada matriks waktu antar kedatangan $[M_{ij}]$ diambil 137.61 detik dengan 140.14 detik yang ada di model kesalahan posisi.

$$\begin{bmatrix} 137.61 & 137.61 \\ 140.14 & 137.61 \end{bmatrix}$$

Untuk matriks probabilitas pada kondisi kombinasi $[P_{ij}]$ ditunjukkan pada matriks:

$$\begin{bmatrix} 0.59 & 0.14 \\ 0.18 & 0.09 \end{bmatrix}$$

3) Selisih antar kedatangan

$$\begin{aligned} E [T_{ij}] &= \sum [P_{ij}] [M_{ij}] \\ &= \begin{bmatrix} 0.59 & 0.14 \\ 0.18 & 0.09 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 137.61 & 137.61 \\ 140.14 & 137.61 \end{bmatrix} \\ &= 0.59 (137.61) + 0.14 (137.61) + 0.18 \\ & \quad (140.14) + 0.09 (137.61) = 138 \text{ detik} \end{aligned}$$

4) Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} C &= 3600 / (E[\Delta T_{ij}]) \times (1 + 1) \\ &= 3600 / 138 \times 2 \\ &= 52 \text{ operasi/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis pada operasi campuran, diperoleh pada saat jam sibuk *runway existing* hanya mampu melayani 52 pergerakan, dengan kondisi 1 *runway*. Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta memiliki 3 *runway*. Maka dapat dikatakan kapasitas *runway existing runway* Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat menampung 156 pergerakan/jam. Hal ini masih tidak mampu menampung pergerakan pesawat secara maksimal pada tahun 2025, sehingga perlu direncanakan *rapid exit taxiway* baru.

d. Perencanaan Geometrik Taxiway

1) Karakteristik pesawat rencana

Untuk merencanakan geometrik suatu prasarana sisi udara, dibutuhkan pesawat terkritik, hal ini B777-300ER.

B777-300 memiliki spesifikasi:

- a) Panjang: 73.90 m
- b) Bentang sayap : 64.80 m
- c) Tinggi : 18.75 m
- d) Radius putaran : 48.20 m
- e) Operating Weight Empty : 167.829 kg
- f) Payload: 69.853 kg
- g) Zero Fuel Weight : 237.683 kg
- h) Maximum Landing Weight : 251.290 kg
- i) Maximum Takeoff Weight : 351.535 kg

Dipilih pesawat spesifikasi pesawat B777-300ER karena memiliki bentangan yang panjang.

Sehingga berdasarkan data diatas dapat dikatakan bahwa pesawat tersebut masuk ke dalam kategori 4E dalam ICAO.

2) Menentukan jarak bersih roda minimum

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
D _{min}	1.5 m	2.25 m	4.5 m	4.5 m	4.5 m	4.5 m

Gambar 9. Jarak roda minimum

Dari Gambar diatas didapatkan 4.5 m untuk jarak roda minimum.

3) Menentukan lebar taxiway

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
X	7.5 m	18 m	18 m 15 m	23 m 18 m	25 m	26 m

Gambar 10. Lebar taxiway

Dari Gambar diatas didapatkan 25 m untuk lebar taxiway.

4) Kelandaian memanjang

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
S _{max}	3 %	3 %	1.5 %	1.5 %	1.5 %	1.5 %

Gambar 11. Kelandaian memanjang

Dari Gambar diatas didapatkan 1.5% untuk kelandaian memanjang.

5) Perubahan kelandaian memanjang

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
ΔS_{max}	1 % per 25 m	1 % per 25 m	1 % per 30 m	1 % per 30 m	1 % per 30 m	1 % per 30 m

Gambar 12. Perubahan kelandaian memanjang

Dari Gambar diatas didapatkan 1% per 30 m untuk perubahan kelandaian memanjang.

6) Kelandaian melintang

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
e_{max}	2 %	2 %	1.5 %	1.5 %	1.5 %	1.5 %

Gambar 13. Kelandaian melintang

Dari Gambar diatas didapatkan 1.5% untuk perubahan kelandaian melintang.

7) Lebar taxiway shoulder

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
W_s	- m	- m	25 m	38 m	44 m	60 m

Gambar 14. Lebar taxiway shoulder

Dari Gambar diatas didapatkan 44 m untuk lebar taxiway shoulder.

8) Lebar taxiway strip

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
W_s	32.5 m	43 m	52 m	81 m	95 m	115 m

Gambar 15. Lebar taxiway strip

Dari Gambar diatas didapatkan 95 m untuk lebar taxiway shoulder.

9) Gradasi taxiway strip

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
Graded	22 m	25 m	25 m	38 m	44 m	60 m

Gambar 16. Gradasi taxiway strip

Dari Gambar diatas didapatkan 44 m untuk gradasi taxiway strip.

e. Perhitungan Tebal Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan software FAARFIELD.

1) Perhitungan secara manual menggunakan grafik berikut data data yang diketahui untuk perhitungan :

DATA LAPANGAN	
CBR tanah dasar,	CBR = 6 %
CBR subbase,	CBR = 20 %
DATA PESAWAT	
Type Pesawat : B 737-900 (Dual Wheel)	
Maximum Take-off Weight,	MTOW = 85139 kg
Annual Forecasting Departure,	AD = 9 P/jam
Type Pesawat : B 737-800 (Dual Wheel)	
Maximum Take-off Weight,	MTOW = 79016 kg
Annual Departure	AD = 24 P/jam
Type Pesawat : A 320-200 (Dual Wheel)	
Maximum Take-off Weight,	MTOW = 77000 kg
Annual Departure	AD = 12 P/jam
Type Pesawat : B 737-500 (Dual Wheel)	
Maximum Take-off Weight,	MTOW = 65544 kg
Annual Departure	AD = 2 P/jam
Type Pesawat : CRJ 1000 (Dual Wheel)	
Maximum Take-off Weight,	MTOW = 41682 kg
Annual Departure	AD = 1 P/jam

Gambar 17. Data CBR dan data pesawat

a) Menghitung *Annual Departure*

Dalam 1 tahun (365 hari) dengan jam operasi lapangan terbang = 22 jam/hari pesawat akan *Take Off* di lapangan terbang sebanyak:

- B 737-900 = $9 \frac{\text{pesawat}}{\text{jam}} \times 22 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} = 72270 \text{ pesawat/tahun}$
- B 737 - 800 = $24 \frac{\text{pesawat}}{\text{jam}} \times 22 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} = 192720 \text{ pesawat/tahun}$
- A 320- 200 = $12.3 \frac{\text{pesawat}}{\text{jam}} \times 22 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} = 99560.8 \text{ pesawat/tahun}$
- B 737-500 = $2 \frac{\text{pesawat}}{\text{jam}} \times 22 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} = 16060 \text{ pesawat/tahun}$
- CRJ 1000 = $1 \frac{\text{pesawat}}{\text{jam}} \times 22 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} = 8030 \text{ pesawat/tahun}$

Total = 388641 pesawat/tahun

b) Menghitung *Equivalent Annual Departure (EAD)* → R_2

Dalam menghitung R_2 jumlah *take off* dikalikan dengan faktor konversi dari tiap roda pesawat rencana yaitu yang

mengakibatkan perkerasan paling tebal adalah “B 737-800” dengan konfigurasi roda pendaratan utamanya “Dual Gear”.
 R_2 = Faktor konversi roda x jumlah keberangkatan tiap pesawat pertahun.

- B 737-900 = (1,00) x (72270) = 72270
- B 737 - 800 = (1,00) x (192720) = 192720
- A 320- 200 = (1,00) x (99560.8) = 99560.8
- B 737-500 = (1,00) x (16060) = 16060
- CRJ 1000 = (1,00) x (8030) = 8030

c) Menghitung Berat Roda (*Wheel Load*) Pesawat Rencana, W_1 .

Wheel load pesawat rencana dianggap distribusi bebannya 95% ditumpu oleh roda pendaratan.

Dual wheel gear mempunyai 2 roda pendaratan utama (*main landing gear* ($m=2$)) dan 2 jumlah roda untuk tiap roda pendaratan (*wheel gear* ($n=2$)), maka *wheel load* pesawat rencananya adalah:

$$W_1 (\text{B 737-800}) = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{n}$$

$$= 0,95 \times 79016 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$= \mathbf{18766 \text{ kg}}$$

d) Menghitung Berat Roda (*Wheel load*) masing-masing pesawat, W_2 .

$$W_2 (\text{B 737-900}) = 0,95 \times 85139 \times \frac{1}{4}$$

$$= \mathbf{20221 \text{ kg}}$$

$$W_2 (\text{B 737 - 800}) = 0,95 \times 79016 \times \frac{1}{4}$$

$$= \mathbf{18766 \text{ kg}}$$

$$W_2 (\text{A 320- 200}) = 0,95 \times 77000 \times \frac{1}{4}$$

$$= \mathbf{18288 \text{ kg}}$$

$$W_2 (\text{B 737-500}) = 0,95 \times 65544 \times \frac{1}{4}$$

$$= \mathbf{15567 \text{ kg}}$$

$$W_2 (\text{CRJ 1000}) = 0,95 \times 41632 \times \frac{1}{4}$$

$$= \mathbf{9888 \text{ kg}}$$

e) Menghitung *Equivalent Annual Departure* Terhadap Pesawat Rencana (R_1).

Digunakan rumus:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{1/2}$$

Dimana:

R_1 = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana.

R_2 = *Annual Departure* pesawat-pesawat campuran (dinyatakan dalam roda pendaratan).

W_1 = Beban roda pesawat rencana.

W_2 = Beban roda dari pesawat yang dinyatakan.

- R_1 (B 737-900)

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 72270 \left(\frac{20221}{18766} \right)^{1/2}$$

$$R_1 = \mathbf{75018}$$

- R_1 (B 737 - 800)

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 9636 \left(\frac{18766}{18766} \right)^{1/2}$$

$$R_1 = \mathbf{192720}$$

- R_1 (A 320-200)

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 16060 \left(\frac{18288}{18766} \right)^{1/2}$$

$$R_1 = \mathbf{98283}$$

- R_1 (B 737-500)

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 16060 \left(\frac{15567}{18766} \right)^{1/2}$$

$$R_1 = \mathbf{14627}$$

- R_1 (CRJ 1000)

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 16060 \left(\frac{9888}{18766} \right)^{1/2}$$

$$R_1 = \mathbf{5829}$$

Total *Equivalent Annual Departure* (R_1) :

$$\text{Total} = \text{B 737-900} + \text{B 737-800} +$$

$$\text{A 320-200} + \text{B 737-500} + \text{CRJ 1000}$$

$$= \mathbf{75018 + 192720 + 98283 + 14627 + 5829}$$

$$= \mathbf{386477}$$

f) Menghitung Tebal Perkerasan

Diketahui :

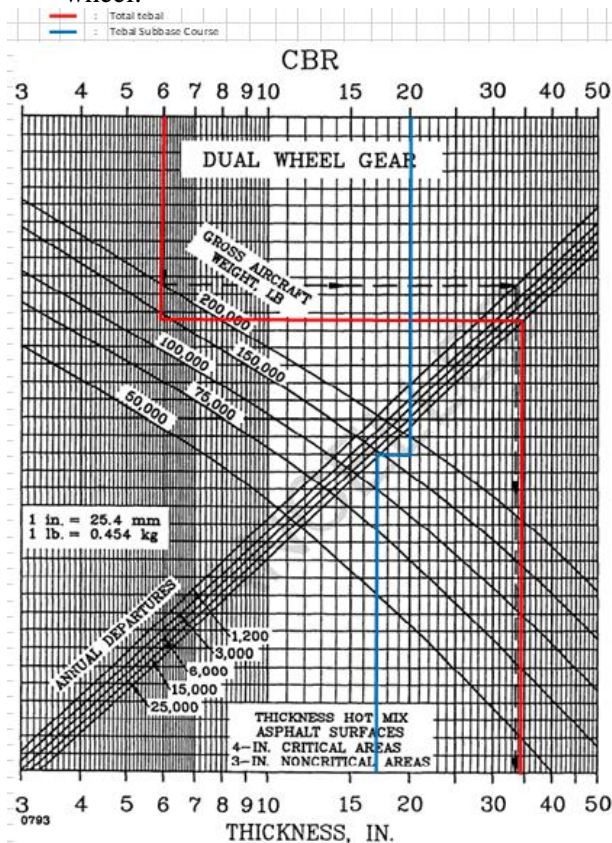
- Pesawat rencana = B 737 - 800
- MTOW = 79016 kg

= 35841 lb

➔ (1 lb = 0,4536 kg)

- CBR tanah dasar = 6 %
- CBR Sub base (Agregat Kelas B) = 20% (asumsi)
- Prosedur perhitungan tiap lapisan.

Setelah itu plot ke dalam grafik disesuaikan dengan tipe roda pendaratan nya yaitu dual wheel.



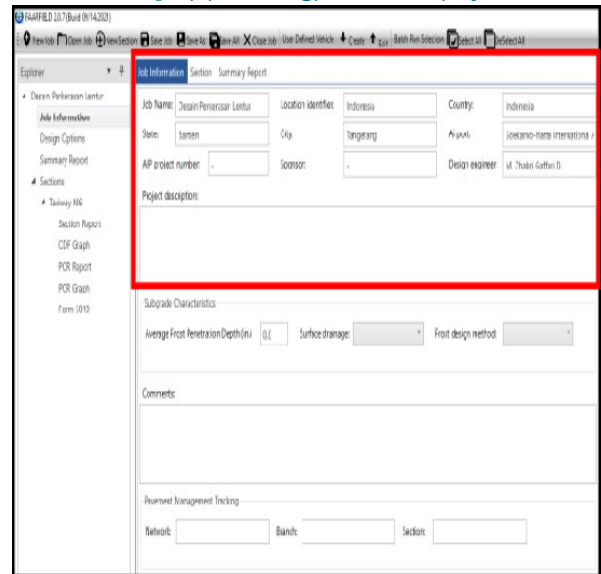
Gambar 18. Grafik Dual Wheel gear

Dari plot hasil grafik didapatkan :

Total Tebal : 34 inch
 Surface dipilih pada daerah kritis: 5 inch
 Sub Base : 17 inch
 Base Course : 12 inch

2) Perhitungan menggunakan software FAARFIELD :

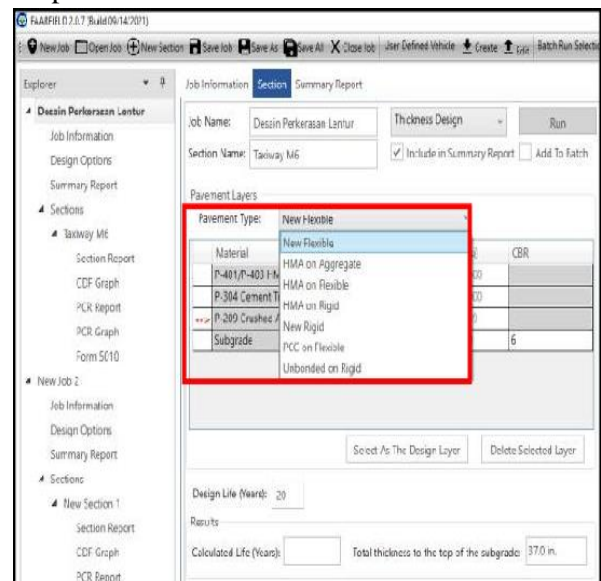
a) Mengisi informasi kerja



Gambar 19. Perhitungan FAARFIELD-1

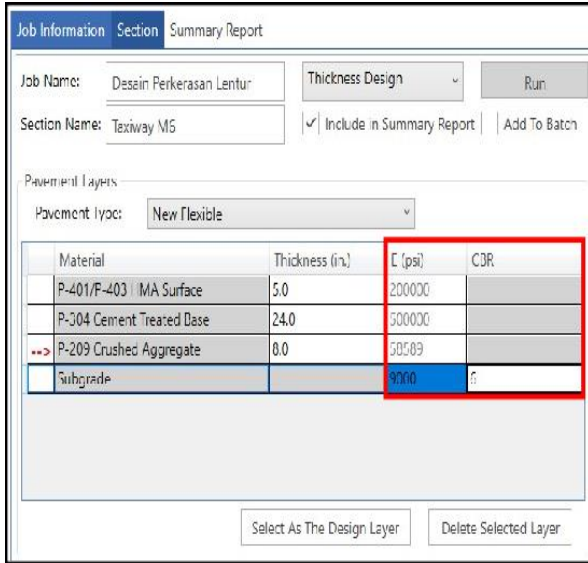
b) Memilih tipe perkerasan

Dalam hal ini penulis merencanakan perkerasan flexible baru.



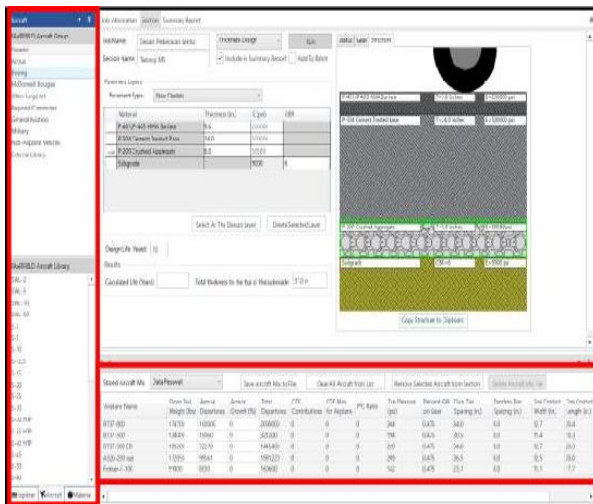
Gambar 20. Perhitungan FAARFIELD-2

Berdasarkan data yang penulis dapat, nilai CBR tanah dasar pada Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, yaitu 6%.



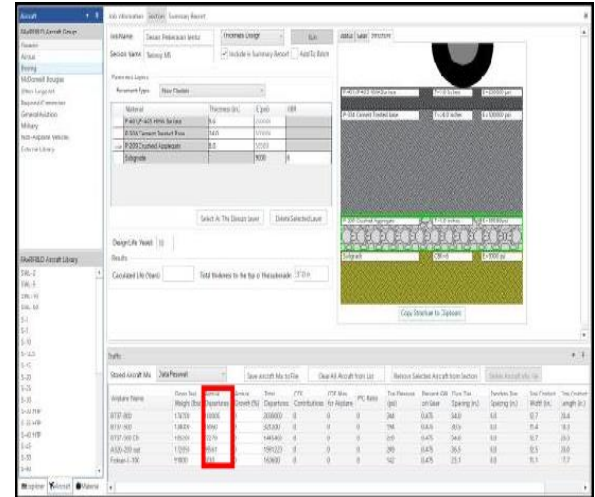
Gambar 21. Perhitungan FAARFIELD-3

Pesawat rencana digunakan 5 pesawat: B737-500, B737-800, B737-900, CRJ1000, dan A320.



Gambar 22. Perhitungan FAARFIELD-4

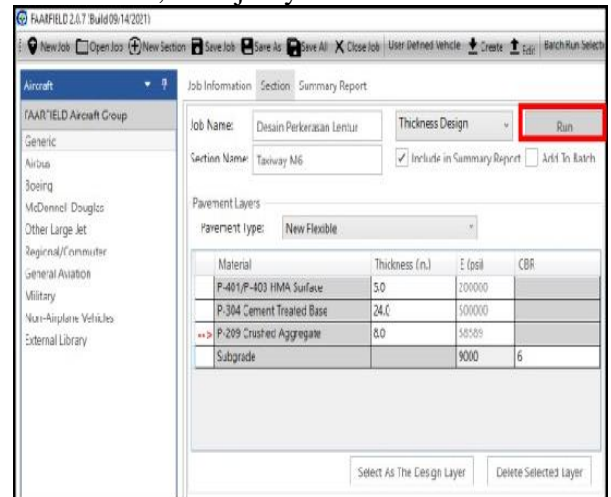
Annual Departure sesuai jumlah pergerakan pesawat pada 14 Februari 2017.



Gambar 23. Perhitungan FAARFIELD-5

c) Running program

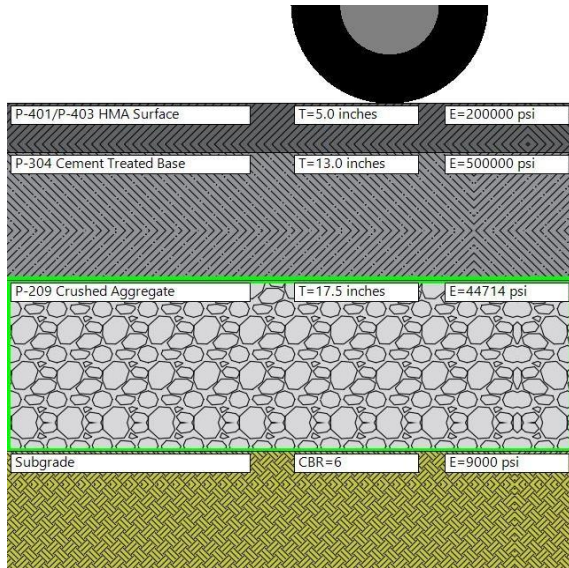
Setelah semua telah diperiksa dan sudah benar, selanjutnya klik RUN



Gambar 24. Perhitungan FAARFIELD-6

d) Output program

Setelah dilakukan *running* keluarlah *output* program dengan masing-masing ketebalan tiap lapis perkerasan.



Gambar 25. Perhitungan FAARFIELD-7

Dari hasil software didapatkan :

Total Tebal	: 35.5inch
Surface dipilih pada daerah kritis	: 5 inch
Sub Base	: 17.5 inch
Base Course	: 13 inch

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang penulis lakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa: Kapasitas runway Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta saat ini mampu melayani pesawat terbang sebanyak 156 pergerakan pada jam puncak. Pada tahun 2025 diperkirakan berdasarkan analisis penulis kapasitas runway tidak mampu menampung pertumbuhan jumlah penerbangan sebanyak 175 pergerakan pada jam puncak. Untuk mempercepat pesawat dalam penggunaan runway dapat direncanakan rapid exit taxiway pada Runway 06/24. Hasil perencanaan geometrik rapid exit taxiway middle 6 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta: a) Lebar rapid exit taxiway diperoleh berdasarkan pesawat rencana adalah 25m dengan kelandaian melintang dan memanjang sebesar 1.5%. b) Lebar shoulder sebesar 19m dengan lebar strip dari tepi taxiway sebesar 45m. Radius untuk rapid exit taxiway rencana sesuai aturan yang telah ditetapkan oleh FAA,

yaitu sebesar 30°. a) Untuk tebal perkerasan menggunakan metode FAA secara manual dengan grafik adalah 34 inch, sedangkan menggunakan software 35.5 inch terdapat selisih karena ketelitian dari penulis terhadap grafik sehingga ketepatan dalam penarikan garis dapat mempengaruhi ketebalan perkerasan. b) Rekomendasi untuk dilakukan penelitian selanjutnya terkait efektifitas pembuatan RET Rapid Exit Taxiway pada runway selatan area middle 6 Bandara Soekarno Hatta terhadap pengurangan kepadatan pesawat pada tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, T., 2016. Studi Kinerja Tiga Runway Paralel Di Bandara Soekarno-Hatta (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Avelina, R., 2018. Analisis Kapasitas Runway Bandara Soekarno Hatta Konferensi Nasional Teknik Sipil 12, Batam.
- Basuki, I. H. 1986. *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Boeing. 2015. *777-200LR/-300ER/-Freighter Aircraft Characteristics for Airport Planning*. Chicago: Boeing Commercial Airplanes.
- FAA. 1995. *Airport Pavement Design and Evaluation: FAA Advisory Circular AC-150/5320-6D*. Washington DC: Federal Aviation Administration.
- Fachtiah, Laila., Ahyudanari, Ervina. 2017. *Analisis Dampak Delay yang Terjadi pada Runway, Apron, dan Ruang Udara terhadap Operasional Pesawat (Studi Kasus)*.
- Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. 2010. *Planning &*

- Design of Airports Fifth Edition*. New York: The McGraw Hill Companies.
- ICAO. 2013. *Aerodromes, Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Vol. 1: Aerodrome Design and Operation*. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization (ICAO).
- ICAO. 2006. *Manual on Air Traffic Forecasting*. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization (ICAO).
- Indrawan, M.B., 2020. Studi Kinerja Runway 3 dan Pengaruh Adanya Crossing Taxiway Terhadap Kapasitas Runway 2 di Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- KP 326 Tahun 2019. 2019. *Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 Volume 1 Bandar Udara*. Jakarta: Direktorat Jendral Perhubungan Udara.
- Mora, Minda. 2014. *Pengaruh Lalu Lintas Penerbangan Pada Saat Taxi-Out Terhadap Konsumsi Baha Bakar Pesawat Udara (Studi Kasus: Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta)*. Jakarta: Pusat Litbang Perhubungan Udara.
- Ongkowijoyo, Hans Valiancius. 2021. *Optimizing the Utilization of Thrid Runway in Soekarno-Hatta Internasional Airport using Time Space Analysis*. Indonesia: Department of Aviation Engineering, International University Liaison Indonesia.
- Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 60/PMK.02/2021. 2021. *Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2022*. Jakarta: Menteri Keuangan Republik Indonesia.
- Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi
Volume 6 Nomor 1 Juni 2023
P-ISSN 2622-0105 | E-ISSN 2716-1196
DOI: <https://doi.org/10.46509/ajtk.v6i1.336>
- Susanto, A., 2018. Dampak Konfigurasi Taxiway Hotel dan Exit Taxiway Echo di Bandara Sultan Hasanuddin Makassar, Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi, Volume 1 Nomor 2 Desember 2018, P-ISSN 2622 – 0105
- Prasetya, Wahyu Dwi. 2017. *Penentuan Jumlah Exit Taxiway Berdasarkan Variasi Jenis Pesawat dan Ketepatan Jadwal Penerbangan pada Runway 1 Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purnama, M.H., 2014. Simulasi Panjang Waktu Keterlambatan Penerbangan (Delay) Pada Bandar Udara Transit Sebagai Dampak Dari Keterlambatan Salah Satu Titik Penerbangan Awal. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(1), pp.51-58.
- Rachmansyah, Muhammad Iqbal. 2017. *Pengaruh Penyeimbangan Pergerakan Pesawat terhadap Peningkatan Kinerja Bandara (Studi Kasus: Bandara Internasional Soekarno-Hatta)*. Jakarta: Pusat Litbang Perhubungan Udara.
- Sartono, Wardhani., Dewanti., & Rahman, Taqia. 2016. *Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway, dan Apron*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sartono, Wardhani., Fitri, Syadza Rifani. 2016. *Analisis Geometrik East Cross dan North Parallel Taxiway Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta denegan Pesawat Rancang Boeing B777-300ER*. Yogyakarta: Islamic University of Indonesia.
- Susanto, A., 2018. Dampak Konfigurasi Taxiway Hotel dan Exit Taxiway Echo di Bandara Sultan Hasanuddin Makassar, Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi, Volume 1 Nomor 2 Desember 2018, P-ISSN 2622 – 0105
- Susetyadi, A., 2012. Waktu Tunggu Take Off dan Landing Pesawat Udara Pada Runway Bandar Udara Soekarno Hatta. *Warta Penelitian Perhubungan*, 24(6), pp.559-

566. Susetyadi, A., 2013.
Pengaruh Antrean Pelayanan
Penerbangan Terhadap Pengguna
Avtur di Bandara Soekarno Hatta.
Warta Penelitian Perhubungan,
25(2), pp.13713