



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM
PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR**

DIAN AYU WICAHYANI
NRP. 0311154000034

Dosen Pembimbing
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**EVALUASI FASILITAS SISI UDARA
BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA
TIMUR**

DIAN AYU WICAHYANI
NRP. 0311154000034

Dosen Pembimbing
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT - RC18-4803

**EVALUATION AIRSIDE FACILITIES OF HALIM
PERDANAKUSUMA AIRPORT, EAST JAKARTA**

DIAN AYU WICAHYANI
NRP. 0311154000034

Advisor
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

MAJORING IN CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Enviromental, and Geo-Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Transportasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DIAN AYU WICAHYANI

NRP. 0311154000034

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Ervina Ahyudanari, M.E. (.....)



**SURABAYA
JANUARI 2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR

Nama Mahasiswa : Dian Ayu Wicahyani
NRP : 0311154000034
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS Surabaya
Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D

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 Tugas Akhir ini didapatkan arah runway sama seperti eksisting, yaitu 06 – 24, tetapi utilisasi runwaynya 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.

Kata kunci: Perencanaan ulang, Geometri sisi udara, *Runway*, *Taxiway*, Kapasitas *runway*, Bandara Halim Perdanakusuma.

EVALUATION AIRSIDE FACILITIES OF HALIM PERDANAKUSUMA AIRPORT, EAST JAKARTA

Nama Mahasiswa : Dian Ayu Wicahyani
NRP : 0311154000034
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS Surabaya
Advisor : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D

ABSTRACT

Halim Perdanakusuma Airport functions as a military airport, which is designed for military activities. The location of Halim Perdanakusuma airport is located in East Jakarta with an altitude of 26 mdpl (=85,3 feet), which has one runway with runway direction 06 – 24.

On January 10, 2014, to reduce the the density of Soekarno–Hatta International Airport, Halim Perdanakusuma Airport was opened to temporarily open a commercial airport until this time. With the addition of airport functions, what needs to be considered is whether the design of Halim Perdanakusuma Airport already comply with civil aviation standards as implied in ICAO Annex 14 and the FAA.

Based on existing conditions, Halim Perdanakusuma Airport has a runway length of 3000 x 45 meters with a runway direction 06 – 24, has 2 exit taxiways with a 90° angle and 1 exit taxiway with a 45° angle. For the maximum use of runway (ROT) at existing conditions of 36 seconds. From the evaluating of this Final Project, the runway orientation 06 – 24, but the usability factor reduced to 98,16% because of the crosswind component. The length of the runway after being the evaluated was 3180 meter with a runway width is 45 meter. The width of the taxiway is 15 meter, it has 2 exit taxiways with 90° angle and 1 exit taxiway with a 45° angle. The addition of runway length on Runway 24 is 180 meter. The capacity of the existing runway is 17 operations/hour. The existing runway capacity is calculated mathematically by 38 operations/hour, while the one simulated with time-space diagram is 35 operations/hour.

It means that the location of the existing exit taxiway is able to accommodate the existing aircraft movements.

Keywords: Evaluation, Air-side geometric, Runway, Taxiway, Runway capacity, Halim Perdanakusuma Airport.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur” tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanallahu wa Ta'ala yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D. selaku dosen pembimbing.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, 14 Januari 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Lokasi Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Karakteristik Pesawat	7
2.1.1. Dimensi Pesawat.....	7
2.1.2. Konfigurasi Roda Pesawat	9
2.1.3. Berat Pesawat.....	10
2.2. Orientasi <i>Runway</i>	11
2.3. Klasifikasi Bandara.....	13
2.4. Kebutuhan Panjang <i>Runway</i>	14
2.4.1. Pengaruh terhadap Ketinggian Elevasi.....	16

2.4.2.	Pengaruh terhadap Ketinggian Suhu	16
2.4.3.	Pengaruh terhadap Ketinggian Elevasi.....	16
2.5.	Perencanaan Geometrik <i>Runway</i>	17
2.6.	Perencanaan Geometrik <i>Taxiway</i>	27
2.7.	<i>Runway Occupancy Time</i> (ROT)	36
2.8.	Kapasitas <i>Runway</i>	38
2.8.1.	Perhitungan dengan Metode Matematis	39
2.8.2.	Perhitungan dengan Metode Grafis	42
2.9.	Marka pada <i>Runway</i> dan <i>Taxiway</i>	43
2.9.1.	Marka pada <i>Runway</i>	43
2.9.2.	Marka pada <i>Taxiway</i>	47
2.10.	Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) ..	50
2.10.1.	<i>Runway Strips</i> dan RESA.....	51
2.10.2.	<i>Transitional Surface</i>	52
2.10.3.	<i>Inner Horizontal Surface</i>	52
2.10.4.	<i>Conical Surface</i>	52
2.10.5.	<i>Outer Horizontal Surface</i>	53
2.10.6.	<i>Approach/Departure Surfaces</i>	54
BAB III METODOLOGI		57
3.1.	Umum.....	57
3.2.	Studi Literatur.....	57
3.3.	Identifikasi Masalah	57
3.4.	Pengumpulan Data.....	57
3.5.	Pengolahan Data.....	66

3.5.1.	Analisa Data Angin.....	66
3.5.2.	Perhitungan Kebutuhan Panjang <i>Runway</i>	69
3.5.3.	Perhitungan Geometrik Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma	71
3.5.4.	Perhitungan Lokasi <i>Exit Taxiway</i>	72
3.5.5.	Perhitungan ROT (<i>Runway Occupancy Time</i>) ..	73
3.5.6.	Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i>	74
3.5.7.	Penentuan Marka pada <i>Runway</i> dan <i>Taxiway</i> ...	83
3.5.8.	Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).....	84
3.6.	Kesimpulan dan Saran	84
BAB IV	ANALISIS DATA	85
4.1.	Umum.....	85
4.2.	Analisa Data Angin	85
4.3.	Evaluasi Landasan Pacu (<i>Runway</i>)	89
4.3.1.	Panjang Landasan Pacu (<i>Runway</i>)	89
4.3.2.	Geometrik Landasan Pacu (<i>Runway</i>)	96
4.3.3.	Jarak Pendaratan (<i>Landing Distance</i>).....	97
4.4.	Evaluasi Landasan Hubung (<i>Taxiway</i>)	99
4.5.	Lokasi <i>Exit Taxiway</i>	103
4.6.	Runway Occupancy Time (ROT)	106
4.7.	Kapasitas <i>Runway</i>	107
4.7.1.	Perhitungan dengan Metode Matematis (Matriks)	108

4.7.2.	Perhitungan dengan Metode Grafis (<i>Time – Space Diagram</i>).....	115
4.8.	Marka pada <i>Runway</i> dan <i>Taxiway</i>	117
4.8.1.	<i>Runway marking</i>	117
4.8.2.	<i>Taxiway marking</i>	118
4.9.	Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)	119
BAB V KESIMPULAN		121
5.1.	Kesimpulan.....	121
5.2.	Saran.....	122
DAFTAR PUSTAKA.....		125
BIODATA PENULIS.....		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Radius putar minimum (Horonjeff, 2010)	9
Tabel 2.2. Komponen maksimum <i>crosswind</i> (ICAO, 2016).....	13
Tabel 2.3. <i>Aerodrome Reference Code</i> (ARC) (ICAO, 2016)	15
Tabel 2.4. <i>Aerodrome Reference Code</i> (ARC) (FAA, 1989).....	16
Tabel 2.5. Lebar <i>runway</i> (ICAO, 2006)	17
Tabel 2.6. Kemiringan memanjang (ICAO,2006)	18
Tabel 2.7. Jarak pandang (ICAO, 2006).....	18
Tabel 2.8. Kemiringan melintang (ICAO, 2006).....	19
Tabel 2.9. <i>Runway shoulders</i> (SKEP 77 Tahun 2005).....	20
Tabel 2.10. <i>Runway strips</i> (ICAO, 2016).....	21
Tabel 2.11. <i>Runway strips</i> (ICAO, 2016) (Lanjutan).....	22
Tabel 2.12. Dimensi RESA (ICAO, 2006)	23
Tabel 2.13. Kemiringan <i>stopway/overrun</i> (ICAO, 2006)	24
Tabel 2.14. Lebar <i>clearway</i> (KP 29 Tahun 2014).....	25
Tabel 2.15. <i>Clearance</i> (ICAO, 2016)	25
Tabel 2.16. Dimensi <i>holding bay</i> (ICAO, 2016)	26
Tabel 2.17. Dimensi <i>taxiway</i> (ICAO, 2016).....	28
Tabel 2.18. <i>Taxiway curves</i> (SKEP 77 Tahun 2005).....	29
Tabel 2.19. Jarak pemisah minimum <i>taxiway</i> (ICAO, 2016).....	30
Tabel 2.20. Kemiringan memanjang <i>taxiway</i> (ICAO, 2016)	31
Tabel 2.22. Jarak pandang <i>taxiway</i> (ICAO, 2016).....	32
Tabel 2.23. Pengelompokan pesawat berdasarkan <i>approach speed</i> (ICAO, 2005)	34

Tabel 2.24. Kecepatan pesawat dengan radius <i>rapid exit taxiway</i> (ICAO, 2005)	34
Tabel 2.25. <i>Taxiway shoulder minimum</i> (ICAO, 2016).....	35
Tabel 2.26. <i>Taxiway strips</i> (ICAO, 2016).....	36
Tabel 2.27. Dimensi <i>fillet taxiway</i> (SKEP 77 Tahun 2005).....	37
Tabel 2.28. Jari – jari <i>fillet taxiway</i> (SKEP 77 Tahun 2005)	38
Tabel 2.29. Kategori pesawat berdasarkan MTOW (ICAO, 2001)	39
Tabel 2.30. <i>Separation minimum</i> (ICAO, 2001).....	40
Tabel 2.31. Jumlah garis (ICAO, 2016).....	45
Tabel 2.32. Standar marka runway <i>aiming point</i> (ICAO, 2016) .	46
Tabel 2.33. Jarak marka zona <i>touchdown</i> (ICAO, 2016).....	46
Tabel 2.34. <i>Turnpad marking clearance</i> (ICAO, 2016)	51
Tabel 3.1. Data angin Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur.....	65
Tabel 3.2. Pesawat beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (https://www.flightradar24.com/)	70
Tabel 3.3. Panjang landasan	71
Tabel 3.4. Kecepatan setiap pesawat	73
Tabel 3.5. Jumlah pergerakan pesawat di Halim Perdanakusuma pada 21 Desember 2018 (www.flightradar24.com).....	76
Tabel 3.6. Pergerakan pesawat campuran 21 Desember 2018 pada saat jam sibuk.....	77
Tabel 3.7. Pergerakan pesawat pada saat kedatangan di 21 Desember 2018 pada saat jam sibuk.....	78

Tabel 3.8. Pergerakan pesawat pada saat keberangkatan di 21 Desember 2018 pada saat jam sibuk.....	78
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan dari Windrose Pro	90
Tabel 4.2. Hasil perhitungan <i>crosswind</i> , <i>headwind</i> , <i>tailwind</i> pada proyeksi 10°.....	91
Tabel 4.3. Nilai untuk suhu standar	93
Tabel 4.4. Kebutuhan panjang <i>runway</i>	95
Tabel 4.5. Jarak dari ujung <i>runway</i> ke <i>exit taxiway</i> eksisting	98
Tabel 4.6. Jarak pendaratan sebelum dan setelah dikoreksi	98
Tabel 4.7. Lokasi <i>exit taxiway</i> eksisting	104
Tabel 4.8. Komponen menghitung <i>runway occupancy time</i> (ROT)	106
Tabel 4.9. Hasil perhitungan <i>runway occupancy time</i> (ROT) eksisting (90°).....	107
Tabel 4.10. Matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$	109
Tabel 4.11. Matriks prosentase kedatangan $[P_{ij}]$	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.12. Matriks <i>buffer time</i> $[B_{ij}]$	111
Tabel 4.13. Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	111
Tabel 4.14. Jarak pisah minimum antar keberangkatan $[t_d]$	112
Tabel 4.15. Matriks prosentase keberangkatan $[P_{ij}]$	113
Tabel 4.16. Karakteristik pengoperasian	113
Tabel 4.17. Jarak pisah antar kedatangan – kedatangan (ICAO, 2001)	115
Tabel 4.18. Jarak pisah antar kedatangan – keberangkatan, keberangkatan – kedatangan (ICAO, 2001).....	116

Tabel 4.19. Jarak pisah antar keberangkatan – keberangkatan (ICAO, 2001)	116
-----------------------------------------------------------------------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (<i>Google Maps</i>)	5
Gambar 1.2. <i>Layout</i> Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (<i>Goggle Earth</i>).....	5
Gambar 2.1. Dimensi pesawat (Horonjeff, 2010).....	8
Gambar 2.2. Radius putar pesawat terbang (Horonjeff, 2010)	8
Gambar 2.3. Konfigurasi roda pesawat yang biasa menurut FAA (Horonjef, 2010).....	10
Gambar 2.4. Konfigurasi roda pesawat yang kompleks menurut FAA (Horonjef, 2010).....	10
Gambar 2.5. <i>Correction crosswind</i> (Horonjeff, 2010).....	13
Gambar 2.6. <i>Runway strips</i> (SKEP 77 Tahun 2005)	20
Gambar 2.7. Penampang <i>stopway/overrun</i> (FAA, 1989).....	24
Gambar 2.8. <i>Holding bay</i> (SKEP 77 Tahun 2005)	27
Gambar 2.9. <i>Taxiway curves</i> (ICAO, 2016)	29
Gambar 2.10. Ilustrasi <i>taxiway separation distance</i> (ICAO, 2005)	31
Gambar 2.11. Ilustrasi <i>rapid exit taxiway</i> (ICAO, 2016).....	33
Gambar 2.12. Metode Tiga Segmen (ICAO, 2005).....	33
Gambar 2.13. Ilustrasi <i>fillet taxiway</i> (FAA, 1989)	37
Gambar 2.14. Radius <i>fillet</i> (SKEP 77 Tahun 2014).....	38
Gambar 2.15. Ilustrasi <i>buffer time</i> ketika terjadi kesalahan posisi (Horonjeff, 2010)	42
Gambar 2.16. <i>Runway designation, centerline, and threshold markings</i> (ICAO, 2016).....	43

Gambar 2.17. Dimensi untuk huruf dan angka (ICAO, 2016)	44
Gambar 2.18. <i>Aiming point and touchdown zone marking</i> (ICAO, 2016)	48
Gambar 2.19. Marka <i>taxi</i> bertemu dengan marka lainnya (KP 29 Tahun 2014)	48
Gambar 2.20. Marka <i>taxiway centerline</i> pada <i>taxiway intersection</i> (ICAO, 2016)	49
Gambar 2.21. Marka <i>runway – holding position</i> pola A dan pola B (KP 29 Tahun 2014).....	50
Gambar 2.22. <i>Runway strips</i> dan RESA (ICAO, 2016).....	51
Gambar 2.23. <i>Transitional surface</i> (ICAO, 2016).....	52
Gambar 2.24. <i>Inner horizontal surface</i> (ICAO, 2016).....	53
Gambar 2.25. <i>Conical surface</i> (ICAO, 2016).....	53
Gambar 2.26. <i>Outer horizontal surface</i> (ICAO, 2016).....	54
Gambar 2.27. Rekapitulasi permukaan lateral (ICAO, 2016)	54
Gambar 2.28. <i>Approach/Departure Surface</i>	55
Gambar 2.29. Kawasan keselamatan operasi penerbangan (ICAO, 2016)	55
Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	58
Gambar 3.2. Halaman muka dari www.noaa.gov	59
Gambar 3.3. DataSet/Product Options.....	59
Gambar 3.4. Dialog box pada <i>Advanced Options</i>	60
Gambar 3.5. Kebijakan NOAA	60
Gambar 3.6. Pemilihan pengambilan data angin	61
Gambar 3.7. Pemilihan data angin dari Indonesia	61

Gambar 3.8. Pemilihan stasiun data angin.....	62
Gambar 3.9. Pemilihan data angin yang dibutuhkan	62
Gambar 3.10. Pengaturan format data angin	63
Gambar 3.11. Pengiriman data angin ke email	63
Gambar 3.12. Email dari NCEI CDO telah masuk	64
Gambar 3.13. Isi email dari NCEI CDO.....	64
Gambar 3.14. Website pengambilan data pergerakan pesawat (https://www.flightradar24.com/).....	65
Gambar 3.15. <i>Input</i> data ke WindrosePRO	67
Gambar 3.16. Proses <i>input</i> data.....	67
Gambar 3.17. Pengaturan pada “Circle”	68
Gambar 3.18. <i>Dialog box</i> pada <i>crosswind</i>	68
Gambar 3.19. Hasil <i>windrose</i> dari WindrosePRO	69
Gambar 3.20. Konsep <i>time – space diagram</i> untuk operasi campuran (Horonjeff, 2010).....	83
Gambar 4.1. Grafik pola data angin harian Bandara Halim Perdanakusuma	86
Gambar 4.2. Grafik pola data angin tahun 2012 – 2018 pada Bandara Halim Perdanakusuma.....	87
Gambar 4.3. <i>Windrose</i> Bandara Halim Perdanakusuma	88
Gambar 4.4. Grafik <i>takeoff</i> B738 (<i>Airplane Characteristics for Airport Planning 737</i> , 2013)	92
Gambar 4.5. Lokasi <i>exit taxiway</i> eksisting (<i>Google Earth</i>)	99
Gambar 4.6. <i>Minimum separation distance</i> (ICAO, 2005).....	100
Gambar 4.7. <i>Fillet taxiway</i> berdasarkan FAA (FAA, 1989).....	102

Gambar 4.8. Chart Bandara Halim Perdanakusuma	115
Gambar 4.9. <i>Time – space diagram</i>	117
Gambar 4.10. Desain <i>turn pad</i> untuk kode huruf “C” (ICAO, 2006)	119
Gambar 4.11. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur	120

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bandar udara menurut Peraturan Menteri Perhubungan No: PM 69 Tahun 2013, adalah 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 antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Pada masa awal penerbangan, bandara hanya berupa tanah lapang dengan sedikit rumput yang dapat digunakan untuk mendarat pesawat dari arah mana saja tergantung pada arah angin. Bandara mulai dibangun permanen, karena meningkatkan permintaan penerbangan. Bandar udara di desain berdasarkan fungsi dari bandara itu sendiri, sebagai bandara militer atau bandara komersial, tergantung dari fasilitas operasional yang akan diberikan, serta tipe pesawat yang akan mendarat di bandara tersebut.

Bandara Halim Perdanakusuma merupakan bandara sekunder di Jakarta, yang melayani penerbangan *VVIP* dan *charter flight*, yang digunakan sebagai markas Komando Operasi Angkatan Udara I (Koops AU I) TNI-AU (Tentara Nasional Indonesia – Angkatan Udara), dan dikelola oleh PT. Angkasa Pura II. Bandara yang merupakan pemberian dari Belanda, pertama kalinya diberi nama *Vliegveld Tjililitan* (Lapangan Terbang Tjililitan). Pada tanggal 20 Juni 1950, Belanda menyerahkan lapangan terbang ini kepada pemerintah Indonesia yang langsung dipegang oleh AURI (Angkatan Udara Republik Indonesia) dan dijadikan pangkalan udara militer. Bertepatan dengan hari kemerdekaan Republik Indonesia, 17 Agustus 1952, lapangan terbang ini berganti nama menjadi *Pangkalan Udara Halim Perdanakusuma*, untuk mengenang almarhum Abdul Halim Perdanakusuma yang gugur dalam menjalankan tugasnya.

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-747¹.

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.

Perubahan fungsi bandara 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.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulisan Tugas Akhir ini bermaksud untuk melakukan evaluasi ulang fasilitas dari sisi udara (*airside*) Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta, diharapkan mampu memberikan tingkat pelayanan yang optimal pada saat ini maupun dimasa mendatang. Apabila fasilitas sisi

¹ hubud.dephub.go.id

udara eksisting belum bersesuaian, maka hasil perencanaan fasilitas yang baru dapat menjadi acuan.

1.2. 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?

1.3. 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

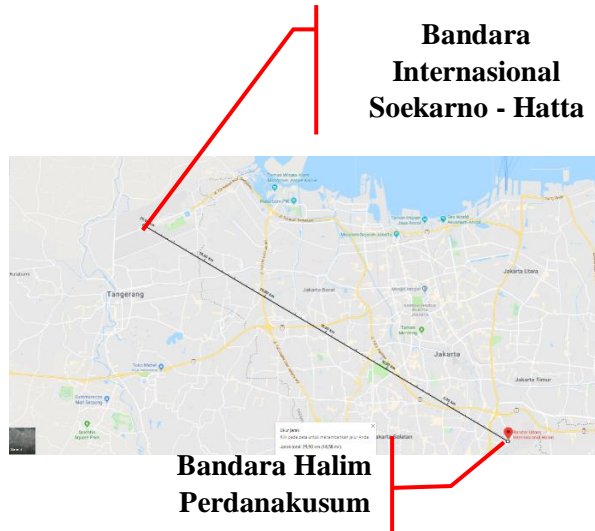
1.4. Batasan Masalah

Dalam penulisan ini dibatasi oleh masalah-masalah sebagai berikut:

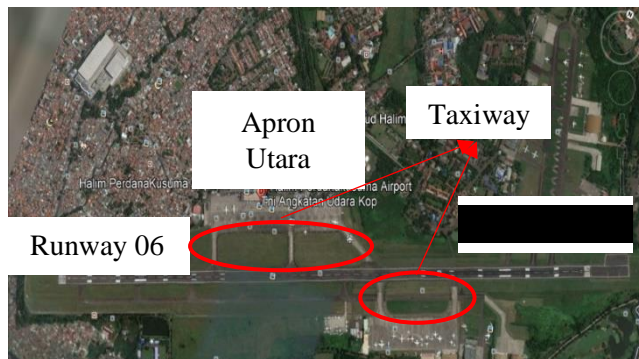
1. Evaluasi hanya dilakukan pada pesawat komersial yang mendarat/mengudara di Bandara Halim Perdanakusuma;
2. Tidak menganalisis apron;
3. Permukaan *runway* dalam kondisi kering;
4. Tidak menganalisis perkerasan.

1.5. 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 1.1 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 1.2 menunjukkan *layout* Bandara Halim Perdanakusuma, yang terdiri dari 1 buah *runway*, 2 buah apron, 5 buah *exit taxiway*.



Gambar 1.1. Lokasi Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (*Google Maps*)



Gambar 1.2. *Layout* Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, Indonesia (*Goggle Earth*)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

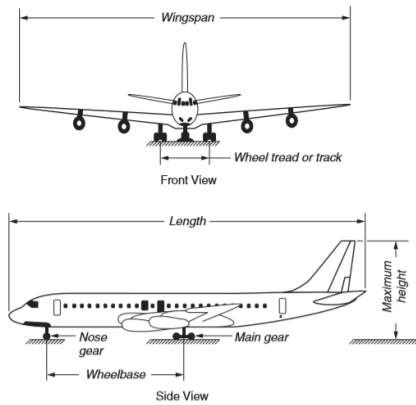
2.1. Karakteristik Pesawat

Spesifikasi pesawat memiliki jumlah yang banyak untuk dapat dikategorikan. Sebagai contoh, berat pesawat sangat penting untuk menentukan ketebalan dan kekuatan landasan pacu (*runway*), landasan hubung (*taxiway*), dan perkerasan pada apron, serta berpengaruh juga dalam menentukan panjang *runway* untuk lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*), yang mana dapat mempengaruhi seluruh perencanaan properti bandara. Lebar sayap dan panjang badan mempengaruhi ukuran apron, dapat juga mempengaruhi konfigurasi terminal. Lebar sayap dan radius putar menentukan lebar *runway* dan *taxiway*, jarak antara *runway* dan *taxiway*, dan juga mempengaruhi radius putar pada *pavement curves*. Kapasitas penumpang pesawat memiliki pengaruh penting pada fasilitas di dalam dan di dekat gedung terminal.

2.1.1. Dimensi Pesawat

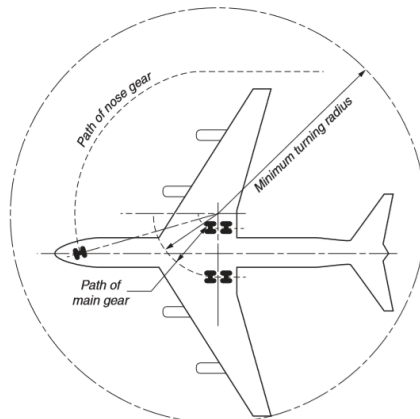
Ilustrasi terkait dengan istilah pada dimensi pesawat yang penting untuk perencanaan dan desain bandara, dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Panjang pesawat (*Length*), merupakan jarak dari ujung depan pesawat hingga ke ujung ekor (*empennage*). Panjang pesawat digunakan untuk menentukan panjang area parkir pesawat (*hangar*). Lebar pesawat (*wingspan*), merupakan jarak dari ujung sayap kanan ke ujung sayap kiri. Lebar pesawat digunakan untuk menentukan lebar area parkir pesawat, jarak gerbang, lebar *runway* dan *taxiway*, serta jarak pemisah keduanya. Tinggi maksimum (*maximum height*), merupakan jarak dari tanah ke bagian atas ekor pesawat. *Wheelbase*, merupakan jarak antara roda depan (*nose gear*) dan roda belakang/roda utama (*main gear*). *Wheelbase* digunakan untuk mendesain belokan *taxiway*, persimpangan, dan area lain yang memerlukan pesawat untuk berbelok.



Gambar 2.1. Dimensi Pesawat (Horonjeff, 2010)

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat terdapat jari – jari putar (*turning radius*), yang merupakan fungsi dari sudut putar kemudi. Semakin besar sudutnya, semakin kecil jari – jarinya. Radius putar minimum untuk beberapa tipe pesawat, dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2.2. Radius Putar Pesawat Terbang (Horonjeff, 2010)

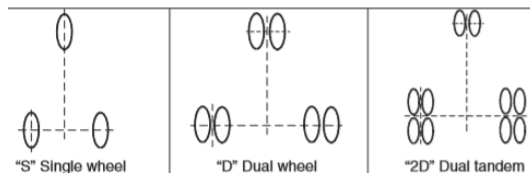
Tabel 2.1. Radius Putar Minimum (Horonjeff, 2010)

Aircraft	Maks. Sudut Kemudi ($^{\circ}$)	Sudut Putar (ft)		
		Wingtips (m)	Nose (m)	Tail (m)
MD-81/83/88	82	65,9	80,7	74,3
MD-90	82	66,5	85,5	74,6
B-737-800	78	69,4	65,4	73,6
B-727-200	78	71	79,5	80
A-320	70	72,2	60	71,9
B-757-200	65	92	84	91
A-310	65	98	75,6	94,9
A-300-600	65	104,9	87,7	108,4
B-767-200	65	112	85	98
B-747-200	70	113	110	125
B-747-SP	70	113	93	97
B-767-300	65	116,4	96,1	18,4
DC-10-30	68	118,1	105	100,8
MD-11	70	121,5	113,8	10,2
B-767-400	65	129,5	108,2	119,6
A-340	78	130,6	109,9	120,4
B-777-300	70	132	125	142
B-787-8	70	132	96,4	111
B-747-400	70	157	117	96

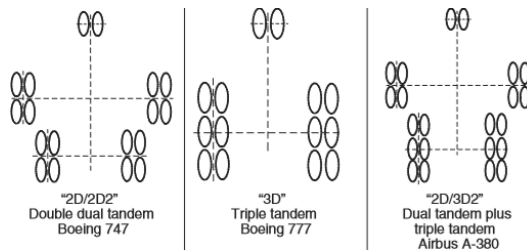
2.1.2. Konfigurasi Roda Pesawat

Pesawat terbang yang saat ini beroperasi di dunia yang menggunakan bandara penerbangan sipil memiliki konfigurasi yang bervariasi pada roda pesawatnya. Kebanyakan pesawat terbang dirancang dengan salah satu dari tiga konfigurasi roda pendaratan dasar, yaitu *single-wheel*, *dual-wheel*, *dual-tandem*. Konfigurasi roda pesawat dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.3.

Konfigurasi pendaratan dari pesawat terbang yang melayani penerbangan komersial terbesar memiliki konfigurasi yang kompleks, untuk contoh dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3. Konfigurasi roda pesawat yang biasa menurut FAA (Horonjef, 2010)



Gambar 2.4. Konfigurasi roda pesawat yang kompleks menurut FAA (Horonjef, 2010)

2.1.3. Berat Pesawat

Beberapa komponen dari berat pesawat terbang yang paling menentukan, sebagai berikut.

a) *Operating Empty Weight* (OEW)

Merupakan berat pesawat itu sendiri termasuk awak pesawat (*crew*) dan peralatan pesawat terbang, tetapi tidak termasuk bahan bakar dan penumpang atau barang yang membayar.

b) *Payload*

Merupakan produksi muatan (barang atau penumpang) yang membayar, diperhitungkan menghasilkan pendapatan bagi perusahaan. Pertanyaan yang sering muncul, berapa jauh

pesawat bisa terbang, jarak yang bisa ditempuh (*range*). Banyak faktor yang mempengaruhi jarak tempuh pesawat, yang paling penting adalah *pay load*. Pada dasarnya *pay load* bertambah, jarak tempuhnya berkurang, atau sebaliknya *pay load* berkurang, jarak tempuh bertambah.

c) *Zero Fuel Weight (ZFW)*

Merupakan batasan berat, spesifik pada tiap jenis pesawat, diatas batasan berat itu tambahan berat harus berupa bahan bakar sehingga ketika pesawat sedang terbang, tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan.

d) *Maximum Structural Landing Weight (MSLW)*

Adalah kemampuan struktural dari pesawat terbang pada waktu melakukan pendaratan.

e) *Maximum Structural Takeoff Weight (MSTOW)*

Adalah berat maksimum pesawat terbang termasuk didalamnya *crew*, berat pesawat kosong, bahan bakar, *pay load* yang diizinkan pabrik, sehingga momen tekuk yang terjadi pada badan pesawat terbang, rata-rata masih dalam batas kemampuan yang dimiliki oleh material pembentuk pesawat terbang.

2.2. Orientasi *Runway*

Orientasi *runway* didasarkan kondisi angin. Dengan demikian, analisis angin sangat penting dalam merencanakan landasan pacu (*runway*). Dalam penentuan arah *runway*, data angin dapat diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) atau instansi-instansi di dekat bandara rencana yang melakukan pengukuran arah dan kecepatan angin. Data angin yang diperlukan untuk distribusi statistik minimum data selama 5 tahun. Arah angin dapat dikelompokkan menjadi 8 sampai 16 kelompok (8 sampai 16 titik kompas), dan kecepatan angin dikelompokkan atas besarnya Batasan kecepatan *crosswind* yang diperkenankan. Penentuan arah *runway* dapat menggunakan analisis *windrose*.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi penentuan lokasi, orientasi, dan jumlah *runway*. Faktor-faktor tersebut meliputi:

- a) Cuaca, khususnya pada *usability factor* pada *runway*, yang ditentukan oleh distribusi angin dan peristiwa kabut lokal;
- b) Topografi bandara dan sekitarnya;
- c) Jenis dan jumlah lalu lintas yang akan dilayani, terutama lalu lintas udara;
- d) Kinerja pesawat;
- e) Pertimbangan lingkungan, terutama kebisingan

Lokasi *runway* harus berorientasi pada arah angin disekitar. Jumlah *runway* yang akan disediakan di setiap arah tergantung pada jumlah pergerakan pesawat yang akan dilayani, seperti jumlah pesawat yang datang dan pergi, campuran jenis pesawat, dapat mengakomodasikan selama satu jam dalam jam puncak. Penentuan jumlah *runway* juga harus mempertimbangkan *usability factor* dan pertimbangan ekonomi.

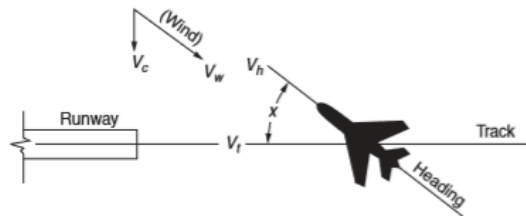
Usability factor adalah nilai persentase data angin (*wind coverage*) yang menunjukkan kondisi dimana *runway* memenuhi persyaratan untuk dipergunakan berdasarkan nilai *cross wind* yang mungkin terjadi. Berdasarkan ICAO Annex 14: Aerodrome Volume I Chapter 3 Section 3.1 dan FAA AC 150/5300 – 13 Appendix 1 menetapkan batas *usability* minimum dari arah landasan pacu yang dapat dipilih adalah 95%. Untuk nilai 5% merupakan nilai kemungkinan dari landasan pacu tersebut tidak dapat dipergunakan selama masa pelayanan yang disebabkan oleh faktor arah dan kecepatan angin.

Besarnya *crosswind* yang dapat diterima oleh sebuah pesawat terbang dipengaruhi oleh ukuran pesawat dan susunan sayap. FAA merekomendasikan besarnya *crosswind* maksimum yang diizinkan berdasarkan referensi bandara yang terkait dengan pesawat kritis yang memiliki rentang sayap pendek atau kecepatan

pendekatan paling lambat. Komponen *crosswind* maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komponen Maksimum *Crosswind* (ICAO, 2016)

Reference field length	Max <i>cross wind</i>			
	(m)	knot	km/jam	mil/jam
> 1500		20	37	23
1200 – 1499		13	24	15
< 1200		10	19	11,5



Gambar 2.5. *Correction Crosswind* (Horonjeff, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.5 terdapat *crab angle*, jalur yang diikuti pesawat terbang agar tidak terbawa angin dan menyimpang dari jalur. Supaya dapat mendarat dengan sempurna, penerbang harus mengurangi sudut α menjadi nol, sebelum pesawat menyentuh landasan. Apabila pengurangan sudut α tersebut terlalu dini, maka pesawat dapat tertiuip ke samping landasan pacu. Oleh karena itu, letak *runway* harus diatur untuk mengurangi *crosswind* yang timbul (Horonjeff, 2010)

2.3. Klasifikasi Bandara

Untuk tujuan desain, bandara diklasifikasikan berdasarkan pesawat yang ditampungnya. Di bandara manapun terdapat berbagai jenis pesawat, mulai dari pesawat kecil bermesin piston umum hingga pesawat angkut berat akan menggunakan

lapangan terbang, bandara dirancang berdasarkan pesawat “kritis” atau “desain”. FAA mendefinisikan istilah pesawat kritis sebagai pesawat yang paling membutuhkan desain bandara dimana bandara tersebut dapat mengoperasikan sedikitnya 500 penerbangan per tahun pada suatu bandara. Lebih dari satu pesawat kritis untuk mendesain suatu bandara, misalnya pesawat terbesar untuk spesifikasi dimensi yang lain dari lapangan udara.

Klasifikasi bandara terdapat 2 metode klasifikasi, ICAO dan FAA. ICAO menggunakan kode referensi untuk menghubungkan berbagai spesifikasi mengenai karakteristik bandara, sehingga dapat menyediakan fasilitas yang cocok untuk pesawat dapat beroperasi di bandara tersebut. Kode referensi dari ICAO ini memiliki dua elemen. Elemen 1 merupakan nomor yang berdasarkan kepada *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL/panjang referensi landasan), dan elemen 2 merupakan huruf berdasarkan pada lebar sayap (*wing span*) pesawat dan jarak terluar pada roda utama (*outer main gear wheel span*). *Aerodrome Reference Code* (ARC) berdasarkan ICAO Annex 14: *Aerodrome Volume I Chapter 1 Section 1.6* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Untuk FAA, mengelompokkan pesawat berdasarkan lebar (*wingspan*) dan tinggi pesawat (*tail height*). *Aerodrome Reference Code* (ARC) berdasarkan FAA AC 150/5300 – 13 Chapter 1 Section 2 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

2.4. Kebutuhan Panjang Runway

Dalam hal perencanaan *runway* ada hal-hal yang berpengaruh terhadap panjang landasan yaitu karakteristik performa dan operasional dari pesawat yang dilayani, cuaca terutama angin permukaan dan suhu, karakteristik *runway* seperti kemiringan (*slope*), dan kondisi permukaan, faktor lokasi aerodrome seperti elevasi dari aerodrome yang menyebabkan tekanan barometer dan keterbatasan topografi.

Faktor yang mempengaruhi panjang *runway* adalah:

- a) Karakteristik performa dan pelayanan pesawat
- b) Cuaca, terutama pada angin permukaan dan temperatur
- c) Karakteristik *runway*, seperti kemiringan dan keadaan permukaan *runway*
- d) Faktor lokasi bandara

Tabel 2.3. *Aerodrome Reference Code (ARC) (ICAO, 2016)*

Code element1		Code element2		
Code number	Aeroplane reference field length	Code letter	Wing span	Outer main gear wheel span*)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	< 800m	A	< 15m	< 4,5m
2	800m - 1200m	B	15m - 24m	4,5m - 6m
3	1200m - 1800m	C	24m - 36m	6m - 9m
4	> 1800m	D	36m - 52m	9m - 14m
		E	52m - 65m	9m - 14m
		F	65m - 80m	9m - 14m

*) Distance between the outside edges of the main gear wheels

Berdasarkan *FAA AC 150/5325 – 4B Chapter 1 Section 102*, prosedur penentuan panjang *runway* berdasarkan dari desain pesawat kritis, MTOW pesawat kritis di suatu bandara, elevasi bandara, suhu rata – rata di bandara, perbedaan maksimum elevasi (gradien). Sedangkan berdasarkan *ICAO Annex 14: Aerodrome Volume 1 Chapter 3 Section 3.1*, menyatakan bahwa panjang landasan aktual yang disediakan untuk landasan primer harus memadai sesuai dengan persyaratan operasional pesawat terbang, tidak boleh kurang dari panjang terpanjang yang ditentukan dengan koreksi untuk kondisi lokal (elevasi, suhu, kemiringan) dan karakteristik kinerja pesawat yang relevan.

Tabel 2.4. *Aerodrome Reference Code (ARC) (FAA, 1989)*

Group Number	Tail Height (ft)	Wingspan (ft)
I	<20	<49
II	20 – <30	49 – <79
III	30 – <45	79 – <118
IV	45 – <60	118 – <171
V	60 – <66	171 – <214
VI	66 – <80	214 – <262

Panjang landas pacu minimum yang diperlukan untuk lepas landas pada (maksimum massa lepas landas tersertifikasi) MTOW, permukaan laut, kondisi atmosfer standar, udara diam dan kemiringan landas pacu (*runway*) nol, seperti yang diperlihatkan pada manual penerbangan pesawat udara yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dalam memberikan sertifikasi atau data yang setara dari pabrik pesawat udara. (KP 29 Tahun 2014)

2.4.1. Pengaruh terhadap Ketinggian Elevasi

Berdasarkan *ICAO Aerodrome Design Manual Part 1: Runways Chapter 3 Section 3.5* panjang landasan harus ditingkatkan 7% setiap ketinggian 300 meter.

2.4.2. Pengaruh terhadap Ketinggian Suhu

Berdasarkan *ICAO Aerodrome Design Manual Part 1: Runways Chapter 3 Section 3.5* panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1°C, atau sama dengan 0,56% setiap 1°F.

2.4.3. Pengaruh terhadap Ketinggian Elevasi

Untuk tujuan perencanaan landasan, FAA memperkenalkan “*effective gradient*” yaitu beda tinggi antara titik tertinggi dan titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan (*F_s*) sebesar 10% setiap kemiringan 1%, berlaku untuk

kondisi lepas landas bagi landasan dengan nomor kode 2,3,4,pesawat bermesin turbo jet,

2.5. Perencanaan Geometrik *Runway*

Runway didefinisikan sebagai daerah persegi panjang pada tanah yang digunakan untuk mempersiapkan penerbangan (*take-off* dan *landing*) pesawat. Elemen pada bandara terkait dengan *runway* yang berkaitan langsung dengan pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take-off*), yaitu: *runway strips*, *runway shoulders*, *stopways*, *clearways*, and *runway end safety area* (RESA). (ICAO, 2016)

Lebar *Runway* (Width)

Untuk mengetahui lebar *runway* yang dibutuhkan, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Lebar *Runway* (ICAO, 2006)

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 ^a	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

- a. Lebar *runway* pendekatan presisi tidak kurang dari 30 m dengan *code number* 1 atau 2

Kemiringan Memanjang (*Longitudinal Slope*)

Seluruh kemiringan memanjang *runway*, ditentukan dengan membagi perbedaan antara maksimum dan minimum elevasi sepanjang garis tengah *runway* dengan panjang *runway*, serta perubahan berurutan dari satu kemiringan memanjang, maksimum kemiringannya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Kemiringan Memanjang (ICAO,2006)

Code Number	Penggolongan Pesawat	Runway Gradient (%)	Pada Bagian Landasan (%)	¼ dari ujung landasan (%)
1	I	≤ 2	≤ 2	-
2	II	≤ 2	≤ 2	-
3	III	≤ 1	$\leq 1,5$	$\leq 0,8$
4	IV	≤ 1	$\leq 1,25$	$\leq 0,8$
	V	≤ 1	$\leq 1,25$	$\leq 0,8$
	VI	≤ 1	$\leq 1,25$	$\leq 0,8$

Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Kemampuan, seperti yang ditentukan oleh kondisi atmosfer dan dinyatakan dalam satuan jarak, untuk melihat dan mengidentifikasi objek penting yang tidak disinari pada siang hari dan objek penting yang disinari pada malam hari. Jika perubahan kemiringan tidak dapat dihindarkan maka harus ada suatu arah garis tanpa halangan, dan terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Jarak Pandang (ICAO, 2006)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak pandang pada jarak minimum ½ runway (m)
A	I	1,5
B	II	2
C	III	3
D	IV	3
E	V	3
F	VI	3

Kemiringan Melintang (Transverse Slope)

Kemiringan melintang pada beberapa bagian dari *runway* harus cukup memadai untuk mengalirkan air dengan cepat agar *runway* tidak tergenang air, dan harus disesuaikan dengan Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Kemiringan Melintang (ICAO, 2006)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Minimum Slope (%)	Maximum Slope (%)
A	I	1	2
B	II	1	2
C	III	1	1,5
D	IV	1	1,5
E	V	1	1,5
F	VI	1	1,5

Bahu Runway (Runway Shoulders)

Daerah yang berbatasan dengan tepi landasan yang dipersiapkan untuk menjadi tempat transisi antara landasan dengan permukaan tanah di dekatnya.

Bahu landasan harus dibuat secara simetris pada masing-masing sisi dari *runway* dan kemiringan melintang maksimum pada bahu landasan pacu sebesar 2,5%. Untuk total lebar *runway* beserta *runway shoulder* adalah $\geq 60\text{m}$ (*code letter* D, E), dan $\geq 75\text{m}$ (*code letter* F). Untuk ketentuan *runway shoulders*, dapat dilihat pada Tabel 2.9.

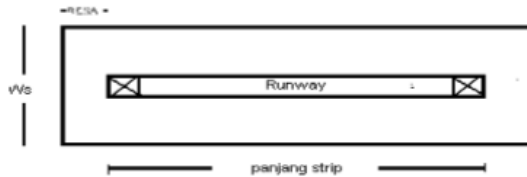
Runway Strips

Suatu daerah tertentu termasuk landas pacu (*runway*), dan stopway jika tersedia, yang ditujukan untuk mengurangi risiko kerusakan pada pesawat udara yang melaju keluar landas pacu, dan melindungi pesawat udara yang terbang di atasnya pada saat melakukan lepas landas atau pendaratan.

Ilustrasi *runway strips* dapat dilihat pada Gambar 2.6, untuk dimensi pada *runway strips* mengacu pada Tabel 2.10 dan Tabel 2.11.

Tabel 2.9. *Runway Shoulders* (SKEP 77 Tahun 2005)

Code Letter	Pengglongan Pesawat	Lebar shoulder (m)	Kemiringan maksimum shoulder (%)
A	I	3	2,5
B	II	3	2,5
C	III	6	2,5
D	IV	7,5	2,5
E	V	10,5	2,5
F	VI	12	2,5



Gambar 2.6. *Runway Strips* (SKEP 77 Tahun 2005)

Runway End Safety Area (RESA)

Suatu daerah simetris di sekitar perpanjangan garis tengah landas pacu (*runway centreline*) dan berbatasan dengan ujung strip landas pacu, yang utamanya ditujukan untuk mengurangi risiko kerusakan pada pesawat udara akibat *undershooting* atau *overrunning*; dan juga memungkinkan pesawat udara yang mengalami *overrunning* dapat mengurangi kecepatan dan pesawat udara yang mengalami *undershooting* dapat meneruskan pendekatannya (*approach*) atau pendaratannya. Untuk dimensi RESA, dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.10. *Runway Strips* (ICAO, 2016)

Uraian	<i>Code Number/Penggolongan Pesawat</i>					
	1/I	2/II	3/III	4/IV	/V	/VI
<i>Panjang runway strips</i>						
○ Landasan instrument (m)	120	120	120	120	120	120
○ Landasan non-instrument (m)	60	-	-	-	-	-
<i>Lebar minimum termasuk landasan (Ws)</i>						
○ Landasan instrument (m)						
➤ Pendekatan presisi	150	150	300	300	300	300
➤ Pendekatan non-presisi	150	150	300	300	300	300
○ Landasan non-instrument (m)	60	80	150	150	150	150
<i>Permukaan Strip:</i> Tidak boleh ada benda-benda, kecuali alat bantu visual untuk navigasi udara pada strip						
➤ Pendekatan presisi						
Kategori I	90	90	120	120	120	155
Kategori II	-	-	120	120	120	155
Kategori III	-	-	120	120	120	155
<i>Lebar minimum yang diratakan termasuk landasan (m)</i>						
○ Landasan instrument	80	80	150	150	150	150
○ Landasan non-instrument	60	80	150	150	150	150

Tabel 2.11. *Runway Strips* (ICAO, 2016) (Lanjutan)

Slope kemiringan memanjang (%)						
○ Maksimum yang diratakan	2	2	1,75	1,5	1,5	1,75
○ Perubahan maksimum tiap 30 m pada strip diluar ambang landasan	2	2	2	2	2	2
Slope kemiringan melintang (%)						
○ Maksimum yang diratakan	< 3	< 3	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
○ Perubahan maksimum pada 3 m pertama dari tepi landasan, bahu landasan, dan stopway	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
○ Maksimum diluar bagian yang diratakan	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Stopway

Daerah persegi empat di atas permukaan tanah di ujung take-off run yang disediakan sebagai tempat yang sesuai dimana pesawat udara dapat berhenti pada saat terjadi kegagalan *takeoff*. Ilustrasi *stopway* dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Lebar *stopway* sama dengan lebar pada *runway*. Untuk syarat kemiringan memanjang dan melintang adalah seperti *runway* yang dapat dilihat pada Tabel 2.13, kecuali:

- Syarat 0,8% pada kedua ujung landasan tidak berlaku untuk *overrun/stopway*.

- b. Jari-jari peralihan *runway*, jalur untuk berhenti maksimum 0,3% per 30 m (minimum radius kurva 10.000 meter) untuk penggolongan pesawat III, IV, V, dan VI
- c. Kekuatan/permukaan harus mampu memikul beban pesawat yang direncanakan dalam keadaan *takeoff* dibatalkan tanpa merusak struktur pesawat.
- d. Harus mempunyai koefisien gesekan yang cukup, dalam keadaan basah. Kekasaran untuk permukaan yang tidak diperkeras sama dengan kekasaran landasannya.

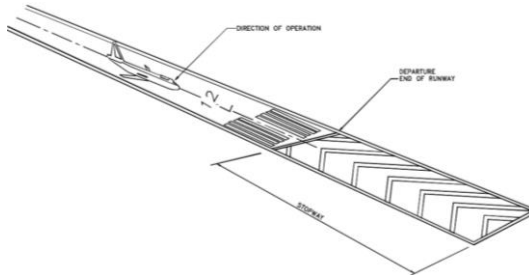
Tabel 2.12. Dimensi RESA (ICAO, 2006)

Uraian	Code Number/Penggolongan Pesawat					
	1/I	2/II	3/III	4/IV	/V	/VI
Panjang RESA (m)	120	120	240	240	240	240
Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan						
a. Landasan instrument (m)	90	90	90	90	90	90
b. Landasan non-instrumeny (m)	60	60	90	90	90	90
Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar runway)	18	23	30	45	45	60
Kemiringan memanjang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5
Kemiringan melintang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5

Clearway

Sebuah *clearway*, terdiri dari area datar berbentuk persegi panjang yang bersih dari gangguan, yang harus disediakan di bagian akhir dari sebuah *runway* sehingga sebuah pesawat udara

yang lepas landas dapat membuat bagian awal gerakan menanjak sampai 35 kaki (10,7 meter) diatas tanah pada bagian akhir dari *clearway*. *Clearway* harus dimulai di bagian akhir dari *takeoff run available* (TORA) pada *runway*.



Gambar 2.7. Penampang *Stopway/Overrun* (FAA, 1989)

Tabel 2.13. Kemiringan *Stopway/Overrun* (ICAO, 2006)

Code Number	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Stopway (%) / (m)
1	I	-
2	II	-
3	III	0,3 per 30
4	IV	0,3 per 30
	V	0,3 per 30
	VI	0,3 per 30

Panjang *clearway* tidak boleh lebih dari setengah dari panjang *takeoff run* yang tersedia pada *runway*. Lebar dari *clearway* minimal dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Keterangan dari Tabel 2.14:

Jika *runway* kode 3 atau 4 yang digunakan oleh pesawat terbang dengan bobot *takeoff* maksimal kurang dari 22.700 kg dan

dioperasikan dalam VMC di siang hari, maka lebar *clearway* dapat dikurangi sampai ke 90 meter.

Tabel 2.14. Lebar *Clearway* (KP 29 Tahun 2014)

Code Number	Clearway (m)
1	60
2	80
3	150
4	150

Area untuk Berputar (*Turning Area*)

Area putaran untuk pesawat dilengkapi beberapa titik di *runway*, lebar dari area putaran harus bebas dari rintangan terutama roda pesawat yang digunakan di *runway* sampai dengan tepi dari titik area putaran, dan itu tidak kurang dari ketetapan jarak seperti tabel berikut yang merupakan minimum daerah bebas rintangan diantara roda dan tepi dari putaran. Untuk mengetahui besarnya *clearance* dapat dilihat pada tabel Tabel 2.15.

Tabel 2.15. *Clearance* (ICAO, 2016)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak minimum antara roda dan tepi putaran (m)
A	I	1,5
B	II	2,25
C	III	4,5 ^{β}
D	IV	4,5
E	V	4,5
F	VI	4,5

Catatan:

β = jika *wheel base* $\leq 18\text{m}$, *clearance* sebesar 3m

Area Tunggu (Holding Bay)

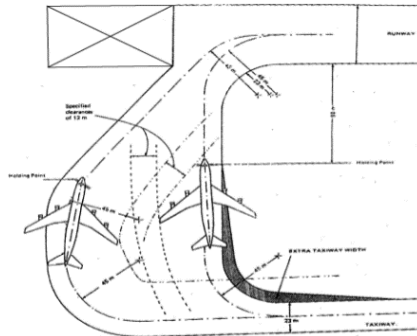
Suatu daerah tertentu tempat pesawat udara dapat menunggu (hold), atau dilewatkan, untuk memfasilitasi efisiensi pergerakan permukaan (surface movement) pesawat udara. Posisi untuk *holding bay*, ditetapkan sebagai berikut.

- a) Terletak di *taxiway*, diantara pertemuan *taxiway* dan *runway*.
- b) Di pertemuan antara *runway* dengan *runway* yang lainnya (jika memiliki lebih dari satu *runway*)

Harus dapat menampung sejumlah posisi pesawat sehingga memungkinkan jumlah keberangkatan pesawat yang maksimum. Hal ini dapat mengacu pada Tabel 2.16, serta untuk ilustrasi *holding bay* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Tabel 2.16. Dimensi *holding bay* (ICAO, 2016)

Uraian	Code Number/Penggolongan Pesawat					
	1/I	2/II	3/III	4/IV	/V	/VI
Jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di <i>taxiway</i> (m)	4,5 — 5,25	4,5 — 5,25	7,5 — 12	7,5	7,5	7,5
Jarak minimum antara <i>holding bay</i> dengan garis tengah landasan						
a. Landasan instrument (m)	30	40	75	75	75	75
b. Landasan non-instrumeny (m)	30	40	75	75	75	75
○ Pendekatan non-presisi	40	40	75	75	75	75
○ Pendekatan presisi kategori I	60	60	90	90	90	90
○ Pendekatan presisi kategori II, dan III			90	90	90	90



Gambar 2.8. *Holding bay* (SKEP 77 Tahun 2005)

2.6. Perencanaan Geometrik *Taxiway*

Taxiway didefinisikan sebagai jalur pada lapangan udara yang dibuat untuk pesawat dapat bergerak (*taxiing*) dan dimaksudkan sebagai penghubung antara satu bagian pada lapangan terbang dengan bagian lainnya. *Taxiway* pada apron biasanya terletak di pinggir apron yang digunakan untuk pergerakan pesawat di apron. (Horonjeff, 2010).

Dengan meningkatnya lalu lintas pada *runway*, kapasitas sistem *taxiway* dapat menjadi faktor operasional yang membatasi pergerakan. *Taxiway* menghubungkan elemen bandara yang independen dan membutuhkan perencanaan yang matang untuk utilitas bandara yang optimal. Sistem *taxiway* harus menyediakan untuk pergerakan yang bebas ke dan dari *runway*, terminal/kargo, dan area parkir (apron). Hal ini diharapkan agar kelancaran lalu lintas tetap terjaga dengan jumlah titik minimal yang dibutuhkan untuk perubahan kecepatan pergerakan pesawat. (FAA, 1989).

Prinsip untuk mendesain *taxiway* meliputi:

- a) Menyediakan paralel *taxiway* pada setiap *runway* atau tergantung pada kemampuan *runway*;
- b) Bangun *taxiway* yang sebisa mungkin searah;
- c) Menyediakan kemampuan untuk memotong atau banyak akses menuju ujung *runway*;
- d) Meminimalkan penggunaan *runway*;

- e) Menyediakan jari-jari *fillet* dan *curves* yang memadai;
- f) Menyediakan jalur pengawas lalu lintas menara pengawas bandara; serta
- g) Menghindari kemacetan lalu lintas.

Lebar Taxiway (Width)

Dalam mendesain *taxiway* sedemikian rupa harus sesuai dengan jarak antara roda utama luar pesawat dengan ujung *taxiway*. Untuk penentuan jaraknya, dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Keterangan dari Tabel 2.17:

- a. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan *wheel base* kurang dari 18m.
- b. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan *wheel base* lebih dari 18m.
- c. Bila *taxiway* digunakan pesawat dengan *outer main gear wheel span* kurang dari 9m.
- d. Bila *taxiway* untuk pesawat dengan *outer main gear wheel span* lebih dari 9m.

Tabel 2.17. Dimensi *Taxiway* (ICAO, 2016)

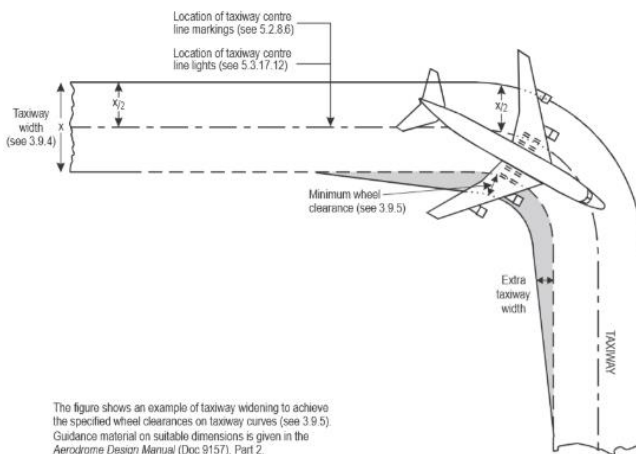
Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Taxiway (m) [W*]	Jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi taxiway (m)
A	I	7,5	1,5
B	II	10,5	2,25
C	III	15	3 ^a
			4,5 ^b
D	IV	18 ^c	4,5
		23 ^d	
E	V	23	4,5
F	VI	25	4,5

Taxiway Curves

Perubahan arah dalam *taxiway* harus memenuhi radius minimum, penetapan rencana kecepatan minimum terdapat dalam Tabel 2.18. Untuk ilustrasi *taxiway curves* dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Tabel 2.18. *Taxiway Curves* (SKEP 77 Tahun 2005)

Taxiway Design Speed (km/h)	Radius of Curve (m)
20	24
30	54
40	96
50	150
60	216
70	294
80	384
90	486
100	600



Gambar 2.9. *Taxiway Curves* (ICAO, 2016)

Jarak Pemisah antar Taxiway (*Taxiway Minimum Separation Distance*)

Jarak pemisahan antara garis tengah *taxiway* dan garis tengah *runway*, tidak boleh kurang dari dimensi yang tertera pada Tabel 2.19, untuk ilustrasi jarak pemisah minimum dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Tabel 2.19. Jarak Pemisah Minimum *Taxiway* (ICAO, 2016)

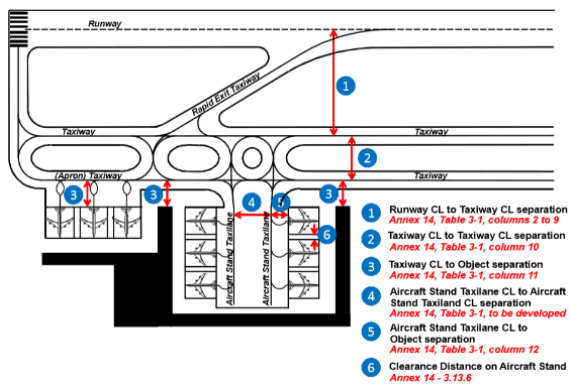
Code Letter /Penggolongan Pesawat	Jarak antara Garis Tengah <i>Taxiway</i> dengan Garis Tengah <i>Runway</i> (m)							
	Landasan Instrumen				Landasan non-Intrumen			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A/I	82,5	82,5	-	-	12	47,5	-	-
B/II	87	87	-	-	16,5	52	-	-
C/III	-	-	168	-	24,5	-	93	-
D/IV	-	-	176	176	36	-	101	101
E/V	-	-	-	182,5	42,5	-	-	107,5
F/VI	-	-	-	190	50,5	-	-	115

Kemiringan Memanjang (*Longitudinal Slope*)

Untuk kemiringan memanjang pada *taxiway* dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Kemiringan Melintang (*Transverse Slope*)

Kemiringan melintang *taxiway* harus cukup memadai untuk mencegah penambahan air dan tidak kurang dari 1%, nilai maksimumnya dapat dilihat pada Tabel 2.21.



Gambar 2.10. Ilustrasi *Taxiway Separation Distance* (ICAO, 2005)

Tabel 2.20. Kemiringan Memanjang *Taxiway* (ICAO, 2016)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Memanjang (%)	Perubahan Maksimum Kemiringan (%)/(m)
A	I	3	1 per 25
B	II	3	1 per 25
C	III	1,5	1 per 30
D	IV	1,5	1 per 30
E	V	1,5	1 per 30
F	VI	1,5	1 per 30

Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Jarak pandang dari titik dengan ketinggian (h) 1,5 m sampai 2 m diatas *taxiway* harus dapat melihat permukaan pesawat sampai jarak (d) minimum dari titik tersebut. Jarak minimum dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22. Jarak Pandang *Taxiway* (ICAO, 2016)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak pandang dari titik tengah (m)
A	I	1,5
B	II	2
C	III	3
D	IV	3
E	V	3
F	VI	3

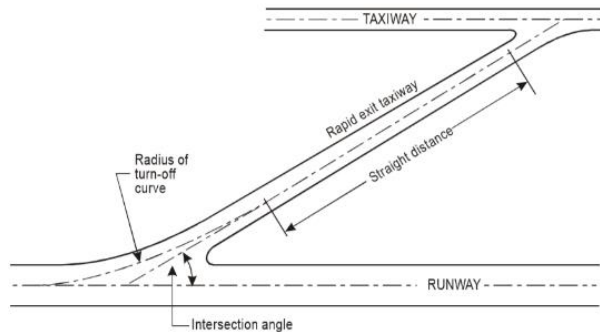
Rapid Exit Taxiway (RETS)

Merupakan *taxiway* yang terhubung ke *runway* dengan sudut belokan yang tajam dan dirancang untuk pesawat berbelok dengan kecepatan tinggi, sehingga dapat mengurangi waktu penggunaan *runway* (ROT). Ilustrasi *rapid exit taxiway* dapat dilihat pada Gambar 2.11. Kriteria perencanaan dasar yang harus dipertimbangkan ketika merencanakan *rapid exit taxiway*, sebagai berikut.

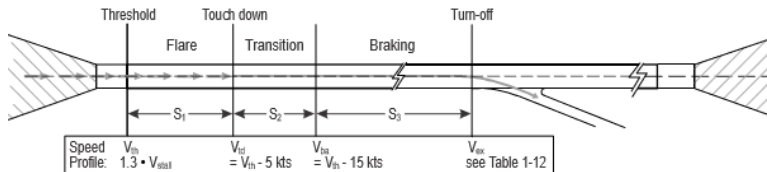
- a) Untuk *runway* yang dikhususkan untuk melakukan pendaratan (*landing*), jika ingin mengurangi waktu penggunaan *runway* (ROT);
- b) Untuk *runway* yang digunakan untuk pendaratan (*landing*) dan keberangkatan (*takeoff*), pemisahan antara waktu pendaratan dan lepas landas merupakan faktor utama yang membatasi kapasitas landasan;
- c) Karena jenis pesawat yang berbeda, maka pesawat campuran merupakan kriteria penting;
- d) Kecepatan ambang, kemampuan pengereman dan kecepatan keluar (V_{ex}) akan menentukan lokasi *exit taxiway*.

Metode untuk menentukan lokasi *exit taxiway* berdasarkan *ICAO Part 2: Taxiway Chapter 1 Section 1.3*, disebut dengan “Metode Tiga Segmen”, karena terdiri dari tiga segmen, yaitu saat diambang, saat pengereman, dan saat berbelok keluar.

Ilustrasi metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.12. Sebelumnya, pesawat terbang dikelompokkan berdasarkan kecepatan pendekatan (*approach speed*) dan kecepatan saat *touchdown* (*touchdown speed*). Pengelompokkannya dapat dilihat pada Tabel 2.23.



Gambar 2.11. Ilustrasi *Rapid Exit Taxiway* (ICAO, 2016)



Gambar 2.12. Metode Tiga Segmen (ICAO, 2005)

Total jarak (S) merupakan jumlah dari tiga segmen yang dihitung secara terpisah, sebagai berikut:

- Segmen 1 : Jarak yang dibutuhkan dari threshold hingga roda utama *touchdown* (S_1)
- Segmen 2 : Jarak yang dibutuhkan untuk transisi dari roda utama menyentuh *touchdown* hingga pengereman (S_2)
- Segmen 3 : Jarak yang dibutuhkan untuk perlambatan dengan mode pengereman normal menuju *turnoff* (S_3)

Tabel 2.23. Pengelompokan Pesawat Berdasarkan *Approach Speed* (ICAO, 2005)

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

Pemilihan terakhir dari lokasi *rapid exit taxiway* dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti:

- Lokasi terminal/apron;
- Lokasi *runway* yang lainnya serta lokasi *exitnya*;
- Optimalisasi aliran lalu lintas dalam sistem *taxiway* sehubungan dengan kontrol lalu lintas;
- Menghindari jalan memutar *taxi* yang tidak perlu.

Terdapat radius dan besarnya kecepatan keluar pada *rapid exit taxiway*, dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.24. Kecepatan Pesawat dengan Radius *Rapid Exit Taxiway* (ICAO, 2005)

Radius (R) (m)	V _{des} (knots)	V _{op} (knots)
40	14	13
60	17	16
120	24	22
160	28	24
240	34	27
375	43	30
550	52	33

Keterangan Tabel 2.24:

V_{des} (V design) = digunakan untuk perencanaan

V_{op} (V optimum) = diiugunakan untuk menghitung lokasi *exit*

Rapid exit taxiway yang mencakup jarak lurus setelah belokan untuk pesawat berhenti, saat sudut persimpangan 30° dengan jarak yang tidak kurang dari 35 meter untuk *runway* dengan *code number* 1 dan 2, serta 75 meter untuk *runway* dengan *code number* 3 dan 4. Jarak tersebut didasarkan pada perlambatan $0,76 \text{ m/s}^2$ di sepanjang kurva *turnoff* dan $1,52 \text{ m/s}^2$ di sepanjang bagian yang lurus. Besar sudut perpotongan *rapidexit taxiway* dengan *runway* agar tidak lebih besar dari 45° atau tidak kurang dari atau tidak kurang dari 25° , sebaiknya sebesar 30° (ICAO, 2005).

Bahu Taxiway (Taxiway Shoulders)

Bagian yang lurus dari *taxiway* harus dilengkapi bahu dengan luasan simetris pada setiap sisi dari *taxiway*. Lebar dari keseluruhan *taxiway* dan bahu pada bagian lurus minimum dapat dilihat pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25. *Taxiway Shoulder Minimum* (ICAO, 2016)

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Minimum Bahu Taxiway Pada Bagian Lurus (m)
A	I	25
B	II	25
C	III	25
D	IV	38
E	V	44
F	VI	60

Taxiway Strips

Jalur *taxiway* harus meluas secara simetris pada setiap sisi garis tengah *taxiway* sepanjang panjang *taxiway* hingga jarak

dari garis tengah, serta jarak minimum bagian tengah *taxiway*, diberikan pada Tabel 2.26.

Tabel 2.26. *Taxiway Strips* (ICAO, 2016)

Code Letter /Penggolongan Pesawat	Jarak Minimum Bagian Tengah Strip Garis Tengah Taxiway (Harus Graded Area) (m)	Maksimum Kemiringan Keatas Yang Diratakan (%)	Maksimum Kemiringan Kebawah Yang Diratakan (%)
A/I	11	3	5
B/II	12,5	3	5
C/III	12,5	2,5	5
D/IV	19	2,5	5
E/V	22	2,5	5
F/VI	30	2,5	5

Fillet Taxiway

Untuk dimensi *fillet* pada *taxiway* dapat dilihat pada Tabel 2.27. Ilustrasi *fillet taxiway* dapat dilihat pada Gambar 2.13.

Untuk dimensi jari-jari *fillet* pada *taxiway* dapat dilihat pada Tabel 2.28, dan untuk ilustrasi jari-jari *fillet* pada *taxiway* dapat dilihat pada Gambar 2.13.

2.7. Runway Occupancy Time (ROT)

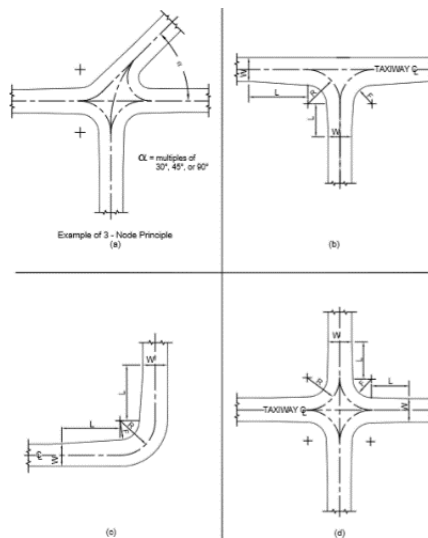
Merupakan total waktu yang digunakan pesawat untuk menggunakan *runway*, dengan prosedur sebagai berikut:

- Jarak dari *threshold* ke *touchdown* roda utama;
- Waktu yang diperlukan toda depa hingga menyentuh perkerasan setelah roda utama menyentuh perkerasan;
- Waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan keluar dari waktu roda depan menyentuh perkerasan dan melakukan pengereman;

d) Waktu yang diperlukan untuk berbelok ke *exit taxiway*.

Tabel 2.27. Dimensi *Fillet Taxiway* (SKEP 77 Tahun 2005)

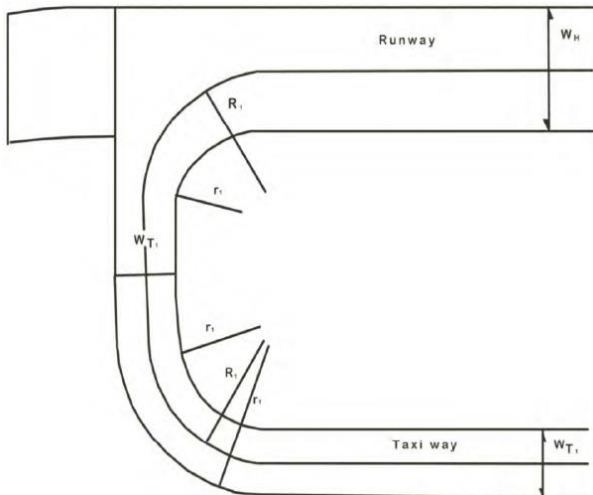
Code Letter /Penggolongan Pesawat	Putaran <i>taxiway</i> (R) (m)	Panjang dari peralihan ke <i>fillet</i> (L) (m)	Jari-jari <i>fillet</i> untuk <i>jugmental oversteering symmetrical widening</i> (F) (m)	Jari-jari <i>fillet tracking centre line</i> (F) (m)
A/I	22,5	15	18,75	18
B/II	22,5	15	17,75	16,5
C/III	30	45	20,4	16,5
D/IV	45	75	31,5 – 33	25
E/V	45	75	31,5 – 33	25
F/VI	45	75	31,5 – 33	25



Gambar 2.13. Ilustrasi *Fillet Taxiway* (FAA, 1989)

Tabel 2.28. Jari – jari *Fillet Taxiway* (SKEP 77 Tahun 2005)

Code Letter /Penggolongan Pesawat	Lebar dari dan keluar <i>taxiway</i> (W_{T1}) (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	r_0 (m)	r_1 (m)	r_2 (m)
A/I	30	30	30	39	25	25
B/II	26,5	41,5	30	41,5	25	30
C/III	26,5	41,5	41,5	53	25	35
D/IV	26,5	30	30	71,5	35	55
E/V	23	60	60	71,5	35	55
F/VI	18	60	60	75	45	50

Gambar 2.14. Radius *Fillet* (SKEP 77 Tahun 2014)

2.8. Kapasitas *Runway*

Kapasitas *runway* dapat didefinisikan sebagai kemampuan system *runway* untuk mengakomodasi pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*takeoff*), yang dinyatakan dalam

jumlah operasi pergerakan pesawat per satuan waktu (dalam operasi per jam, atau operasi per tahun).

Pada perhitungan kapasitas *runway* menggunakan dua metode, yaitu: Matematis (Matriks) dan Grafis (*Time – Space Daigram*)

2.8.1. Perhitungan dengan Metode Matematis

A. Operasi Kedatangan Saja

Kapasitas system *runway* untuk operasi kedatangan dipengaruhi oleh faktor berikut ini.

- a) Campuran pesawat yang beroperasi;
- b) Kecepatan *approach* dari berbagai jenis pesawat;
- c) Panjang *approach path*;
- d) Aturan minimum separasi lalu lintas udara;
- e) Rata-rata ROT (*Runway Occupancy Time*);
- f) Besarnya kesalahan saat kedatangan di titik masuk ke *approach*;
- g) Probabilitas pelanggaran yang ditentukan dari pemisahan lalu lintas udara.

Aturan Separasi Lalu Lintas Udara

Terdapat pada ICAO dalam *Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management, Chapter 4, Section 4.9*, mengelompokkan pesawat ke dalam 3 kategori berdasarkan MTOW (beban maksimum untuk *takeoff*), dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29. Kategori Pesawat Berdasarkan MTOW (ICAO, 2001)

Kategori Pesawat	MTOW (kg)
Heavy (H)	>136.000
Medium (M)	136.000 – 7.000
Light (L)	<7.000

Menentukan separasi lalu lintas udara berdasarkan pada ICAO dalam *Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management, Chapter 8, Section 8.7*, menerapkan pemisahan separasi seperti pada Tabel 2.30.

Separasi longitudinal antar pesawat dapat dinyatakan dalam satuan waktu (menit) dan jarak (nautical mile). Berikut aturan separasi longitudinal yang terkait dengan perhitungan kapasitas *runway* berdasarkan ketentuan ICAO yang terdapat dalam *Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management*, yaitu:

- a. Separasi minimum antar pesawat yang berangkat dalam *runway* yang sama (*Chapter 5, Section 5.6*):
 - Separasi 1 menit, jika pesawat terbang menyimpang setidaknya 45° setelah lepas landas
 - Separasi 2 menit, apabila antara *takeoff* pesawat sebelumnya 74 km/jam (40 knots) atau lebih cepat dari kedua pesawat yang berada pada jalur yang sama.
- b. Horizontal radar separation minimum adalah 9,3 km (5 nm) (*Chapter 8, Section 8.7*)

Tabel 2.30. *Separation Minimum (ICAO, 2001)*

Aircraft Category		Separation minimal
Preceding aircraft	Succeeding aircraft	
Heavy	Heavy	7,4 km (4,0 nm)
	Medium	9,3 km (5,0 nm)
	Light	11,1 km (6,0 nm)
Medium	Light	9,3 km (5,0 nm)

Dapat digunakan ketika:

- a) Sebuah pesawat yang beroperasi diikuti dengan pesawat lain pada ketinggian yang sama atau kurang dari 300 meter (1000 ft);
- b) Kedua pesawat menggunakan *runway* yang sama, atau *runway* parallel yang dipisahkan kurang dari 760 meter;

-
- c) Sebuah pesawat melintas dibelakang pesawat lain pada ketinggian yang sama, atau kurang dari 300 meter (1000 ft).

Operasi Kedatangan Saja (Bebas Kesalahan)

Mewakili suatu sistem yang sempurna tanpa kesalahan, dimana pesawat beroperasi sesuai dengan jadwal yang ada. Terdapat separasi minimum antar-kedatangan, serta panjang jalur pendekatan.

Operasi Kedatangan Saja (Kesalahan Posisi)

Untuk mengatasi terjadinya kesalahan posisi, perlu adanya tambahan waktu yang disebut “*buffer time*”, untuk memastikan bahwa pemisahan antar-minimum dapat dipertahankan. Ilustrasi kesalahan posisi dapat dilihat pada Gambar 2.15. Ukuran *buffer time* tergantung pada kemungkinan pelanggaran aturan pemisahan minimal yang dapat diterima.

B. Operasi Keberangkatan Saja

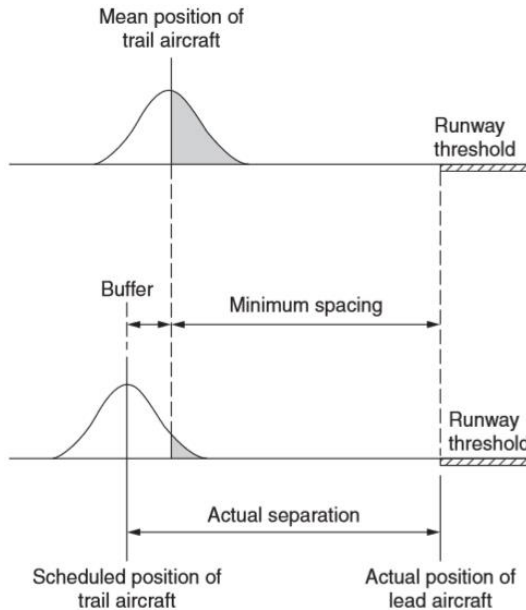
Menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang berangkat saja. Selanjutnya dapat menghitung nilai perkiraan waktu antar kedatangan (*interdeparture time*) yang merupakan hasil kali dari probabilitas terjadinya urutan pesawat i diikuti dengan pesawat j yang disebut P_{ij} dengan separasi waktu antar kedatangan pesawat i diikuti dengan pesawat j yang telah disusun dalam matriks (t_d).

C. Operasi Campuran

Model perhitungan kapasitas *runway* untuk operasi campuran, berdasar pada 4 aturan operasi, yaitu:

- a) Kedatangan mempunyai prioritas utama daripada keberangkatan;
- b) Hanya satu pesawat yang dapat memakai *runway* dalam satu waktu tertentu;
- c) Keberangkatan tidak dapat diijinkan jika pesawat yang datang kurang dari separasi yang ditentukan dari *runway threshold*;

- d) Separasi minimum antar pesawat yang berangkat sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.



Gambar 2.15. Ilustrasi *Buffer Time* Ketika Terjadi Kesalahan Posisi (Horonjeff, 2010)

2.8.2. Perhitungan dengan Metode Grafis

Aturan dasar untuk melayani pesawat:

- Dua pesawat tidak dapat melakukan operasi di landasan pacu yang sama;
- Pesawat yang datang memiliki prioritas untuk menggunakan landasan pacu;
- Keberangkatan dapat dirilis jika kedatangan berikutnya memiliki jarak tertentu dari ambang landasan pacu (*runway threshold*).

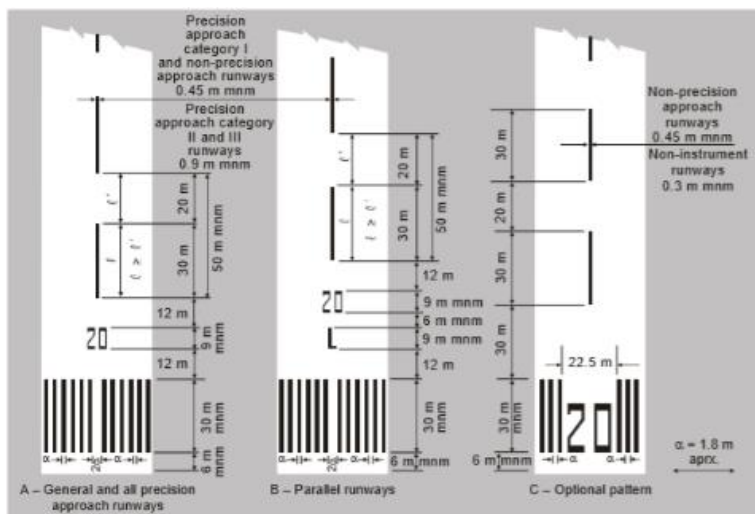
2.9. Marka pada *Runway* dan *Taxiway*

Marka *runway* harus berwarna putih pada semua beton, aspal, atau permukaan *runway* yang dilapis. Marka *taxiway*, marka *turn-pad runway*, dan *aircraft stand markings* harus berwarna kuning.

2.9.1. Marka pada *Runway*

1. *Runway Designation Marking*

Marka *runway designation* harus meliputi dua digit nomor dan pada *runway* paralel harus dilengkapi dengan huruf. Jika hanya terdapat angka satu digit, maka harus didahului dengan nol. Marka *runway designation* dibuat sesuai dengan Gambar 2.16. Angka dan huruf harus berada dalam bentuk dan proporsinya tidak boleh kurang dari yang diperlihatkan dalam Gambar 2.17.



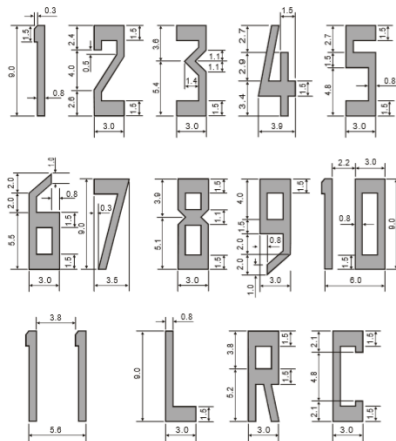
Gambar 2.16. Runway Designation, Centerline, and Threshold Markings (ICAO, 2016)

2. **Runway Centreline Marking**

Marka *runway centreline* harus dibuat pada *runway* yang diperkeras. Marka *runway centreline* dapat dihilangkan dalam kasus lebar *runway* 18 meter dimana terdapat marka *side stripe* di sisi *runway*. Marka *runway centreline* harus dibuat di sepanjang garis tengah *runway*, dapat dilihat pada Gambar 2.16. Terdiri dari garis-garis yang berselang seling dengan panjang sama. Panjang keseluruhan garis putih dan jeda antara 50 meter – 75 meter. Panjang setiap garis setidaknya harus sama dengan panjang jeda/gap atau sepanjang 30 meter. Garis pertama dimulai 12 meter dari *runway designation number*.

Lebar garis harus tidak kurang dari:

- 0,90 meter pada *precision approach runway category II* dan *III*;
- 0,45 meter pada *non-precision approach runway* dengan *code number* 3 atau 4, dan *precision approach runway category I*;
- 0,30 meter pada *non-precision approach runway* dengan *code number* 1 atau 2, dan pada *non-instrument runway*.



Note.— All units are expressed in metres.

Gambar 2.17. Dimensi Untuk Huruf dan Angka (ICAO, 2016)

3. *Threshold Marking*

Marka *runway threshold* harus terdiri dari pola garis – garis memanjang dengan dimensi sama dan ditempatkan secara simetris di sekitar garis tengah *runway* sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2.16. Jumlah garis harus sesuai dengan lebar *runway* sebagaimana yang tertera dalam Tabel 2.31. Marka garis *threshold* berawal 6 meter dari ujung *runway*.

Tabel 2.31. Jumlah Garis (ICAO, 2016)

Lebar <i>runway</i> (m)	Jumlah garis (buah)
18	4
23	6
30	8
45	12
60	16

4. *Runway Aiming Point*

Marka *aiming point* harus disediakan pada setiap akhir pendekata pada *runway instrument* yang diperkeras dengan *code number* 2, 3, dan 4. Permulaan marka *aiming point* harus tidak berdekatan dengan *threshold* dibandingkan dengan jarak yang tertera dalam Tabel 2.32. Marka *aiming point* terdiri dari dua strip yang di cat putih. Jika marka *touchdown zone* disediakan, maka jarak lateral antara *aiming point* dan marka *touchdown zone* harus sama.

Keterangan Tabel 2.32:

^a = Digunakan dimensi jarak yang lebih besar jika ingin membuatnya lebih jelas.

^b = Jarak lateral dapat beragam dalam tiga batasan untuk meminilkan kontaminasi penumpukan/deposit karet.

^c = Gambar ini disimpulkan dalam berkaitan dengan rentang roda utama luar.

Tabel 2.32. Standar Marka Runway *Aiming Point* (ICAO, 2016)

Lokasi dan Dimensi	Jarak Pendaratan yang tersedia (m)			
	< 800 m	800 m – 1200 m	1200 m – 2400 m	>2400 m
Jarak dari <i>threshold</i> ke awal marka	150	250	300	400
Panjang garis ^a	30 – 45	30 – 45	45 – 60	45 – 60
Lebar garis	4	6	6 – 10 ^b	6 – 10 ^b
Jarak lateral antara sisi dalam garis – garis	6 ^c	9 ^c	18 – 22,5	18 -22,5

5. *Touchdown Zone Marking*

Marka *touchdown zone* harus disediakan dalam daerah persentuhan dari *precision approach runway* yang diperkeras untuk *code number* 2, 3, atau 4. Marka ini terdiri dari pasangan marka segi empat berwarna putih yang berukuran sama di sekitar *runway centerline* dengan beberapa pasang yang berhubungan dengan jarak pendaratan yang tersedia atau jika diterapkan, jarak antara *threshold* sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 2.33.

Tabel 2.33. Jarak Marka Zona *Touchdown* (ICAO, 2016)

Jarak pendaratan yang tersedia/jarak antara <i>threshold</i>	Pasangan marka
< 900 m	1
900 m – 1200 m	2
1200 – 1500 m	3
1500 – 2400 m	4
> 2400 m	6

Marka *touchdown zone* harus sesuai dengan pola yang terdapat dalam Gambar 2.18. Untuk Marka pola A, panjang dan lebar dari marka persegi panjang tunggal tidak boleh kurang dari 22,5 meter dan 3 meter. Jarak lateral antara sisi dalam persegi panjang harus sama dengan marka *aiming point* yang tersedia, jika tidak tersedia, maka jarak lateral antara sisi dalam persegi panjang harus sesuai dengan jarak lateral yang ditentukan untuk marka *aiming point* dalam Tabel 2.32. Pasangan marka harus disediakan pada jarak memanjang 150 meter yang bermula dari *threshold* kecuali jika pasangan-pasangan tersebut berhimpitan dalam jarak 50 meter dari marka *aiming point*, maka harus dihilangkan.

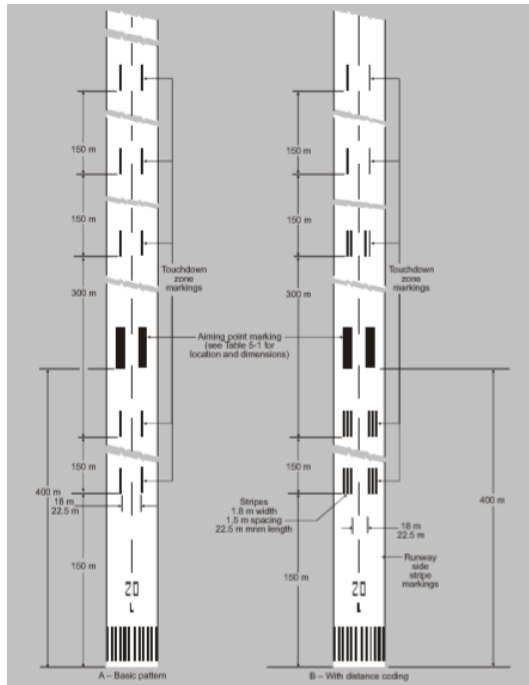
2.9.2. Marka pada Taxiway

1. Taxiway Centreline Marking

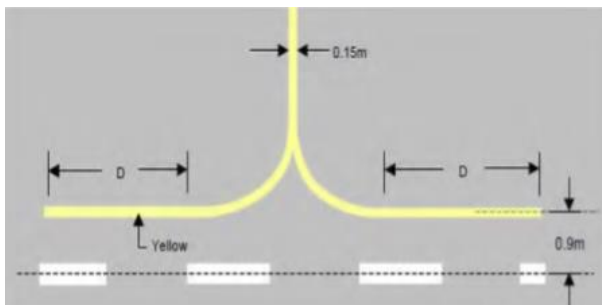
Marka *taxiway centreline* harus disediakan pada semua permukaan *taxiway* yang diperkeras, dalam bentuk garis kuning yang menyambung dan lebar 0,15 meter. Pada bagian lurus, *guideline* harus berada di tengah *taxiway*. Pada *taxiway* yang membelok, *guideline* harus berada paralel pada tepi luar jalur perkerasan dan dalam jarak setengah lebar *taxiway* dari *guideline* tersebut. Efek dari pelebaran potongan apapun di tepi dalam bagian yang membelok diabaikan.

Taxiway centreline pada *runway* tidak boleh menyatu dengan *runway centreline* tetapi berada paralel dengan *runway centreline* untuk jarak (D), dan tidak kurang dari 60 meter dari titik tangensi jika kode nomor *runway* adalah 3 atau 4 dan 30 meter jika kode nomor *runway* 1 atau 2. Marka *taxi guideline* harus *offset* dari marka *runway centreline* di sisi *taxiway* dan 0,9 meter dari marka *runway centreline* pada masing-masing marka, dapat dilihat pada Gambar 2.19.

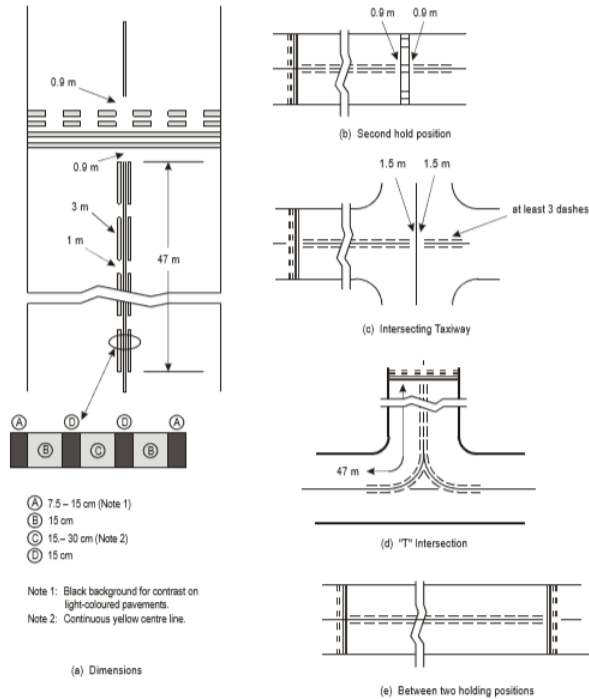
Jika terdapat *runway – holding position* lagi setelah jarak 45 meter, diberi minimum 3 garis putus – putus ke arah menjauh dari *runway* atau menuju *runway – holding position* berikutnya. Untuk ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.18. Aiming Point And Touchdown Zone Marking (ICAO, 2016)



Gambar 2.19. Marka Taxi Bertemu Dengan Marka Lainnya (KP 29 Tahun 2014)

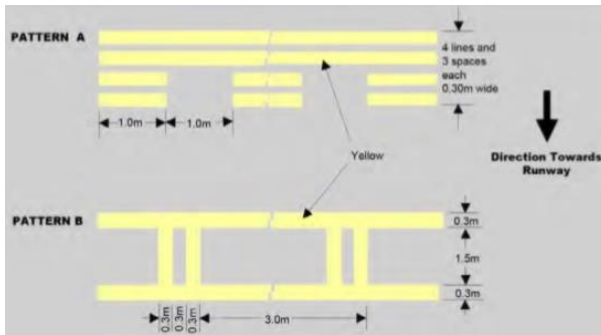


Gambar 2.20. Marka *Taxiway Centerline* pada *Taxiway Intersection* (ICAO, 2016)

2. *Runway Holding Position Marking*

Marka *runway holding position* harus disediakan pada *taxiway* yang diperkeras dimanapun, ketika akan memasuki area *runway*. Marka Pola A harus digunakan pada perpotongan *taxiway* dan *non-instrument runway*, *non-precision* atau *precision approach category I runway*, dan *precision approach category II* atau *III runway* jika hanya 1 posisi *runway* holding yang ditandai. Pola A juga harus digunakan untuk menandai *runway* (*runway intersection*), jika satu dari *runway* digunakan sebagai bagian dari rute standard *taxi*. Marka Pola B harus digunakan jika dua atau tiga

posisi *runway holding* disediakan pada perpotongan *taxiway* dengan *runway precision approach*. Marka yang terdekat dengan *runway* harus merupakan Marka Pola A. Marka yang lebih jauh dari *runway* harus merupakan Pola B. Lihat Gambar 2.21 untuk penggunaan Pola A dan Pola B.



Gambar 2.21. Marka *Runway – Holding Position* Pola A dan Pola B (KP 29 Tahun 2014)

3. *Runway Turnpad Marking*

Desain rancangan marka *turnpad* harus dibuat sedemikian rupa, sehingga saat kokpit pesawat masih di atas marka *runway turnpad*, maka jarak bebas antara roda *gear/gigi* pendaratan pesawat manapun dengan tepi *runway turnpad* harus tidak kurang dari yang telah ditetapkan dalam tabel Tabel 2.34.

2.10. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Untuk menjamin keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya diperlukan kawasan keselamatan operasi penerbangan untuk mengendalikan ketinggian benda tumbuh dan pendirian bangunan di bandar udara dan sekitarnya. (KM 48 Tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan Bandar Udara).

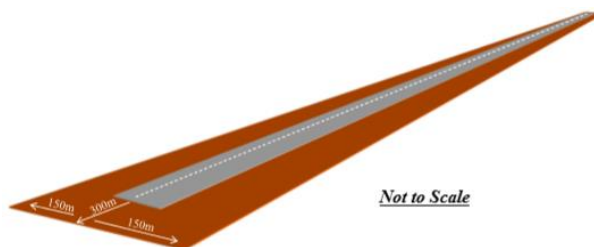
Kawasan keselamatan operasi penerbangan di sekitar bandara meliputi: (ICAO, 2016)

Tabel 2.34. *Turnpad Marking Clearance* (ICAO, 2016)

Kode Huruf	Clearance (m)
A	1,5
B	2,25
C	3, jika <i>wheelbase</i> kurang dari 18 meter
	4,5, jika <i>wheelbase</i> sama atau lebih besar dari 18 meter
D	4,5
E	4,5
F	4,5

2.10.1. *Runway Strips* dan RESA

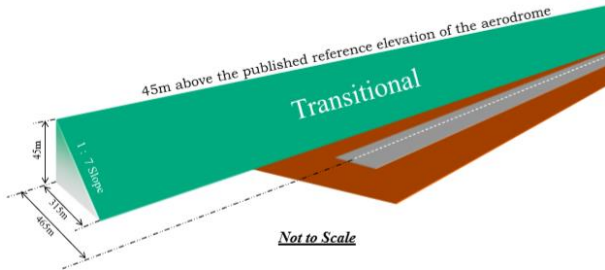
Untuk tujuan menentukan hambatan di sisi *runway*, *runway strips* direferensikan secara horizontal ke ujung *runway* dan secara vertikal ke ambang batas tertinggi pada fasilitas. Memanjang 300 meter (60 meter dari strip, keluar sejauh 240 meter) dan lebar 150 meter dari garis tengah *runway*, untuk ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22. *Runway Strips* dan RESA (ICAO, 2016)

2.10.2. *Transitional Surface*

Membentang keluar (tegak lurus dengan garis tengah di setiap landasan), dari *runway strips* sejauh 315 meter pada kemiringan 1:7 keatas hingga ketinggian 45 meter diatas ketinggian landasan pacu. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.23.



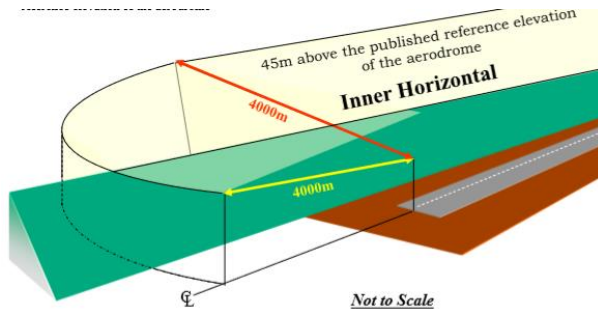
Gambar 2.23. *Transitional Surface* (ICAO, 2016)

2.10.3. *Inner Horizontal Surface*

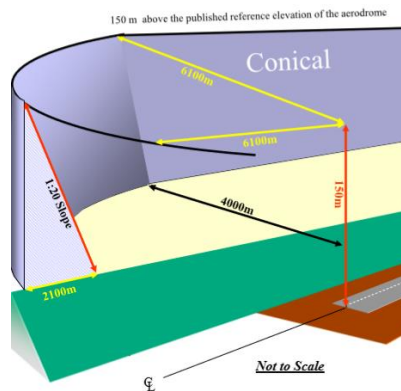
Permukaan horizontal ditentukan oleh dua setengah lingkaran yang berpusat pada ujung *runway* dan disatukan oleh garis singgung. Jari – jari setengah lingkaran adalah 4.000 meter dan garis yang sejajar dengan landasan memiliki jarak 4.000 meter. Permukaannya konstan 45 meter di atas elevasi landasan pacu. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.24.

2.10.4. *Conical Surface*

Dimulai dari tepi luar permukaan horizontal dalam. Tepi luarnya didefinisikan oleh dua setengah lingkaran yang berpusat di ujung landasan dengan jari – jari 6.100 meter, sedangkan lingkaran dalamnya memiliki jarak 4.000 meter dari ujung landasan. *Conical surface* ini memiliki ketinggian 150 meter dari elevasi landasan pacu. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.24. *Inner Horizontal Surface* (ICAO, 2016)

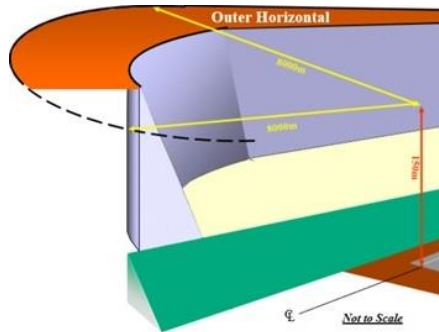


Gambar 2.25. *Conical Surface* (ICAO, 2016)

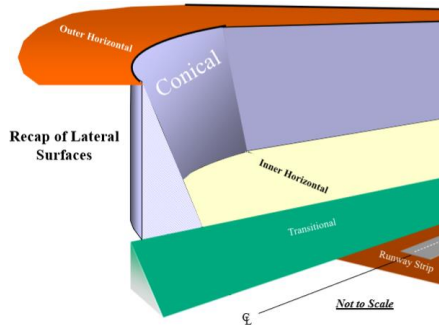
2.10.5. *Outer Horizontal Surface*

Dimulai dari tepi luar *conical surface*. Memanjang keluar dan sejajar dengan *runway* sejauh 8.000 meter, dengan ketinggian 150 meter dari elevasi landasan pacu. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.26.

Berikut rekap dari permukaan lateral, yang terdiri dari: *Runway strips, transitional surface, inner horizontal surface, conical surface, outer horizontal surface*. Dapat dilihat pada Gambar 2.27.



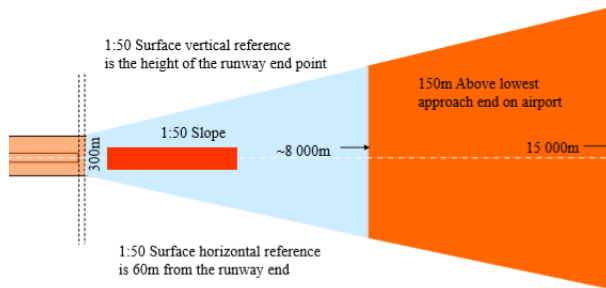
Gambar 2.26. *Outer Horizontal Surface* (ICAO, 2016)



Gambar 2.27. Rekapitulasi Permukaan Lateral (ICAO, 2016)

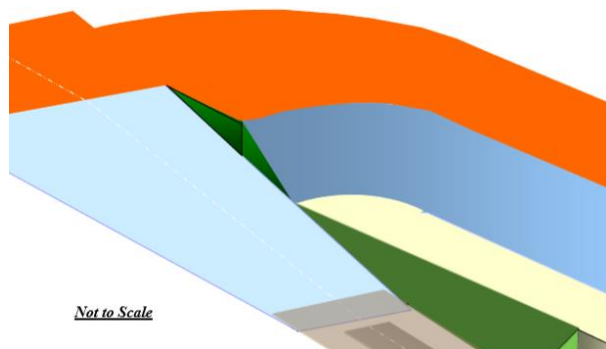
2.10.6. *Approach/Departure Surfaces*

Dimulai dari ujung *runway* yang diberi jarak 60 meter, kemudian memanjang keluar searah dengan *runway* sejauh ± 8.000 meter dengan ketinggian dimulai dari 0 meter hingga 150 meter. Untuk *approach* diperpanjang hingga 15.000 meter dengan ketinggian 150 meter. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28. *Approach/Departure Surface* (ICAO, 2016)

Keseluruhan KKOP (*Approach/departure surface* + *lateral surface*), dapat dilihat pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (ICAO, 2016)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Sebelum mengerjakan tugas akhir, perlu disusun langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data sekunder, analisis data terkait kesesuaian dengan ICAO Annex 14, dan kesimpulan. Diagram alir pada pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menambah informasi mengenai bandara yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir. Dari studi literatur ini didapatkan kriteria desain yang akan digunakan dalam pengolahan data. Untuk kriteria desain, mengacu pada ICAO Annex 14 dan FAA.

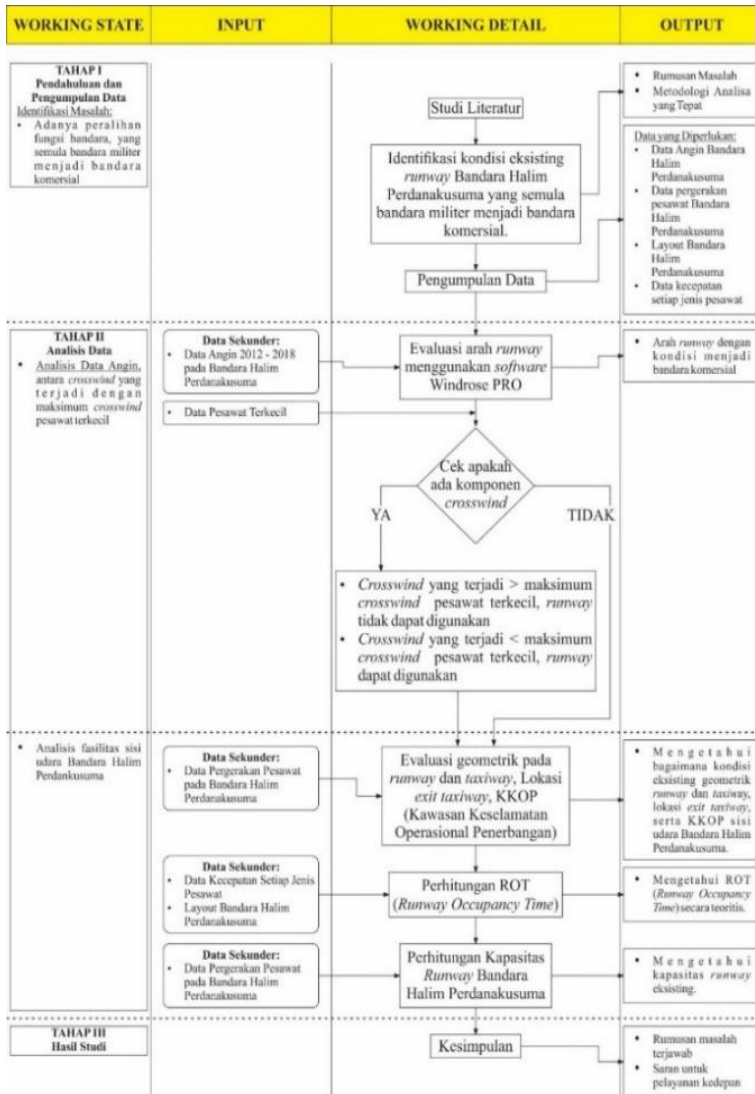
3.3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan cara perumusan masalah yang ada pada kondisi saat ini, seperti perencanaan ulang arah *runway* sesuai dengan arah angin di Bandara Halim Perdanakusuma, perencanaan ulang kebutuhan panjang *runway* sesuai dengan pesawat yang *take off* dan *landing* pada kedua arah *runway* di Bandara Halim Perdanakusuma, dan geometrik Bandara Halim Perdanakusuma.

3.4. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir. Data – data yang dibutuhkan adalah data sekunder, merupakan data yang didapatkan dengan cara mempelajari literatur yang ada. Data sekunder yang didapatkan meliputi:

- a. **Data angin**, digunakan untuk menentukan arah *runway*;



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah Memperoleh Data Angin.

Langkah – langkah untuk memperoleh data angin dari www.noaa.gov, sebagai berikut:

1. Buka website www.noaa.gov, atau bisa juga langsung <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/dataproduct>. Tampilannya nanti seperti pada Gambar 3.2.



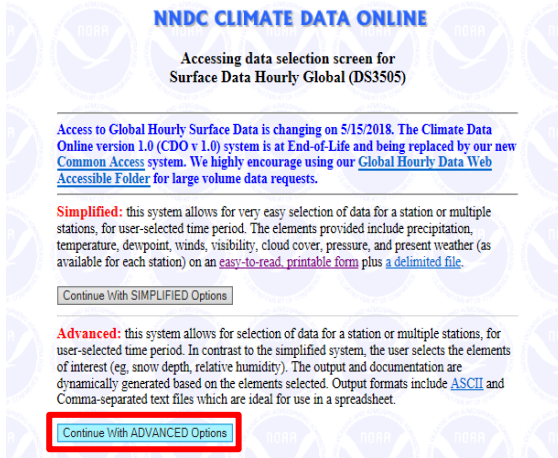
Gambar 3.2. Halaman Muka dari www.noaa.gov

Untuk mendapatkan data angin per hari, pada kolom **DataSet/Product Options**, pilih **Surface Data Hourly Global (Over 10.000 worldwide sites)**. Kemudian klik **Access Data/Products** (Gambar 3.3).



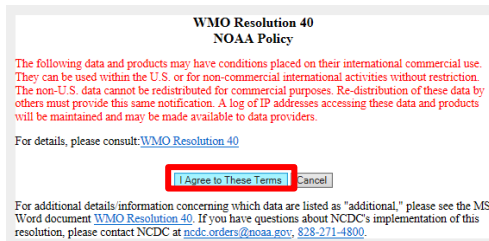
Gambar 3.3. DataSet/Product Options

- Setelah itu muncul *dialog box* seperti pada Gambar 3.4, kemudian pilih **Continue With ADVANCED Options**.



Gambar 3.4. Dialog Box Pada *Advanced Options*

Lalu muncul *dialog box* tentang kebijakan dari NOAA, pilih saja **I Agree to These Terms** (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Kebijakan NOAA

- Muncul menu pengambilan data berdasarkan beberapa pilihan, yaitu : *Worldwide, Geographic Region, Country, Station Range*. Disini pilih berdasarkan negara (**Country**), Indonesia, lalu klik **Continue** (Gambar 3.6)

Surface Data Hourly Global (DS3505)

Retrieve data for:

Worldwide

Geographic Region Asia

Country Indonesia

Station Range (IDs): to

Continue

Data Documentation

<input type="checkbox"/> icon	Data format documentation (complete dataset, PDF)
<input type="checkbox"/> icon	Space delimited data sample, without station names
<input type="checkbox"/> icon	Space delimited documentation sample, without station names
<input type="checkbox"/> icon	Space delimited data sample, with station names
<input type="checkbox"/> icon	Space delimited documentation sample, with station names
<input type="checkbox"/> icon	Webform data sample
<input type="checkbox"/> icon	Webform and Text file documentation sample
<input type="checkbox"/> icon	Station list (may take several minutes to load)
<input type="checkbox"/> icon	Data Issues

Gambar 3.6. Pemilihan Pengambilan Data Angin

Klik **Continue**, seperti pada Gambar 3.7.

Surface Data Hourly Global (DS3505)

Retrieve data for:

Selected INDONESIA stations - Note: may be slow to load station list on next page

Continue

Gambar 3.7. Pemilihan Data Angin Dari Indonesia

- Selanjutnya memilih stasiun angin yang digunakan, pada Tugas Akhir yang terletak di Bandara Halim Perdanakusuma, pilih

Halim Perdanakusuma INTL, kemudian klik **Continue** (Gambar 3.8).

Surface Data Hourly Global (DS3505)

Selected INDONESIA stations - Note: may be slow to load station list on next page

Select Stations:

DEVALENTARA.....	9787899999	06/2012	to	09/2014
H. A.S. SAMPALUJEDDIN.....	9624909999	01/1948	to	09/2018
HALIM PERDANAKUSUMA INTL.....	9674899999	01/2006	to	01/2018
HUSEIN EASTRANEGARA.....	9678109999	06/1960	to	09/2018
HUSEIN EASTRANEGARA.....	9678199999	10/2007	to	04/2018
ISKANDAR.....	9684609999	01/1962	to	09/2018
ISMAHUTDI.....	9688109999	01/1956	to	02/2006
JAKARTA/KEMAYORAN.....	9674809999	01/1948	to	09/1997
JAKARTA/OBSERVATORY.....	9674609999	01/1942	to	09/2018

Order by Station ID - Order by Station Name

Selecting Multiple Stations

1. To select one station, just click on it.
2. To select multiple sequential stations, click on the first station, scroll down to the last station, hold the Shift key down and click on the last station.
3. To select multiple non-sequential stations, click on the first station, then hold the Control key down while clicking on additional stations. To deselect a station, hold the Control key down while clicking on that station.

Gambar 3.8. Pemilihan Stasiun Data Angin

Selanjutnya pilih **Wind Observation**, karena yang diperlukan data angin yang termasuk arah dan kecepatan angin (Gambar 3.9). Klik **Continue**.

Surface Data Hourly Global (DS3509)

Select Data Element(s)

All Data Elements

Air Temperature Observation

Air Temperature Observation Dewpoint

Atmospheric Pressure Observation

Computed Relative Humidity

Remarks

Sky Condition Observation

Visibility Observation

Wind Observation

Note: Elements flagged *** are often not available, as most locations do not report these data. "All Data Elements" will provide all data available for each location.

Selecting Multiple Elements

1. To select one elements, just click on it
2. To select multiple sequential elements, click on the first elements, scroll down to the last elements, hold the Shift key down and click on the last elements.
3. To select multiple non-sequential elements, click on the first elements, then hold the Control key down while clicking on additional elements. To deselect a elements, hold the Control key down while clicking on that elements.

Gambar 3.9. Pemilihan Data Angin Yang Dibutuhkan

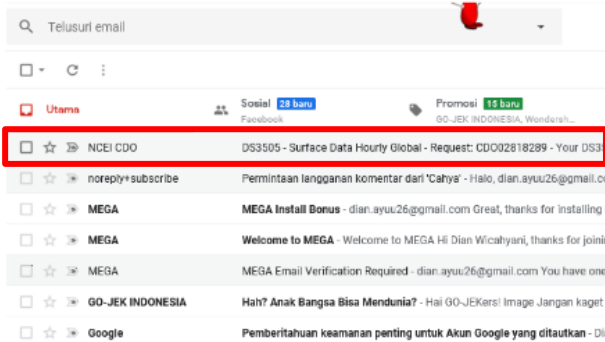
5. format *delimitenya*. Untuk format *delimitenya* lebih disarankan menggunakan *comma* agar pada saat *convert* dari file .txt menjadi file excel bisa lebih rapi (Gambar 3.10).

Gambar 3.10. Pengaturan Format Data Angin

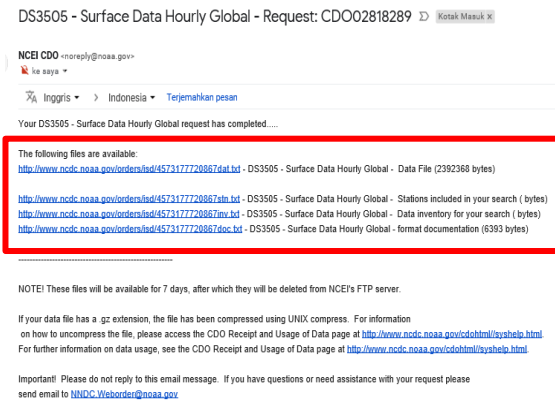
6. Langkah terakhir, centang pada **Inventory Review**, dan pastikan bahwa anda bukan robot, jangan lupa masukan alamat emailnya (Gambar 3.11).

Gambar 3.11. Pengiriman Data Angin ke Email

7. Proses pengambilan data angin pada Bandara Halim Perdanakusuma sudah selesai. Untuk data anginnya dapat dilihat di email (Gambar 3.12 dan Gambar 3.13).



Gambar 3.12. Email dari NCEI CDO Telah Masuk



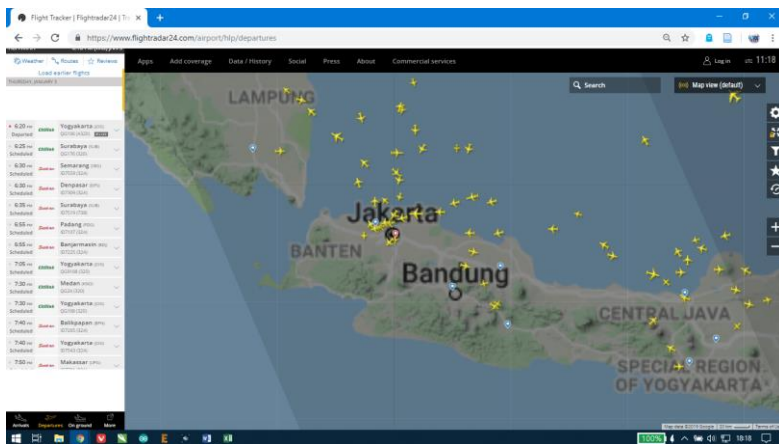
Gambar 3.13. Isi Email dari NCEI CDO

8. Data yang telah diubah menjadi file excel, dapat dilihat pada Tabel 3.1. Beberapa data angin dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 3.1. Data Angin Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

Name	USAF	NCDC	Date	HrMn	I	Type	GCP	Dir	Q	I	Spd	Q
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	0	4	FM-15		190	1	N	1.5	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	100	4	FM-15		200	1	N	2.6	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	200	4	FM-15		190	1	N	3.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	300	4	FM-15		210	1	N	2.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	830	4	FM-15		330	1	N	4.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	900	4	FM-15		360	1	N	3.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	1000	4	FM-15		330	1	N	2.6	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120801	1100	4	FM-15		330	1	N	2.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	0	4	FM-15		210	1	N	2.6	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	100	4	FM-15		210	1	N	1.5	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	200	4	FM-15		130	1	N	2.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	300	4	FM-15		330	1	N	2.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	700	4	FM-15		330	1	N	3.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	800	4	FM-15		20	1	N	5.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	900	4	FM-15		60	1	N	4.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120802	1000	4	FM-15		360	1	N	3.6	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120803	600	4	FM-15		60	1	N	3.6	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120803	700	4	FM-15		30	1	N	5.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120803	800	4	FM-15		30	1	N	5.1	1
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	967495	99999	20120804	100	4	FM-15		100	1	N	1.5	1

- b. **Data pergerakan pesawat**, digunakan untuk mengetahui tipe pesawat terbesar atau pesawat yang sering menggunakan *runway*, kemudian menghitung geometrik pada sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma (Gambar 3.14);



Gambar 3.14. Website Pengambilan Data Pergerakan Pesawat (<https://www.flightradar24.com/>)

- c. **Layout Bandara Halim Perdanakusuma**, yang akan digunakan untuk mengetahui ukuran geometrik Bandara Halim Perdanakusuma dan sebagai pembanding gambar eksisting dan rencana.
- d. **Data kecepatan setiap jenis pesawat**, yang akan digunakan untuk menghitung ROT (*Runway Occupancy Time*)

3.5. Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan, dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan adalah analisis data angin apakah sudah mencapai utilitas *runway* sebesar 95%, perhitungan fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma, serta perhitungan kapasitas *runway*, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1. Analisa Data Angin

Mengumpulkan data angin (minimal 5 tahun terakhir, boleh lebih dari 5 tahun) pada Bandara Halim Perdanakusuma, yang didapat dari <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/dataproduct>. Disini digunakan data angin dari tahun 2012 – 2018. Berikut pada Gambar 3.14 beberapa data angin dari NOAA, selengkapnya dilihat pada Lampiran.

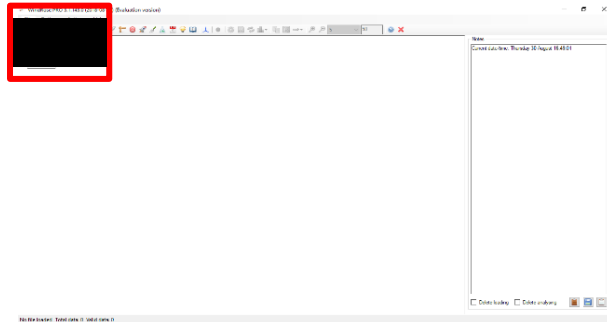
Analisa data angin menggunakan *software* Windrose PRO. Data yang perlu diinput pada *software* Windrose PRO berupa kecepatan (*speed*) dan arah angin (*direction*). Dari Windrose PRO, kita sudah mendapatkan utilisasi *runway*nya beserta *windrose* yang menunjukkan arah *runway* pada Bandara Halim Perdanakusuma.

Analisa Data Angin dengan WindrosePRO

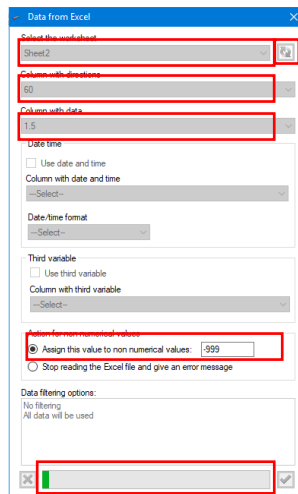
Berikut langkah-langkah penggunaan *software* Windrose PRO.

- a. *Input* data angin kedalam Windrose Pro dengan cara klik **File – Load data** (Gambar 3.15). Data yang dimasukkan berupa file excel yang terdiri dari kecepatan dan arah angin. Setelah klik “**Open**” selanjutnya pilih data pada excel, terdapat pada worksheet berapa, kemudian klik “refresh” disamping worksheet. Pilih kolom *direction* dan arah angin, “data” (Gambar 3.16). Selanjutnya klik tanda centang hijau agar bisa

diinput datanya, prosesnya agak lama, karena datanya terlalu besar (Gambar 3.18)

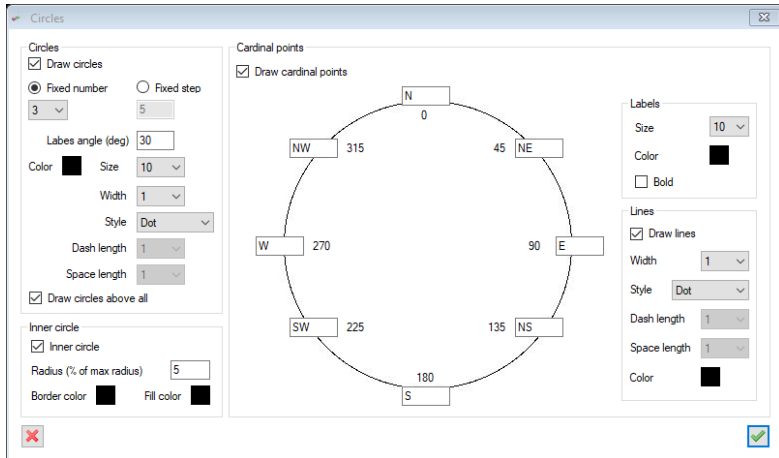


Gambar 3.15. *Input Data ke Windrosepro*



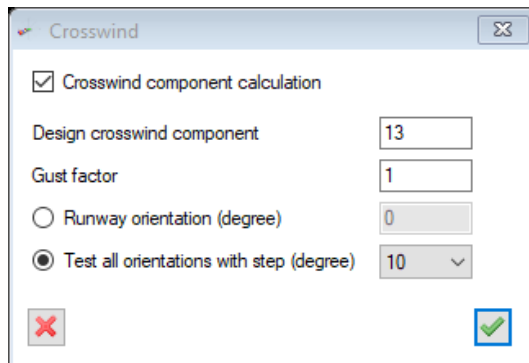
Gambar 3.16. *Proses Input Data*

- b. Selanjutnya pilih **Option – Circles**, untuk mengatur lingkaran pada *windrosenya* (Gambar 3.17)



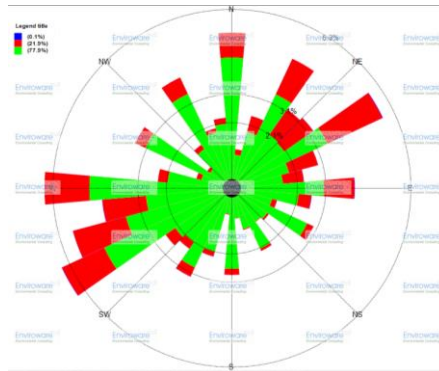
Gambar 3.17. Pengaturan pada “Circle”

- c. Kemudian memasukkan besarnya *crosswind* yang terjadi pada Bandara Halim Perdanakusuma, dengan melihat data pada pesawat terkecil, sebesar 13 knot (berdasarkan ICAO Annex 14 Chapter 3 Section 3.1 dan FAA AC 150/5300 – 13A Chapter 3 Section 302). Untuk *dialog box* dari *crosswind* dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. *Dialog Box* pada *Crosswind*

- d. Untuk menampilkan hasilnya klik **Actions – Analyze – Draw**. Dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19. Hasil *Windrose* dari Windrosepro

Cek *crosswind maximum* yang dapat diterima pada pesawat terkecil yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma. Jika *crosswind* pada Bandara Halim Perdanakusuma lebih besar daripada *crosswind maximum* yang dapat diterima pesawat terkecil dan terjadi pada saat pesawat tersebut beroperasi, maka pesawat tersebut tidak dapat menggunakan *runway* pada saat pesawat terkecil beroperasi. Apabila *crosswind* pada Bandara Halim Perdanakusuma lebih kecil daripada *crosswind maximum* yang dapat diterima pesawat terkecil eksisting, maka *runway* dapat digunakan.

Perhitungan *crosswind*, *headwind*, dan *tailwind* menggunakan rumus:

$$\text{crosswind} = \sin \alpha \times V_{ws} \quad (3.1)$$

$$\text{headwind} = \cos \alpha \times V_{ws} \quad (3.2)$$

$$\text{tailwind} = -\cos \alpha \times V_{ws} \quad (3.3)$$

3.5.2. Perhitungan Kebutuhan Panjang *Runway*

Dari data pergerakan pesawat yang didapatkan, dapat dilihat pesawat terbesar atau pesawat yang sering menggunakan *runway* Bandara Halim Perdanakusuma. Data pesawat yang

beroperasi dapat dilihat pada Tabel 3.2, selengkapnya dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 3.2. Pesawat Beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma
(<https://www.flightradar24.com/>)

No	Tipe Pesawat	14 DESEMBER 2018		15 DESEMBER 2018		16 DESEMBER 2018		17 DESEMBER 2018		Total
		Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	
1	B733	1	1	2	1					145
2	A320	53	54	54	54	63	64	63	63	12406
3	B738	8	9	7	8	8	9	8	9	1752
4	AT76	2	2	1	2	1	2	1	2	319
5	CRJX									92
6	AT75									71
7	A20N	1	1	2	2	1	1	1	1	316
TOTAL PERHARI		65	67	66	67	73	76	73	75	15101

Kemudian dilihat pada karakteristik pesawat, perihal beban maksimum pada saat *landing* dan *take-off*. Untuk mengetahui panjang landasan yang diperlukan, menggunakan grafik pada karakteristik pesawat tersebut, atau bisa langsung menggunakan ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) pesawat tersebut. Untuk data ARFL, dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Setelah mengetahui panjang landasan yang dibutuhkan, perlu dikoreksi berdasarkan *temperature*, kemiringan *runway* (*gradient*), elevasi, serta kondisi teknis dan non-teknis. Rumus yang digunakan, sebagai berikut:

Koreksi terhadap elevasi, temperature, gradien

- a. Koreksi terhadap elevasi

$$Fe = 1 + 0,07 \frac{h(m)}{300} \quad (3.4)$$

- b. Koreksi berdasarkan *temperature*

$$Fe = 1 + 0,01(T - (15 - 0,0065h)) \quad (3.5)$$

*) h dalam meter

- c. Koreksi berdasarkan *gradient*

$$s = 1 + 0,1S \quad (3.6)$$

Tabel 3.3. Panjang Landasan

JENIS	ARFL (m)	GRAFIK TAKEOFF (m)	GRAFIK LANDING (m)
Pesawat yang sering ke HLP			
A320	2058	2250	1562
Pesawat terbesar di HLP			
B738	2256	2400	1790
Pesawat lainnya di HLP			
B733	2749	2250	1650
AT76	1290	1367	1067
CRJX	2079	1870	1500
AT75	1290	1333	1067
A20N	2058	2250	1562

Berdasarkan *ICAO Annex 14: Aerodrome Volume I Chapter 3 Section 3.1*, panjang landasan aktual tidak boleh kurang dari panjang landasan pacu yang terpanjang dari hasil koreksi berdasarkan elevasi, suhu (*temperatur*), serta gradien.

3.5.3. Perhitungan Geometrik Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma

Pada perhitungan geometrik, menggunakan pesawat terbesar yang menggunakan *runway* Bandara Halim Perdanakusuma. Menghitung geometrik Bandara Halim Perdanakusuma berdasarkan *standard* yang disyaratkan pada ICAO Annex 14 dan disesuaikan juga dengan FAA, yang dihitung meliputi: *runway*, dan *taxiway*.

3. Elemen yang terkait dengan *runway*:

- a. *Runway strips*
- b. *Runway shoulders*

- c. *Stopways*
 - d. *Clearways*
 - e. *Runway End Safety Area (RESA)*
4. Elemen yang terkait dengan *taxiway*:
- *Taxiway width*
 - *Taxiway curves*
 - *Taxiway minimum separation distances*
 - *Rapid Exit Taxiway (RETS)*

3.5.4. Perhitungan Lokasi *Exit Taxiway*

Data yang diperlukan berupa data kecepatan tiap jenis pesawat. Menggunakan “Metode Tiga Segmen”, dengan perhitungan sebagai berikut.

a) Segmen 1 (Flare/S1)

Dikelompokkan berdasarkan kecepatan pendekatan (*approach speed*). Untuk kategori A dan B, S1 sebesar 250 meter. Sedangkan untuk kategori C dan D, S1 sebesar 450 meter. S1 perlu untuk dikoreksi terhadap kemiringan (*slope*) sebesar 75%

b) Segmen 2 (Transition/S2)

$$S_2 = 10 \times V_{av}, \text{ dimana } V_{av} \text{ dalam } m/s \quad (3.7)$$

$$S_2 = 5 \times (V_{th} - 10), \text{ dimana } V_{th} \text{ dalam } knots \quad (3.8)$$

c) Segmen 3 (Braking/S3)

$$S_3 = \frac{V_{ba}^2 - V_{ex}^2}{2a}, \text{ dimana } V = m/s, a = m/s^2 \quad (3.9)$$

$$S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{8a}, \text{ dimana } V = knots, a = m/s^2 \quad (3.10)$$

Untuk nilai V_{th} merupakan kecepatan pendekatan (*approach speed*) dalam knots, V_{ex} kecepatan pesawat sesuai *code number* 4 sebesar 52 knots, $a = 1,5 m/s^2$. Lokasi *exit taxiway* merupakan jumlah dari tiga segmen yang dihitung secara terpisah. Besar sudut perpotongan *rapidexit taxiway* dengan *runway* agar tidak lebih besar dari 45° atau tidak kurang dari atau tidak kurang dari 25° , sebaiknya sebesar 30° (ICAO, 2005).

3.5.5. Perhitungan ROT (*Runway Occupancy Time*)

Menggunakan data kecepatan pendekatan dan kecepatan *touchdown* tiap jenis pesawat. Serta kecepatan untuk berbelok. Prosedur pada Bab 2 Subbab 2.7, dapat diilustrasikan kedalam rumus sebagai berikut.

$$ROT (R_i) = \frac{V_{ot}-V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td}-V_e}{2a_2} + t \quad (3.11)$$

Dimana:

V_{ot} = total waktu penggunaan *runway* (s)

V_{ot} = kecepatan pesawat saat melewati ujung *runway* (ft/s)

V_{td} = kecepatan pesawat saat *touchdown* (ft/s)

V_e = kecepatan saat keluar *exit taxiway* (ft/s)

a_1 = rata-rata laju perlambatan di udara (ft/s²)

a_2 = rata-rata laju perlambatan di darat (ft/s²)

t = waktu pembelokan dari *runway* setelah kecepatan

keluar *exit taxiway* tercapai (s)

Pada perhitungan *Runway Occupancy Time* (ROT) memerlukan data kecepatan untuk setiap jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma. Kecepatan setiap jenis pesawat dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Kecepatan Setiap Pesawat

Tipe Pesawat	Kecepatan <i>Approach</i>		Kategori Pesawat
	knot	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

3.5.6. Perhitungan Kapasitas *Runway*

Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan dengan melihat pergerakan pada jam sibuk, yaitu 21 Desember 2018. Jumlah pergerakan pesawat pada 21 Desember 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.5. Pergerakan pesawat campuran pada jam sibuk (*peak hour*) 21 Desember 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.6, untuk pergerakan pesawat tanggal 21 Desember 2018 dapat dilihat pada Lampiran 4. Pergerakan pesawat saat kedatangan di 21 Desember 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.7. Pergerakan pesawat saat keberangkatan di 21 Desember 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.8. Untuk jumlah pergerakan tiap jamnya dapat dilihat pada Lampiran 2. Perhitungan kapasitas dilakukan dengan dua cara, secara matematis (matriks) dan dengan grafik (*time – space diagram*).

3.5.6.1. Perhitungan dengan Matematis (Matriks)

Adapun model pendekatan yang digunakan adalah metode matematis, sebagai berikut:

- a. Model kedatangan saja dalam keadaan bebas kesalahan
- b. Model kedatangan saja dalam keadaan kesalahan posisi
- c. Model untuk keberangkatan saja
- d. Model untuk operasi campuran

Untuk rumus perhitungannya dapat dilihat dibawah ini.

1. Model kedatangan saja dalam keadaan bebas kesalahan

- a. Keadaan Merapat (*Closing Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i < V_j$)

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j} \quad (3.12)$$

Dimana:

- ΔT_{ij} = Separasi waktu antar dua kedatangan yang berurutan, pesawat kelas kecepatan i diikuti dengan pesawat kelas kecepatan j
- T_i = Waktu saat pesawat yang didepan, i, melampaui *threshold runway*
- T_j = Waktu saat pesawat yang dibelakang, j, melampaui *threshold runway*
- δ_{ij} = Separasi minimal antar kedatangan
- V_j = Kecepatan approach pesawat yang dibelakang, j.

- b. Keadaan merenggang (*Opening Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i > V_j$)

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (3.13)$$

Dimana:

- ΔT_{ij} = Separasi waktu antar dua kedatangan yang berurutan, pesawat kelas kecepatan i diikuti dengan pesawat kelas kecepatan j
- T_i = Waktu saat pesawat yang didepan, i, melampaui *threshold runway*
- T_j = Waktu saat pesawat yang dibelakang, j, melampaui *threshold runway*
- δ_{ij} = Separasi minimal antar kedatangan
- V_i = Kecepatan approach pesawat yang didepan, i.
- V_j = Kecepatan approach pesawat yang didepan, i.
- γ = Panjang approach path

Tabel 3.5. Jumlah Pergerakan Pesawat di Halim Perdanakusuma pada 21 Desember 2018 (www.flightradar24.com)

Waktu	Jumlah Pergerakan
00.30 - 01.30	1
01.31 - 02.30	0
02.31 - 03.30	0
03.31 - 04.30	1
04.31 - 05.30	3
05.31 - 06.30	4
06.31 - 07.30	7
07.31 - 08.30	5
08.31 - 09.30	5
09.31 - 10.30	5
10.31 - 11.30	7
11.31 - 12.30	8
12.31 - 13.30	15
13.31 - 14.30	9
14.31 - 15.30	17
15.31 - 16.30	15
16.31 - 17.30	14
17.31 - 18.30	11
18.31 - 19.30	15
19.31 - 20.30	14
20.31 - 21.30	10
21.31 - 22.30	4
22.31 - 23.30	3

Dari Tabel 3.5, dapat dilihat untuk *peak hour* (jam sibuk) terjadi pada pukul 14.31 – 15.30 sebanyak 17 operasi/jam (warna biru).

Tabel 3.6. Pergerakan Pesawat Campuran 21 Desember 2018
pada Saat Jam Sibuk

21 DESEMBER 2018	Waktu	Jenis Pesawat	Jenis Operasi
	2:35 PM	A320 (PK-LAZ)	<i>Takeoff</i>
	2:35 PM	32A ()	<i>Takeoff</i>
	2:45 PM	A320 (PK-LUJ)	<i>Takeoff</i>
	2:45 PM	A320 (PK-GQJ)	<i>Takeoff</i>
	2:50 PM	A320 (PK-LAY)	<i>Landing</i>
	2:50 PM	A320 (PK-LAY)	<i>Landing</i>
	2:55 PM	A320 (PK-LAI)	<i>Landing</i>
	3:00 PM	738 ()	<i>Landing</i>
	3:00 PM	B738 (PK-LBT)	<i>Landing</i>
	3:00 PM	A320 (PK-GQI)	<i>Takeoff</i>
	3:05 PM	32A ()	<i>Landing</i>
	3:15 PM	A320 (PK-LUZ)	<i>Landing</i>
	3:20 PM	A320 (PK-LUL)	<i>Landing</i>
	3:20 PM	A20N (PK-GTI)	<i>Landing</i>
	3:30 PM	A320 (PK-LAP)	<i>Landing</i>
	3:30 PM	A320 (PK-GLS)	<i>Landing</i>
3:30 PM	A320 (PK-LAY)	<i>Takeoff</i>	

Tabel 3.7. Pergerakan Pesawat pada Saat Kedatangan di 21 Desember 2018 pada Saat Jam Sibuk

21 DESEMBER 2018	Waktu	Jenis Pesawat
	2:50 PM	A320 (PK-LAY)
	2:50 PM	A320 (PK-LAY)
	2:55 PM	A320 (PK-LAI)
	3:00 PM	738 ()
	3:00 PM	B738 (PK-LBT)
	3:05 PM	32A ()
	3:15 PM	A320 (PK-LUZ)
	3:20 PM	A320 (PK-LUL)
	3:20 PM	A20N (PK-GTI)
	3:30 PM	A320 (PK-LAP)
	3:30 PM	A320 (PK-GLS)

Tabel 3.8. Pergerakan Pesawat pada Saat Keberangkatan di 21 Desember 2018 pada Saat Jam Sibuk

21 DESEMBER 2018	Waktu	Jenis Pesawat
	2:35 PM	A320 (PK-LAZ)
	2:35 PM	32A ()
	2:45 PM	A320 (PK-LUJ)
	2:45 PM	A320 (PK-GQJ)
	3:00 PM	A320 (PK-GQI)
	3:30 PM	A320 (PK-LAY)

Besarnya waktu antar kedatangan rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$E[T_{ij}] = \sum [P_{ij}][M_{ij}] \quad (3.14)$$

Dimana:

$E[T_{ij}]$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan

$[P_{ij}]$ = Probabilitas kedatangan pesawat i diikuti oleh pesawat j

$[M_{ij}]$ = Matriks separasi waktu antar kedatangan

Kapasitas *runway* yang hanya melayani keberangkatan saja, diperoleh dari rumus:

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]} \quad (3.15)$$

Dimana:

$E[T_{ij}]$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan

C = Kapasitas *runway* (operasi/jam)

2. Model kedatangan saja dalam keadaan kesalahan posisi

Apabila ada pesawat yang didepan melakukan pendaratan lebih dulu dari yang dijadwalkan, maka perlu ditambahkan “*buffer time*” atau waktu sanggah untuk menyesuaikan separasi minimalnya. Besarnya *buffer time* dapat diasumsi, berdasarkan *George Mason University: Center for Air Transportation System Research* (<http://catsr.ite.gmu.edu>) diketahui *buffer time* (B_{ij}) berkisar dari 10 – 25 detik serta probabilitas terjadinya *buffer time* (q_v) dengan melihat pesawat yang mengalami *opening case*.

- a. Keadaan Merapat (*Closing Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada

kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j), ($V_i < V_j$). *Buffer time* pada keadaan merapat selalu konstan.

$$B_{ij} = q_v \sigma_0 \quad (3.16)$$

Dimana:

B_{ij} = *Buffer time*

q_v = Probabilitas terjadinya *buffer time*

σ_0 = Standard deviasi

- b. Keadaan merenggang (*Opening Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i > V_j$)

$$B_{ij} = q_v \sigma_0 - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (3.17)$$

Dimana:

B_{ij} = *Buffer time*

q_v = Probabilitas terjadinya *buffer time*

σ_0 = Standard deviasi

δ_{ij} = Separasi minimal antar kedatangan

V_i = Kecepatan *approach* pesawat yang didepan, i.

V_j = Kecepatan *approach* pesawat yang didepan, i.

Besarnya waktu antar kedatangan rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$E[T_{ij}] = \sum [P_{ij}] ([M_{ij}] + [B_{ij}]) \quad (3.18)$$

Dimana:

$E[T_{ij}]$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan

$[P_{ij}]$ = Probabilitas kedatangan pesawat i diikuti oleh pesawat j

$[M_{ij}]$ = Matriks separasi waktu antar kedatangan

$[B_{ij}]$ = Matriks nilai sanggah (*buffer time*)

Kapasitas *runway* yang hanya melayani keberangkatan saja, diperoleh dari rumus:

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]} \quad (3.19)$$

Dimana:

$E[T_{ij}]$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan

C = Kapasitas *runway* (operasi/jam)

3. Model keberangkatan saja

Menghitung kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang berangkat saja (*departures only*). Besarnya waktu pemisahan antara keberangkatan pesawat (t_d) adalah 1 menit (*closing case*), atau 2 menit saat kecepatan pesawat didepan > kecepatan pesawat dibelakang (*opening case*), berdasarkan *Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management Chapter 5 Section 5.6*.

Besarnya waktu antar kedatangan rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$E[t_d] = \sum [P_{ij}] [t_d] \quad (3.20)$$

Dimana:

$E[t_d]$ = Nilai perkiraan waktu antar keberangkatan

$[P_{ij}]$ = Probabilitas kedatangan pesawat i diikuti oleh pesawat j

$[t_d]$ = Matriks waktu pemisahan antar keberangkatan

Kapasitas *runway* yang hanya melayani keberangkatan saja, diperoleh dari rumus:

$$C = \frac{1}{E[t_d]} \quad (3.21)$$

Dimana:

$E[t_d]$ = Nilai perkiraan waktu antar keberangkatan

C = Kapasitas *runway* (operasi/jam)

4. Model operasi campuran (kedatangan ditambah dengan keberangkatan)

Model operasi campuran dilakukan dengan kondisi eksisting dan kondisi rencana. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk melepaskan dan menemukan keberangkatan diantara dua kedatangan, sebagai berikut.

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] + E[B_{ij}] + E[t_d](n_d - 1) \quad (3.22)$$

Dari rumus (3.22) dapat dijelaskan sebagai berikut.

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

$$E[R_i] = [P_1][R_1] + \dots + \sum [P_n][R_n] \quad (3.23)$$

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

$$E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] = \left([P_1]\left[\frac{\delta_d}{v_1}\right] + \dots + [P_n]\left[\frac{\delta_d}{v_n}\right]\right) \times 3600 \quad (3.24)$$

Buffer time yang diperlukan saat pesawat terjadi kesalahan posisi. Sama seperti pada rumus $B_{ij} = q_v \sigma_0$ (3.16).

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*. Sama seperti pada rumus $E[t_d] = \sum [P_{ij}][t_d]$ (3.20).

Kapasitas *runway* dapat dicari dengan rumus berikut.

$$C = \frac{3600}{E[\Delta T_{ij}]} (1 + n_d P_{nd}) \quad (3.25)$$

Dimana:

n_d = Jumlah keberangkatan diantara dua kedatangan

P_{nd} = Probabilitas kedatangan yang diselingi satu keberangkatan

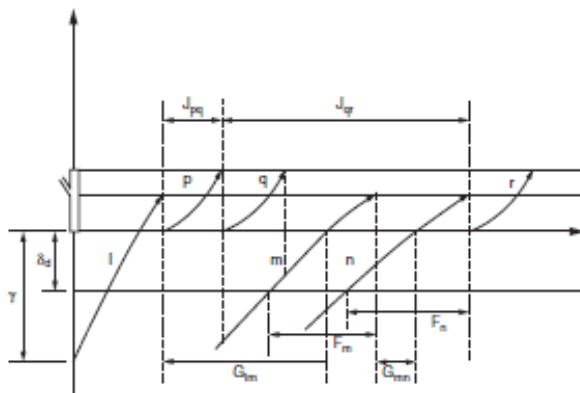
3.5.6.2. Perhitungan dengan Grafis (*Time – Space Diagram*)

Aturan dasar untuk melayani pesawat:

- Dua pesawat tidak dapat melakukan operasi di landasan pacu yang sama;
- Pesawat yang datang memiliki prioritas untuk menggunakan landasan pacu;

- c) Keberangkatan dapat dirilis jika kedatangan berikutnya memiliki jarak tertentu dari ambang lanndasan pacu (*runway threshold*).

Penjelasan dari Gambar 3.20 sebagai berikut. Pesawat p baru bisa berangkat saat pesawat l sudah keluar dari runway (masuk ke *exit taxiway*). Pesawat q baru bisa berangkat saat interval waktu 1 menit kemudian (*Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management Chapter 5 Section 5.6.*). Pesawat m dapat masuk pada FAP saat pesawat q melakukan keberangkatan. Untuk keberangkatan r tidak dapat dilaksanakan karena jarak pesawat m kurang dari jarak δ_d dengan *runway threshold*, pesawat m harus menyelesaikan pendaratannya terlebih dahulu. Saat pesawat m memasuki jarak δ_d , pesawat n dapat masuk ke FAP untuk melakukan pendaratan. Setelah pesawat n selesai menggunakan *runway*, pesawat r baru dapat berangkat.



Gambar 3.20. Konsep *Time – Space Diagram* untuk Operasi Campuran (Horonjeff, 2010)

3.5.7. Penentuan Marka pada *Runway* dan *Taxiway*

Menggambar *layout* hasil perencanaan ulang beserta lokasi, dimensi marka. Untuk aturan lokasi serta dimensi sesuai dengan ICAO Annex 14 yang sudah dicantumkan pada Bab 2,

Subbab 2.9. Dalam menentukan marka sudah termasuk dalam gambar perencanaan ulang.

3.5.8. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Data yang diperlukan berupa layout Bandara Halim Perdanakusuma. Kemudian melihat daerah yang termasuk dalam Kawasan Keselamatan Operasi Keselamatan (KKOP) Bandara Halim Perdanakusuma, meliputi:

- a. Permukaan transisi (*Transitional surface*);
- b. Permukaan horizontal dalam (*Inner horizontal surface*);
- c. Permukaan kerucut (*Conical surfae*);
- d. Permukaan horizontal luar (*Outer horizontal surface*);
- e. Permukaan pendaratan (*Approach/departure surface*).

3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil pengolahan dari data sekunder fasilitas sisi udara Bandara Halim Perdanakusuma yang telah didapatkan. Serta menjawab dari dua rumusan masalah.

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1. Umum

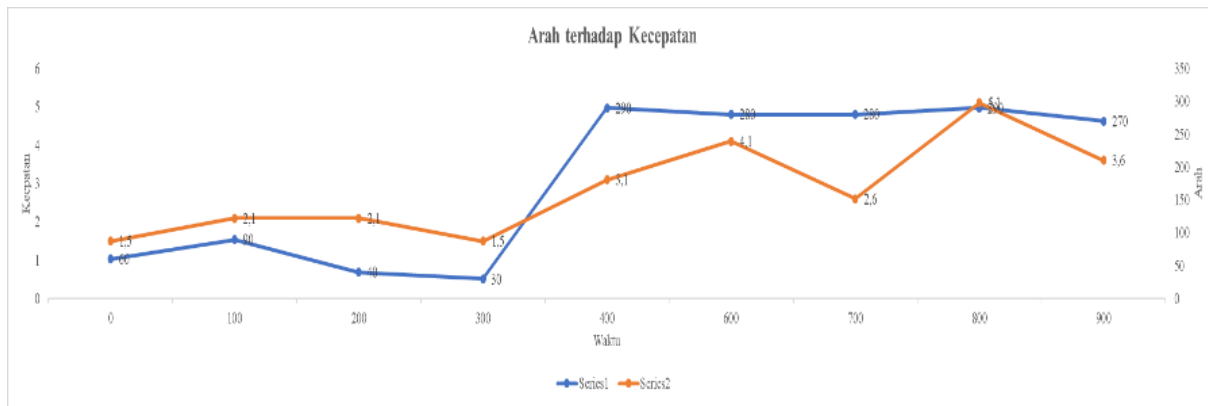
Pembahasan dalam Tugas Akhir ini akan menganalisis data angin untuk menentukan arah *runway*, serta data pergerakan dan juga data kecepatan pesawat untuk menentukan sisi udara (*airside*) dari Bandara Halim Perdanakusuma.

Metode yang digunakan untuk menganalisis angin dengan metode *windrose* yang mana akan menggunakan *software* Windrose PRO. Sedangkan untuk menentukan geometri sisi udara dari bandara komersial, menggunakan standar dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*).

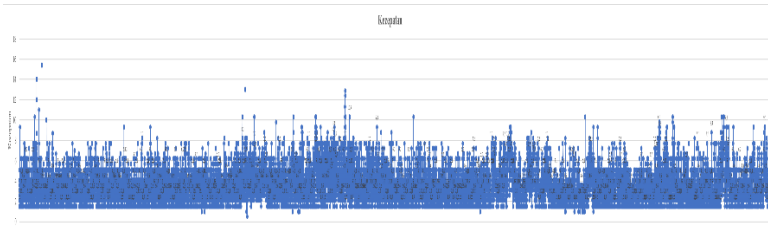
4.2. Analisa Data Angin

Data angin yang diperlukan berupa data kecepatan angin, arah angin, serta waktu saat angin berhembus. Data yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini data angin dari tahun 2012 – 2018 (7 tahun), yang diperoleh secara harian tetapi tidak setiap jam.

Terdapat data yang berada diatas rata – rata untuk dijadikan acuan hembusan angin terbesar yang mungkin terjadi pada Bandara Halim Perdanakusuma. Maka dari itu, diperlukan data angin perhari untuk melihat pola hembusan angin agar dapat mengetahui penurunan utilisasi jika ada angin yang berhembus diatas batas yang telah ditetapkan berdasarkan *ICAO Annex 14 Chapter 3 Section 3.1* dan *FAA AC 150/5300 – 13A Chapter 3 Section 302*. Pola data angin selama satu hari dapat dilihat pada Gambar 4.1, dan pola data angin keseluruhan dari tahun 2012 – 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.2. Untuk pola data angin, diolah dengan program bantu (*software*) excel.



Gambar 4.1. Grafik Pola Data Angin Harian Bandara Halim Perdanakusuma



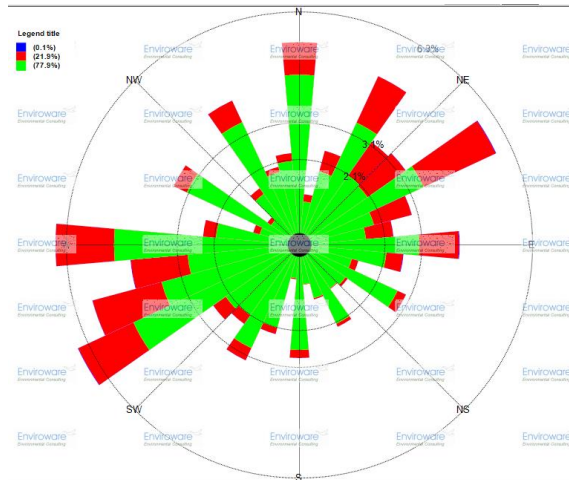
Gambar 4.2. Grafik Pola Data Angin Tahun 2012 – 2018 pada Bandara Halim Perdanakusuma

Gaya angin yang diterima oleh pesawat didapatkan dari kecepatan angin yang diproyeksikan ke arah *runway* dan digolongkan menjadi kategori *crosswind*, *headwind*, atau *tailwind*. Untuk ilustrasi gaya angin, dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Analisa data yang dilakukan menghasilkan output berupa arah *runway* (Gambar 4.3) dan *wind coveraget* (Tabel 4.1), serta perhitungan *crosswind* – *headwind* – *tailwind* setiap arah angin per 10° . Untuk hasil perhitungan pada setiap sudut 10° dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Diketahui dari Chart Bandara Halim Perdanakusuma, arah *runway* eksisting adalah $60^\circ - 240^\circ$ (06 – 24). Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semua arah memenuhi syarat sebagai *runway* dengan *usability factor* $\geq 95\%$. Dari Analisa *windrose* pada Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa arah *runway* eksisting sama dengan arah *runway* Analisa, hanya saja terdapat penurunan utilisasi karena adanya *crosswind*.

Pesawat terkecil yang beroperasi di Bandara Halim Perdanankusuma adalah ATR 72 – 500 dengan ARFL sebesar 1290 meter. Untuk ARFL dengan panjang 1290 meter, batasan untuk *crosswind* yang diizinkan sesuai dengan ICAO dapat dilihat pada Tabel 2.2 dengan batasan sebesar 13 knot. Data yang dengan kecepatan angin >13 knot, sejumlah 34.092 data. Untuk banyaknya *crosswind* dengan kecepatan > 13 knot dapat dihitung dengan memproyeksikan setiap arah 10° , sebagai berikut.



Gambar 4.3. *Windrose* Bandara Halim Perdanakusuma

Contoh perhitungan:

Untuk arah angin datang 340° , dengan kecepatan angin 14,94 knot.
Diproyeksi terhadap arah 10° .

Dari persamaan (3.26),

$$\text{Crosswind} = 18,04 \times \sin(210^\circ - 10^\circ) = -6,17 \text{ knot}$$

Dari persamaan (3.27),

$$\text{Headwind} = 18,04 \times \cos(210^\circ - 10^\circ) = -16,95 \text{ knot}$$

Dari persamaan (3.28),

$$\text{Tailwind} = -18,04 \times \cos(210^\circ - 10^\circ) = 16,95 \text{ knot}$$

Didapatkan nilai *crosswind* sebesar -6,17 knot, nilai *headwind* sebesar -16,95 knot, dan nilai *tailwind* sebesar 16,95 knot. Perhitungannya dilakukan hingga arah 360° . Untuk hasil perhitungannya *crosswind*, *headwind*, *tailwind* dapat dilihat pada Tabel 4.2. Tanda (+) dan (-) pada *crosswind* sebagai tanda angin datang dari arah kanan (+) atau kiri (-), sedangkan pada *headwind*/*tailwind* berarti angin datang dari arah depan (+) atau belakang (-).

Setelah menghitung besarnya *crosswind* hingga 360°, banyaknya data yang memiliki *crosswind* >13 knot sebanyak 18.616 data. Penurunan utilisasi *runway* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$= \frac{\text{jumlah data angin} > 13 \text{ kn}}{\text{jumlah data crosswind} > 13 \text{ kn}}$$

$$= \frac{34092}{18616} = 1,84\%$$

Artinya, pada *runway* dengan arah 06 – 24 terjadi penurunan utilisasi *runway* sebesar 1,84%, sehingga utilisasi *runway* Bandara Halim Perdanakusuma menjadi sebesar **98,16%**.

Pada Tabel 4.2, terdapat *crosswind* yang melebihi batas maksimum, >13 knot, pada saat Bandara Halim Perdanakusuma beroperasi (diberi warna kuning). *Crosswind* yang >13 knot ini sering terjadi pada pagi hari, dari pukul 05.00 hingga pukul 10.00.

4.3. Evaluasi Landasan Pacu (*Runway*)

Evaluasi *runway* meliputi kebutuhan panjang *runway*, geometrik *runway*, perhitungan jarak pendaratan (*landing distance*). Berikut uraian dari masing-masing yang akan di evaluasi.

4.3.1. Panjang Landasan Pacu (*Runway*)

Berdasarkan *FAA AC 150/5325-4B Chapter 1 Section 102*, untuk menentukan panjang *runway* berdasarkan pesawat yang paling kritis. Panjang landasan pacu yang diperlukan untuk melakukan *takeoff* atau *landing* tiap tipe pesawat berbeda-beda. Untuk panjang landasan pacu *takeoff* tergantung dari MTOW (*Maximum Take Off Weight*) atau pesawat dalam keadaan berat maksimum. Untuk pesawat yang memiliki landasan pacu terpanjang berdasarkan *Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor: KP 29 Tahun 2014* adalah Boeing 737 – 300 (B733) dengan ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) 2.749 meter.

Dilihat juga berdasarkan *Airplane Characteristics for Airport Planning 737* dengan menggunakan grafik MTOW (Gambar 4.26), didapatkan kebutuhan panjang *runway* yang terpanjang adalah Boeing 737 – 800 (B738) sebesar 2.400 meter.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan dari Windrose Pro

Runway orientation (degree)	Wind coverage (%)
0	99,99219
10	99,9961
20	99,9961
30	99,9961
40	100
50	100
60	99,9961
70	99,9961
80	99,9961
90	99,9961
100	99,9961
110	99,9961
120	99,9961
130	99,9961
140	99,9961
150	99,99219
160	99,99219
170	99,99219
180	99,99219
190	99,9961
200	99,9961
210	99,9961
220	100
230	100
240	99,9961
250	99,9961
260	99,9961
270	99,9961
280	99,9961
290	99,9961
300	99,9961
310	99,9961
320	99,9961
330	99,99219
340	99,99219
350	99,99219

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan *Crosswind*, *Headwind*, *Tailwind* pada Proyeksi 10°

Perhitungan CW, HW, TW 10°					
Hour	Direction	Wind Speed (kn)	Crosswind (kn)	Headwind (kn)	Tailwind (kn)
700	210	18,04	-6,17	-16,95	16,95
400	280	14,94	-14,94	0,00	0,00
500	210	14,94	-5,11	-14,04	14,04
400	280	13,97	-13,97	0,00	0,00
400	260	13,97	-13,13	-4,78	4,78
1000	180	13,97	2,43	-13,76	13,76
800	330	14,94	-9,60	11,44	-11,44
700	360	14,94	-2,59	14,71	-14,71
900	230	14,94	-9,60	-11,44	11,44
300	240	14,94	-11,44	-9,60	9,60
400	290	14,94	-14,71	2,59	-2,59
700	240	19,98	-15,31	-12,84	12,84
500	320	14,94	-11,44	9,60	-9,60
100	220	13,97	-6,98	-12,10	12,10
300	210	14,94	-5,11	-14,04	14,04
400	240	14,94	-11,44	-9,60	9,60
900	240	13,97	-10,70	-8,98	8,98
200	240	27,16	-20,81	-17,46	17,46
700	250	23,28	-20,16	-11,64	11,64
1000	240	16,88	-12,93	-10,85	10,85
800	240	13,97	-10,70	-8,98	8,98

Berdasarkan ICAO dari ARFL terpanjang, dapat digunakan untuk mengklasifikasi kelas Bandara Halim Perdanakusuma. Berdasarkan pada Tabel 2. Bandara ini termasuk kelas 4C, karena memiliki ARFL >1800 meter (2.749 meter), *wingspan* antara 24 meter hingga 36 meter (35,8 meter), serta *outer main gear wheel span* antara 6 meter hingga 9 meter (6,4 meter). Kelas bandara berdasarkan FAA, merupakan kategori kelas IIID, karena memiliki tinggi ekor antara 30 ft – 45 ft (41,33 ft), *wingspan* antara 79 ft – 118 ft (112,6 ft), dan *approach speed* sebesar 142 knot.

Untuk contoh pengerjaan, digunakan data perencanaan:

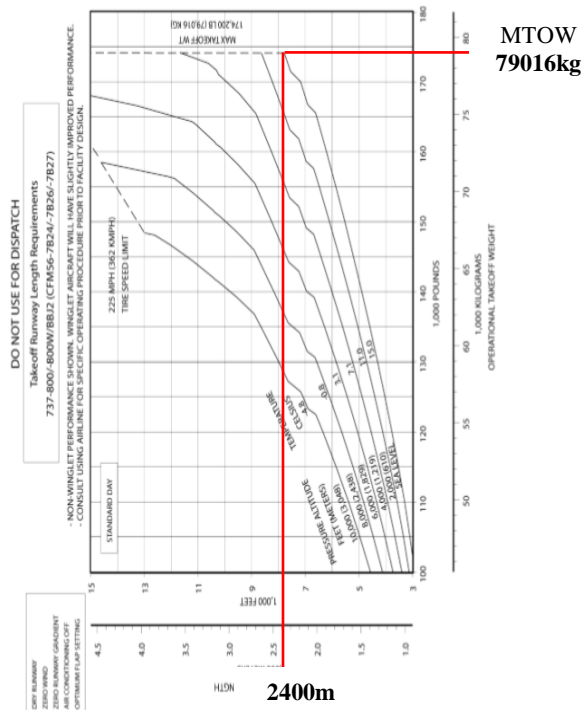
Tipe pesawat : Boeing 737 – 300 (B733)

ARFL : 2,749 meter

Kelas bandara

ICAO : 4C

FAA : IIIC



Gambar 4.4. Grafik *Takeoff B738 (Airplane Characteristics for Airport Planning 737, 2013)*

a. Koreksi Terhadap Elevasi (Fe)

ARFL bertambah 7% untuk setiap kenaikan 300 meter (1000 ft), dihitung dari ketinggian muka laut. Rumus

untuk faktor koreksi elevasi (Fe) dengan elevasi bandara (h) = 26 meter, sebagai berikut.

$$Fe = 1 + 0,07 \frac{h (m)}{300}$$

$$Fe = 1 + 0,07 \frac{26}{300}$$

$$Fe = 1,0061$$

b. Koreksi Terhadap Suhu (*Temperature*) (Ft)

Menurut ICAO panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperature sebesar 1% untuk setiap kenaikan $1^{\circ}C$, atau 0,56% setiap $1^{\circ}F$. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000 meter dari muka laut rata – rata, temperature turun $6,5^{\circ}C$ atau setiap naik 1000 ft temperature berkurang $3,566^{\circ}F$. Suhu di Bandara Halim Perdanakusuma sebesar $29,6^{\circ}C$.

Tabel 4.3. Nilai Untuk Suhu Standar

Altitude (m)	Temperature (Centigrade)	Pressure (Kg/m ³)
0	15.00	1.23
500	11.75	1.17
1 000	8.50	1.11
1 500	5.25	1.06
2 000	2.00	1.01
2 500	-1.25	0.96
3 000	-4.50	0.91
3 500	-7.75	0.86
4 000	-10.98	0.82
4 500	-14.23	0.78
5 000	-17.47	0.74
5 500	-20.72	0.70
6 000	-23.96	0.66

Kemudian menentukan temperature standar pada elevasi 26 meter berdasarkan Tabel 4.3, sebesar $14,83^{\circ}C$ (didapat dengan interpolasi).

$$Fe = 1 + 0,01(T - (15 - 0,0065h)) \text{ *h dalam meter}$$

$$Fe = 1 + 0,01(29,6 - (15 - 0,0065 \times 26))$$

$$Fe = 1,1477$$

c. Koreksi Terhadap Gradien (*Slope*) (F_s)

Untuk tujuan perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan “efektif gradien”, yaitu beda tinggi antara titik tertinggi dan titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan eksisting. Untuk setiap 1% efektif gradien harus diperpanjang 10%.

Titik tertinggi = 29 meter

Titik terendah = 25 meter

$$\text{Efektif gradien } (S) = \frac{\text{Max.} - \text{Min.}}{\text{panjang runway}} \times 100\%$$

$$\text{Efektif gradien } (S) = \frac{29 - 25}{3000} \times 100\% = 0,13\%$$

Faktor koreksinya sebagai berikut.

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

$$F_s = 1 + 0,1(0,13) = 1,0001$$

Maka kebutuhan panjang *runway* untuk *takeoff* pada saat MTOW setelah dilakukan koreksi (menggunakan B733):

$$= ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2749 \times 1,0061 \times 1,1477 \times 1,0001 = 3174 \text{ meter}$$

Untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan, maka dibulatkan menjadi 3180 meter. Hasil perhitungan kebutuhan panjang *runway* untuk setiap pesawat dapat dilihat pada Tabel 4.4. Keadaan eksisting di lapangan:

$$ARFL = \frac{\text{Panjang runway eksisting}}$$

$$= \frac{F_t \times F_e \times F_s}{3000}$$

$$= \frac{1,0061 \times 1,1477 \times 1,0001}{3000}$$

$$= 2612 \text{ meter (bandara Halim Perdanakusuma hanya boleh digunakan untuk } takeoff \text{ saat MTOW dengan pesawat yang memerlukan } runway/ARFL \text{ 2612 meter menurut } Aircraft \text{ Characteristic for Airport Planning)}$$

Berdasarkan *ICAO Annex 14: Aerodrome Volume I Chapter 3 Section 3.1*, panjang landasan aktual tidak boleh kurang dari panjang landasan pacu yang terpanjang dari hasil koreksi

berdasarkan elevasi, suhu (*temperature*), serta gradien. Dari hasil koreksi diatas, didapatkan landasan pacu untuk dapat melayani pesawat B737 – 300 dalam keadaan MTOW (penumpang penuh dan bahan bakar penuh) diperlukan *runway* sepanjang 3174 meter. *Runway* eksisting hanya sepanjang 3000 meter, masih bisa melayani pesawat B737 – 300, tapi tidak dalam keadaan MTOW.

Tabel 4.4. Kebutuhan Panjang *Runway*

JENIS	ARFL (m)	Panjang Landasan Terkoreksi (m)			GRAFIK TAKEOFF (m)	Panjang Landasan Terkoreksi (m)			Panjang Runway (m)
		1	1+2	1+2+3		1	1+2	1+2+3	
Pesawat yang sering ke HLP									
A320	2058	2070	2376	2377	2250	2264	2598	2598	2598
Pesawat terbesar di HLP									
B738	2256	2270	2605	2605	2400	2415	2771	2771	2771
Pesawat lainnya di HLP									
B733	2749	2766	3174	3174	2250	2264	2598	2598	3174
AT76	1290	1298	1490	1490	1367	1375	1578	1579	1579
CRJX	2079	2092	2401	2401	1870	1881	2159	2159	2401
AT75	1290	1298	1490	1490	1333	1341	1539	1539	1539
A20N	2058	2070	2376	2377	2250	2264	2598	2598	2598
1 = Elevasi			2 = Temperatur			3 = Gradien			

Pada kondisi eksisting, untuk *runway* dengan panjang eksisting 3000 meter, masih memiliki lahan sejauh 175 meter dari *Runway* 06 (menuju Jalan Squadron) dan sejauh 171 meter dari *Runway* 24 (menuju Jalan Padang Golf Lingkar Halim). Dari *Runway* 24 masih terdapat tanah kosong sejauh 377 meter menuju kerumah warga, tetapi untuk lebarnya *runway strips* eksisting masih kurang, karena setelah *runway strips* eksisting langsung terdapat rumah warga. Untuk menambahkan panjang *runway* sejauh 180 meter dapat dilakukan pada *Runway* 24 karena masih terdapat tanah kosong, sedangkan untuk *runway strips* tidak dapat diberikan karena terdapat rumah warga. Untuk ilustrasi kondisi sekitar Bandara Halim Perdanakusuma dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.3.2. Geometrik Landasan Pacu (*Runway*)

a) **Lebar *runway***

Lebar *runway* berdasarkan ICAO adalah 45 meter, berdasarkan FAA sebesar 45 meter. Pada kondisi eksisting, lebar *runway* selebar 45 meter, berarti lebar *runway* sudah sesuai dengan standar FAA dan ICAO.

b) ***Longitudinal slope* (Kemiringan memanjang)**

Berdasarkan FAA dan ICAO, kemiringan memanjang suatu *runway* $\leq 1\%$.

c) ***Sight distance* (Jarak pandang)**

Jarak pandang menurut ICAO dan FAA, sebesar 3 meter pada minimum $\frac{1}{2}$ *runway*.

d) ***Transverse slope* (Kemiringan melintang)**

Kemiringan melintang suatu *runway* berdasarkan ICAO dan FAA minimum 1%, serta maksimum 1,5%.

e) ***Runway shoulder* (Bahu *runway*)**

Berdasarkan ICAO dan FAA, lebar untuk bahu *runway* selebar 6 meter dengan kemiringan bahu maksimum 2,5%.

f) ***Runway strips***

Panjang *runway strips* untuk landasan instrument menurut ICAO dan FAA sepanjang 120 meter. Untuk lebar *runway strips* menurut ICAO dan FAA untuk landasan instrument pendekatan presisi selebar 300 meter dan sudah termasuk landasan.

g) **RESA (*Runway End Safety Area*)**

RESA terletak di kedua ujung *runway*. Dimensi RESA yang sesuai dengan ICAO memiliki panjang 240 meter dan lebar minimal 45 meter atau maksimal 2 kali lebar *runway*. Dimensi RESA yang sesuai dengan FAA memiliki Panjang 240 meter dan lebar minimal 30 meter atau maksimal 2 kali lebar *runway*.

h) ***Stopway***

Dimensi *stopway* yang sesuai dengan ICAO, mengacu pada *KP 29 Tahun 2014 part 6.6*, yang berada diujung *runway* dan berakhir 60 meter sebelum ujung *runway strips*, untuk lebarnya disamakan dengan lebar *runway*. Sedangkan dimensi *stopway* yang

sesuai dengan FAA AC 150/5300 – 13 Chapter 3 part 309, memiliki lebar yang sama dengan *runway* dan mampu mendukung pesawat saat kegagalan lepas landas tanpa menyebabkan kerusakan struktural pada pesawat.

i) Clearway

Menurut ICAO, mengacu pada KP 29 Tahun 2014 part 6.5, panjang *clearway* tidak boleh lebih dari setengah panjang *takeoff run*, dan lebar tidak boleh kurang 150 meter untuk *code number runway* 4. Sedangkan dimensi *clearway* menurut FAA AC 150/5300 – 13 Chapter 3 part 308, lebar *clearway* tidak kurang dari 500 ft (=150 meter) dari garis tengah *runway*, untuk panjang *clearway* maksimal 1000 ft (=300 meter).

j) Turning area

Daerah untuk berputar atau *turning area*, memiliki dimensi sebesar 3 meter (jarak minimal antara roda dan tepi putaran). Untuk ICAO dan FAA, memiliki nilai yang sama.

k) Holding bay

Dimensi *holding bay* menurut ICAO dengan *code number* 4, memiliki jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di *taxiway* sebesar 7,5 meter. Sedangkan menurut FAA dengan kategori grup III, memiliki jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di *taxiway* sebesar 7,5 – 12 meter.

4.3.3. Jarak Pendaratan (*Landing Distance*)

Perhitungan *landing distance* berguna untuk mengetahui lokasi *exit taxiway*, dan dapat direncanakan untuk pesawat mempersingkat waktu penggunaan *runway*. *Landing distance* dapat diketahui dari *Aircraft Characteristic for Airport Planning*, dan masih perlu dilakukan koreksi terhadap elevasi, temperature, gradien.

Berikut contoh perhitungan *landing distance* dengan pesawat Boeing 737 – 300.

$$= \text{landing distance} \times Fe \times Ft \times Fs$$

$$= 1650 \times 1,0061 \times 1,1477 \times 1,0001 = 1905 \text{ meter}$$

Untuk hasil perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Jarak dari *Runway* 06 serta *Runway* 24 menuju *exit taxiway* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Jarak dari Ujung *Runway* ke *Exit Taxiway* Eksisting

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

Tabel 4.6. Jarak Pendaratan Sebelum dan Setelah Dikoreksi

JENIS	GRAFIK LANDING (m)	Panjang Landasan Terkoreksi (m)		
		1	1+2	1+2+3
Pesawat yang sering ke HLP				
A320	1562	1572	1894	1804
Pesawat terbesar di HLP				
B738	1790	1801	2067	2067
Pesawat lainnya di HLP				
B733	1650	1660	1905	1905
AT76	1067	1073	1232	1232
CRJX	1500	1509	1732	1732
AT75	1067	1073	1232	1232
A20N	1562	1572	1894	1804

Untuk kondisi eksisting *exit taxiway* dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Pesawat yang *takeoff* dan *landing* pada Bandara Halim Perdanakusuma hanya dilakukan di *Runway* 24. Dari Tabel 4.5 serta Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa jarak menuju *exit taxiway*

terjauh (N1) sejauh 1981 meter, sedangkan jarak pendaratan (*landing distance*) yang diperlukan pesawat terbesar (Boeing 737 – 800) sebesar 2067 meter. Artinya, lokasi *exit taxiway* eksisting belum memenuhi kriteria untuk pesawat terbesar (Boeing 737 – 800) dapat mendarat. Pada saat akan mendarat, pesawat terbesar ini harus berjalan hingga *Runway 06* untuk putar balik, kemudian dapat keluar menggunakan *exit taxiway* N1. Dengan kata lain, ini dapat memperlama waktu penggunaan *runway* (ROT) sehingga dapat menyebabkan penurunan kapasitas pada *runway*. Sedangkan untuk lokasi *exit taxiway* N2 dengan jarak 1574 meter dari *threshold Runway 24*, dapat digunakan untuk pesawat AT76 dan AT75 dengan *landing distance* 1232 meter.



Gambar 4.5. Lokasi *Exit Taxiway* Eksisting (Google Earth)

4.4. Evaluasi Landasan Hubung (*Taxiway*)

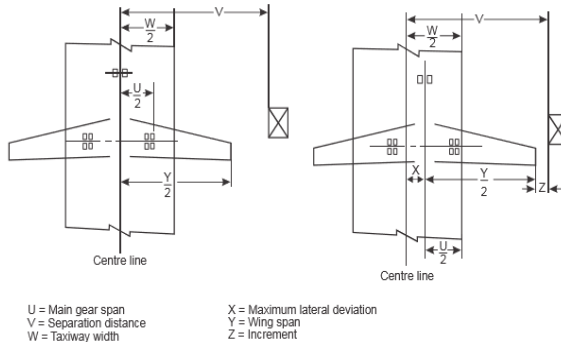
a) Lebar *taxiway*

Untuk ukuran lebar *taxiway* menurut ICAO sebesar 15 meter, sedangkan menurut FAA sebesar 15 meter. Kondisi eksisting, lebar *taxiway* sebesar ± 25 meter. Berarti, kondisi

eksisting aman untuk digunakan, karena melebihi dari standar ICAO dan FAA.

b) Pemisahan jarak minimum pada taxiway

Untuk ilustrasi, dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Terdapat beberapa pemisahan minimum, diantaranya sebagai berikut.



Gambar 4.6. *Minimum Separation Distance* (ICAO, 2005)

Taxiway dengan runway

Menurut ICAO jaraknya sebesar 168 meter, sedangkan menurut FAA sebesar 120 meter. Kondisi eksisting, tidak terdapat *taxiway*.

Taxiway dengan taxiway

Menurut ICAO, memiliki jarak untuk Y sebesar 36 meter, untuk X sebesar 3 meter, untuk Z sebesar 5 meter, untuk nilai V merupakan penjumlahan dari nilai $Y + X + Z$ sebesar 44 meter.

Menurut FAA, dapat diketahui melalui tabel dan rumus. Jika melalui tabel, didapatkan jarak antara *taxiway* dengan *taxiway* diketahui 46,5 meter. Dengan rumus didapatkan 45,96 meter, perhitungan menggunakan rumus dapat diketahui sebagai berikut (menggunakan pesawat Boeing 737 – 800).

$$= (1,2 \times WS) + 3 \quad (4.1)$$

$$= (1,2 \times 35,8) + 3 = 45,96 \text{ meter}$$

Taxiway dengan objek lainnya

Menurut ICAO, memiliki jarak untuk Y sebesar 18 meter, untuk X sebesar 3 meter, untuk Z sebesar 5 meter, untuk nilai V merupakan penjumlahan dari nilai $Y + X + Z$ sebesar 26 meter.

Menurut FAA, dapat diketahui melalui tabel dan rumus. Jika melalui tabel, didapatkan jarak antara *taxiway* dengan *taxiway* diketahui 28,5 meter. Dengan rumus didapatkan 28,06 meter, perhitungan menggunakan rumus dapat diketahui sebagai berikut (menggunakan pesawat Boeing 737 – 800).

$$= (0,7 \times WS) + 3 \quad (4.2)$$

$$= (0,7 \times 35,8) + 3 = 28,06 \text{ meter}$$

Taxilane dengan taxilane

Menurut ICAO, memiliki jarak untuk Y sebesar 36 meter, untuk Z sebesar 3 meter, untuk nilai V merupakan penjumlahan dari nilai $Y + Z + \text{gear deviation}$ (1,5) sebesar 40,5 meter.

Menurut FAA, dapat diketahui melalui tabel dan rumus. Jika melalui tabel, didapatkan jarak antara *taxiway* dengan *taxiway* diketahui 42,5 meter. Dengan rumus didapatkan 42,38 meter, perhitungan menggunakan rumus dapat diketahui sebagai berikut (menggunakan pesawat Boeing 737 – 800).

$$= (1,1 \times WS) + 3 \quad (4.3)$$

$$= (1,1 \times 35,8) + 3 = 42,38 \text{ meter}$$

Taxilane dengan objek lainnya

Menurut ICAO, memiliki jarak untuk Y sebesar 18 meter, untuk Z sebesar 3 meter, untuk nilai V merupakan penjumlahan dari nilai $Y + X + \text{gear deviation}$ (1,5) sebesar 22,5 meter.

Menurut FAA, dapat diketahui melalui tabel dan rumus. Jika melalui tabel, didapatkan jarak antara *taxiway* dengan *taxiway* diketahui 24,5 meter. Dengan rumus didapatkan 24,48 meter, perhitungan menggunakan rumus dapat diketahui sebagai berikut (menggunakan pesawat Boeing 737 – 800).

$$= (0,6 \times WS) + 3 \quad (4.4)$$

$$= (0,6 \times 35,8) + 3 = 24,48 \text{ meter}$$

c) **Kemiringan memanjang (*Longitudinal slope*)**

Kemiringan memanjang *taxiway*, menurut ICAO sebesar 1,5%, sedangkan menurut FAA sebesar 1,5%.

d) **Kemiringan melintang (*Transverse slope*)**

Kemiringan memanjang *taxiway*, menurut ICAO sebesar 1,5%, sedangkan menurut FAA sebesar 1,5%.

e) **Jarak pandang (*Sight distance*)**

Menurut ICAO dan FAA memiliki jarak pandang sepanjang 3 meter.

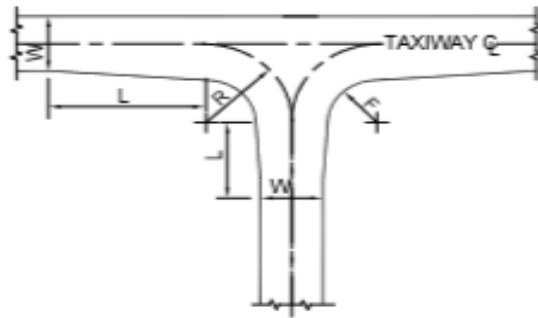
f) ***Taxiway shoulder***

Menurut ICAO dan FAA memiliki *taxiway sholder* sebesar 25 meter.

g) ***Taxiway strips***

Menurut ICAO dan FAA memiliki *taxiway strips* sepanjang 12,5 meter.

h) ***Fillet taxiway***



Gambar 4.7. *Fillet Taxiway* Berdasarkan FAA (FAA, 1989)

Berdasarkan FAA AC 150/5300 – 13:

R = 30 meter

L = 45 meter

F = 16,5 meter

i) *Rapid exit taxiway*

Berdasarkan ICAO, *rapid exit taxiway* untuk *code number* 4 memiliki radius minimal 550 meter, sudut *rapid exit taxiway* 30°, serta kecepatan pesawat saat keadaan basah 93 km/h. Untuk *rapid exit taxiway* masih belum dibutuhkan, karena kapasitas pada Bandara Halim Perdanakusuma masih dapat menampung pergerakan pesawat eksisting.

j) *Taxiway strips*

Berdasarkan ICAO, dari KP 29 Tahun 2014, memiliki lebar 26 meter, serta kemiringan 2,5%

4.5. *Lokasi Exit Taxiway*

Lokasi *exit taxiway* eksisting belum memadai jika pesawat terbesar beroperasi (B738). Dengan panjang landasan B738 untuk *landing* sebesar 2067 meter, pesawat ini harus berjalan hingga keujung *runway* 06 untuk putar balik, kemudian baru dapat keluar menggunakan *exit taxiway* terdekat. Hal tersebut membuat waktu penggunaan *runway* nya (ROT) semakin besar, dan kapasitas *runway*nya berkurang.

Untuk kondisi eksisting, dapat dihitung dengan sudut 90° memiliki kecepatan rencana sebesar 13 knot (Tabel 2.24). Contoh perhitungan dibawah ini menggunakan pesawat Boeing 737 – 800. Dengan *approach speed* sebesar 142 knot, termasuk dalam kategori pesawat D. Maka,

$S_1 = 450$ meter. Koreksi S_1 sebesar 75%, $S_1 = \frac{450}{75\%} = 600$ meter.

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

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

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

Hasil perhitungan lokasi *exit taxiway* eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Dari Tabel 4.7 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).

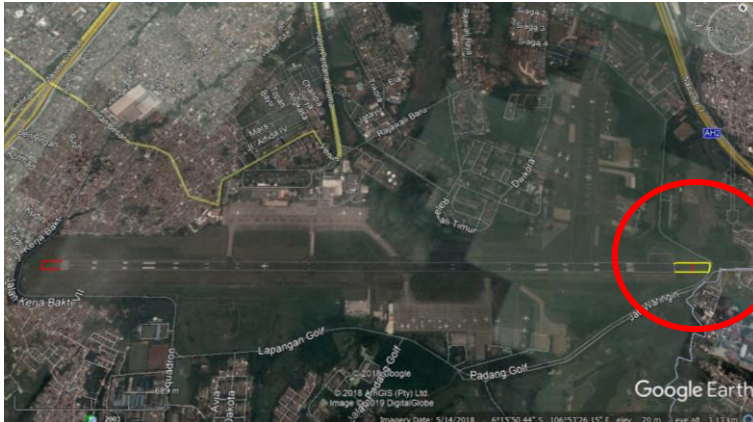
Tabel 4.7. Lokasi *Exit Taxiway* Eksisting

Tipe Pesawat	Kecepatan Approach		Kategori Pesawat	S1	S2	S3	Total Landasan
	knots	km/h		m	m	m	m
B733	130	241	C	600	600	1088	2288
A320	137	254	C	600	635	1226	2461
B738	142	263	D	600	660	1330	2590
AT76	113	209	B	333	515	786	1635
CRJX	140	259	C	600	650	1288	2538
AT75	113	209	B	333	515	786	1635
A20N	137	254	C	600	635	1226	2461

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 4.8. Ilustrasi penambahan panjang *runway rencana* dapat dilihat pada Gambar 4.8 (diberi garis kuning).

Tabel 4.8. Lokasi *Exit Taxiway* Adanya Penambahan Panjang *Runway*

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



Gambar 4.8. Penambahan Panjang *Runway* pada *Runway* 24

Dari Tabel 4.8, lokasi *exit taxiway* N2 sudah sesuai dengan lokasi dari Tabel 4.7 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 Tugas Akhir 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 Lampiran No 01, dengan detail pada Lampiran No 02 dan No 03.

4.6. Runway Occupancy Time (ROT)

Mengelompokkan pesawat yang beroperasi berdasarkan pada *approach speed*. Kemudian menentukan komponen apa saja yang akan digunakan untuk menghitung *runway occupancy time* (ROT), dapat dilihat pada Tabel 4.9 beserta penjelasannya sebagai berikut.

- Menghitung waktu menuju *touchdown*, dengan perlambatan di udara, $a_1 = 0,76 \text{ m/s}^2$. Kecepatan *touchdown* memiliki selisih 5 knots – 8 knots dari kecepatan pendekat (*approach speed*);
- Selanjutnya menambahkan 3 detik, sebagai waktu yang diperlukan roda depan untuk menyentuh perkerasan *runway*;
- Menghitung waktu pengereman, dengan perlambatan di darat, $a_2 = 1,52 \text{ m/s}^2$;
- Waktu yang diperlukan untuk berbelok ke *exit taxiway*, $t = 10 \text{ s}$ (Horonjeff, 2010).

Tabel 4.9. Komponen Menghitung *Runway Occupancy Time* (ROT)

Tipe Pesawat	Vot	Vtd	Vex (30°)	Vex (90°)	a1	a2
	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s ²	m/s ²
B733	68,42	64,30	26,75	7,20	0,76	1,52
A320	69,96	65,84	26,75	7,20	0,76	1,52
B738	73,05	68,93	26,75	7,20	0,76	1,52
AT76	58,13	54,01	26,75	7,20	0,76	1,52
CRJX	72,02	67,90	26,75	7,20	0,76	1,52
AT75	58,13	54,01	26,75	7,20	0,76	1,52
A20N	69,96	65,84	26,75	7,20	0,76	1,52

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

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

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

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

$$ROT = \frac{V_{ot} - V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_{ex}}{2a_2} + t = 2,71 + 3 + 20,31 + 10$$

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

Hasil perhitungan *runway occupancy time* (ROT) eksisting dengan sudut 90° , dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan *Runway Occupancy Time* (ROT) Eksisting (90°)

Tipe Pesawat	Kategori	($V_{ot} - V_{td}$)/ $2a_1$	($V_{td} - V_{ex}$)/ $2a_2$	t (s)	ROT (s)
B733	C	2,7	18,8	10	34
A320	C	2,7	19,3	10	35
B738	D	2,7	20,3	10	36
AT76	B	2,7	15,4	10	31
CRJX	C	2,7	20,0	10	36
AT75	B	2,7	15,4	10	31
A20N	C	2,7	19,3	10	35

4.7. Kapasitas *Runway*

Merupakan kemampuan *runway* untuk melayani pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*takeoff*) yang dinyatakan dalam jumlah operasi pergerakan pesawat per satuan waktu (operasi per jam, atau operasi per tahun). Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan dengan melihat jumlah pergerakan pesawat pada

jam sibuk (*peak hour*) pada tanggal 21 Desember 2018. Pada jam sibuk di lapangan, memiliki kapasitas sebesar 17 operasi/jam.

4.7.1. Perhitungan dengan Metode Matematis (Matriks)

Adapun model pendekatan yang digunakan adalah metode matematis, sebagai berikut:

- a. Model kedatangan saja dalam keadaan bebas kesalahan
- b. Model kedatangan saja dalam keadaan kesalahan posisi
- c. Model untuk keberangkatan saja
- d. Model untuk operasi campuran

A. Model untuk kedatangan saja dalam keadaan bebas kesalahan

Yang dilakukan pertama adalah menghitung kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang datang saja (*arrivals only*) dengan bebas kesalahan. Diketahui pemisahan jarak minimum rata – rata antara dua pesawat yang tiba di sepanjang jalur pendekat (δ_{ij}) adalah 4 nmi dan panjang jalur pendekat (γ) sebesar 7,6 nmi.

- Keadaan Merapat (*Closing Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i < V_j$)

Contoh perhitungan:

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

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

- Keadaan merenggang (*Opening Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i > V_j$)

Contoh perhitungan:

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

$$\begin{aligned}
 T_{ij} &= \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \\
 &= \left(\frac{4}{142} + 7,6 \left(\frac{1}{137} - \frac{1}{142} \right) \right) \times 3600 \\
 &= 108 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Apabila hasilnya ditabulasi kedalam matriks bebas kesalahan, $[M_{ij}]$, maka akan dihasilkan seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	B738	101	101
	A320	108	105

Untuk prosentase kombinasi, $[P_{ij}]$, yang terjadi dalam operasi kedatangan, dapat dilihat pada matriks prosentase kedatangan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Matriks Prosentase Kedatangan $[P_{ij}]$

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	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, $E[\Delta T_{ij}]$.

$$\begin{aligned} E[\Delta T_{ij}] &= \sum [P_{ij}][M_{ij}] \\ &= 0,10(101) + 0,10(101) + 0,10(108) + 0,70(105) \\ &= 105 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan demikian, kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja sebesar:

$$C = \frac{1}{E[\Delta T_{ij}]} = \frac{1}{105} \times 3600 = 35 \text{ operasi/jam}$$

B. Model untuk kedatangan saja dalam keadaan kesalahan posisi

Kemudian menghitung kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang datang saja (*arrivals only*) dengan kondisi kesalahan posisi. Diketahui *buffer time* (B_{ij}) sebesar 25 detik.

- Keadaan Merapat (*Closing Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i < V_j$)

Diketahui $b_{ij} = 25 \text{ detik}$

- Keadaan merenggang (*Opening Case*), dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat daripada kecepatan pesawat di belakang (*trailing*, V_j). ($V_i > V_j$)

Contoh perhitungan:

Diketahui $B_{ij} = 25 \text{ detik}$, $\delta_{ij} = 4 \text{ nmi}$, V_i (B738) = 142 knots, V_j (A320) = 137 knots, didapat:

$$\begin{aligned} B_{ij} &= b_{ij} + \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \\ &= \left(25 + 4 \left(\frac{1}{137} - \frac{1}{142} \right) \right) \times 3600 \\ &= 21 \text{ detik} \end{aligned}$$

Apabila hasil dari *buffer time* ditabulasi kedalam matriks, $[B_{ij}]$, maka akan dihasilkan seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Matriks *Buffer Time* $[B_{ij}]$

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	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 4.14.

Tabel 4.14. Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	B738	126	126
	A320	130	130

Untuk prosentase kombinasi, $[P_{ij}]$, yang terjadi dalam operasi kedatangan, dapat dilihat pada matriks prosentase Tabel 4.12. Selanjutnya menghitung nilai pada waktu layanan, $E[\Delta T_{ij}]$.

$$\begin{aligned}
 E[\Delta T_{ij}] &= \sum [P_{ij}]([M_{ij}] + [B_{ij}]) \\
 &= 0,10(126) + 0,10(126) + 0,10(130) + 0,70(130)
 \end{aligned}$$

$$= 123 \text{ detik}$$

Dengan demikian, kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja sebesar:

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

C. Model untuk keberangkatan saja

Dari *Doc. 4444 Procedures for Air Navigation Service Air Traffic Management Chapter 5 Section 5.6*, diketahui waktu pemisahan antara keberangkatan pesawat (t_d) adalah 1 menit (*closing case*), atau 2 menit saat kecepatan pesawat di depan > kecepatan pesawat dibelakang (*opening case*). Jarak pisah minimum antar keberangkatan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Jarak Pisah Minimum Antar Keberangkatan [t_d]

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	B738	60	60
	A320	120	60

Untuk prosentase kombinasi, $[P_{ij}]$, yang terjadi dalam operasi keberangkatan, dapat dilihat pada matriks prosentase keberangkatan pada Tabel 4.16.

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

$$\begin{aligned} E[t_d] &= \sum [P_{ij}][t_d] \\ &= 0,00(60) + 0,00(60) + 0,00(120) + 1,00(60) \\ &= 60 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.16. Matriks Prosentase Keberangkatan [P_{ij}]

		LEADING	
		B738	A320
TRAILING	B738	0,00	0,00
	A320	0,00	1,00

Dengan demikian, kapasitas *runway* untuk melayani keberangkatan saja sebesar:

$$C = \frac{1}{E[t_d]} = \frac{1}{60} \times 3600 = 60 \text{ operasi/jam}$$

D. Model untuk operasi campuran

Menghitung kapasitas *runway* dengan menemukan kemungkinan dilakukannya operasi keberangkatan (*departure*) diantara dua kedatangan (*arrivals*). Yang perlu diperhitungkan pada operasi campuran, meliputi: waktu pemakaian *runway* rata – rata, waktu pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 nm terakhir ke ambang *runway*, *buffer time* yang diperlukan saat pesawat terjadi kesalahan posisi, serta waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*. Seluruhnya kurang dari waktu antar kedatangan.

Perhitungan operasi campuran ini dihitung berdasarkan kondisi eksisting dengan menggunakan persamaan pada (3.22). Data yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. 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 pemakaian *runway* tiap pesawat, berdasarkan persamaan (3.23).

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

Waktu pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 nm terakhir ke ambang *runway* (Horonjeff, 2010), dengan persamaan (3.24).

$$E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] = \left[0,12\left(\frac{2}{140}\right) + 0,88\left(\frac{2}{137}\right)\right] \times 3600 = 52 \text{ detik}$$

Buffer time yang diperlukan saat pesawat terjadi kesalahan posisi, sesuai dengan persamaan (3.16).

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

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*, sesuai dengan persamaan pada (3.20)

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

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

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

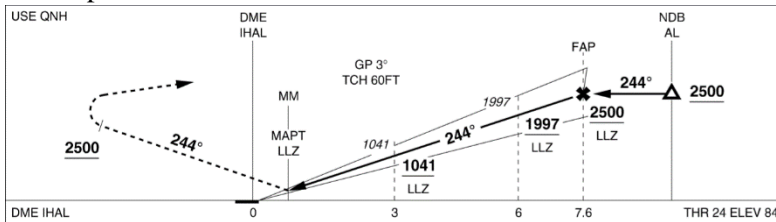
Waktu kedatangan sebenarnya (pada saat kesalahan posisi) adalah 123 detik. Jika dilakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan, nilainya 116 detik. Jika dilakukan dua keberangkatan diantara dua kedatangan, nilainya 176 detik. Maka dari itu, hanya dapat dilakukan satu keberangkatan diantara dua 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.

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

4.7.2. Perhitungan dengan Metode Grafis (*Time – Space Diagram*)

Data yang diperlukan berupa data pergerakan pesawat pada jam sibuk (*peak hour*) pada tanggal 21 Desember 2018 (Tabel 3.6), data *approach speed* setiap pesawat (Tabel 3.4), chart Bandara Halim Perdanakusuma (Gambar 4.8) jarak pisah operasi (kedatangan – kedatangan, kedatangan – keberangkatan, keberangkatan – kedatangan, keberangkatan – keberangkatan).

Nilai dari masing – masing jarak pisah dapat dilihat pada tabel dibawah. Jarak pisah antar kedatangan – kedatangan pada Tabel 4.18, jarak pisah kedatangan – keberangkatan serta keberangkatan – kedatangan dapat dilihat pada Tabel 4.19, jarak pisah antar keberangkatan – keberangkatan dapat dilihat pada Tabel 4.20. Untuk nilai *Runway Occupancy Time* (ROT) dapat dilihat pada Tabel 4.10.



Gambar 4.8. Chart Bandara Halim Perdanakusuma

Tabel 4.18. Jarak Pisah Antar Kedatangan – Kedatangan (ICAO, 2001)

Jenis Pesawat	Release Distance (nm)
A320	4
B738	4
A20N	4
B733	4

Tabel 4.19. Jarak Pisah Antar Kedatangan – Keberangkatan, Keberangkatan – Kedatangan (ICAO, 2001)

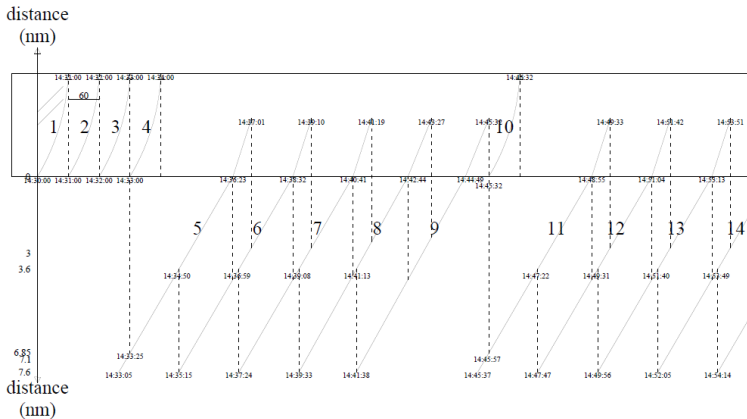
Jenis Pesawat	Approach Speed (nm/min)	Release Distance (nm)
A320	2,3	6,85
B738	2,4	7,1
B733	2,2	6,5

Tabel 4.20. Jarak Pisah Antar Keberangkatan – Keberangkatan (ICAO, 2001)

Jenis Pesawat	Time separation (sec.)
A320	60

Hasil simulasi menggunakan metode grafis (*time – space diagram*) menghasilkan 35 operasi/jam, untuk hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.9, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari perhitungan kapasitas, didapatkan bahwa kapasitas di lapangan sebesar 17 operasi/jam, kapasitas secara matematis sebesar 38 operasi/jam, kapasitas yang disimulasi berdasarkan *time – space diagram* sebesar 35 operasi/jam. Kapasitas di lapangan kurang dari kapasitas rencana sesuai dengan matematis dan *time – space diagram*, berarti untuk lokasi *exit taxiway* di lapangan masih dapat digunakan.



Gambar 4.10. Time – Space Diagram

4.8. Marka pada *Runway* dan *Taxiway*

Untuk marka pada *runway* dan *taxiway*, berdasarkan pada KP 29 Tahun 2014. Marka *runway* harus berwarna putih pada semua beton, aspal, atau permukaan *runway* yang dilapis. Marka *taxiway*, *turn-pad runway*, dan *aircraft stand markings* harus berwarna kuning. Ilustrasi dari marka dapat dilihat pada denah serta detail di Lampiran No 01 – 03.

4.8.1. *Runway marking*

a. *Runway designation marking*

Bandara Halim Perdanakusuma merupakan bandara *precision approach category I* ($DH \geq 60$ meter), karena memiliki DH sebesar 276 ft (= 84 meter).

b. *Runway centreline marking*

Terletak disepanjang garis tengah *runway*. Terdiri dari garis dan celah (*gap*) dengan ukuran yang seragam. Panjang garis ditambah celah (*gap*) sebesar 50 meter – 75 meter, dengan panjang antara garis dengan celah setidaknya memiliki ukuran yang sama. Untuk perencanaan ulang ini menggunakan panjang garis sebesar 38 meter, dengan pemisah sebesar 34 meter. Lebar dari garis

tengah *runway* ini untuk *precision approach category I*, dan untuk *code number 4* adalah 0,45 meter.

c. *Threshold marking*

Threshold dimulai 6 meter dari ujung *runway*. Jumlah garis untuk lebar *runway* 45 meter sebanyak 12 garis.

d. *Aiming point marking*

Lokasi *aiming point marking* untuk *landing distance available* 2056 meter berdasarkan *ICAO Annex 14 Volume I Aerodrome Design and Operations Chapter 5 Section 5.2 Table 5-1*, jarak dari *threshold* 300 meter, panjang garis 45 – 60 meter, lebar garis 6 – 10 meter, jarak dalam antar *aiming point* sebesar 18 – 22,5 meter.

e. *Touchdown zone marking*

Terdiri dari beberapa pasang persegi panjang yang simetris, untuk *landing distance available* 2056 meter berdasarkan *ICAO Annex 14 Volume I Aerodrome Design and Operations Chapter 5 Section 5.2*, terdiri dari 4 pasang persegi panjang.

4.8.2. *Taxiway marking*

a. *Taxiway centerline marking*

Disediakan pada semua permukaan *taxiway* dalam bentuk garis kuning yang menyambung dan lebar garis 0,15 meter. Jarak antara marka *taxiway* dengan marka lain sebesar 0,9 meter. Jarak D untuk *runway* dengan kode number 4 ≥ 60 meter.

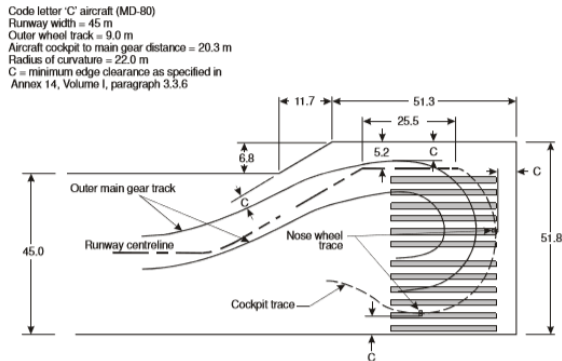
Jika terdapat *runway – holding position* lagi setelah jarak 45 meter, diberi minimum 3 garis putus – putus ke arah menjauh dari *runway* atau menuju *runway – holding position* berikutnya.

b. *Runway – holding position marking*

Marka *runway – holding position* harus disediakan ketika akan memasuki area *runway*. Untuk *precision approach category* menggunakan marka pola A.

c. **Runway turn pad marking**

Jarak bebas antara roda *gear/gigi* pendaratan pesawat dengan tepi *runway turn pad* untuk *runway* kode huruf “C” sebesar 3 meter karena *wheel base* kurang dari 18 meter. untuk *runway* dengan kode huruf “C” memiliki desain seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Desain *Turn Pad* untuk Kode Huruf “C” (ICAO, 2006)

4.9. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Berdasarkan KKOP pada Gambar 4.12, 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 4.12.



Gambar 4.12. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. 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.

5.2. 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

- Airbus S.A.S. 2018. **A320, Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning**. France.
- Boeing Commercial Airplanes. 2013. **737, Airplane Characteristics for Airport Planning**.
- Bombardier. 2016. **Airport Planning Manual, Volume 1, CSP A-020**. Canada: Bombardier Inc.
- FAA. 1989. **Airport Design AC No. 150/5300-13**. United State: Federal Aviation Administration.
- FAA. 2005. **Runway Length Requirements for Airport Design AC No. 150/5325-4B**. United State: Federal Aviation Administration.
- Horonjeff, Robert, and McKelvey, Francis X. 2010. **Planning & Design of Airport**. Fifth Edition.
- ICAO. 2016. **Annex 14, Aerodromes, Volume I Aerodrome Design and Operations**. Seventh Edition.
- ICAO. 2001. **Procedures for Air Navigation Services, Air Traffic Management**. Fourteenth Edition.
- ICAO. 2005. **Aerodrome Design Manual, Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays**. Fourth Edition.
- ICAO. 2006. **Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways**. Third Edition.
- Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 48 Tahun 2002 tentang Penyelenggaraan Bandar Udara Umum
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 29 Tahun 2014 tentang Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 (*Manual of Standard CASR – Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodromes*)
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP 77 Tahun 2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara

- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 69 Tahun 2013 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional
- University, George Mason. 2009. **Runway Capacity**. Center for Air Transportation Systems Research.
- _____. 2014. **ATR Family**. France
- https://id.wikipedia.org/wiki/Bandar_Udara_Internasional_Halim_Perdanakusuma diakses terakhir tanggal 05 April 2018
- <https://www.flightradar24.com/> diakses tanggal 28 Desember 2018 pukul 08.01
- <https://www.hubud.dephub.go.id/> diakses pada Februari 2018
- <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/dataproduct> diakses pada 26 Desember 2018
- <https://www.online-coordination.com/External/Help/index.html#!WordDocuments/communiataircraftcodes.htm> diakses pada tanggal 05 Juli 2018 pukul 16.41
- <http://ramalanintelijen.net/analisis-intelijen-tentang-lanud-halim-perdanakusuma-sebagai-civil-enclave/> diakses pada 16 April 2018 pukul 09.21 WIB
- <https://www.scribd.com/doc/229009961/Arah-Landasan-Pacu> diakses pada 19 Mei 2018
- <https://www.skybrary.aero/> diakses pada 23 Desember 2018 pukul 17.26



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt. 2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284

Form AK/TA-04
rev01



NAMA PEMBIMBING	: J. ERWINA AHYUDANARI, M.Eng., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: DIAN AYU WIKAHYANI
NRP	: 03111540000034
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR
TANGGAL PROPOSAL	: 31 OKTOBER 2018
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	02/11/18	Analisa data angin (Rumusan masalah)	Kebutuhan panjang runway, geometrik runway, geometrik taxiway	U
2.	03/11/18	- Kebutuhan panjang runway - Geometrik runway - Geometrik taxiway	Lokasi exit taxiway, ROT	U
3.	26/11/18	- Lokasi exit taxiway - Runway occupancy time (ROT)	Master plan runway dan taxiway, layout baru Bandara Halim Perdanakusuma.	U
4.	30/11/18	- Master plan Runway dan taxiway - Layout baru Bandara Halim Perdanakusuma - Kapasitas Runway	Kapasitas runway, revisi gambar	U
5.	07/12/18	- Kapasitas runway - Kkop	Bab 4	U
6.	17/12/18	- Bab 4 - Revisi gambar	Bab 4,5	U
7.	28/12/18	Bab 4,5	Bab 1,2,3,4,5	U
8.	02/01/19	Bab 1,2,3,4,5		U

LAMPIRAN 1

Lampiran 1.1. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

No	Tipe Pesawat	1 SEPTEMBER 2018		2 SEPTEMBER 2018		4 SEPTEMBER 2018		5 SEPTEMBER 2018		6 SEPTEMBER 2018	
		Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	B733	1	1							1	1
2	A320	61	61	61	60	59	59	57	58	57	57
3	B738	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
4	AT76	1	2			2	2	2	2		
5	CRJX			1	1			1	1	1	2
6	AT75			1	2					1	2
7	A20N	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4
TOTAL PERHARI		74	75	75	75	74	74	73	74	73	75

Lampiran 1.2. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

8 SEPTEMBER 2018		9 SEPTEMBER 2018		10 SEPTEMBER 2018		13 SEPTEMBER 2018		14 SEPTEMBER 2018		15 SEPTEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1					1	1			1	1
63	61	61	62	60	60	62	62	60	60	60	61
9	9	8	9	7	8	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2			2	2	1	2	2	2
		2	1		1					1	
				1	2						
3	3	1	1	1	1	1	1	4	4	1	1
78	76	74	75	69	72	74	75	73	75	73	74

Lampiran 1.3. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

16 SEPTEMBER 2018		17 SEPTEMBER 2018		18 SEPTEMBER 2018		19 SEPTEMBER 2018		20 SEPTEMBER 2018		21 SEPTEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
					1	1	1	1	1	1	1
63	63	63	62	59	61	59	61	61	62	61	61
8	9	8	9	8	9	7	9	8	9	8	9
2	2					1	2	2	2	2	2
			1	1	1			1		1	1
		2	2	2	2						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
74	75	74	75	71	75	69	74	74	75	74	75

Lampiran 1.4. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

22 SEPTEMBER 2018		23 SEPTEMBER 2018		24 SEPTEMBER 2018		25 SEPTEMBER 2018		26 SEPTEMBER 2018		27 SEPTEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
2	1						1	1	1	1	1
63	63	63	62	53	57	57	58	61	61	62	62
5	6	8	9	7	9	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2	1	1			2	2	2	2
			1			1					
						1					
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
73	73	74	75	62	69	68	69	73	74	74	75

Lampiran 1.5. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

28 SEPTEMBER 2018		29 SEPTEMBER 2018		30 SEPTEMBER 2018		01 OKTOBER 2018		02 OKTOBER 2018		04 OKTOBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1						1	1	1
60	60	63	63	63	62	61	61	58	60	60	60
8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2			2	2				
					1	1	1	2			
				2	2			1	2	2	2
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
74	75	75	76	74	75	73	74	70	73	75	76

Lampiran 1.6. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

05 OKTOBER 2018		06 OKTOBER 2018		07 OKTOBER 2018		08 OKTOBER 2018		09 OKTOBER 2018		10 OKTOBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	2	2						1	2	1
63	64	64	63	63	63	60	60	59	59	60	58
8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2			2	2	2	1	2	2
									1		2
				2	2						
1	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1
75	77	77	77	74	75	74	75	70	72	73	73

Lampiran 1.7. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

11 OKTOBER 2018		12 OKTOBER 2018		13 OKTOBER 2018		14 OKTOBER 2018		15 OKTOBER 2018		16 OKTOBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1	1	1						1
62	62	62	62	63	62	63	63	64	64	57	56
8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
				2	2	2	2	2	2	2	2
1	1					1				1	2
2	2	2	2								
		2	2	1	1	1	1			1	1
74	75	75	76	75	75	75	75	74	75	69	71

Lampiran 1.8. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

17 OKTOBER 2018		18 OKTOBER 2018		19 OKTOBER 2018		20 OKTOBER 2018		22 OKTOBER 2018		24 OKTOBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1	1	1					1	1
56	56	60	60	63	63	62	63	62	62	57	55
8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2	2	2	2	2			2	2
						1		1	1		2
								1	2		
4	4	2	2	1	1	1	1	1	1		
71	72	73	74	75	76	74	75	73	75	68	69

Lampiran 1.9. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

25 OKTOBER 2018		26 OKTOBER 2018		27 OKTOBER 2018		28 OKTOBER 2018		29 OKTOBER 2018		30 OKTOBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1	1	1						
61	61	63	64	57	58	61	61	62	63	54	54
8	9	8	9	8	9	8	9	7	9	8	9
2	2	2	2	2	2	2	2			1	2
		1		1	1						
								1	2		
				1	1	3	3	1	1		
72	73	75	76	70	72	74	75	71	75	63	65

Lampiran 1.10. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

31 OKTOBER 2018		1 NOVEMBER 2018		2 NOVEMBER 2018		3 NOVEMBER 2018		4 NOVEMBER 2018		5 NOVEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1	1	1	1	1				
51	51	59	59	59	59	55	54	57	57	53	53
8	9	8	9	8	9	8	9	6	7	7	9
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1					1	2			1	
4	4			2	2	1	1	2	2	1	1
67	68	70	71	72	73	68	69	67	68	64	65

Lampiran 1.11. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

6 NOVEMBER 2018		7 NOVEMBER 2018		8 NOVEMBER 2018		9 NOVEMBER 2018		10 NOVEMBER 2018		11 NOVEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
	2	1	2	1	2	1	2	1	1		
52	53	58	59	55	57	58	58	57	56	55	55
8	9	8	9	8	9	6	7	8	9	6	7
2	2	2	2	2	2			1	2	1	
2	1			2		1	1				
						2	2				
1	1			1	1	1	1	1	1	5	5
65	68	69	72	69	71	69	71	68	69	67	67

Lampiran 1.12. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

12 NOVEMBER 2018		13 NOVEMBER 2018		14 NOVEMBER 2018		15 NOVEMBER 2018		16 NOVEMBER 2018		17 NOVEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
55	54	54	54	59	59	58	58	56	57	54	56
7	8	7	8	8	9	8	9	6	7	8	9
2	2	2	2			2	2	2	2	2	2
								2	1	2	
				2	2						
1	1	3	3			1	1	2	2	1	1
65	65	66	69	71	72	70	72	69	71	68	69

Lampiran 1.13. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

18 NOVEMBER 2018		19 NOVEMBER 2018		20 NOVEMBER 2018		21 NOVEMBER 2018		22 NOVEMBER 2018		23 NOVEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
					2	1	2	2	2	1	1
58	58	54	54	57	56	53	53	52	53	60	61
6	7	7	8	8	9	8	9	7	8	6	7
2	2	2	2	2	2	2	2	1	1		
2	2	1	1	3	3	4	4	3	3		
68	69	64	65	70	72	68	70	65	67	67	69

Lampiran 1.14. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

24 NOVEMBER 2018		25 NOVEMBER 2018		27 NOVEMBER 2018		28 NOVEMBER 2018		29 NOVEMBER 2018		30 NOVEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1				1	1	1	1	1	1	1
55	54	56	57	53	53	51	52	53	52	54	53
8	9	6	7	8	9	8	9	8	9	6	7
						2	2	2	2	2	2
						2	2		1	1	1
2	2	1	1	2	2						
1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
67	67	66	68	64	66	66	68	65	66	66	66

Lampiran 1.15. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

1 DESEMBER 2018		2 DESEMBER 2018		3 DESEMBER 2018		4 DESEMBER 2018		5 DESEMBER 2018		6 DESEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
2	1						1	1	1	1	1
53	54	53	53	52	52	48	48	49	50	54	53
7	8	8	9	8	9	7	8	8	9	7	8
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
				2	2				1	1	2
		1	1			4	4	4	4	1	1
64	65	64	65	64	65	61	63	65	67	66	67

Lampiran 1.16. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

7 DESEMBER 2018		8 DESEMBER 2018		9 DESEMBER 2018		10 DESEMBER 2018		11 DESEMBER 2018		12 DESEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
	1	1	1						1	1	1
54	54	54	54	51	51	50	52	53	54	53	53
8	9	7	8	8	9	7	9	7	8	8	9
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		1	1	2	2	1	1				1
1	1	1	1	1	2	1	1	2	2		
65	67	66	67	64	66	61	65	64	67	64	66

Lampiran 1.17. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

13 DESEMBER 2018		14 DESEMBER 2018		15 DESEMBER 2018		16 DESEMBER 2018		17 DESEMBER 2018		19 DESEMBER 2018	
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
1	1	1	1	2	1					1	1
55	55	53	54	54	54	63	64	63	63	60	60
7	8	8	9	7	8	8	9	8	9	8	9
2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2
										1	1
1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
66	67	65	67	66	67	73	76	73	75	73	74

Lampiran 1.18. Pergerakan pesawat periode 01 September 2018
– 31 Desember 2018

21 DESEMBER 2018		24 DESEMBER 2018		25 DESEMBER 2018		27 DESEMBER 2018		30 DESEMBER 2018		31 DESEMBER 2018		Total
Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure	
1	1					1	1					145
62	63	57	59	63	63	57	58	59	58	54	52	12406
9	9	7	7	9	9	9	9	8	8	6	6	1752
2	2			2	2			2	1			319
		1						1	1			92
		2	2									71
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	316
76	77	68	69	75	75	68	69	71	69	61	59	15101

Lampiran 2.5. Jumlah pergerakan pesawat campuran periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

4 DESEMBER 2018		3 DESEMBER 2018		2 DESEMBER 2018		1 DESEMBER 2018		30 NOVEMBER 2018	
Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	0	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	1
01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0
02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0
03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1
04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	2
05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4
06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7
07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5
08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	4
09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	4
10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7
11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	6
12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	14
13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9
14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16
15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	15	15.31 - 16.30	15	15.31 - 16.30	15	15.31 - 16.30	14
16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	13	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	13
17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11
18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	14
19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14
20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10
21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4
22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3
MAX	16	MAX	16	MAX	16	MAX	16	MAX	16

Lampiran 2.6. Jumlah pergerakan pesawat campuran periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

29 NOVEMBER 2018		28 NOVEMBER 2018		27 NOVEMBER 2018		26 NOVEMBER 2018		25 NOVEMBER 2018	
Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	0	00.30 - 01.30	0
01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0
02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0
03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	1
04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	3	04.31 - 05.30	0	04.31 - 05.30	2
05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	0	05.31 - 06.30	4
06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	7	06.31 - 07.30	8	06.31 - 07.30	7
07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	4	07.31 - 08.30	5
08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	6	08.31 - 09.30	3
09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	4
10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	7	10.31 - 11.30	6	10.31 - 11.30	7
11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	7
12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	18	12.31 - 13.30	14
13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	8	13.31 - 14.30	9
14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	20	14.31 - 15.30	16
15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	10	15.31 - 16.30	15
16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	16	16.31 - 17.30	12
17.31 - 18.30	10	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	10	17.31 - 18.30	10	17.31 - 18.30	11
18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	14	18.31 - 19.30	15	18.31 - 19.30	8	18.31 - 19.30	14
19.31 - 20.30	13	19.31 - 20.30	13	19.31 - 20.30	13	19.31 - 20.30	8	19.31 - 20.30	14
20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	14	20.31 - 21.30	10
21.31 - 22.30	3	21.31 - 22.30	3	21.31 - 22.30	3	21.31 - 22.30	2	21.31 - 22.30	4
22.31 - 23.30	2	22.31 - 23.30	2	22.31 - 23.30	2	22.31 - 23.30	4	22.31 - 23.30	3
MAX	16	MAX	16	MAX	16	MAX	20	MAX	16

Lampiran 2.21. Jumlah pergerakan pesawat campuran periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

10 SEPTEMBER 2018		9 SEPTEMBER 2018		8 SEPTEMBER 2018		6 SEPTEMBER 2018		5 SEPTEMBER 2018	
Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
00.30 - 01.30	0	00.30 - 01.30	0	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	0
01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0
02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0
03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1
04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4
05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4
06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6
07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5
08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5
09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	5	09.31 - 10.30	5
10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8
11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	7
12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	16	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15
13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	10	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9
14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	16	14.31 - 15.30	17	14.31 - 15.30	17	14.31 - 15.30	17
15.31 - 16.30	16	15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	13	15.31 - 16.30	13
16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	13	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	14	16.31 - 17.30	13
17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11
18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16
19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14
20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	10
21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4
22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3
MAX	16	MAX	16	MAX	17	MAX	17	MAX	17

Lampiran 2.22. Jumlah pergerakan pesawat campuran periode 01 September 2018 – 31 Desember 2018

4 SEPTEMBER 2018		2 SEPTEMBER 2018		1 SEPTEMBER 2018	
Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
00.30 - 01.30	1	00.30 - 01.30	0	00.30 - 01.30	1
01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0	01.31 - 02.30	0
02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0	02.31 - 03.30	0
03.31 - 04.30	0	03.31 - 04.30	1	03.31 - 04.30	1
04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4	04.31 - 05.30	4
05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4	05.31 - 06.30	4
06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6	06.31 - 07.30	6
07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5	07.31 - 08.30	5
08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5	08.31 - 09.30	5
09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	4	09.31 - 10.30	5
10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8	10.31 - 11.30	8
11.31 - 12.30	7	11.31 - 12.30	8	11.31 - 12.30	8
12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15	12.31 - 13.30	15
13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9	13.31 - 14.30	9
14.31 - 15.30	17	14.31 - 15.30	17	14.31 - 15.30	17
15.31 - 16.30	13	15.31 - 16.30	14	15.31 - 16.30	14
16.31 - 17.30	13	16.31 - 17.30	13	16.31 - 17.30	14
17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11	17.31 - 18.30	11
18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16	18.31 - 19.30	16
19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14	19.31 - 20.30	14
20.31 - 21.30	10	20.31 - 21.30	9	20.31 - 21.30	10
21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4	21.31 - 22.30	4
22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3	22.31 - 23.30	3
MAX	17	MAX	17	MAX	17

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 3

Lampiran 3.1. Data angin Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

Name	Date	HrMn	Dir (o)	Spd (m/s)	Temp (oC)
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	0	60	1,5	24,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	100	90	2,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	200	40	2,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	300	30	1,5	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	400	290	3,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	600	280	4,1	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	700	280	2,6	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	800	290	5,1	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120103	900	270	3,6	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	200	270	3,1	31,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	300	270	3,6	32,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	400	270	2,6	33,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	500	250	4,1	34,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	1000	290	4,1	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120104	1100	180	4,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	400	270	3,1	32,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	500	240	4,1	34,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	600	330	4,1	34,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	700	210	9,3	24,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	800	300	3,1	24,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	1000	330	2,1	24,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120105	1100	290	1,5	23,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120106	0	210	2,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120106	100	210	2,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	0	210	2,6	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	100	240	4,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	400	280	4,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	500	270	5,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	600	260	6,2	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	700	300	4,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	800	180	4,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120107	1000	240	3,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120108	0	240	2,1	24,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	0	210	3,6	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	300	270	5,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	400	270	4,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	530	270	5,1	31,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	600	270	4,1	31,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	700	300	4,6	32,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120109	900	270	3,6	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	400	240	3,6	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	600	270	4,6	28,0

Lampiran 3.2. Data angin Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur

HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	800	180	2,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	900	180	1,5	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	1100	180	3,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120110	2300	210	1,5	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	0	180	3,6	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	100	240	3,6	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	200	230	3,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	300	270	2,6	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	400	240	4,1	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	500	270	5,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	600	280	4,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	700	210	2,6	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	800	200	4,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	900	210	4,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120111	1000	210	2,6	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	0	230	2,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	100	240	2,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	300	270	3,6	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	400	270	4,1	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	500	240	4,1	31,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	800	270	2,6	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120112	900	210	2,6	30,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	0	150	1,5	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	100	180	3,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	200	210	4,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	300	240	4,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	400	210	2,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	700	240	5,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	800	240	6,2	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	900	210	4,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	1000	210	4,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120113	1100	240	3,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	0	220	1,5	23,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	100	180	3,6	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	200	210	3,1	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	400	200	4,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	700	220	3,1	25,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	900	190	5,1	0,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	1000	200	3,1	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120114	1100	200	2,6	27,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120115	0	240	2,6	26,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120115	200	270	3,1	28,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120115	300	250	4,1	29,0
HALIM PERDANAKUSUMA INTL	20120115	400	220	4,1	30,0

*) Data angin tidak dapat ditampilkan semua, karena terlalu banyak (Data angin 2012 hingga 2018)

LAMPIRAN 4

Lampiran 4.1. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma

21 DESEMBER 2018		
12:30 AM	73F ()	Depart
4:30 AM	B733 (PK-YGW)	Arrival
5:00 AM	A320 (PK-GLR)	Depart
5:15 AM	B738 (PK-LBY)	Depart
5:15 AM	A320 (PK-GLY)	Depart
5:45 AM	A320 (PK-GQN)	Depart
5:55 AM	B738 (PK-LBT)	Depart
6:05 AM	A320 (PK-LAZ)	Depart
6:20 AM	A320 (PK-GLS)	Depart
6:35 AM	A320 (PK-GQJ)	Arrival
6:59 AM	32A ()	Arrival
7:01 AM	A320 (PK-GQI)	Arrival
7:01 AM	A320 (PK-LAP)	Depart
7:10 AM	A320 (PK-LAH)	Arrival
7:30 AM	A320 (PK-GQJ)	Depart
7:30 AM	A320 (PK-GQI)	Depart
7:45 AM	A320 (PK-GLY)	Arrival
7:45 AM	A320 (PK-LAK)	Arrival
7:50 AM	A320 (PK-LAH)	Depart
8:10 AM	A320 (PK-GQH)	Arrival
8:25 AM	A320 (PK-GLY)	Depart
8:35 AM	B738 (PK-LBW)	Arrival
8:50 AM	B738 (PK-LBY)	Arrival
8:50 AM	A320 (PK-GQH)	Depart

Lampiran 4.2. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 1)

9:10 AM	B738 (PK-LBW)	Depart
9:25 AM	A320 (PK-GLQ)	Arrival
9:35 AM	B738 (PK-LBY)	Depart
9:55 AM	A320 (PK-GLQ)	Depart
10:00 AM	A320 (PK-GLS)	Arrival
10:10 AM	AT76 (PK-WGL)	Arrival
10:25 AM	B733 (PK-YGW)	Depart
10:35 AM	AT76 (PK-WGL)	Depart
10:45 AM	A320 (PK-GQJ)	Arrival
10:50 AM	A320 (PK-GLS)	Depart
11:00 AM	A320 (PK-GQI)	Arrival
11:15 AM	A320 (PK-GQJ)	Depart
11:20 AM	A320 (PK-GQN)	Arrival
11:30 AM	A320 (PK-GQI)	Depart
11:35 AM	A320 (PK-LUJ)	Arrival
11:40 AM	A320 (PK-LAP)	Arrival
12:00 PM	A320 (PK-LAK)	Arrival
12:05 PM	A320 (PK-LAM)	Arrival
12:05 PM	32A ()	Depart
12:25 PM	A320 (PK-GQN)	Depart
12:30 PM	B738 (PK-LBW)	Arrival
12:30 PM	A320 (PK-LAP)	Depart
12:45 PM	A320 (PK-LUF)	Arrival
12:45 PM	A320 (PK-LAM)	Depart
12:50 PM	A320 (PK-LUQ)	Arrival
12:50 PM	AT76 (PK-WGL)	Arrival
12:50 PM	32A ()	Depart

Lampiran 4.3. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 2)

12:50 PM	A320 (PK-LAK)	Depart
12:55 PM	A320 (PK-GLQ)	Arrival
1:05 PM	B738 (PK-LBW)	Depart
1:10 PM	A320 (PK-GQH)	Arrival
1:15 PM	A320 (PK-GLR)	Arrival
1:15 PM	AT76 (PK-WGL)	Depart
1:20 PM	32A ()	Arrival
1:20 PM	B738 (PK-LBY)	Arrival
1:25 PM	A320 (PK-LAH)	Arrival
1:25 PM	A320 (PK-LUF)	Depart
1:40 PM	A320 (PK-GQH)	Depart
1:55 PM	A320 (PK-LAZ)	Arrival
1:55 PM	A320 (PK-GLR)	Depart
2:05 PM	A320 (PK-LZG)	Arrival
2:05 PM	B738 (PK-LBY)	Depart
2:05 PM	A320 (PK-GLQ)	Depart
2:15 PM	A320 (PK-GQI)	Arrival
2:15 PM	A320 (PK-GQJ)	Arrival
2:20 PM	A320 (PK-LUQ)	Depart
2:35 PM	A320 (PK-LAZ)	Depart
2:35 PM	32A ()	Depart
2:45 PM	A320 (PK-LUJ)	Depart
2:45 PM	A320 (PK-GQJ)	Depart
2:50 PM	A320 (PK-LAY)	Arrival
2:50 PM	A320 (PK-LAY)	Arrival
2:55 PM	A320 (PK-LAI)	Arrival
3:00 PM	738 ()	Arrival

Lampiran 4.4. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 3)

3:00 PM	B738 (PK-LBT)	Arrival
3:00 PM	A320 (PK-GQI)	Depart
3:05 PM	32A ()	Arrival
3:15 PM	A320 (PK-LUZ)	Arrival
3:20 PM	A320 (PK-LUL)	Arrival
3:20 PM	A20N (PK-GTI)	Arrival
3:30 PM	A320 (PK-LAP)	Arrival
3:30 PM	A320 (PK-GLS)	Arrival
3:30 PM	A320 (PK-LAY)	Depart
3:45 PM	B738 (PK-LBT)	Depart
3:45 PM	A320 (PK-LZG)	Depart
3:50 PM	A320 (PK-LAI)	Depart
3:50 PM	A20N (PK-GTI)	Depart
4:00 PM	A320 (PK-LAM)	Arrival
4:00 PM	A320 (PK-LUL)	Depart
4:00 PM	A320 (PK-GLS)	Depart
4:05 PM	A320 (PK-LAP)	Depart
4:10 PM	A320 (PK-GQN)	Arrival
4:10 PM	A320 (PK-LUZ)	Depart
4:10 PM	32A ()	Depart
4:20 PM	A320 (PK-GQA)	Arrival
4:30 PM	A320 (PK-LAH)	Depart
4:35 PM	A320 (PK-LAK)	Arrival
4:40 PM	A320 (PK-GLQ)	Arrival
4:40 PM	73F ()	Arrival
4:50 PM	A320 (PK-GQN)	Depart
4:55 PM	A320 (PK-GLR)	Arrival

Lampiran 4.5. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 4)

4:55 PM	A320 (PK-LAM)	Depart
5:05 PM	A320 (PK-LUK)	Arrival
5:05 PM	A320 (PK-LAK)	Depart
5:05 PM	A320 (PK-GQA)	Depart
5:10 PM	A320 (PK-GLQ)	Depart
5:20 PM	A320 (PK-LUQ)	Arrival
5:20 PM	B738 (PK-LBW)	Arrival
5:25 PM	A320 (PK-LAZ)	Arrival
5:30 PM	A320 (PK-GLR)	Depart
5:35 PM	A320 (PK-GQI)	Arrival
5:45 PM	A320 (PK-LUF)	Arrival
5:45 PM	A320 (PK-LUK)	Depart
5:50 PM	738 ()	Arrival
5:50 PM	B738 (PK-LBY)	Arrival
5:50 PM	A320 (PK-GQJ)	Arrival
6:15 PM	B738 (PK-LBW)	Depart
6:20 PM	A320 (PK-GQJ)	Depart
6:25 PM	A320 (PK-GQI)	Depart
6:30 PM	A320 (PK-LUZ)	Depart
6:30 PM	A320 (PK-LAZ)	Depart
6:35 PM	B738 (PK-LBY)	Depart
6:55 PM	A320 (PK-LAH)	Arrival
6:55 PM	A320 (PK-LUQ)	Depart
6:55 PM	32A ()	Depart
7:00 PM	A320 (PK-LUL)	Arrival
7:00 PM	A320 (PK-GLJ)	Arrival
7:00 PM	A320 (PK-GLS)	Arrival

Lampiran 4.6. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 5)

7:05 PM	A320 (PK-LUJ)	Arrival
7:10 PM	A320 (PK-LAP)	Arrival
7:20 PM	A320 (PK-LAQ)	Arrival
7:20 PM	738 ()	Arrival
7:20 PM	32A ()	Arrival
7:20 PM	A320 (PK-LUZ)	Arrival
7:30 PM	A320 (PK-GLJ)	Depart
7:30 PM	A320 (PK-GLS)	Depart
7:40 PM	A320 (PK-LAY)	Arrival
7:40 PM	A320 (PK-LUF)	Depart
7:40 PM	A320 (PK-LAH)	Depart
7:45 PM	A20N (PK-GTC)	Arrival
7:50 PM	A320 (PK-LAK)	Arrival
7:50 PM	A320 (PK-LZG)	Depart
8:05 PM	32A ()	Arrival
8:05 PM	A320 (PK-LAQ)	Depart
8:05 PM	32A ()	Depart
8:05 PM	A320 (PK-LUJ)	Depart
8:05 PM	A320 (PK-LUJ)	Depart
8:15 PM	A320 (PK-LZG)	Arrival
8:15 PM	A20N (PK-GTC)	Depart
8:20 PM	A320 (PK-LAY)	Depart
8:40 PM	A320 (PK-GQQ)	Arrival
8:55 PM	A320 (PK-GQH)	Arrival
9:00 PM	A320 (PK-GQM)	Arrival
9:00 PM	32A ()	Depart
9:05 PM	A320 (PK-GQA)	Arrival

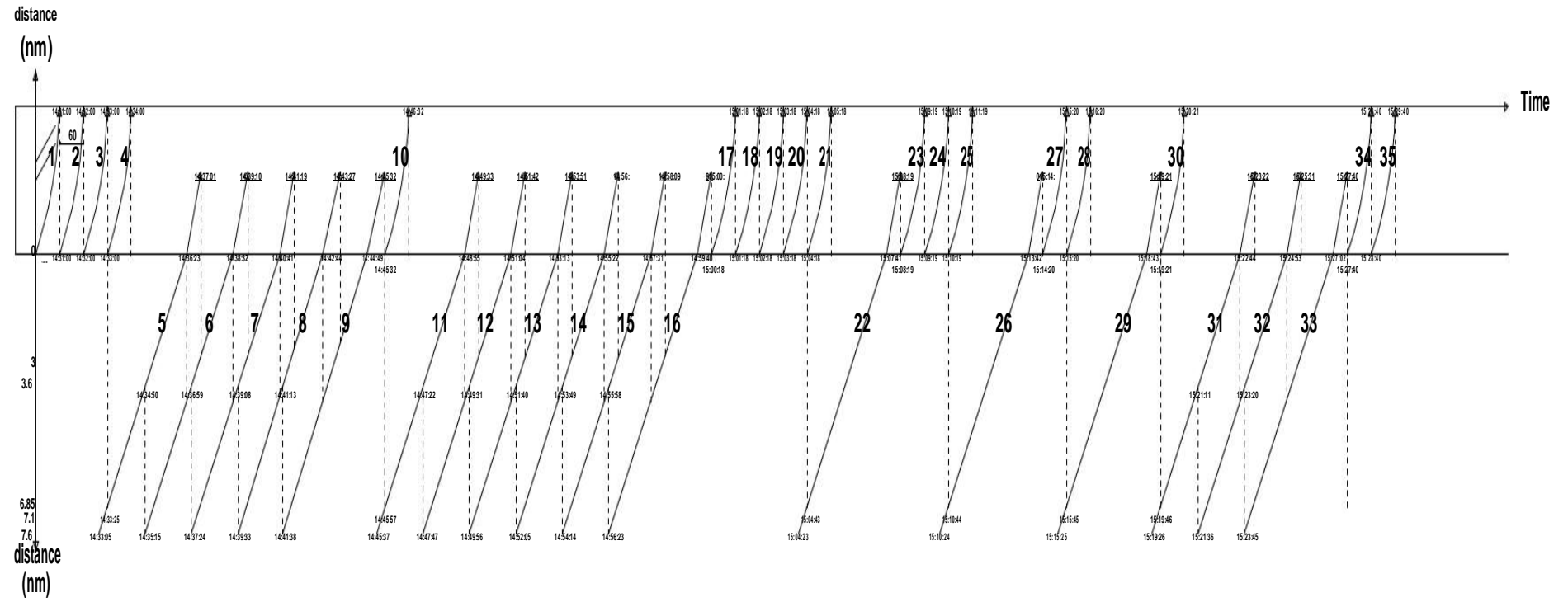
Lampiran 4.7. Jadwal pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma (Lanjutan 6)

9:10 PM	A320 (PK-GLQ)	Arrival
9:15 PM	B738 (PK-LBT)	Arrival
9:20 PM	A320 (PK-LAP)	Depart
9:30 PM	A320 (PK-LAZ)	Arrival
9:30 PM	A320 (PK-GQQ)	Depart
9:35 PM	A320 (PK-GQH)	Depart
10:05 PM	A320 (PK-LAZ)	Depart
10:25 PM	B738 (PK-LBY)	Arrival
10:30 PM	A320 (PK-LUL)	Depart
10:45 PM	A320 (PK-LAH)	Arrival
10:50 PM	A320 (PK-LAI)	Arrival
10:50 PM	A320 (PK-GQQ)	Arrival

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 5

Lampiran 5.1. Time – space diagram



Halaman ini sengaja dikosongkan

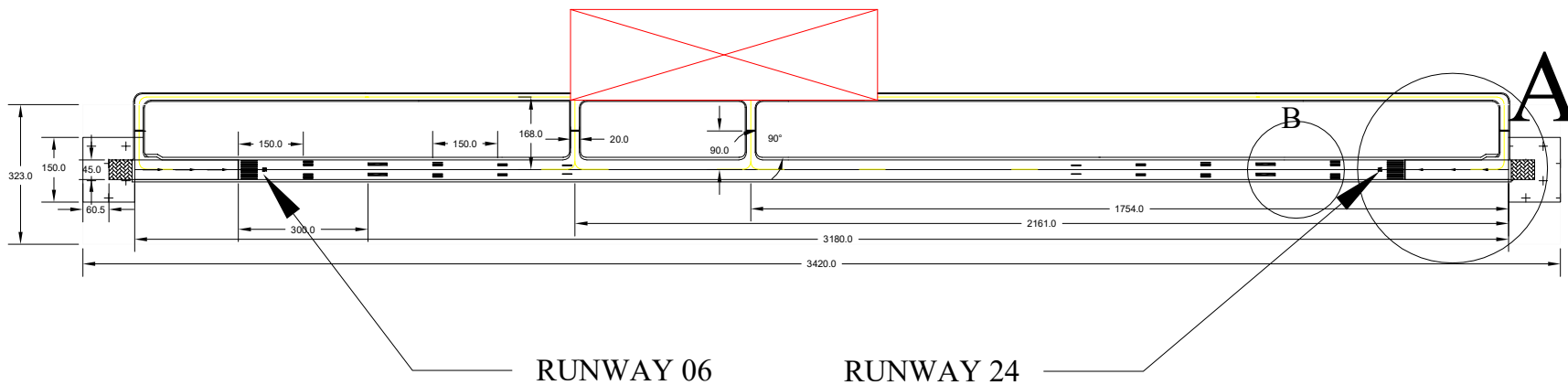
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 7

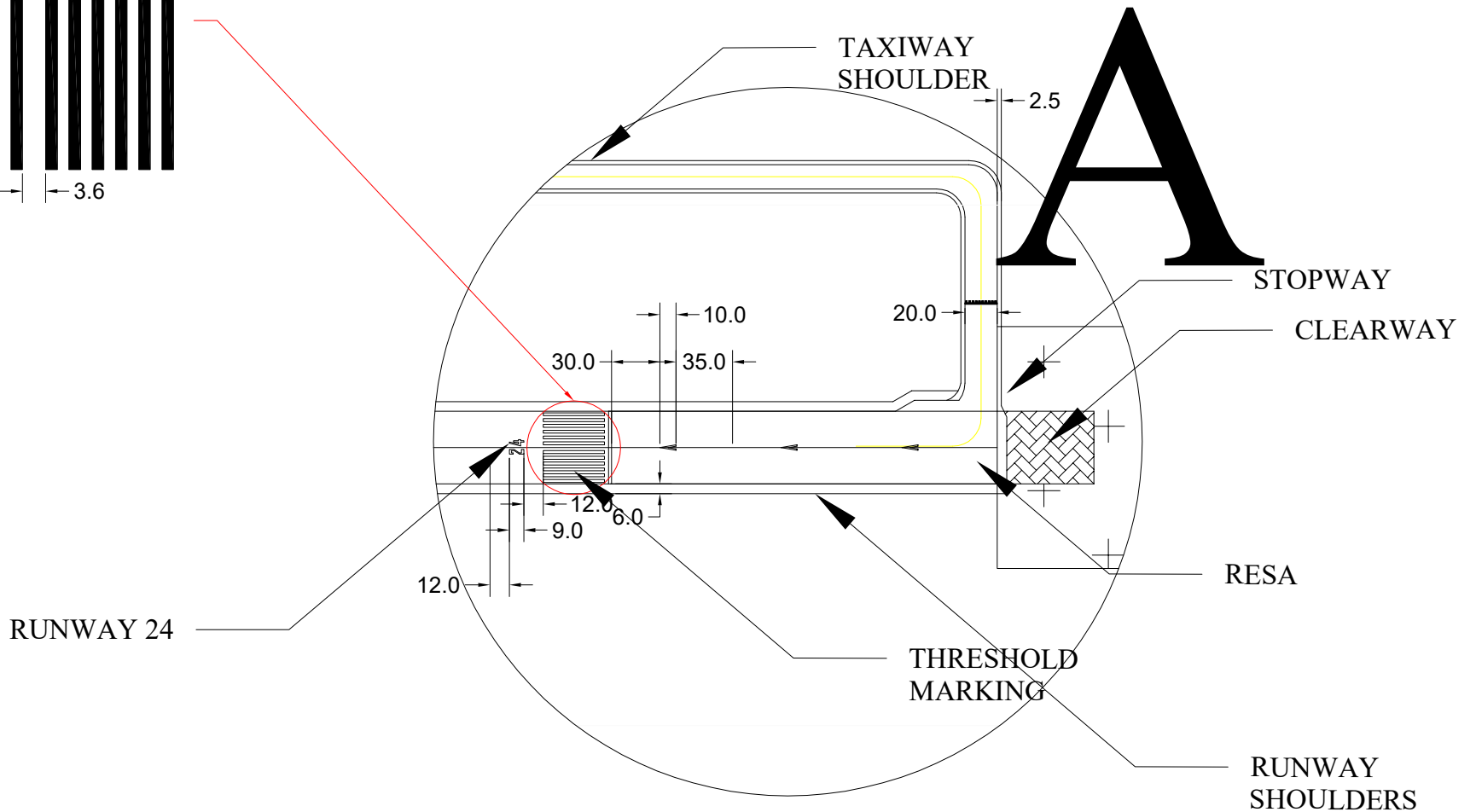
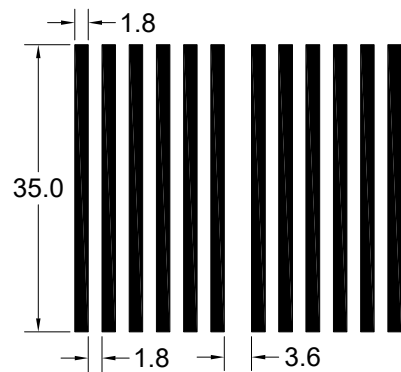
Lampiran 7.1. Penambahan panjang runway pada Runway 24



Halaman ini sengaja dikosongkan



JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR	JML. HALAMAN	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA
PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR	LAYOUT SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA	1:160	01	03	Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.E., Ph.D.	DIAN AYU WICAHYANI 0311154000034



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN ULANG
FASILITAS SISI UDARA
BANDARA HALIM
PERDANAKUSUMA,
JAKARTA TIMUR

NAMA GAMBAR
DETAIL A

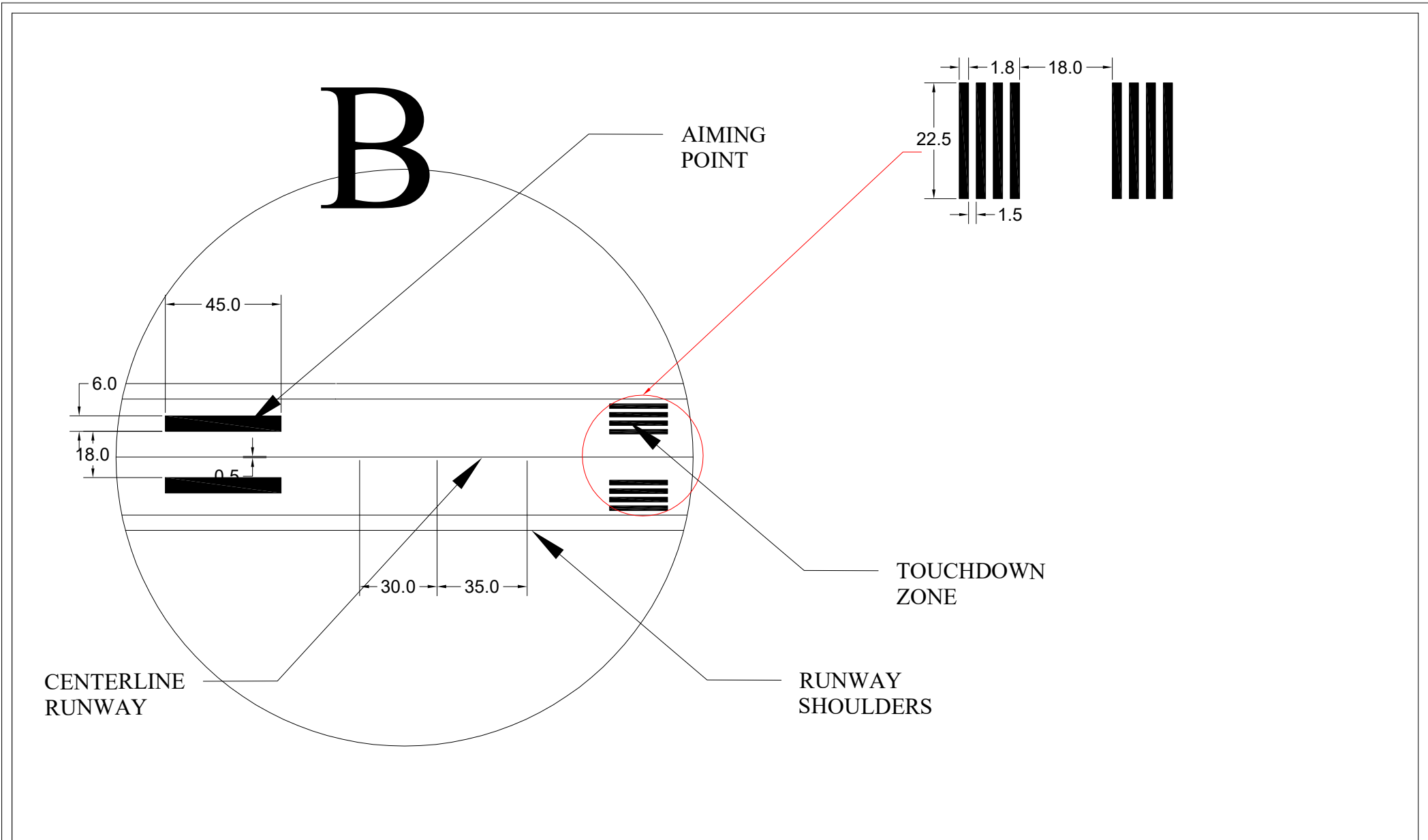
SKALA GAMBAR
1:40
1:10


NOMOR
02

JML. HALAMAN
03

DOSEN PEMBIMBING
Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.E., Ph.D.

NAMA & NRP MAHASISWA
DIAN AYU WICAHYANI
0311154000034



 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR	JML. HALAMAN	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA
	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA BANDARA HALIM PERDANAKUSUMA, JAKARTA TIMUR	DETAIL B	1:20 1:10	03	03	Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.E., Ph.D.	DIAN AYU WICAHYANI 0311154000034

BIODATA PENULIS



Dian Ayu Wicahyani,
Penulis dilahirkan di Batam, 26 Juni 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Negeri Pembina 1 Batam (2001 – 2003), SD Swasta Kartini 1 Batam (2003 – 2009), SMP Negeri 3 Batam (2009 – 2012), SMA Negeri 1 Batam (2012 – 2015). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Batam tahun 2015, penulis mengikuti Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN) dan diterima di Departemen Teknik Sipil,

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2008 dan terdaftar dengan NRP 03111540000034. Dijurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Transportasi. Selain menjalani perkuliahan, penulis juga aktif berorganisasi di lingkungan kampus. Pada awal masuk perkuliahan, tahun 2015, aktif di UKM VSNMC sebagai Bendahara Umum (2015 – 2018), aktif di himpunan sebagai Bendahara di CECC (2016 – 2018). Selain berorganisasi, penulis juga aktif kepanitiaan, staff Acara di SPARTAN FTSP (2016), staff Perlengkapan di PEKSIMITS (2016), staff Dekorasi di CIVEX (2018).

Penulis dapat dihubungi melalui.

e-mail : dianaywchni@outlook.com,
dianayuwicahyani@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan