

Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

Dian Ayu Wicahyani dan Ervina Ahyudanari

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Corresponding Author: ervina@ce.its.ac.id

ARTIKEL INFO

Informasi Artikel

Artikel masuk: 1-8-2019

Artikel revisi: 26-12-19

Artikel diterima: 26-12-19

Kata Kunci

Bandara Halim Perdanakusuma,
Geometrik sisi udara,
Kapasitas *runway*,
Runway, *Taxiway*.

ABSTRAK

Bandara Halim Perdanakusuma berfungsi sebagai bandara militer, yang mana di desain untuk kegiatan militer. Lokasi Bandara Halim Perdanakusuma terletak di Jakarta Timur dengan elevasi 26 mdpl (=85,3 ft) yang memiliki 1 buah landasan pacu (*runway*) dengan arah 06-24. Pada tanggal 10 Januari 2014, untuk mengurangi kepadatan penerbangan dari Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Bandara Halim Perdanakusuma dibuka untuk beroperasi sementara menjadi bandara komersial hingga saat ini. Dengan adanya penambahan fungsi bandara, hal yang perlu diperhatikan adalah apakah desain Bandara Halim Perdanakusuma sudah memenuhi ketentuan standard penerbangan sipil seperti yang diisyaratkan pada ICAO Annex 14 serta FAA. Berdasarkan kondisi eksisting, Bandara Halim Perdanakusuma memiliki panjang *runway* sebesar 3000 x 45 meter dengan arah *runway* 06 – 24. Lebar *taxiway* ±25 meter, memiliki 2 buah *exit taxiway* dengan sudut 90° dan 1 buah *exit taxiway* dengan sudut 45°. Untuk lamanya penggunaan *runway*/ROT maksimum sebesar 36 detik. Dari evaluasi pada Studi ini didapatkan arah *runway* sama seperti eksisting, yaitu 06 – 24, tetapi utilisasi *runway*nya menurun menjadi 98,16% karena adanya komponen crosswind. Panjang *runway* setelah dievaluasi didapatkan sebesar 3180 meter dengan lebar *runway* 45 meter. Lebar *taxiway* sesuai dengan ICAO dan FAA sebesar 15 meter, memiliki 2 buah *exit taxiway* dengan sudut 90° dan 1 buah *exit taxiway* dengan sudut 45°. Adanya penambahan panjang *runway* pada *Runway* 24 sebesar 180 meter. Kapasitas *runway* eksisting di lapangan sebesar 17 operasi/jam. Secara matematis sebesar 38 operasi/jam, sedangkan yang disimulasikan dengan *time – space diagram* sebesar 35 operasi/jam. Berarti lokasi *exit taxiway* eksisting mampu menampung pergerakan pesawat eksisting.

PENDAHULUAN

Bandara Halim Perdanakusuma merupakan bandara militer yang terletak di Jakarta Timur dengan elevasi 26 mdpl (85,3 ft dpl). Berdasarkan kondisi *eksisting* saat ini, Bandara Halim Perdanakusuma memiliki 1 buah *runway* sepanjang 3000 meter × 45 meter, 5 buah *taxiway* sepanjang 150 meter × 30 meter, 2 buah apron (apron utara sepanjang 711 meter × 125 meter, dan apron selatan sepanjang 470 meter × 135 meter). Arah *runway* pada Bandara Halim Perdanakusuma R06 dan R24, menggunakan jenis perkerasan Aspal Hotmix dengan PCN 86 F/C/X/U. Saat ini Bandara Halim Perdanakusuma mampu dilalui pesawat dengan ukuran boeing-747.

Pada tanggal 10 Januari 2014, untuk mengalihkan penerbangan dari Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang dinilai telah penuh sesak, Bandara Halim Perdanakusuma dibuka untuk beroperasi sementara menjadi bandara komersial hingga saat ini. Setelah berubah fungsi menjadi bandara komersial, Bandara Halim Perdanakusuma mengalami masalah, misalnya saja pada April 2014, terjadi kecelakaan pesawat antara Batik Air dan Transnusa, yang mana pada saat itu Transnusa

dalam keadaan kosong yang sedang ditarik oleh *towing* dari apron utara menuju apron selatan, dan Batik Air *take off* dari *runway* yang juga dilalui pesawat Transnusa menuju apron selatan.

Adanya perubahan fungsi tersebut menjadi dasar pemikiran untuk mengevaluasi fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma. Hasil evaluasi ini akan digunakan untuk perencanaan ulang yang memperhatikan kebutuhan penerbangan sipil yang bertumbuh di Halim Perdanakusuma.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diselesaikan pada studi ini, yaitu:

1. Apakah arah *runway* sudah mencapai utilisasi sebesar 95% sesuai dengan jenis pesawat eksisting?
2. Bagaimana kondisi eksisting fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma? Fasilitas yang dimaksud adalah geometrik sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma terkait *runway* dan *taxiway*, penggunaan *exit taxiway*, ROT (*Runway Occupancy*

Time), serta marka pada sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma.

3. Bagaimana kondisi eksisting kapasitas *runway* pada Bandara Halim Perdanakusuma secara teoritis dan praktik?

B. Tujuan

Dengan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah arah *runway* sudah mencapai utilisasi sebesar 95% sesuai dengan jenis pesawat eksisting.
2. Mengevaluasi kondisi eksisting fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma. Fasilitas yang dimaksud adalah geometrik sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma terkait *runway* dan *taxiway*, penggunaan *exit taxiway*, ROT (*Runway Occupancy Time*), serta marka pada sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma.
3. Mengetahui kondisi kapasitas *runway* eksisting pada Bandara Halim Perdanakusuma secara teoritis dan praktik

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan ini dibatasi oleh masalah-masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan ulang hanya dilakukan pada pesawat komersial yang mendarat/mengudara di Bandara Halim Perdanakusuma;
2. Tidak menganalisis apron;
3. Permukaan *runway* dalam kondisi kering;
4. Tidak menganalisis perkerasan.

D. Lokasi Studi

Studi ini dilakukan di Bandara Halim Perdanakusuma (kode IATA: HLP, kode ICAO: WIIH), berada di daerah ibukota, tepatnya di Jakarta Timur, 12,58 km dari ibukota provinsi dan ibukota negara. Gambar 1 merupakan lokasi Bandara Halim Perdanakusuma di Jakarta. Pada gambar tersebut, Bandara Halim Perdanakusuma berada di Kota Jakarta Timur, berjarak 29,90 km dari Bandara Internasional Soekarno – Hatta. Gambar 2 menunjukkan *layout* Bandara Halim Perdanakusuma, yang terdiri dari 1 buah *runway*, 2 buah apron, 5 buah *exit taxiway*.

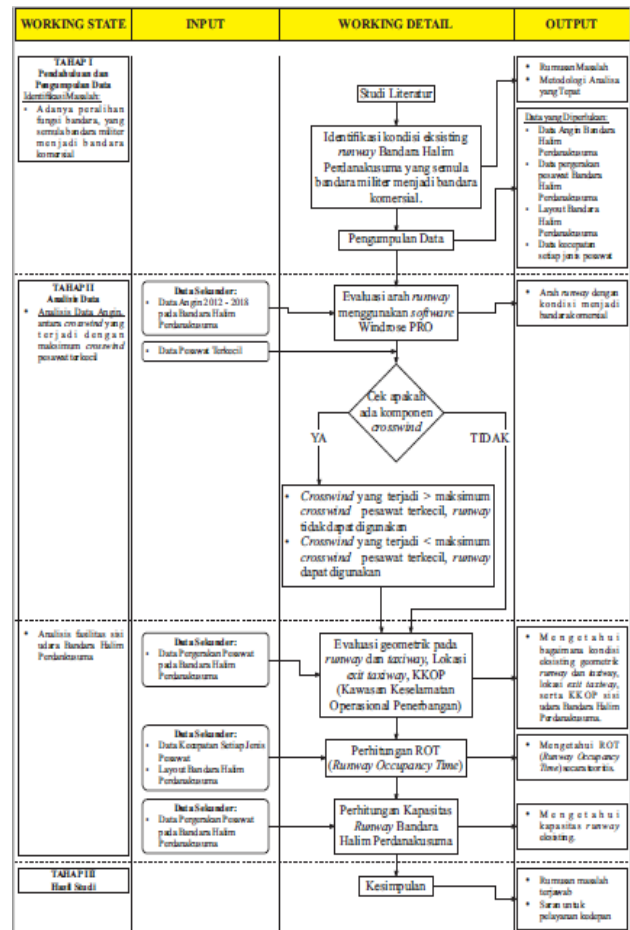


Gambar 1. Lokasi Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (Google Maps)



Gambar 2. *Layout* Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (Goggle Earth)

METODOLOGI



Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Studi

HASIL ANALISA DAN PERENCANAAN

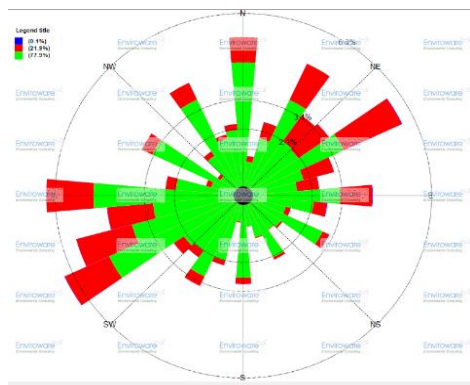
A. Analisa Data Angin

Data angin diperoleh melalui website <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/dataproduct>, dengan data dari bulan Januari 2013 hingga Desember 2018 (selama 7 tahun). Diketahui dari Chart Bandara Halim Perdanakusuma, arah *runway* eksisting adalah 60° – 240° (06 – 24). Dari Analisa windrose didapatkan hasil seperti pada Gambar 4, arah *runway* eksisting sama dengan arah *runway* analisa, hanya saja terdapat penurunan utilisasi karena adanya komponen *crosswind*. Komponen *crosswind* dihitung untuk setiap proyeksi sudut 10°, dikoreksi hingga 1 lingkaran (360°).

Penurunan utilisasi *runway* sebesar 1,84% yang didapat dari jumlah data angin yang >13 knot dibagi jumlah data *crosswind* >13 knot. Sehingga *usability factor runway* pada Bandara Halim Perdanakusuma menjadi 98,16%. *Usability factor* sudah memenuhi syarat minimal, yaitu >95% [1][2], dan [3].

B. Evaluasi Runway

Berkaitan dengan dimensi geometrik pada *runway* sesuai dengan standard pada FAA [1], ICAO [2]. Didapat lebar *runway* sebesar 45 meter dengan panjang *runway* 3180 meter. RESA berukuran 240 meter dengan lebar 45 meter. *Stopway* terletak 60 meter sebelum ujung *runway strips* dengan lebar 45 meter. dimensi *clearway* dengan Panjang 150 meter dengan lebar 300 meter.



Gambar 4. Windrose Bandara Halim Perdanakusuma.

C. Evaluasi Taxiway

Berkaitan dengan dimensi geometrik pada runway sesuai dengan standard pada FAA [1], ICAO [4],. Didapat lebar taxiway sebesar 15 meter. Jarak antara taxiway dengan runway sejauh 168 meter.

D. Penentuan Lokasi Exit Taxiway

Dapat dilihat pada Gambar 2, jarak terpanjang antara threshold dengan lokasi exit taxiway sebesar 1981 meter (N1). Sedangkan untuk pesawat terbesar dengan landing distance [5] sebesar 2067 meter, Boeing 737 – 800, untuk dapat menggunakan exit taxiway N1 harus putar balik pada runway 06 agar dapat mengguakan exit taxiway N1. Untuk jarak yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi Exit Taxiway di Lapangan

	N1 (m)	N2 (m)	N3 (m)	
Runway 06	820	1224	1692	
	1981	1574	1116	Runway 24
	90°	90°	45°	

Untuk mengetahui lokasi exit taxiway eksisting, dapat dihitung dengan menggunakan “Metode Tiga Segmen”. Contoh perhitungan menggunakan pesawat terbesar, Boeing 737 – 800, dengan approach speed sebesar 142 knot, termasuk pesawat dalam kategori D. Sudut exit taxiway eksisting sebesar 90°, dengan kecepatan keluar sebesar 13 knots. Maka,

$$S_1 = 450 \text{ meter (pesawat kategori D). Koreksi } S_1 \text{ sebesar } 75\%, S_1 = \frac{450}{75\%} = 600 \text{ meter.}$$

$$S_2 = 5 \times (142 - 10) = 660 \text{ meter}$$

$$S_3 = \frac{(142 - 15)^2 - 13^2}{8(1,5)} = 1330 \text{ meter}$$

Maka total landasan dari threshold menuju ke exit taxiway = $S_1 + S_2 + S_3 = 600 + 660 + 1330 = 2590 \text{ meter.}$

Hasil perhitungan exit taxiway eksisting dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Lokasi Exit Taxiway Eksisting (90°)

Tipe Pesawat	Kecepatan Approach knots	Kategori Pesawat	S1	S2	S3	Total Landasan
			m	m	m	m
B733	130	C	600	600	1088	2288
A320	137	C	600	635	1226	2461
B738	142	D	600	660	1330	2590
AT76	113	B	333	515	786	1635
CRJX	140	C	600	650	1288	2538
AT75	113	B	333	515	786	1635
A20N	137	C	600	635	1226	2461

Dari Tabel 2, diketahui lokasi exit taxiway eksisting (90°), jarak terjauh sebesar 2590 meter, sedangkan di lapangan lokasi exit taxiway terjauh sebesar 1981 meter, berarti kondisi di lapangan masih kurang dari eksisting secara matematis dengan kecepatan keluar sebesar 13 knots. Kondisi eksisting di lapangan masih dapat digunakan, tetapi untuk pesawat B738 harus berjalan hingga ke runway 06 baru dapat keluar menggunakan exit taxiway terdekat (N1) sesuai dengan kecepatan yang direncanakan (13 knots).

Karena adanya penambahan panjang runway sebesar 180 meter pada Runway 24, maka lokasi exit taxiway menjadi lebih jauh. Lokasi exit taxiway dapat dilihat pada Tabel 1. Ilustrasi penambahan panjang runway rencana dapat dilihat pada Gambar 5 (diberi garis kuning).

Tabel 3. Lokasi exit taxiway adanya penambahan panjang runway

	N1 (m)	N2 (m)	N3 (m)	
Runway 06	820	1224	1692	
	2161	1754	1296	Runway 24
	90°	90°	45°	



Gambar 5. Penambahan Panjang runway pada Runway 24.

Dari Tabel 3, lokasi exit taxiway N2 sudah sesuai dengan lokasi dari Gambar 5 dengan kecepatan exit rencana (13 knots), yang digunakan untuk pesawat AT76 dan AT75. Untuk exit taxiway N1 masih belum sesuai dengan keperluan exit taxiway dengan kecepatan keluar yang direncanakan (13 knots).

Pada Studi ini desain sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma direncanakan diganti dengan taxiway menuju ke ujung threshold kedua runway, agar mempermudah pergerakan di runway. Dan rapid exit taxiway (N3) dengan sudut 45°, yang hanya digunakan untuk keluar menuju runway untuk melakukan takeoff pada Runway 24 dihapuskan, diganti dengan taxiway yang menuju ke threshold runway. Hasil desain sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Perencanaan Ulang Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma.

E. Runway Occupancy Time (ROT)

Mengelompokkan pesawat yang beroperasi berdasarkan pada approach speed. Kemudian menentukan komponen apa saja untuk menghitung runway occupancy time (ROT), yang dapat dilihat pada Tabel 4 dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Menghitung waktu yang digunakan dari approach menuju touchdown, dengan perlambatan di udara, $a_1 =$

0,76 m/s. Kecepatan *touchdown* memiliki selisih 5 knots – 8 knots dari kecepatan pendekatan (*approach speed*);

- Menambahkan 3 detik, sebagai waktu yang diperlukan roda depan untuk menyentuh perkerasan *runway*;
- Menghitung waktu pengereman, dengan pelambatan di darat, $a_2 = 1,52$ m/s;
- Waktu yang diperlukan untuk berbelok ke *exit taxiway*, $t = 10$ detik [6].

Rumus yang digunakan untuk menghitung lamanya waktu penggunaan *runway* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$ROT = \frac{V_{ot}-V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td}-V_{ex}}{2a_2} + t \tag{1}$$

Contoh perhitungan ROT menggunakan pesawat B738 dalam kondisi eksisting (90°), berikut perhitungannya.

$$\frac{V_{ot} - V_{td}}{2a_1} = \frac{73,05 - 68,93}{2 \times 0,76} = 2,71 \text{ s}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

$$\frac{V_{td} - V_{ex}}{2a_2} = \frac{68,93 - 7,20}{2 \times 1,52} = 20,31 \text{ s}$$

$$ROT = \frac{V_{ot} - V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_{ex}}{2a_2} + t$$

$$ROT = 2,71 + 3 + 20,31 + 10$$

$$ROT = 36 \text{ s}$$

Tabel 4. Komponen untuk ROT

Tipe Pesawat	Vot	Vtd	Vex 90°	Vex 30°	a1	a2
	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s2	m/s2
B733	68,42	64,30	7,20	26,75	0,76	1,52
A320	69,96	65,84	7,20	26,75	0,76	1,52
B738	73,05	68,93	7,20	26,75	0,76	1,52
AT76	58,13	54,01	7,20	26,75	0,76	1,52
CRJX	72,02	67,90	7,20	26,75	0,76	1,52
AT75	58,13	54,01	7,20	26,75	0,76	1,52
A20N	69,96	65,84	7,20	26,75	0,76	1,52

Hasil perhitungan *runway occupancy time* (ROT) eksisting dengan sudut 90° , dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan ROT Eksisting

Tipe Pesawat	Kategori	(Vot-Vtd)/2a1	(Vtd-Ve)/2a2	t (s)	ROT (s)
B733	C	2,71	18,78	10	34
A320	C	2,71	19,29	10	35
B738	D	2,71	20,31	10	36
AT76	B	2,71	15,40	10	31
CRJX	C	2,71	19,97	10	36
AT75	B	2,71	15,40	10	31
A20N	C	2,71	19,29	10	35

F. Kapasitas Runway

Data yang diperlukan berupa:

1. Approach Speed (Kecepatan Pendekat)

Mengelompokkan pesawat berdasarkan kecepatan pendekatan, berdasarkan Tabel 6. Besarnya kecepatan pendekatan setiap jenis pesawat dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Pengelompokkan pesawat berdasarkan kecepatan pendekatan [5]

Aircraft Category	Approach Speed	
	knots	km/h
A	91	169
B	91 – 120	169 – 222
C	121 – 140	224 – 259
D	141 – 165	261 – 306

Tabel 7. Kecepatan pendekat (*approach speed*) setiap jenis pesawat.

Tipe Pesawat	Kecepatan Approach		Kategori Pesawat
	knots	km/h	
B733	130	241	C
A320	137	254	C
B738	142	263	D
AT76	113	209	B
CRJX	140	259	C
AT75	113	209	B
A20N	137	254	C

Pergerakan pesawat, digunakan data *peak hour* tanggal 21 Desember 2018, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pergerakan pesawat pada *peak hour* tanggal 21 Desember 2018

Waktu	Jenis Pesawat	Jenis Operasi
2:35 PM	32A ()	Takeoff
2:45 PM	A320 (PK-LUJ)	Takeoff
2:45 PM	A320 (PK-GQJ)	Takeoff
2:50 PM	A320 (PK-LAY)	Landing
2:50 PM	A320 (PK-LAY)	Landing
2:55 PM	A320 (PK-LAI)	Landing
3:00 PM	738 ()	Landing
3:00 PM	B738 (PK-LBT)	Landing
3:00 PM	A320 (PK-GQI)	Takeoff
3:05 PM	32A ()	Landing
3:15 PM	A320 (PK-LUZ)	Landing
3:20 PM	A320 (PK-LUL)	Landing
3:20 PM	A20N (PK-GTI)	Landing
3:30 PM	A320 (PK-LAP)	Landing
3:30 PM	A320 (PK-GLS)	Landing
3:30 PM	A320 (PK-LAY)	Takeoff

1. Dengan Metode Matematis (Matriks)

- Model kedatangan saja bebas kesalahan Keadaan Merapat (Closing Case)

Diketahui $\delta_{ij} = 4 \text{ nmi}$ [7], V_i (A320) = 137 knots, V_j (B738) = 142 knots

$$T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j} = \frac{4}{142} \times 3600 = 101 \text{ detik} \tag{2}$$

Keadaan Merenggang (Opening Case)

Diketahui $\delta_{ij} = 4 \text{ nmi}$ [10], $\gamma = 7,6 \text{ nmi}$ [7], V_i (B738) = 142 knots, V_j (A320) = 137 knots

$$T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_i} + \gamma \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) = \left(\frac{4}{142} + 7,6 \left(\frac{1}{137} - \frac{1}{142} \right) \right) \times 3600 = 108 \text{ detik} \tag{3}$$

Apabila hasilnya ditabulasi kedalam matriks bebas kesalahan, $[M_{ij}]$, maka akan dihasilkan seperti pada Tabel 9.

Untuk prosentase kombinasi, $[P_{ij}]$, yang terjadi dalam operasi kedatangan, dapat dilihat pada matriks prosentase kedatangan pada Tabel 10.

Tabel 9. Matriks bebas kesalahan [M_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL LIN	B738	101	101
	A320	108	105

Tabel 10. Matriks prosentase kedatangan [P_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL LIN	B738	0,10	0,10
	A320	0,10	0,70

Setelah mengetahui matriks bebas kesalahan, [M_{ij}], dan matriks prosentase kombinasi, [P_{ij}], selanjutnya menghitung nilai pada waktu layanan, E[ΔT_{ij}].

$$E[\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}][M_{ij}] \tag{4}$$

$$= 0,10(101) + 0,10(101) + 0,10(108) + 0,70(105)$$

= 105 detik

Dengan demikian, kapasitas runway untuk melayani kedatangan saja sebesar:

$$C = \frac{1}{E[\Delta T_{ij}]} \tag{5}$$

$$= \frac{1}{105} \times 3600 = 35 \text{ operasi/jam}$$

- Model kedatangan saja kesalahan posisi

Keadaan Merapat (Closing Case)

$$b_{ij} = \sigma_0 \times q_v \tag{6}$$

$$= 25 \text{ detik [6]}$$

Keadaan Merenggang (Opening Case)

Diketahui B_{ij} = 25 detik [6], δ_{ij} = 4 nmi [1], V_i (B738) = 142 knots, V_j (A320) = 137 knots, didapat:

$$B_{ij} = b_{ij} + \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \tag{7}$$

$$= \left(25 + 4 \left(\frac{1}{137} - \frac{1}{142} \right) \right) \times 3600$$

$$= 21 \text{ detik}$$

Apabila hasil dari buffer time ditabulasi kedalam matriks, [B_{ij}], maka akan dihasilkan seperti pada Tabel 11.

Tabel 11
Matriks buffer time [B_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL RAIL	B738	25	25
	A320	21	25

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan, [M_{ij}], dan matriks buffer time, [B_{ij}], menghasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang runway, maka didapat matriks [M_{ij}] + [B_{ij}] seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Matriks [M_{ij}] + [B_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL RAIL	B738	126	126
	A320	130	130

Untuk prosentase kombinasi, [P_{ij}], yang terjadi dalam operasi kedatangan, dapat dilihat pada matriks prosentase Tabel 10. Selanjutnya menghitung nilai pada waktu layanan, E[ΔT_{ij}].

$$E[\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}][M_{ij} + B_{ij}] \tag{8}$$

$$= 0,10(126) + 0,10(126) + 0,10(130) + 0,70(130)$$

= 123 detik

Dengan demikian, kapasitas runway untuk melayani kedatangan saja sesuai dengan persamaan (5), sebesar:

$$C = \frac{1}{E[\Delta T_{ij}]} = \frac{1}{123} \times 3600 = 30 \text{ operasi/jam}$$

- Model keberangkatan saja

Diketahui dari PANS – ATM, besarnya jarak pisah antarkeberangkatan – keberangkatan sebesar 60 detik (1 menit), jika pesawat yang mengikuti memiliki kecepatan lebih besar daripada pesawat yang didepannya jarak pisah sebesar 120 detik (2 menit).

Tabel 13. Jarak pisah minimum antar keberangkatan [t_d]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL RAIL	B738	60	60
	A320	120	60

Untuk prosentase kombinasi, [P_{ij}], yang terjadi dalam operasi keberangkatan, dapat dilihat pada matriks prosentase keberangkatan pada Tabel 14.

Tabel 14. Matriks prosentase keberangkatan [P_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAIL RAIL	B738	0,00	0,00
	A320	0,00	1,00

Setelah mengetahui jarak pisah minimum antar keberangkatan, [t_d], dan matriks prosentase keberangkatan, [P_{ij}], selanjutnya menghitung nilai pada waktu layanan, E[t_d].

$$E[t_d] = \sum [P_{ij}][t_d] \tag{9}$$

$$= 0,00(60) + 0,00(60) + 0,00(120) + 1,00(60)$$

$$= 60 \text{ detik}$$

Dengan demikian, kapasitas runway untuk melayani keberangkatan saja sebesar:

$$C = \frac{1}{E[t_d]} \tag{10}$$

$$= \frac{1}{60} \times 3600 = 60 \text{ operasi/jam}$$

- Model operasi campuran

Tabel 15. Karakteristik Pengoperasian

A/C	Approach Speed (knot)	ROT (s)	Probabilitas Mix	
			Arrival	Departure
B738	142	43	0,12	0,00
A320	137	38	0,88	1,00

Waktu pemakaian runway rata – rata E[R_i], merupakan jumlah dari perkalian probabilitas pesawat campuran pada jam sibuk dengan pemakain runway tiap pesawat.

$$E[R_i] = 0,12(38) + 0,88(37) = 39 \text{ detik}$$

Waktu pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 nm terakhir ke ambang runway (Horonjeff, 2010).

$$E \left[\frac{\delta_a}{V_j} \right] = \left[0,12 \left(\frac{2}{140} \right) + 0,88 \left(\frac{2}{137} \right) \right] \times 3600$$

$$= 52 \text{ detik}$$

Buffer time yang diperlukan saat pesawat terjadi kesalahan posisi.

$$E[B_{ij}] = 25 \text{ detik}$$

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*.

$$E[t_d] = 60 \text{ detik}$$

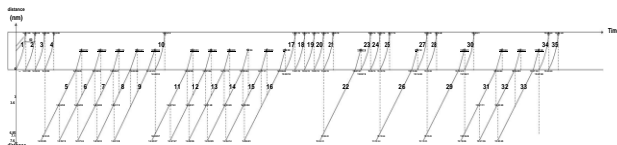
Oleh karena itu, waktu antar kedatangan untuk dapat diselingi oleh keberangkatan, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E[\Delta T_{ij}] &\geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E[B_{ij}] \\ &\quad + E[t_d](n_d - 1) \\ &\geq 38 + 52 + 25 + 60(n_d - 1) \\ &\geq 116 + 60(n_d - 1) \end{aligned}$$

Waktu kedatangan sebenarnya (pada saat kesalahan posisi) adalah 123 detik. Jika dilakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan, nilainya 116 detik. Jika dilakukan dua keberangkatan diantara dua kedatangan, nilainya 176 detik. Maka dari itu, hanya dapat dilakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan ($n_d = 1$), dan probabilitas kedatangan yang diselingi 1 keberangkatan adalah ($P_{nd} = 0,15$). Kapasitas *runway* pada kondisi eksisting untuk operasi campuran, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C &= \frac{3600}{E[\Delta T_{ij}]} (1 + n_d P_{nd}) = \frac{3600}{116} (1 + 1(0,15)) \\ &= 38 \text{ operasi/jam} \end{aligned}$$

2. Dengan Metode Grafis (*Time – Space Diagram*)



Gambar 7. *Time – Space Diagram*.

G. Kawasan Keamanan Operasi Penerbangan (KKOP)

Berdasarkan KKOP pada Gambar 7, untuk *lateral surface* (*transitional surface, inner horizontal surface, conical surface, outer horizontal surface*) banyak terdapat gedung – gedung tinggi, misalnya saja Menara Saidah dengan ketinggian 94 meter. Sedangkan untuk *approach/landing surface* terdapat Menara 165, Gedung Trakindo. Lokasi Menara Saidah, Menara 165, Gedung Trakindo dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan ulang geometri *runway* dan *taxiway* Bandara Halim Perdanakusuma, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Arah *runway* analisis masih sama dengan orientasi *runway* eksisting, yaitu 06 – 24 dengan *usability factor* sebesar 98,16%

- 2) Perencanaan ulang pada fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma, meliputi:
 - a. Panjang *runway* eksisting sebesar 3000 meter, setelah dievaluasi menjadi sebesar 3180 meter, lebih panjang 180 meter dari *runway* eksisting. Kondisi eksisting hanya dapat melayani pesawat saat beban *takeoff* maksimum dengan ARFL sebesar 2612 meter. Lebar *runway* setelah di evaluasi sebesar 45 meter, masih sama dengan lebar *runway* eksisting.
 - b. Lebar *taxiway* setelah di evaluasi didapat sebesar 15 meter, sedangkan lebar *taxiway* eksisting sebesar ±25 meter, artinya lebar *taxiway* eksisting aman untuk digunakan karena melebihi dari standard ICAO dan FAA.
 - c. Lokasi *exit taxiway* yang telah ditambahkan dengan panjang *runway*, 180 meter, untuk N2 sudah memenuhi untuk lokasi *exit taxiway* dengan kecepatan yang direncanakan untuk sudut 90° (14 knots). Sedangkan untuk N3, belum memenuhi dengan kecepatan rencana, sehingga pesawat harus berjalan hingga ke *runway* 06 untuk putar balik, kemudian dapat menggunakan *exit taxiway* terdekat dengan kecepatan yang direncanakan.
- 3) Kapasitas *runway* dilapangan saat *peak hour* (jam sibuk) sebesar 17 operasi/jam. Apabila dihitung secara teoritis, dapat menampung hingga 38 operasi/jam. Saat di simulasikan menggunakan *time – space diagram*, secara praktek dapat menampung hingga 35 operasi/jam. Artinya, kapasitas *runway* eksisting atau lokasi *exit taxiway* eksisting masih dapat menampung pergerakan pesawat yang ada.

B. Saran

Saran dalam perencanaan ulang geometri *runway* dan *taxiway* Bandara Halim Perdanakusuma, adalah sebagai berikut:

- a) Perlunya koordinasi dalam melakukan *takeoff* ataupun *landing* untuk menghindari terjadinya *crosswind*, terutama untuk pesawat yang kecil. *Crosswind* sering terjadi mulai dari pukul 05.00 hingga pukul 10.00;
- b) Sebaiknya dilakukan penambahan panjang *runway* agar dapat digunakan pesawat dengan beban maksimum (MTOW);

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federal Aviation Administration, "Airport Design AC No. 150/5300-13," USA, 1989.
- [2] ICAO, *Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways*. 2006.
- [3] ICAO (International Civil Aviation Organization), "Annex 14: Aerodromes Design and Operation Volume I (7th ed.)," Canada, 2016.
- [4] ICAO, *Aerodrome Design Manual, Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays*, 4th ed. 2005.
- [5] D. A. Wicahyani, "Perencanaan Ulang Fasilitas Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur," Surabaya, 2019.
- [6] R. Horonjeff and F. X. McKelvey, *Planning and Design of Airport*, 5th ed. New York: Mc Graw Hill, 2010.
- [7] ICAO, *Procedures for Air Navigation Services, Air Traffic Management*, 14th ed. 2001.