



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA
DALAM KAITANNYA DENGAN
KESELAMATAN OPERASIONAL PENERBANGAN
DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH**

DIMITA BRILIAN ZAHRA
NRP.3115105009

Dosen Pembimbing I
Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D

Dosen Pembimbing II
Istiar ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG
UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN
KESELAMATAN OPERASIONAL
PENERBANGAN DI BANDARA ABDUL
RACHMAN SALEH**

DIMITA BRILIAN ZAHRA
NRP. 3115105009

Dosen Pembimbing I
Ir. Ervina Ahyudanari ME., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Istiar ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**EVALUATION ON AIR SPACE
AVAILABILITY FOR FLIGHT
OPERATIONAL SAFETY
AT ABDUL RACHMAN SALEH AIRPORT**

DIMITA BRILIAN ZAHRA
NRP. 3115105009

Advisor I
Ir. Ervina Ahyudanari ME., Ph.D

Advisor II
Istiar ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA
DALAM KAITANNYA DENGAN
KESELAMATAN OPERASIONAL PENERBANGAN
DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

DIMITA BRILIAN ZAHRA

NRP. 3115105009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D

2. Istiar ST., MT.



SURABAYA

JULI, 2017

EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL PENERBANGAN DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH

Nama Mahasiswa : Dimita Brilian Zahra
NRP : 3115105009
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing 1: Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D
Dosen Pembimbing 2: Istiar ST., MT.

ABSTRAK

Dilihat dari letak topografi, Daerah dataran rendah Kabupaten Malang terletak pada ketinggian 250m dpl sampai dengan 500m dpl. Secara fisik, letak Bandara Abdul Rachman Saleh berada di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang atau 17 km arah Timur dari pusat Kota Malang. Bandara ini berada di lembah Bromo dan dikelilingi oleh beberapa gunung yaitu Gunung Semeru (3676m) di sebelah Timur, Gunung Arjuno (3339m) di sebelah Utara, Gunung Kawi (2551m) dan Gunung Panderman (2000m) di sebelah Barat. Sehingga, perlu diperhatikan keselamatan operasional penerbangan akibat pergerakan pesawat terkait dengan terbatasnya ruang udara.

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan evaluasi pola pergerakan pesawat terhadap topografi dan kawasan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh. Selain itu juga dilakukan evaluasi kapasitas dan berat masing-masing pesawat terbang yang beroperasi terhadap ruang udara yang tersedia, dalam hal ini berkaitan dengan jarak tempuh pesawat dan panjang runway yang tersedia, konsumsi bahan bakar pesawat serta kondisi cuaca yang ada di sekitar bandar udara. Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan hasil pada arah memanjang runway, kawasan keselamatan operasi penerbangan Bandara Abdul

Rachman Saleh terhadap topografi memenuhi syarat dan menjamin keselamatan operasional. Pada arah melintang runway, kawasan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap topografi tidak memenuhi, karena elevasi topografi lebih tinggi dari pada batas elevasi kawasan keselamatan operasi penerbangan (KKOP) Bandara dan pergerakan masing-masing pesawat tidak mengalami gangguan keselamatan operasional terhadap topografi. Dalam radius destinasi 377 nm pesawat dapat menghabiskan bahan bakar sebesar 7365 liter sehingga konsumsi bahan bakar pesawat per panjang destinasi yang ditempuh adalah 19,54 liter/nautical miles. Sehingga fuel cadangan yang diperlukan oleh pesawat adalah 2286 liter. Dan dengan kapasitas 25 pergerakan per jam di Bandara kondisi cuaca pada pagi hari dengan suhu rata-rata 27°, jarak pandang 7,1 km dan waktu tempuh efektif selama 45 menit.

Kata Kunci : Ruang Udara, Keselamatan Operasional Penerbangan, Topografi Bandara, Faktor Cuaca

EVALUATION ON AIR SPACE AVAILABILITY FOR FLIGHT OPERATIONAL SAFETY AT ABDUL RACHMAN SALEH AIRPORT

Nama Mahasiswa : Dimita Brilian Zahra
NRP : 3115105009
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing 1: Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D
Dosen Pembimbing 2: Istiar ST., MT.

ABSTRACT

Observed by topography, Lowland at Malang district located at elevation between 250m dpl until 500m dpl. Physically, Abdul Rachman Saleh Airport located at Pakis Village Malang District or 17 km to east from Malang City. This Airport located at Bromo valley and surrounded by several mountains as Semeru Mountain (3676m) on east, Arjuno Mountain (3339m) at North, Kawi Mountain (2551m) and Panderman Mountain at west. So it necessary be noticed about flights operational safety by the effect of plane movement with limited air space conditions.

On this Final Task, it evaluated about plane movement pattern against topography condition and Abdul Rachman Saleh Airport operational flight regions. Moreover, it evaluated with weight and capacity each plane that want to be operated against air space condition. On this case it related with flight distance and runway full-length, plane fuel consumption and weather condition around the airports. According to analisis it obtained that longitudinal direction of runway, Abdul Rachman Saleh Airport safety flight operation against topography condition was qualify and ensure safety flight operational. And for the cross direction of runway, it's not qualify because the topography elevation is higher than Airports Safety Flight Operational Elevation Limits (KKOP) and the movement of each plane not disturbed safety

operational against topography condition. Within destination radius 377 nm plane fuel consumption is amount 7365 liters , so Plane Fuel Consumption against leght of the destination taken is 19,54 liter/nautical miles, with that result the plane fuel reserves required is 2286 liters. And with a 25 hourly movements capacity at the airpot, the weather conditions in the morning with an 27° average temperature, 7,1 km viewing distance and effective travel time for 45 minutes.

Keywords : Air Space, Flight safety Operational, Topography Airport Conditions, Weather Factor

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir “*Evaluasi Ketersediaan Ruang Udara dalam Kaitannya dengan Keselamatan Operasional Penerbangan di Bandara Abdul Rachman Saleh*” ini dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, Penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan kakak-adik dari penulis, yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D dan Istiar ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Faimun, MSc. selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
4. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
5. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
6. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur S-1 angkatan 2015, dan semua rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.
7. Sahabat-sahabat saya yang telah memberikan dukungan , semangat dan doa kepada penulis.

8. Kakak-kakak dan adik-adik kelas Lintas Jalur S-1 yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik agar lebih baik lagi di masa mendatang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2017
Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Bandar Udara.....	7
2.2.1 Komponen-Komponen Bandar Udara.....	7
2.3 Landas Pacu (<i>Runway</i>)	8
2.3.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi panjang <i>Runway</i> 13	
2.4 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.....	18
2.4.1 Fungsi Kawasan Operasi Penerbangan	18
2.4.2 Batasan Kawasan keselamatan Operasi Penerbangan. 19	
2.4.3 Persyaratan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.....	24
2.5 Pemberian Lampu dan Pemasangan Lampu Halangan (<i>Obstacle Lights</i>).....	25
2.6 Peta Topografi	29
2.7 Pola Pergerakan Pesawat.....	30

2.8	Variasi Berat Pesawat.....	34
2.8.1	<i>Aircraft Gross Weight</i>	34
2.8.2	<i>Manufacturer’s Empty Weight (MEW)</i>	35
2.8.3	<i>Operation Empty Weight</i>	35
2.8.4	<i>Actual Zero Fuel Weight (AZFW)</i>	35
2.8.5	<i>Actual Gross Weight</i>	36
2.8.6	<i>Take off Weight</i>	36
2.8.7	<i>Maximum Design Take off Weight (MTOW)</i>	36
2.8.8	<i>Landing Weight</i>	37
BAB III.....		39
METODOLOGI		39
3.1	Pendahuluan	39
3.1.1	Tahap Persiapan	39
3.1.2	Tahap Identifikasi Permasalahan	39
3.1.3	Tahap Studi Pustaka.....	40
3.1.4	Tahap Pengumpulan Data Sekunder	40
3.1.5	Tahap Analisis Data	42
3.1.6	Tahap Analisis Data	42
3.2	Hasil Analisis.....	46
3.3	Diagram Alir Metodologi	46
BAB IV.....		49
ANALISIS DATA.....		49
4.1	Umum.....	49
4.2	Analisis Panjang <i>Runway</i>	49
4.2.1	Evaluasi Panjang <i>Runway</i>	49
4.2.2	Elevasi Lebar <i>Runway</i>	52
4.3	Analisis Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dengan Topografi.....	53

4.3.1	Penentuan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)	53
4.3.2	Koordinat Geografis	59
4.3.3	Topografi di Bawah Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan	61
4.3.4	Evaluasi KKOP Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap Topografi	63
4.4	Analisis Karakteristik Pola Pergerakan Masing-masing Pesawat yang Beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh.....	67
4.5	Analisis kesesuaian pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi dengan topografi	73
4.6	Pengaruh Berat Pesawat terhadap Ruang Udara	74
4.7	Pengaruh Kondisi Cuaca terhadap Pergerakan Pesawat	76
BAB V		79
KESIMPULAN DAN SARAN		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	80
PENUTUP		81
DAFTAR PUSTAKA.....		83
BIODATA PENULIS.....		104

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Bandar Udara Abdul Rachman Saleh	4
Gambar 1.2	Situasi Bandara Abdul Rachman Saleh	5
Gambar 1.3	Layout Bandar Udara Abdul Rachman Saleh.....	5
Gambar 2.1	Ukuran sistem <i>runway</i>	8
Gambar 2.2	<i>Object-free zone</i> dimension	10
Gambar 2.3	Angin Permukaan	15
Gambar 2.4	Sistem koordinat dan template <i>wind rose</i>	17
Gambar 2.5	Kawasan pendekatan lepas landas	20
Gambar 2.6	Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan.....	21
Gambar 2.7	Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam	22
Gambar 2.8	Kawasan di bawah permukaan horizontal luar	23
Gambar 2.9	Kawasan di bawah permukaan kerucut	24
Gambar 2.10	Kawasan di bawah permukaan kerucut	29
Gambar 2.11	Grafik <i>Angle of Attack</i>	32
Gambar 2.12	Grafik hubungan antara <i>agle of attact</i> dengan <i>lift/drag ratio</i>	33
Gambar 3.1	Diagram alir penentuan KKOP.....	43
Gambar 3.2	Diagram alir evaluasi pola pergerakan pesawat	45
Gambar 3.3	Diagram Alir.....	47
Gambar 4.1	Kawasan Pendekatan Lepas Landas	54
Gambar 4.2	Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan.....	55
Gambar 4.3	Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam	56
Gambar 4.4	Kawasan di bawah permukaan horizontal luar	57
Gambar 4.5	Kawasan di bawah permukaan kerucut	58
Gambar 4.6	Kawasan keselamatan operasi penerbangan	59
Gambar 4.7	KKOP terhadap kontur topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh.....	62
Gambar 4.8	KKOP terhadap kenampakan muka bumi	62

Gambar 4.9	Menentukan potongan memanjang dan melintang KKOP terhadap topografi (warna biru)	63
Gambar 4.10	Elevasi potongan memanjang topografi	64
Gambar 4.11	Elevasi potongan melintang topografi	64
Gambar 4.12	Potongan memanjang KKOP terhadap topografi ...	65
Gambar 4.13	Potongan melintang KKOP terhadap topografi	65
Gambar 4.14	Peletakan <i>obstacle light</i>	66
Gambar 4.15	Flash pada Pesawat Airbus A-320	67
Gambar 4.16	Grafik <i>Angle of Attack</i>	70
Gambar 4.17	Grafik menentukan <i>lift/drag ratio</i>	71
Gambar 4.18	Topografi Kawasan Bandara Pada Arah <i>Runway</i> 35- 17	73
Gambar 4.19	<i>Lift Off</i> Pesawat B737-800	73
Gambar 4.20	Grafik pengaruh range dan <i>payload</i> pesawat	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standard dimensi <i>runway</i> dalam ft untuk approach pesawat kategori A dan B.....	11
Tabel 2.2 Standard dimensi <i>runway</i> dalam ft untuk approach pesawat kategori C, D dan E	12
Tabel 2.3 ICAO <i>Runway</i> dan standar dimensi <i>runway</i> strip dalam meter (m)	13
Tabel 2.4 Hubungan antara elevasi bandara dan suhu bandara....	14
Tabel 2.5 Pengaruh Angin Terhadap Panjang <i>Runway</i>	15
Tabel 2.6 Tanda jenis lampu III	28
Tabel 3.1 Jadwal Operasional Keberangkatan	41
Tabel 3.2 Jadwal Operasional Kedatangan	41
Tabel 4.1 Jenis dan Karakteristik Pesawat yang Beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh	50
Tabel 4.2 Karakteristik Pesawat Kritis	50
Tabel 4.3 Karakteristik Landas Pacu Pesawat.....	51
Tabel 4.4 Lebar <i>runway</i> berdasarkan code number.....	52
Tabel 4.5 Dimensi KKOP berdasarkan klasifikasi <i>runway</i>	53
Tabel 4.6 Koordinat kawasan keselamatan operasi penerbangan	60
Tabel 4.7 <i>Aircraft Performance</i>	67
Tabel 4.8 Perhitungan Jarak Masing-Masing Perubahan Pola Pergerakan.....	68
Tabel 4.9 Perhitungan <i>climb gradient</i>	72
Tabel 4.10 Perhitungan <i>Take of Run</i> (1).....	72
Tabel 4.11 Perhitungan <i>Take of Run</i> (2).....	72
Tabel 4.12 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Pagi hari.....	76
Tabel 4.13 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Siang hari.....	77

Tabel 4.14 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Sore
hari.....77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan yang sering terjadi di beberapa kota di Provinsi Jawa juga dirasakan oleh masyarakat Kabupaten Malang yang merupakan Kabupaten terluas kedua di Jawa Timur. Kabupaten Malang dikenal sebagai salah satu daerah tujuan wisata utama di Jawa Timur. Sebagian besar Wilayah Kabupaten Malang adalah kawasan dataran tinggi dan pegunungan. Wisatawan yang berkunjung ke Kabupaten Malang tidak hanya berasal dari Jawa Timur, terutama dari luar Jawa Timur. Diantaranya menggunakan jasa transportasi darat ataupun transportasi udara.

Transportasi udara merupakan alat angkutan tercepat dibandingkan dengan transportasi darat ataupun laut. Bandara Abdul Rachman Saleh adalah Bandar Udara yang terletak di Kabupaten Malang memegang peran penting bagi para wisatawan dan masyarakat Provinsi Jawa Timur dalam melakukan perkembangan ekonomi serta merupakan salah satu gerbang masuk menuju Jawa Timur.

Bandara Abdul Rachman Saleh memiliki landasan pacudengan panjang eksisting 2250m dan melayani Pesawat terbesar tipe Boeing 737-800NG dengan penerbangan terjauh adalah Bandara Soekarno Hatta, Cengkareng, Tangerang. Bandara Abdul Rachman Saleh merupakan bandara yang unik karena merupakan satu-satunya bandara yang dikelola Pemerintah Provinsi Jawa Timur, dan Bandara lainnya yaitu Bandara Blimbingsari, Bandara Notohadinegoro dikelola oleh Pemerintah Kabupaten Setempat. Serta Bandara Internasional Juanda dikelola oleh PT. Angkasa Pura.

Dilihat dari letak topografi, daerah dataran rendah Kabupaten Malang terletak pada ketinggian 250m dpl sampai dengan 500m dpl. Secara fisik, letak Bandara Abdul Rachman Saleh berada di Kecamatan Pakis Kabupaten Malang atau 17 km

arah Timur dari pusat Kota Malang. Bandara Abdul Rachman Saleh dibangun oleh pemerintahan Belanda pada era 1937-1940. Bandara ini berada di lembah Bromo dan dikelilingi oleh beberapa gunung yaitu Gunung Semeru (3676m) di sebelah Timur, Gunung Arjuno (3339m) di sebelah Utara, Gunung Kawi (2551m) dan Gunung Panderman (2000m) di sebelah Barat. Sehingga, perlu diperhatikan keselamatan operasional penerbangan akibat pergerakan pesawat terkait dengan terbatasnya ruang udara.

Dengan demikian, mengetahui keselamatan operasional di Bandara Abdul Rachman Saleh sangat diperlukan dengan cara mengevaluasi kesesuaian kebutuhan ruang udara terhadap keselamatan operasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diketahui bahwa Bandara Abdul Rachman Saleh memiliki letak yang dikelilingi oleh beberapa gunung. Kondisi topografi ini perlu dievaluasi untuk mengetahui kondisi operasional Bandara. Dengan diketahuinya kondisi tersebut, rencana pengembangan dapat dilakukan. Untuk dapat melakukan evaluasi kondisi operasional Bandara Abdul Rachman Saleh ditinjau dari kawasan keselamatan penerbangan, maka perlu dilakukan penyelesaian terhadap permasalahan berikut :

1. Bagaimana kaitannya peta topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh dengan Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP) ?
2. Bagaimana kaitannya topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh dengan pola pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi Bandara Abdul Rachman Saleh?
3. Bagaimana pengaruh tipe pesawat terhadap ruang udara pada pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh ?

4. Bagaimana pengaruh kondisi cuaca terhadap pergerakan pesawat apabila sistem pendaratan di Bandara Abdul Rachman Saleh dengan cara visual ?

1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan dari rumusan masalah yang ada, bahwa Bandara Abdul Rachman Saleh merupakan bandara yang letaknya dikelilingi oleh beberapa gunung. Untuk itu dalam penulisan tugas akhir ini dilakukan evaluasi terhadap Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP), dan berikut adalah tujuan yang ingin dicapai :

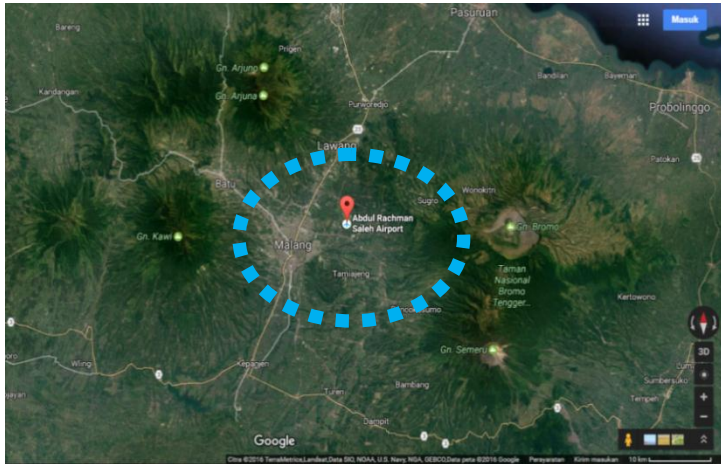
1. Mengetahui kaitannya topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh dengan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).
2. Mengetahui kaitan topografi wilayah di sekitar Abdul Rachman Saleh dengan pola pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi.
3. Mengetahui pengaruh tipe pesawat terhadap ruang udara pada pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh.
4. Mengetahui pengaruh kondisi cuaca terhadap pergerakan pesawat apabila sistem pendaratan di Bandara Abdul Rachman Saleh dengan cara visual.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini ditekankan pada beberapa pembahasan yang terkait pada permasalahan dan rumusan masalah yang ada, diantaranya :

1. Tugas akhir ini tidak memperhitungkan adanya *crosswind*.
2. Data klimatologi yang dijadikan acuan analisis pada tugas akhir ini hanya data angin pada periode tertentu.
3. Tugas akhir ini tidak memperhitungkan pesawat militer yang ikut beroperasi pada *runway* Bandara Abdul Rachman Saleh.

4. Analisis keselamatan yang dilakukan adalah berdasarkan kondisi topografi area sekitar bandara dan tidak meninjau ketinggian gedung. Asumsinya bahwa pendirian gedung sudah mendapatkan izin pertimbangan keselamatan dari pihak bandara.
5. Tugas Akhir ini tidak mempertimbangkan pesawat yang tidak terjadwalkan.
6. Tugas akhir ini tidak mempertimbangkan peta jalur pergerakan pesawat.

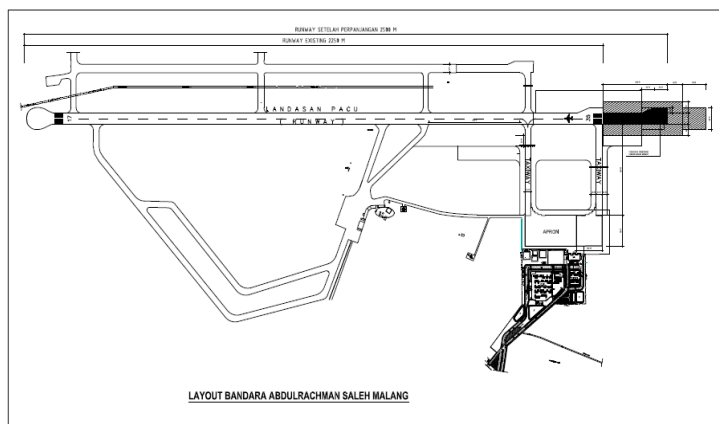


Gambar 1.1 Lokasi Bandar Udara Abdul Rachman Saleh

Sumber : Google Earth, 2017



Gambar 1.2 Situasi Bandara Abdul Rachman Saleh
 Sumber : Google Earth, 2017



Gambar 1.3 Layout Bandar Udara Abdul Rachman Saleh
 Sumber : Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, 2016

Sesuai dengan Gambar 1.3, menunjukkan layout Bandara Abdul Rachman Saleh saat ini. Dapat dilihat bahwa Bandara Abdul Rachman Saleh memiliki satu landasan pacu dengan panjang 2250m.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bagian ini memuat landasan teori berupa rangkuman teori-teori yang diambil dari pustaka yang mendukung pembahasan materi, serta memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan yang sedang diteliti. Landasan teori dapat berbentuk uraian kualitatif, model matematis yang langsung berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Objek yang menjadi fokus dalam hal ini adalah evaluasi ketersediaan ruang udara dalam kaitannya dengan keselamatan operasional bandara. Pada Tugas Akhir ini, digunakan Kabupaten Malang sebagai objek umum dan Bandara Abdul Rachman Saleh sebagai objek khusus.

2.2 Bandar Udara

Sesuai dengan PM 69 tahun 2013 tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional, Bandar Udara 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. Bandar udara memiliki peran sebagai simpul dalam jaringan transportasi udara yang digambarkan sebagai titik lokasi bandar udara yang menjadi pertemuan beberapa jaringan dan rute penerbangan sesuai hierarki bandar udara.

2.2.1 Komponen-Komponen Bandar Udara

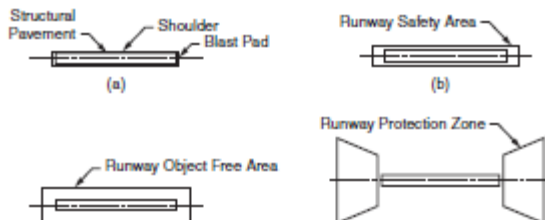
Sistem lapangan terbang terbagi atas dua yaitu sisi udara (*Air side*) dan sisi darat (*Land Side*). Kedua sistem tersebut berguna untuk mendukung semua kegiatan yang berlangsung

dalam bandar udara. Adapun komponen–komponendari kedua sistem lapangan terbang diatas adalah sebagai berikut :

- a. *Runway* (R/W) atau landas pacu
- b. *Taxiway* (T/W) atau landas hubung
- c. *Apron*
- d. Terminal building atau gedung terminal
- f. *Air Traffic Controller*
- g. *Air Rescue Service* (Penanggulangan Kecelakaan)
- h. *Curb*
- i. Parkir Kendaraan
- j. *Fuel Service* untuk mengisi bahan bakar

2.3 Landas Pacu (*Runway*)

Runway adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) atau lepas landas (*take off*). Menurut Horonjeff dalam *Planning and Design of Airport* sistem *runway* di suatu Bandara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*) dapat dilihat pada gambar 2.1 (a), bantal hembusan (*blast pad*) dapat dilihat pada gambar 2.1 (a), daerah aman *runway* (*runway end safety area*) dapat dilihat pada gambar 2.1 (b), variasi hambatan dan permukaan bebas (*various obstruction-free surface*) dapat dilihat pada gambar 2.1 (c), dan daerah perlindungan *runway* (*runway protection zone*) dapat dilihat pada gambar 2.1 (d).



Gambar 2.1 Ukuran sistem *runway*

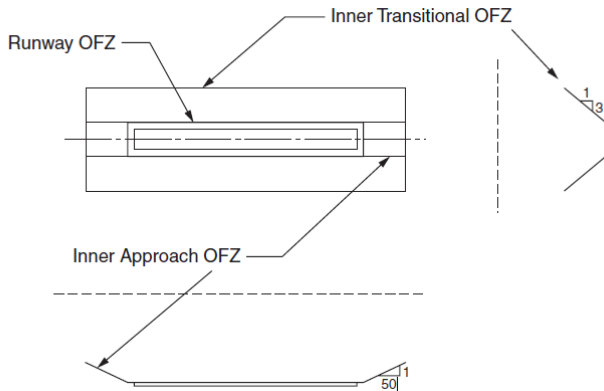
Sumber : Horonjeff, 2010

Uraian dari sistem *runway* adalah sebagai berikut:

1. Perkerasan struktur mendukung pesawat sehubungan dengan beban struktur, kemampuan manuver, kendali, stabilitas dan kriteria dimensi dan operasi lainnya.
2. Bahu landasan (*shoulder*) yang terletak berdekatan dengan pinggir perkerasan struktur menahan erosi hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat.
3. Bantal hembusan (*blast pad*) adalah suatu daerah yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung-ujung *runway* yang menerima hembusan jet yang terus-menerus atau yang berulang. ICAO menetapkan panjang bantal hembusan 100 feet (30 m), namun dari pengalaman untuk pesawat-pesawat transport sebaiknya 200 feet (60 m), kecuali untuk pesawat berbadan lebar panjang bantal hembusan yang dibutuhkan 400 feet (120 m). Lebar bantal hembusan harus mencakup baik lebar *runway* maupun bahu landasan.
4. Daerah aman *runway* (*runway and safety area*) adalah daerah yang bersih tanpa benda-benda yang mengganggu, diberi drainase, rata dan mencakup perkerasan struktur, bahu landasan, bantal hembusan dan daerah perhentian, apabila disediakan. Daerah ini selain harus mampu untuk mendukung peralatan pemeliharaan dan dalam keadaan darurat juga harus mampu mendukung pesawat seandainya pesawat karena sesuatu hal keluar dari landasan.
5. Zona bebas objek *runway* (*Object – free area, OFA*) didefinisikan oleh FAA sebagai dua dimensi luas tanah sekitar landasan pacu yang harus bersih dari pesawat parkir dan benda-benda selain yang sudah pasti diletakkan sesuai fungsinya.
6. Zona bebas hambatan *runway* (*Obstacle-free zone, OFZ*) adalah volume yang ditetapkan wilayah udara berpusat di atas landasan yang mendukung transisi antara tanah dan operasi udara. FAA menspesifikasikan ini sebagai wilayah udara di atas permukaan yang elevasinya sama dengan titik terdekat di tengah landasan pacu dan memperluas 200 ft setiap ujung luar landasan. OFZ ditunjukkan pada Gambar 2.2.
7. Zona dalam transisi bebas hambatan (*inner transitional obstacle-free zone*), yang hanya berlaku untuk presisi landasan pacu instrumen, didefinisikan oleh FAA sebagai volume wilayah udara sepanjang sisi landasan pacu dan inner approach zona bebas hambatan. Lereng permukaan pada tingkat 3 horizontal untuk 1

vertikal keluar dari tepi zona bebas hambatan landasan pacu dan inner approach zona bebas hambatan hingga mencapai ketinggian 150 kaki di atas elevasi bandara didirikan.

8. Zona dalam pendekatan bebas hambatan (*inner approach obstacle-free zone*), yang hanya berlaku untuk landasan pacu dengan approach lighting system, adalah wilayah udara di atas pusat permukaan pada perpanjangan pusat *runway* mulai 200 ft di luar ambang batas landasan pacu pada elevasi sama sebagai ambang landasan pacu dan memperluas 200 ft luar unit cahaya terakhir pada approach lighting system. Lebarinya adalah sama dengan zona bebas hambatan *runway* dan lereng ke atas pada perbandingan 50 horizontal untuk 1 vertikal.
9. Zona perlindungan *runway* (*Runway Protection Zone, RPZ*) adalah daerah di tanah digunakan untuk meningkatkan perlindungan orang dan objek dekat Pendekatan *runway*.



Gambar 2.2 Object-free zone dimension

Sumber : Horonjeff, 2010

Tabel 2.1 Standard dimensi *runway* dalam ft untuk approach pesawat kategori A dan B

	Approach Type									
	Visual and Nonprecision Instrument, Airplan Design Group					Precision Instrumnt, Airplan Design Group				
	I'	I	II	III	IV	I'	I	II	III	IV
<i>Runway</i> width	60	60	75	100	150	75	100	100	100	150
Shoulder width	10	10	10	20	25	10	10	10	20	25
Blast Pad										
Width	80	80	95	140	200	95	120	120	140	200
Length	60	100	100	150	200	60	100	150	200	200
Safety area										
Width	120	120	150	300	500	300	300	300	400	500
Length	240	240	300	600	1000	600	600	600	800	1000
Object-free area										
Width	250	400	500	800	800	800	800	800	800	800
Length	300	500	600	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Obstacle-free zon										
Width	120	250	250	250	250	300	300	300	300	300
Length	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Sumber : Horonjeff, 2010

FAA Standart *runway* akan dipaparkan pada Tabel 2.1 dan 2.2 untuk data yang sama untuk ICAO dipaparkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Standard dimensi *runway* dalam ft untuk approach pesawat kategori C, D dan E

	Airplan Design Group					
	I	II	III	IV	V	VI
<i>Runway</i> width	100	100	100	150	150	200
Shoulder width	10	10	20	25	35	40
Blast Pad						
Width	120	120	140	200	220	280
Length	100	150	200	200	400	400
Safety area						
Width	500	500	500	500	500	500
Length	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Object-free area						
Width	800	800	800	800	800	800
Length	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Obstacle-free zon						
Width	400	400	400	400	400	400
Length	200	200	200	200	200	200

Sumber : Horonjeff, 2010

Tabel 2.3 ICAO *Runway* dan standar dimensi *runway* strip dalam meter (m)

	Aerodrome Code Letter				
	A	B	C	D	E
Pavement width					
Aerodrome code number					
1	18	18	23		
2	23	23	30		
3	30	30	30	45	
4			45	45	45
Pavement and shoulder width			60	60	60
	Aerodrome Code Number				
	1	2	3	4	
<i>Runway</i> strip width					
precision approach	150	150	300	300	
Non precision approach	150	150	300	300	
Visual approach	60	80	150	150	
Clear an graded area width					
instrument approach	80	80	150	150	
Visual approach	60	80	150	150	

Sumber : Horonjeff, 2010

2.3.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi panjang *Runway*

Lingkungan Bandara yang berpengaruh terhadap panjang *runway* adalah: temperatur, angin permukaan (*Surface Wind*), kemiringan *runway* (*effective gradient*), elevasi *runway* dari permukaan laut (*altitude*) dan kondisi permukaan *runway*. Sesuai dengan rekomendasi dari *International Civil Aviation Organization (ICAO)* bahwa perhitungan panjang *runway* harus disesuaikan dengan kondisi lokal lokasi Bandara. Metoda ini dikenal dengan metoda *Aeroplane Reference Field Length (ARFL)*. Menurut *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, *Aeroplane Reference Field Length*

(ARFL) adalah *runway* minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada *maximum certificated take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standard atmosfer, keadaan tanpa ada angin, *runway* tanpa kemiringan (kemiringan = 0). Jadi didalam perencanaan persyaratan - persyaratan tersebut harus dipenuhi dengan melakukan koreksi akibat pengaruh dari keadaan lokal. Adapun uraian dari faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut.

2.3.1.1 Temperatur

Pada temperatur yang lebih tinggi, dibutuhkan landasan yang lebih panjang, sebab pada temperatur yang tinggi tingkat density udara akan rendah, dengan menghasilkan output daya dorong pesawat terbang yang rendah. Sebagai standart temperatur dipilih temperatur diatas muka laut sebesar 15°C atau 59°F, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$F_t = 1 + 0,01 \{T - (15 - 0,0065xh)\} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana,

- F_t : Faktor koreksi temperature
 T : Temperatur di bandara (°C)
 h : Ketinggian (m)

Hubungan antara elevasi bandar udara dan suhu bandara akan dipaparkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Hubungan antara elevasi bandara dan suhu bandara

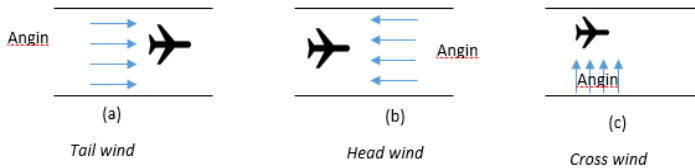
Airport Elevation ¹		Standart Day Temperature ¹ (SDT)	
Feet	Meters	°F	°C
0	0	59.0	15.00
2,000	509	51.9	11.04
4,000	1,219	44.7	7.06
6,000	1,828	37.6	3.11
8,000	2,438	30.5	-0.85

Sumber : Horonjeff, 2010

Catatan 1 : Interpolasi linear antara elevasi bandara dan standart suhu harian yang diizinkan.

2.3.1.2 Angin Permukaan (*Surface Wind*)

Landasan yang diperlukan lebih pendek bila bertiup angin haluan (*head wind*) dan sebaliknya bila bertiup angin buritan (*tail wind*) maka *runway* yang diperlukan lebih panjang. Angin buritan (*tail wind*) maksimum yang diizinkan bertiup dengan kekuatan 10 knots.



Gambar 2.3 Angin Permukaan

Panjang *runway* sangat ditentukan oleh angin. Dibedakan atas 3 keadaan sesuai gambar 2.3 :

Keadaan (a) arah angin = arah pesawat, hal ini akan memperpanjang landasan.

Keadaan (b) arah angin berlawanan dengan arah pesawat, hal ini akan memperpendek landasan.

Keadaan (c) arah angin tegak lurus arah pesawat, hal ini tidak mungkin dipakai suatu perencanaan.

Tabel 2.5 Pengaruh Angin Terhadap Panjang *Runway*

Kekuatan Angin	Presentase Pertambahan / Pengurangan <i>Runway</i>
+5	-3
+10	-5
-5	+7

Sumber: Heru Basuki, 1986

Tabel 2.5 tersebut memberikan perkiraan pengaruh angin terhadap panjang *runway*. Untuk perencanaan Bandara diinginkan tanpa tiupan angin tetapi tiupan angin lemah masih baik.

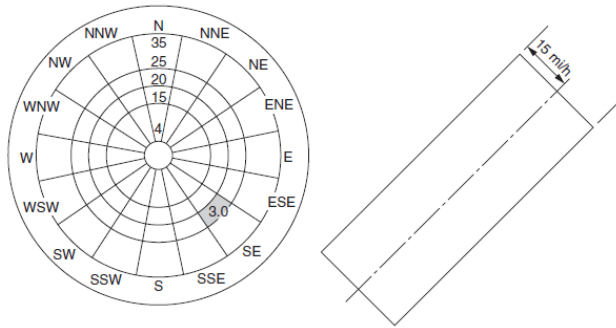
Ketika mendarat dan lepas landas, pesawat mampu manuver di landasan pacu selama komponen angin di sudut yang benar ke arah perjalanan, komponen *crosswind*, tidak berlebihan. FAA merekomendasikan bahwa landasan pacu harus berorientasi sehingga pesawat yang dapat mendarat setidaknya 95% dari waktu komponen *crosswind* yang diijinkan tidak melebihi batas yang ditentukan. Berdasarkan kode referensi bandara terkait dengan pesawat yang memiliki lebar sayap terpendek atau kecepatan *approach* paling lambat. Ketika cakupan angin kurang dari 95%, *crosswind runway* yang disarankan.

Crosswind yang diijinkan adalah 10,5 kn (12 mil / jam) untuk Bandara Referensi Kode AI dan BI, 13 kn (15 mil / jam) untuk kode Bandara Referensi A-II dan B-II, 16 kn (18,5 mil / jam) untuk Kode Bandara Referensi A-III, B-III, CI, C-II, C-III dan C-IV, dan 20 knot (23 mph) untuk Bandara Referensi Kode A-IV melalui D-VI. (Horonjeff, 2010).

Setelah komponen *crosswind* maksimum yang diijinkan dipilih, arah yang paling diinginkan dari *runway* untuk cakupan angin dapat ditentukan oleh pemeriksaan karakteristik angin rata-rata di Bandara dengan kondisi sebagai berikut:

1. Seluruh cakupan angin terlepas dari visibilitas atau awan langit-langit
2. Kondisi angin saat langit-langit setidaknya 1.000 ft dan visibilitas setidaknya 3 mil
3. Kondisi angin saat langit-langit adalah antara 200 dan 1000 ft dan / atau visibilitas adalah antara ½ dan 3 mil.

Orientasi yang tepat dari landasan pacu atau *runway* di bandara dapat ditentukan melalui analisis vektor grafis menggunakan wind rose. *Wind rose* standar terdiri dari serangkaian lingkaran konsentris memotong oleh garis radial menggunakan koordinat polar kertas grafik. Garis radial ditarik ke skala besarnya angin sehingga daerah antara setiap pasangan garis berurutan berpusat pada arah angin. Bentuk dari *wind rose* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem koordinat dan template *wind rose*
 Sumber : Horonjeff, 2010

2.3.1.3 Runway Gradient (Kemiringan Landasan)

Bandara yang memiliki kemiringan ke atas memerlukan landasan yang lebih panjang dibanding landasan yang datar atau yang menurun.

Kriteria perencanaan lapangan terbang membatasi kemiringan landasan sebesar 1,5%. Faktor koreksi kemiringan (Fs) adalah sebesar 10% setiap kemiringan 1% untuk kondisi *take off* pesawat.

$$F_s = 1 + (0,1 S) \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana,

- F_s : Faktor koreksi kemiringan
- S : Kemiringan *runway* (%)

2.3.1.4 Ketinggian Bandara dari Muka Air Laut

Berdasarkan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) bahwa panjang *runway* bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300 m 1000 ft) dihitung dari ketinggian di atas permukaan laut. Maka rumusnya adalah:

$$F_e = 1 + 0,07 \frac{h}{300} \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana,

- F_e : Faktor koreksi elevasi
- h : Elevasi di atas permukaan laut (m)

2.3.1.5 Kondisi Permukaan Landasan Pacu

Permukaan landasan pacu yang memiliki genangan air tipis (*standing water*) sangat dihindari, karena hal tersebut dapat membahayakan operasional pesawat. *Standing water* menyebabkan permukaan menjadi licin bagi roda pesawat sehingga membuat daya pengereman menjadi jelek. ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) adalah landas pacu minimum yang diperlukan untuk lepas landas, suatu pesawat terbang dengan ketentuan yang ada, setiap jenis pesawat terbang mempunyai ARFL sendiri yang tercantum dalam manual yang dibuat oleh pabrik yang memproduksi pesawat tersebut. Untuk mengetahui panjang landas pacu bila pesawat take off di ARFL, dipergunakan rumus :

$$ARFL = \frac{PL}{F_e \times F_t \times F_s} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana,

- PL : Panjang *runway* actual
- Ft : Faktor koreksi temperature
- Fe : Faktor koreksi elevasi
- Fs : Faktor koreksi kemiringan

2.4 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Berdasarkan SNI 03-7112-2005 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan adalah wilayah daratan dan/atau perairan dan ruang udara di sekitar bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan.

2.4.1 Fungsi Kawasan Operasi Penerbangan

Untuk menjaga keselamatan operasional pesawat udara di sekitar bandar udara, hal yang paling umum dan sangat berkaitan dengan kawasan ini adalah mengenai kondisi ketinggian bangunan atau halangan lainnya seperti gunung, bukit, pepohonan di sekitar wilayah operasi penerbangan atau bandar udara. Kawasan ini juga menjadi faktor pendukung utama dalam

pembuatan suatu wilayah pendaratan dan lepas landas pesawat udara.

2.4.2 Batasan Kawasan keselamatan Operasi Penerbangan

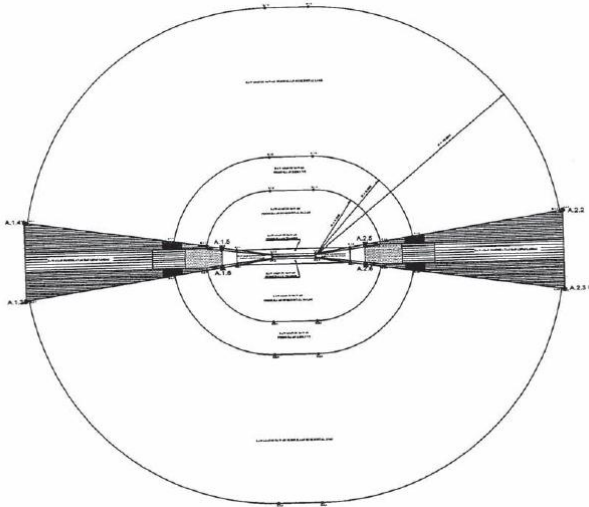
Dalam penetapan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan telah ditetapkan beberapa ketentuan batasan berdasarkan SNI 03-7112-2005 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan, antara lain :

1. Batas-batas kawasan pada KKOP
2. Batas-batas ketinggian pada KKOP
3. Batas-batas di sekitar penempatan peralatan navigasi penerbangan

Penetapan batas-batas kawasan keselamatan operasi penerbangan bandar udara dan sekitarnya dilakukan dengan ketentuan teknis sebagai berikut:

1. Kawasan Pendekatan Lepas Landas (*Approach*)

Kawasan ancangan pendaratan dan lepas landas adalah suatu kawasan perpanjangan kedua ujung landas pacu, di bawah lintasan pesawat udara setelah lepas landas atau akan mendarat, yang dibatasi oleh ukuran panjang dan lebar tertentu. Kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama berjarak 60 meter dari ujung landasan pacu dengan lebar tertentu (sesuai klasifikasi landas pacu) pada bagian dalam, kawasan ini melebar ke arah luar secara teratur dengan sudut pelebaran 10% atau 15% (sesuai klasifikasi landas pacu) serta garis tengah bidangnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dengan jarak mendatar tertentu dan akhir kawasan dengan lebar tertentu. Kawasan lepas landas dapat dilihat pada gambar 2.5.

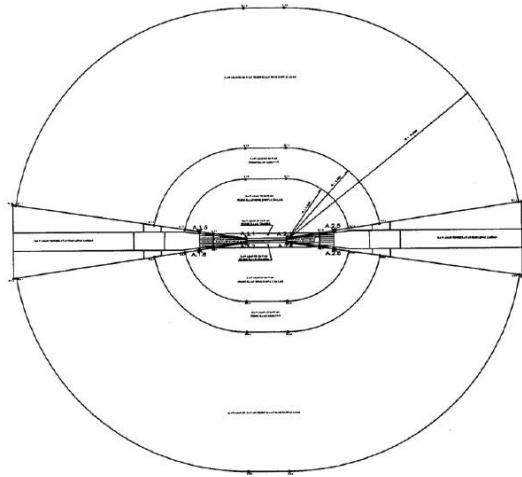


Gambar 2.5 Kawasan pendekatan lepas landas

Sumber : SNI 03-7112-KKOP, 2005

2. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan adalah sebagian dari kawasan pendekatan yang berbatasan langsung dengan ujung-ujung landas pacu dan mempunyai ukuran tertentu, yang dapat menimbulkan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama dengan lebar 60 meter atau 80 meter atau 150 meter atau 300 meter (sesuai klasifikasi landas pacu), kawasan ini meluas keluar secara teratur dengan garis tengahnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landasan pacu sampai 660 meter atau 680 meter atau 1150 meter atau 1200 meter (sesuai klasifikasi landas pacu) dan jarak mendatar 3000 meter dari ujung permukaan utama. kemungkinan bahaya kecelakaan dicontohkan pada gambar 2.6.

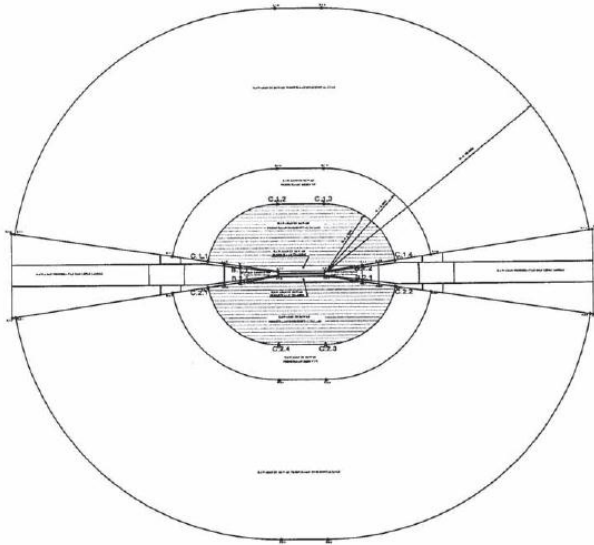


Gambar 2.6 Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan
 Sumber : SNI 03-7112-KKOP, 2005

3. Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam

Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam adalah bidang datar di atas dan di sekitar bandar udara yang dibatasi oleh radius dan ketinggian dengan ukuran tertentu untuk kepentingan pesawat udara melakukan terbang rendah pada waktu akan mendarat atau setelah lepas landas. Kawasan ini dibatasi oleh lingkaran dengan radius 2000 meter atau 2500 meter atau 3500 meter atau 4000 meter (sesuai klasifikasi landas pacu) dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi.

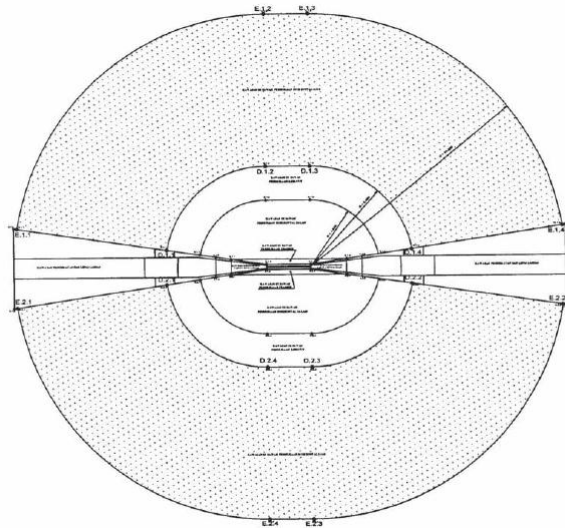
Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam dicontohkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam
 Sumber : SNI 03-7112-KKOP, 2005

4. Kawasan di bawah permukaan horizontal luar

Kawasan di bawah permukaan horizontal luar adalah bidang datar di sekitar bandar udara yang dibatasi oleh radius dan ketinggian dengan ukuran tertentu untuk kepentingan keselamatan dan efisiensi operasi penerbangan antara lain pada waktu pesawat melakukan pendekatan untuk mendarat dan gerakan setelah tinggal landas atau gerakan dalam hal mengalami kegagalan dalam pendaratan. Kawasan ini dibatasi oleh lingkaran dengan radius 15000 meter dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi, kawasan di bawah permukaan horizontal dalam, kawasan di bawah permukaan kerucut. Kawasan di bawah permukaan horizontal luar dicontohkan pada gambar 2.8.

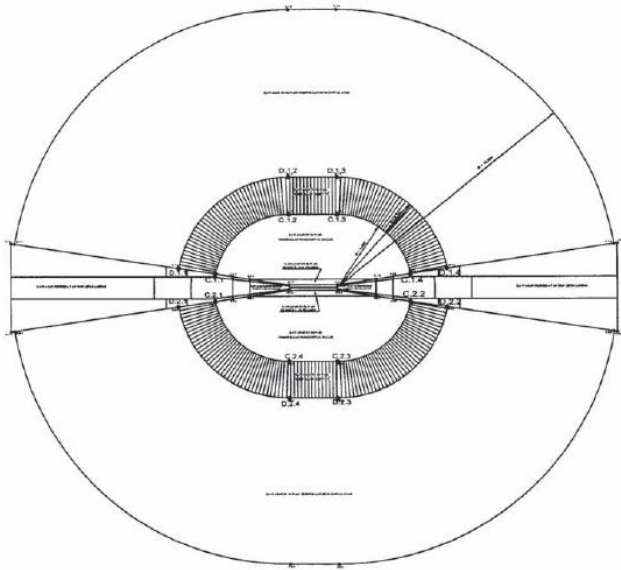


Gambar 2.8 Kawasan di bawah permukaan horizontal luar

Sumber : SNI 03-7112-KKOP, 2005

5. Kawasan di bawah permukaan kerucut

Kawasan di bawah permukaan kerucut adalah bidang dari suatu kerucut yang bagian bawahnya dibatasi oleh garis perpotongan dengan horizontal dalam dan bagian atasnya dibatasi oleh garis perpotongan dengan permukaan horizontal luar, masing-masing dengan radius dan ketinggian tertentu dihitung dari titik referensi yang ditentukan. Kawasan ini dibatasi dari tepi luar kawasan di bawah permukaan horizontal dalam meluas dengan jarak mendatar 700 meter atau 1100 meter atau 1200 meter atau 1500 meter atau 2000 meter (sesuai klasifikasi landas pacu) dengan kemiringan 5% (sesuai klasifikasi landas pacu). Kawasan di bawah permukaan kerucut dicontohkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Kawasan di bawah permukaan kerucut
 Sumber : SNI 03-7112-KKOP, 2005

- 2.4.3 Persyaratan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan**
 Berdasarkan Standart Nasional Indonesia “Kawasan Keselamatan Operasi Pesawat” tahun 2004. Dalam pembuatan kawasan keselamatan operasi penerbangan di Bandar Udara dan sekitarnya diperlukan data sebagai berikut:
1. Rencana induk Bandar udara atau rencana pengembangan Bandar udara.
 2. Rencana pengembangan wilayah dan pengembangan kota jangka panjang untuk lokasi yang bersangkutan.
 3. Rencana prosedur dan pengatur lalu lintas udara (*air traffic control*).
 4. Peta topografi.
 5. Titik kerangka dasar nasional

2.5 Pemberian Lampu dan Pemasangan Lampu Halangan (*Obstacle Lights*)

Tujuan pemberian tanda dan pemasangan lampu untuk mengurangi resiko pesawat terbang terganggu dengan adanya halangan baik bangunan maupun halangan alam seperti gunung. Berdasarkan SNI 03-7051-2004 dengan berdasarkan acuan normatif ICAO, *Annex 14 Volume I, Aerodrome Design and Operation*. Bangunan yang harus diberi tanda atau dipasang lampu adalah sebagai berikut,

1. Bangunan yang ketinggiannya melampaui permukaan horizontal dalam sampai jarak tertentu dari sisi panjang permukaan utama sesuai dengan kelas bandar udara yang bersangkutan.
2. Bangunan yang ketinggiannya melampaui permukaan transisi horizontal dalam sampai jarak tertentu dari sisi panjang permukaan utama sesuai dengan kelas bandar udara yang bersangkutan.
3. Bangunan yang ketinggiannya melampaui permukaan horizontal luar sampai jarak tertentu dari sisi panjang permukaan utama sesuai dengan kelas bandar udara yang bersangkutan.
4. Benda bergerak atau kendaraan yang berada sebagaimana dimaksud pada poin 1,2, dan 3.
5. Rentangan kawat Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) yang tergantung menyeberangi sungai, lembah atau jalan raya dan diduga dapat membahayakan keselamatan operasi penerbangan.
6. Bangunan yang berada di dalam kawasan keselamatan operasi penerbangan dan diduga dapat membahayakan keselamatan penerbangan.

Berdasarkan SNI 03-7051-2004 tentang Pemberian Tanda dan Pemasangan Lampu Halangan di Sekitar Bandara, perlu diperhatikan warna-warna lampu dan penggunaannya. Warna dan penggunaan lampu sebagai tanda adalah sebagai berikut:

1. Bangunan yang mempunyai bidang horizontal dan bidang vertikal tidak terputussekurang-kurangnya berukuran 4,5 m dan berbentuk pola selang-seling dengan sisi kotakminimal 1,5 m dan maksimal 3 m.
2. Bangunan yang mempunyai bidang horizontal lebih besar dari 1,5 m dan bidangvertikal kurang dari 4,5 m atau sebaliknya. Warna itu digunakan dengan pola selang-selingpersegi panjang dan tegak lurus pada sisi terpanjang serta lebar kotak 1/7 (satu pertujuh)dari bidang terpanjang dengan ketentuan lebar maksimum 30 m.
3. Bangunan berbentuk kerangka dengan ukuran horizontal atau vertikal melebihi 1,5m. Warna itu digunakan dengan pola selang-seling persegi panjang dan tegak lurus padasisi terpanjang serta lebar kotak 1/7 (satu per tujuh) dari bidang terpanjang denganketentuan lebar maksimum 30 m.
4. Bangunan yang mempunyai bidang horizontal atau bidang vertikal tidak lebih dari 1,5 m harus menggunakan satu warna, yaitu oranye atau merah, kecuali bila warna tersebutbercampur dengan warna sekelilingnya sehingga tampak tidak jelas. Tanda warna harusmenggunakan warna lain yang mencolok.
5. Jika bangunan berupa benda bergerak, maka harus menggunakan warna kuninguntuk pelayanan operasi dan warna merah untuk pelayanan darurat.

Berikut ini merupakan jenis lampu

1. Jenis lampu I yaitu lampu yang mempunyai intensitas cahaya rendah, digunakan pada:
 - a. Bangunan tetap yang tingginya kurang dari 45 m dari permukaan tanah sekelilingnya,dengan warna merah menyala tetap dan besarnya intensitas cahaya minimal 10 cd (cahaya lilin)
 - b. Bangunan bergerak dengan gerakan terbatas (contoh *aerobriges*) menggunakan warnamerah menyala tetap dan besarnya intensitas cahaya minimal 10 cd; dan
 - c. Bangunan bergerak untuk kendaraan Emergency atau security menggunakan warna biruatau kuning berkedip 60

sampai dengan 90 per menit dan besarnya intensitas cahayasebesar 40 cd, sedangkan kendaraan Follow-Me menggunakan warna kuning berkedip60 sampai dengan 90 per menit dan besarnya intensitas cahaya sebesar 200 cd.

2. Jenis lampu II yaitu lampu yang mempunyai intensitas cahaya sedang, menggunakan warna lampu merah berkedip 20 sampai dengan 60per menit dengan intensitas cahaya 1600 cd yang dipasang pada:
 - a. Bangunan yang tingginya lebih dari 45 m dari permukaan tanah sekelilingnya.
 - b. Benda besar melebar yang tingginya kurang dari 45 m.
3. Jika jenis lampu II yaitu lampu yang mempunyai intensitas cahaya sedang, digunakan dengan dikombinasi jenis lampu IIIyaitu lampu yang mempunyai intensitas cahaya tinggi, maka warna yangdigunakan adalah warna putih berkedip-kedip.
4. Jenis lampu III yaitulampu yang mempunyai intensitas cahaya tinggi,digunakan baik pada siang maupun malam hari secara berkedip 40sampai dengan 60 kedip per menit dengan warna putih yang dipasang pada:
 - a. bangunan yang tingginya lebih dari 150 m dari permukaan tanah sekelilingnya.
 - b. Tiang konstruksi jaringan SUTT pada ketinggian puncak tiang, titik terendah bentangan kawat dan titik antara a dan b (lampu tengah).
 - c. Bangunan lain yang tidak mudah untuk memasang marka, maka perlu dipasang padaketinggian puncak tiang, titik terendah bentangan kawat dan titik antara a dan b (lampu tengah).

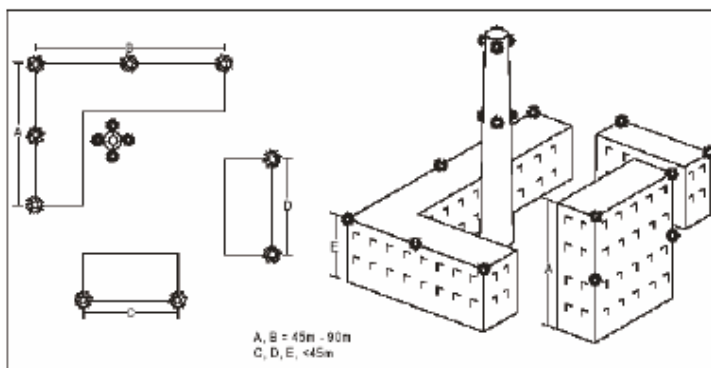
Tabel 2.6 Tanda jenis lampu III

No.	Uraian Pemasangan Lampu	Warna & Nyala Lampu	Macam Penggunaan		Daur Nyala Kedipan Lampu	Waktu Nyala per Siklus Daur Lampu	Jumlah Kedipan per Menit
			Cahaya Sekeliling	Intensitas Cahaya			
1	Pada bangunan	Putih berkedip-kedip	di atas 500 cd/m ²	minimal 200.000 cd	-	-	40-60 kali
			50 - 500 cd/m ²	200.000 ± 25% cd			
			di bawah 500 cd/m ²	2.000 ± 25% cd			
2	Pada tiang kawat Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)	Putih berkedip-kedip	di atas 500 cd/m ²	minimal 200.000 cd	-	-	40-60 kali
			50 - 500 cd/m ²	200.000 ± 25% cd			
			di bawah 500 cd/m ²	2.000 ± 25% cd			
3	Pada tiang penyangga kawat Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)	Putih menyala berkedip-kedip bergantian dan berurutan	-	-	lampu tengah	1/3 detik	60 kali
					lampu atas	2/3 detik	
					lampu bawah	10/13 detik	

Sumber :SNI 03-7051 obstacle lights, 2004

5. Pemasangan lampu pada bangunan harus ditempatkan pada puncaknya, kecuali apabila bangunan tersebut merupakan cerobong asap atau sejenisnya.
6. Apabila puncak bangunan mempunyai ketinggian lebih dari 45 m dari permukaan tanah sekelilingnya, maka antara lampu puncak dan permukaan tanah harus dipasang lampu dengan jarak yang seimbang. Jarak pemasangan lampu tidak lebih dari 45 m.
7. Apabila lampu yang digunakan pada 5.2.4 dan 5.2.5 di atas tidak tampak dari seluruh penjuru atau tertutup oleh bangunan lainnya, maka harus dipasang lampu lain yang tampak jelas dari segala penjuru.

8. Pemasangan lampu pada cerobong asap dapat ditempatkan 1,5m sampai dengan 3m di bawah puncak cerobong.
9. Apabila bangunan merupakan tiang yang menggunakan kawat labrang (kawat penyangga atau penahan tiang) yang tidak memungkinkan pemasangan jenis lampu III pada puncaknya, maka lampu ditempatkan pada titik yang memungkinkan dan pada puncaknya dipasang jenis lampu II berwarna putih.
10. Pemasangan lampu tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Kawasan di bawah permukaan kerucut

Sumber : SNI 03-7051 obstacle lights, 2004

2.6 Peta Topografi

Peta topografi adalah peta yang menggambarkan tinggi rendahnya muka bumi. Dari peta topografi kita dapat mengetahui ketinggian suatu tempat secara akurat. Cara menginterpretasikan peta topografi berbeda dengan peta umum karena simbol-simbol yang digunakan berbeda. Representasi yang ideal akan terwujud jika setiap fitur dari daerah yang dipetakan dapat ditunjukkan dalam bentuk yang benar.

Untuk dapat dimengerti, peta harus diwakili dengan tanda konvensional dan simbol. Pada peta skala 1:250.000, simbol yang ditentukan untuk membangun mencakup areal seluas 500 meter persegi di atas tanah, sebuah simbol jalan adalah setara dengan

lebar jalan sekitar 520 kaki di tanah, simbol untuk rel kereta api tunggal adalah setara dengan rel kereta api sekitar 1.000 kaki pada tanah. Pemilihan fitur yang akan ditampilkan, serta penggambaran legenda harus sesuai dengan pedoman yang ditetapkan oleh Badan Pemetaan.

Secara Umum Peta topografi suatu peta yang menunjukkan maklumat topografi dan fitur-fitur yang ada di atas permukaan bumi. Bukit, sungai, jalan dan lain-lain ada ditunjukkan. Nama-nama tempat, sungai, gunung dan lain-lain dinyatakan dengan jelas. Seperti peta lain, simbol dan warna digunakan untuk mewakili sesuatu fitur. Pada peta topografi terdapat garis-garis kontur yang menunjukkan relief muka bumi seperti Lereng, Cekungan (Depresi), dan Bukit.

Garis Kontur Salah satu unsur yang penting pada suatu peta topografi adalah informasi tentang tinggi (elevasi) suatu tempat terhadap rujukan tertentu. Untuk menyajikan variasi ketinggian suatu tempat pada peta topografi, umumnya digunakan garis kontur (contour-line). Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian sama. Garis kontur + 25 m, artinya garis kontur ini menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama + 25 m terhadap referensi tinggi tertentu. Garis kontur dapat dibentuk dengan membuat proyeksi tegak garis-garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi ke bidang mendatar peta. Karena peta umumnya dibuat dengan skala tertentu, maka bentuk garis kontur ini juga akan mengalami pengecilan sesuai skala.

2.7 Pola Pergerakan Pesawat

Untuk mengetahui apakah pergerakan pesawat tidak terganggu dengan kondisi topografi wilayah Kabupaten Malang, perlu diketahui pola pergerakan pesawat. Berbagai pola pergerakan pesawat secara runtut adalah sebagai berikut:

1. *Take off*
2. *Lift off*
3. *Initial Climb*
4. *Climb*

5. *Mach Climb*
6. *Cruise*
7. *Initial Descent*
8. *Descent*
9. *Approach*
10. *Landing*

Pada saat *take off*, pesawat mempunyai kecepatan awal untuk mendaki (V_2) yaitu kecepatan minimum, pilot diperkenankan untuk mendaki sesudah pesawat mencapai ketinggian 10,5 M (35 Ft) di atas permukaan landas pacu. Pada sepanjang jarak lepas landas, pesawat mengalami *lift off* yaitu saat badan pesawat mulai terangkat dari landasan. Pada *take off distance* terdiri dari TOR (*take off run*) yaitu jarak dari awal *take off* ke suatu titik, dimana dicapai V_{lof} (*Lift Off Speed*), ditambah dengan setengah jarak, pesawat mencapai ketinggian 10,5 M (35Ft) dari V_{lof} , pada keadaan mesin pesawat tidak bekerja (*In Operative*). Dapat dirumuskan sebagai berikut. (Swatton, 2008)

$$TOR (m) = TOD(m) - TOD(m) \times \left(\frac{10.7 \text{ m}}{\tan(\text{angle of attack})^\circ} \right) \dots\dots(2-5)$$

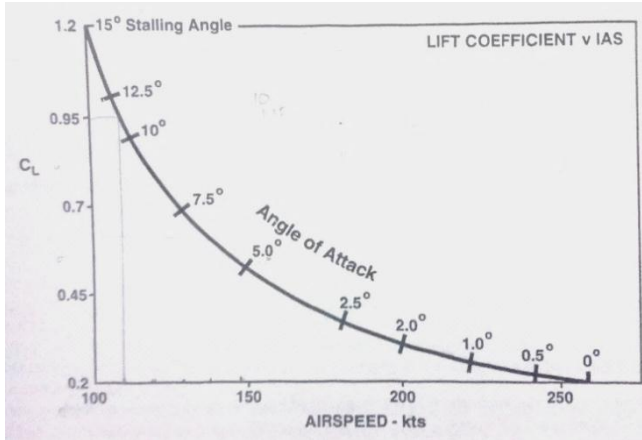
Atau

$$TOR (m) = TOD(m) - TOD(m) \times \frac{10.7 \text{ m}}{\text{climb gradient}(\%)} \dots\dots\dots(2-6)$$

Climb gradient adalah perbandingan perubahan tinggi terhadap jarak horizontal yang ditempuh pesawat. *Climb gradient* dapat didapatkan dari rumus berikut. (Swatton, 2008)

$$\text{Climb Gradient} (\%) = \frac{(\text{Total thrust} - \text{total drag}) \text{ kg}}{\text{mass kg}} \times 100 \dots\dots(2-7)$$

Sedangkan *angle of attack* dapat didapatkan dari grafik 2.11 berikut. Dari data kecepatan pesawat (V_2), ditarik garis ke atas, maka akan di dapatkan *angle of attack* dan juga *coefficient lift*. *Angle of Attack* merupakan sudut angkat terhadap horizontal, yang dihasilkan pesawat saat *lift off*.



Gambar 2.11 Grafik Angle of Attack

Sumber : (Swatton, 2008)

Thrust adalah gaya dorong ke depan yang ditimbulkan oleh mesin pesawat. *Thrust* dapat didapatkan pada manual masing-masing jenis pesawat. *Drag* adalah gaya yang berlawanan dengan arah pesawat bergerak. *Drag* dapat disebut juga sebagai resistance pada pergerakan ke depan suatu pesawat. *Drag* dapat didapatkan pada rumus berikut. (Swatton, 2008)

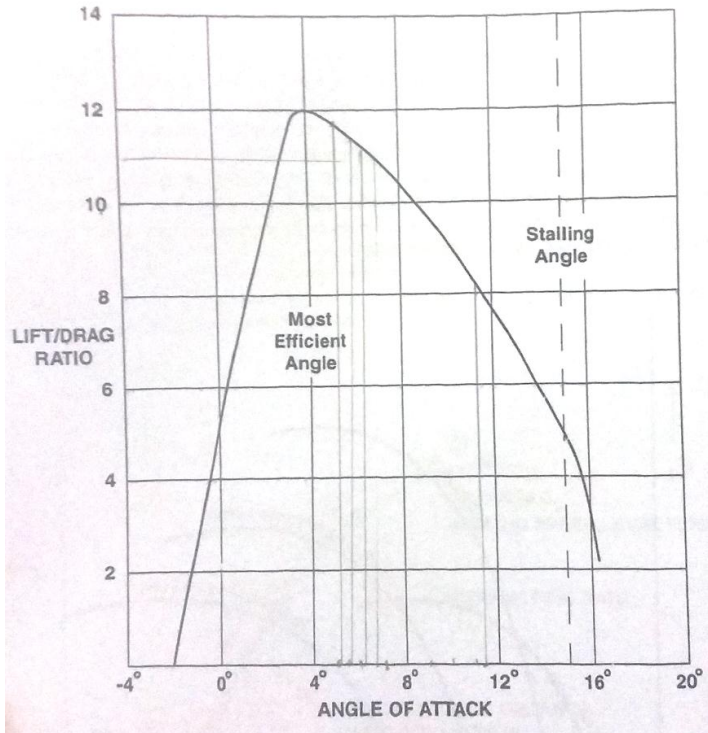
$$Total\ drag\ (kg) = \frac{mass\ (kg)}{\frac{lift}{drag}\ ratio} \dots\dots\dots(2-8)$$

Lift/drag ratio dapat didapatkan dari grafik hubungan antara *angle of attack* dengan *lift/drag ratio* sebagai berikut pada gambar 2.12. Dengan cara menarik garis ke atas, dari *angle of attack* yang diketahui dari gambar 2.11 hingga mencapai garis *most efficient angle* dan kemudian ditarik ke arah *lift/drag ratio*, maka akan di dapatkan nilai *lift/drag ratio*.

Setelah mengalami *take off*, dalam gambar menunjukkan kecepatan IAS (*Indicated Air Speed*) dan ROC (*Rate of Climb*) pesawat untuk melakukan *initial climb* (penerbangan awal) hingga mencapai 5000 ft. *Rate of Climb* adalah perubahan tinggi terhadap periode waktu. Nilai ROC ini dipengaruhi oleh tinggi altitude pesawat, tinggi temperatur, tinggi masa dan tinggi

kemampuan sayap pesawat (*flap*). Nilai ROC dapat diketahui dari rumus berikut. (Swatton, 2008)

$$ROC (fpm) = \frac{(Thrust - Drag)kg}{Mass kg} \times TAS (fpm) \dots \dots \dots (2-9)$$



Gambar 2.12 Grafik hubungan antara aple of attact dengan *lift/drag ratio*

Sumber : Swatton, 2008

Pada ketinggian 5000ft hingga FL150 (15000ft) dan pada ketinggian 15000ft menuju 24000 ft, pesawat memasuki pola pergerakan yang disebut *climb* dengan ROC dan IAS yang berbeda. Setelah melewati pola *climb*, pesawat memasuki pola pergerakan yang disebut *Mach Climb*. *Mach Climb* mempunyai *Mach* = 0,78 yang berarti TAS sebenarnya dibagi dengan TAS

kecepatan suara pada ketinggian tertentu dan nilai ROC. Kondisi pesawat saat stabil dan kecepatan pesawat sebanding dengan masa pesawat, kecepatan menjelajah berkurang selama progress terbang menuju ketinggian optimum sering. Kondisi tersebut disebut dengan *Cruise Climb*. Pada pola pergerakan ini ditunjukkan TAS, Mach, dan jarak terbang hingga 2700mm dengan ketinggian optimum 41000ft.

Pola pergerakan cruise menuju landing, pesawat melewati beberapa tahapan yaitu initial descent yaitu awal turunnya pesawat menuju FL240 dengan diketahui kecepatan mach dan ROD (*Rate of Descent*). Kemudian mengalami *Descent* atau turun menuju FL100 (10000ft) dengan diketahui IAS dan ROD. Sebelum landing, pesawat mengalami pergerakan yang disebut *approach* yaitu dari ketinggian FL100 hingga pesawat *landing* (menyentuh *runway*) pada tahapan ini diketahui IAS, ROD, dan MSC dan pola terakhir yaitu landing dengan ditunjukkan jarak *landing* dan kecepatan IAS.

2.8 Variasi Berat Pesawat

Dalam satu jenis pesawat, terdapat variasi berat pesawat yang harus diketahui. Variasi berat dan berat pesawat sendiri perlu diketahui untuk membuat pesawat efisien dan aman dalam operasional penerbangannya. Desain manufaktur pesawat dibatasi dengan beratnya. Maksimum berat operasional dapat dibatasi oleh *runway* keberangkatan dan kedatangan suatu bandar udara.

2.8.1 Aircraft Gross Weight

Berat kotor pesawat adalah total berat pesawat dalam berbagai momen selama terbang maupun beroperasi diatas tanah. *Aircraft gross weight* akan berkurang selama penerbangan disebabkan oleh konsumsi bahan bakar pesawat. *Aircraft gross weight* juga dapat berbeda disebabkan oleh penurunan *payload* atau perubahan bahan bakar.

2.8.2 *Manufacturer's Empty Weight (MEW)*

Manufacturer's empty weight adalah berat pesawat yang berhubungan dengan pesawat itu sendiri dan segala manufaktur yang mendukung seperti struktur pesawat, sistem generasi energi (termasuk mesin) dan lain-lain. MEW tidak termasuk beberapa hal berikut:

1. Bahan bakar
2. Minyak, dan air sementara
3. *Payload* (Cargo, Penumpang, dan bagasi)
4. Alat-alat yang bisa dilepas
5. Instalasi khusus

2.8.3 *Operation Empty Weight*

Berat bersih manufaktur ditambah dengan barang operator adalah yang disebut dengan berat bersih operasional (OEW). OEW dapat di ilustrasikan dalam rumus berikut. (IVAO, 2015)

$MEW + \text{Operator's item} = OEW \dots\dots\dots(2-10)$

Barikut ini adalah yang disebut dengan barang operator antara lain :

- Cairan yang digunakan untuk operasi pesawat
- Air yang digunakan untuk dapur dan kamar kecil
- Dokumentasi pesawat
- Kursi penumpang dan pelampung
- Stuktur dapur
- Peralatan darurat
- Crew pesawat dan barang bawaannya
- Barang standard penting untuk memenuhi kebutuhan operasional.

2.8.4 *Actual Zero Fuel Weight (AZFW)*

Actual zero fuel weight adalah berat pesawat kosong ditambah dengan *payload*. *Payload* terdiri dari berat penumpang, berat barang bawaan penumpang dan cargo. Lebih jelasnya dapat dirumuskan sebagai berikut. (IVAO, 2015)

$OEW + Payload = AZFW$(2-11)

Cargo + Penumpang dan barang bawaan = *Payload*.....(2-12)

Asumsi berat berbeda-beda tergantung jumlah kursi yang disediakan pada pesawat. Biasanya, asumsinya sebagai berikut.

- Berat penumpang laki-laki (termasuk barang bawaan) diasumsikan 82kg (181 lbs.)
- Berat penumpang perempuan diasumsikan 67kg (148 lbs.)
- Berat anak kecil diasumsikan 50kg (110lbs.)
- Berat bayi diasumsikan 16kg (3lbs.)

Untuk mendapatkan berat sesungguhnya, dapat diketahui pada saat penumpang melakukan *check in*.

2.8.5 *Actual Gross Weight*

Actual gross weight adalah jumlah dari penambahan *actual zero weight* dengan bahan bakar yang dibutuhkan pesawat untuk melakukan penerbangan, dapat dirumuskan sebagai berikut. (IVAO, 2015)

$AZFW + \text{Total bahan bakar} = AGW$(2-13)

Dalam perhitungan tersebut, diperlukan menghitung total bahan bakar yang diperlukan untuk terbang. Untuk mengkonversikan liter ke dalam kilogram perlu diketahui masa jenis bahan bakar.

2.8.6 *Take off Weight*

Berat kotor suatu pesawat berbeda-beda. Konsumsi bahan bakar minyak dapat mengurangi berat kotor. Dalam berbagai tujuan penerbangan, dalam perjalannya, semakin banyak bahan bakar yang akan digunakan, maka *payload* akan berkurang. *Take off weight* dapat dirumuskan sebagai berikut. (IVAO, 2015)

$AGW - \text{Taxi-out fuel} = \text{Take-off weight}$(2-14)

2.8.7 *Maximum Design Take off Weight (MTOW)*

Desain berat lepas landas maksimum ini sering disebut dengan *maximum brake-release weight* yaitu berat maksimum pada saat memulai *take off*.

2.8.8 *Landing Weight*

Berat pendaratan adalah berat yang berpengaruh kepada performa pendaratan suatu pesawat. *Landing weight* dapat di rumuskan sebagai berikut. (IVAO, 2015)

$$\textit{Take-off weight} - \textit{Trip Fuel} = \textit{Actual Landing Weight} \dots\dots\dots(2-15)$$

$$\textit{AZFW} + \textit{Reserve Fuel} = \textit{Actual Landing Weight} \dots\dots\dots(2-16)$$

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Pendahuluan

Ada beberapa hal yang perlu ditinjau pada evaluasi ketersediaan ruang udara yang berkaitan dengan keselamatan operasional di Bandara Abdul Rachman Saleh. Dengan demikian dibuatlah metodologi yang bertujuan untuk mengetahui batasan jarak penerbangan dan batasan kapasitas pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh.

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada dalam Tugas Akhir ini, perlu dilakukan beberapa tahapan kerja. Tahapan tersebut meliputi tahap persiapan, studi pustaka, pengumpulan data, analisis data dan pengambilan suatu kesimpulan dari studi yang dilakukan. Tahapan – tahapan tersebut dijelaskan dalam sub bab – sub bab berikut ini agar dapat lebih memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proses penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini.

3.1.1 Tahap Persiapan

Tahapan awal yang dilakukan di Bandara Abdul Rachman Saleh dengan melakukan survey, pengambilan gambar dan pengamatan langsung dilapangan dengan mengamati situasi dan kondisi eksisting area di Bandara Abdul Rachman Saleh.

3.1.2 Tahap Identifikasi Permasalahan

Tahap identifikasi masalah merupakan langkah awal dalam mengerjakan tugas akhir. Identifikasi masalah merupakan proses penentuan *gap analysis*, dimana pada *gap analysis* ini terdapat *current state* dan *ideal state*.

- *Current state* :

Bandara Abdul Rachman Saleh memiliki satu landasan pacu dengan panjang 2250m. Pesawat terbesar yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh adalah Boeing 737-800NG dengan jarak pelayanan penerbangan terjauh adalah Bandara

Abdul Rachman Saleh ke Bandara Internasional Soekarno Hatta Cengkareng (CGK), Tangerang.

- *Ideal state* :

Adanya evaluasi lebih lanjut yang meninjau jenis pesawat yang beroperasi, ruang gerak pesawat, dan kawasan operasi penerbangan untuk adanya kesesuaian ruang udara terhadap jenis pesawat dan kawasan operasionalnya.

3.1.3 Tahap Studi Pustaka

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan pengumpulan dari beberapa acuan teori yang mendukung dan berkaitan dengan kondisi serta permasalahan yang ada. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang akan menjadi acuan dan untuk lebih lengkapnya akan diulas pada bab II dalam laporan Tugas Akhir ini.

- SNI 03-7112-2005
- SNI 03-7051-2004
- *Federal Aviation Administration (FAA) – Advisory Cirular No 150/5325-4B, RunwayLengthRequirements for Airport Design. 2005*
- *The Convention on International Civil Aviation Annex 14.2004*

3.1.4 Tahap Pengumpulan Data Sekunder

Data yang dibutuhkan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari data sekunder. Data sekunder pada pengerjaan Tugas Akhir ini diperoleh dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karang Ploso. Data yang dibutuhkan berupa dokumen yang meliputi geometrik *runway* bandara, pergerakan pesawat tahun 2011 - 2015, peta topografi Kabupaten Malang yang dapat diperoleh di Jurusan Geomatika ITS dan Google Earth, data temperatur tahun 2012 - 2016, data angin, data tekanan udara, dan data curah hujan tahun 2012 – 2016.

Dari perolehan data sekunder didapat pergerakan pesawat seperti ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.1Jadwal Operasional Keberangkatan

Schedule	Flight	To	Aircraft
8:30	SJ251	Jakarta (CGK)	B738
8:40	SJ252	Jakarta (CGK)	B738
9:25	ID7582	Jakarta (HLP)	A320
10:30	ID7580	Jakarta (HLP)	32A
10:55	GA291	Jakarta (CGK)	B738
12:45	SJ248	Jakarta (CGK)	B738
12:45	IW1819	Surakarta (SOC)	AT4
13:10	GA293	Jakarta (CGK)	B738
14:15	IW1841	Denpasar (DPS)	AT4
14:30	ID7582	Jakarta (HLP)	32A
14:30	QG145	Jakarta (HLP)	320
14:45	GA2934	Jakarta (CGK)	B738
15:10	SJ249	Jakarta (CGK)	B738

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, 2017

Tabel 3.2Jadwal Operasional Kedatangan

Schedule	Flight	From	Aircraft
8:55	QG9243	Jakarta (HLP)	A320
9:15	ID7581	Jakarta (HLP)	A320
10:05	GA290	Jakarta (CGK)	B738
12:05	SJ246	Jakarta (CGK)	B738
12:15	SJ247	Jakarta (CGK)	B738
12:20	IW1818	Surakarta (SOC)	AT4
12:25	GA292	Jakarta (CGK)	B738
13:50	IW1840	Denpasar (DPS)	AT4
14:00	GA2924	Jakarta (CGK)	B738
14:00	QG144	Jakarta (HLP)	A320
14:15	ID7581	Jakarta (HLP)	32A
14:30	SJ248	Jakarta (CGK)	B738

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, 2017

Tabel 3.1 dan tabel 3.2 Adalah jadwal operasional Bandara Abdul Rachman Saleh. Dari jadwal tersebut dapat dilihat bahwa penerbangan terakhir adalah pukul 15:10WIB. Diasumsikan bahwa sistem pendaratan masih menggunakan visual.

3.1.5 Tahap Analisis Data

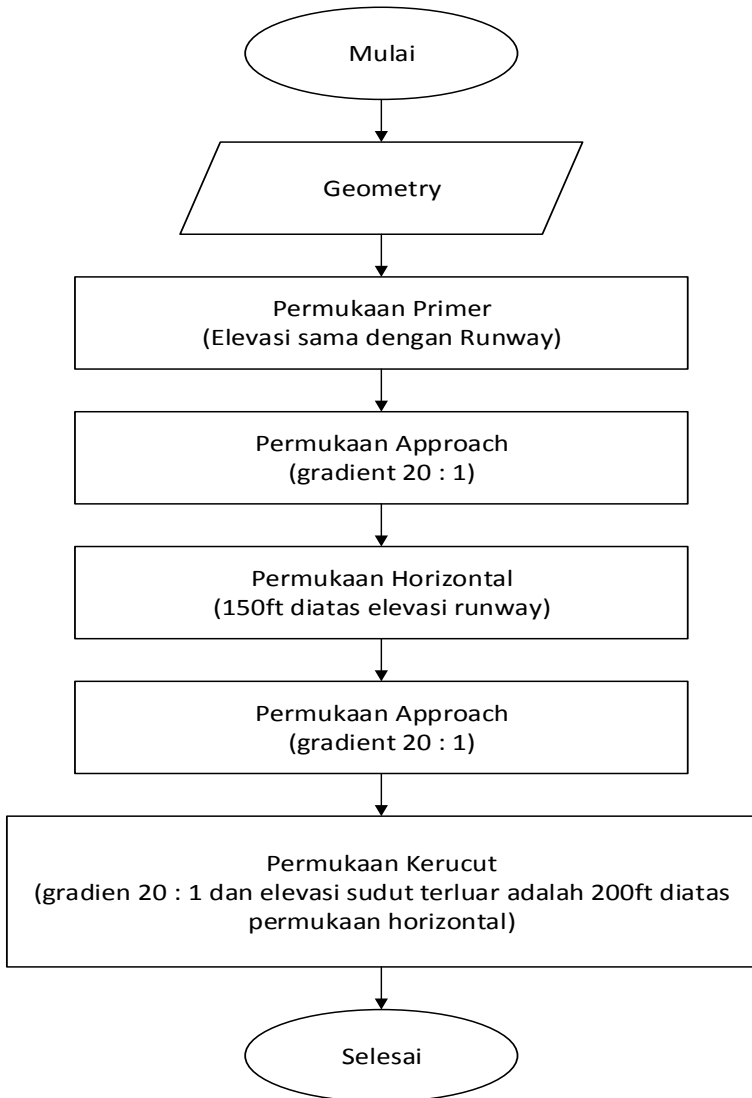
Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat dilakukan analisis menggunakan teori yang sudah ditentukan dalam tinjauan pustaka. Hasil dari analisis data ini nantinya akan menentukan kesesuaian pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi dengan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) di Bandara Abdul Rachman Saleh.

3.1.5.1 Analisis *Runway*

Dalam tahap analisis *runway* perlu adanya analisis existing. Analisis yang dibutuhkan dalam evaluasi ketersediaan ruang udara dalam kaitannya dengan keselamatan operasional dibutuhkan analisis panjang *runway*. Analisis panjang *runway* dipengaruhi oleh temperatur bandar udara. Data temperatur yang didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Selain itu, faktor koreksi kemiringan dan faktor koreksi elevasi *runway* dari permukaan air laut juga diperlukan dalam melakukan analisis panjang *runway*.

3.1.6 Tahap Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis menggunakan teori yang sudah ditentukan dalam tinjauan pustaka. Hasil dari analisis kondisi eksisting ini akan menghasilkan batasan operasional penerbangan berdasarkan analisis KKOP dan batasan kapasitas pesawat yang dapat beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh. Titik-titik utama yang didata berupa titik referensi sistem koordinat bandar udara, titik referensi sistem ketinggian (AES dan MSL), beda tinggi antara kedua ujunglandasan untuk digunakan dalam penentuan batas kawasan dan ketinggian pada KKOP sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh *ICAO Aerodromes Annex 14, Aerodromes Design And Operation dan Airport Services Manual (ICAO) Part 6, Control of Obstacles, Doc 9137-AN/898, Second Edition, 1998* dapat diketahui pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penentuan KKOP

Adapun kawasan keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya dapat ditentukan batas –batas operasi teknis sebagai berikut:

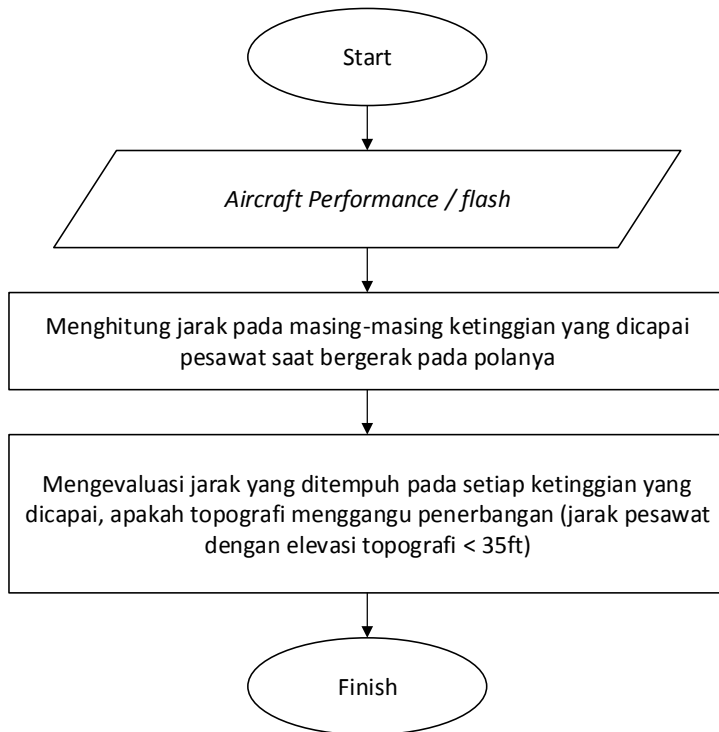
- a. Batas ketinggian dan kawasan pendekatan dan lepas landas
- b. Batas ketinggian dan kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan
- c. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan horizontal dalam
- d. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan kerucut
- e. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan transisi
- f. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan horizontal luar

3.1.6.1 Analisis Kesesuaian Topografi

Dalam tahap ini, data peta topografi yang didapatkan diterjemahkan kedalam potongan memanjang dan melintang. Kemudian di koreksikan pada potongan memanjang dan melintang KKOP yang telah ditentukan sebelumnya.

3.1.6.2 Analisis Karakteristik Masing-Masing Pesawat yang Beroperasi

Dalam tahapan ini, masing-masing pesawat yang beroperasi di analisis karakteristiknya dan diketahui masing masing pola pergerakan pesawat. Pola pergerakan pesawat meliputi *take off - lift off - climb out - cruise - descend - approach - landing*. Metode analisis dalam tahapan ini adalah dalam diagram alir pada Gambar 3.2 berikut. Dalam perhitungan jarak masing-masing pola pergerakan pada ketinggian tertentu, ada beberapa data yang tidak diketahui dalam *flash* seperti jarak *lift off*, maka perlu menghitung jarak *lift off* berdasarkan pada jarak *take off* dan gradient penerbangan atau derajat sudut penerbangannya. Perhitungan gradien penerbangan diperlukan data *thurst* sebuah pesawat. Sehingga, perlu diketahui jenis-jenis mesin pada masing-masing pesawat.



Gambar 3.2 Diagram alir evaluasi pola pergerakan pesawat

3.1.6.3 Tahap Analisis Keselamatan Operasional

Tahapan ini adalah mengevaluasi pergerakan masing-masing pesawat yang didapat dari tahapan 3.1.6.2 dengan kawasan keselamatan operasi penerbangan. Dari kawasan keselamatan operasi penerbangan yang didapatkan dan batas-batas ketinggian serta batas kawasannya dari potongan memanjang dan melintang KKOP, dapat di evaluasi apakah elevasi pola pergerakan pesawat masih memenuhi jarak yang diizinkan dengan topografi daerah KKOP sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh.

3.1.6.4 Tahap Analisis Pengaruh Kondisi Cuaca Terhadap Pergerakan Pesawat

Tahapan ini adalah mengevaluasi jam operasional pesawat yang didapat dari Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 dengan data cuaca daerah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh. Dari analisis tersebut dapat di evaluasi apakah cuaca daerah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh berpengaruh terhadap pendaratan pesawat secara visual yang beroperasi.

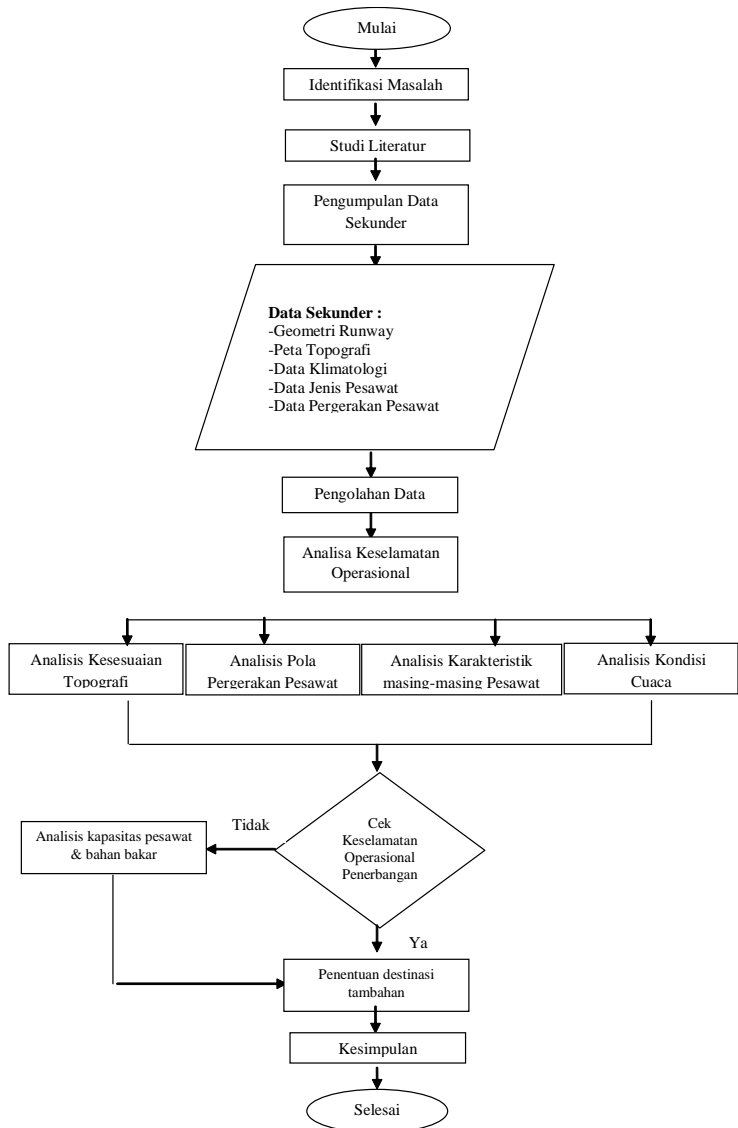
3.2 Hasil Analisis

Setelah mengolah data-data yang ada maka akan didapat hasil dari perencanaan yang terdiri dari:

1. Kawasan Keselamatan Operasional Bandara Abdul Rachman Saleh (Gambar Memanjang dan Melintang KKOP)
2. Karakteristik pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh
3. Batasan Kapasitas Pesawat yang dapat beroperasi
4. Batasan Jarak tempuh pesawat yang beroperasi

3.3 Diagram Alir Metodologi

Adapun diagram alir metode Tugas Akhir ini dapat di lihat pada gambar 3.3 berikut. Diagram diperjelas dalam lampiran.



Gambar 3.3 Diagram Alir

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1 Umum

Pada Bab ini akan dilakukan beberapa analisis pada Bandara Abdul Rachman Saleh dengan mengolah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karang Ploso. Data tersebut berupa dokumen yang meliputi geometrik *runway* bandara, pergerakan pesawat tahun 2011 - 2015, peta topografi Kabupaten Malang yang dapat diperoleh di Jurusan Geomatika ITS dan Google Earth, data temperatur tahun 2012 - 2016, data angin, data tekanan udara, dan data curah hujan tahun 2012 - 2016. Adapun beberapa analisis yang akan dilakukan sebagai berikut :

- Analisis kesesuaian Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dengan topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh.
- Analisis kesesuaian pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi dengan topografi di Bandara Abdul Rachman Saleh.
- Analisis tipe pesawat terhadap ruang udara di Bandara Abdul Rachman Saleh.
- Analisis kondisi cuaca terhadap pergerakan pesawat apabila pendaratan di Bandara Abdul Rachman Saleh.

4.2 Analisis Panjang *Runway*

Untuk mengetahui kesesuaian panjang *runway* di Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap batasan kawasan keselamatan operasi penerbangan maka diperlukan analisis panjang *runway*.

4.2.1 Evaluasi Panjang *Runway*

Hal yang diperlukan dalam evaluasi panjang *runway* adalah jenis dan karakteristik pesawat. Adapun jenis dan karakteristik pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman

Saleh adalah sebagai berikut pada tabel 4.1. Dari tabel 4.1 tersebut dapat diketahui bahwa pesawat terbesar yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh adalah Boeing 737-800NG.

Tabel 4.1 Jenis dan Karakteristik Pesawat yang Beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh

Aircraft	FAA Code	MTOW (lbs)	Approach Speed (knot)	Wings pan (ft)	Tail Height (ft)	ARC	Number of Passanger
BOEING 737-800 NG	B738	174,2	141	117	41,3	4C	180
AIRBUS A - 320	A320	162,04	138	111,3	38,9	4C	180
ATR72 - 500	A172	44,07	105	88	25	3B	72
BOEING 737-800	B738	174,2	141	112,58	41,17	4C	162

Sumber :Annex 14, ICAO

Berdasarkan data pergerakan pesawat tahunan Bandara Abdul Rachman Saleh, pesawat kritis yang beroperasi pada *runway* Bandara Abdul Rachman Saleh adalah Boeing 737-800NG. Karakteristik Boeing 737-800NG adalah sebagai berikut pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik Pesawat Kritis

Karakteristik Pesawat	
Model Pesawat	Boeing 737-800 NG
Panjang (m)	42 m
Lebar Sayap (m)	34,3m
<i>Operating Empty Wight</i> (OEW) (kg)	41,41 m
MTOW (<i>MaximumTake-Off Weight</i>) (kg)	79,01kg
ARFL (<i>Aerodrome Reference Field Length</i>) (m)	2878 m
TP (<i>TypePressure</i>) (kPa)	1400 kpa
Kapasitas Penumpang	180
ARC (<i>Aerodrome Reference Code</i>)	4C

Sedangkan data karakteristik *runway* Bandara Abdul Rachman Saleh adalah pada tabel berikut Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Karakteristik Landas Pacu Pesawat

Karakteristik <i>Runway</i>	
Arah <i>Runway</i>	35/17
Panjang <i>Runway</i> (m)	2250
Elevasi <i>Runway</i> (m)	528
Suhu Rata-Rata °C	24
Slope <i>Runway</i> %	1,6%

Sumber : Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, 2016

Guna mengetahui panjang *runway* aktual yang dibutuhkan pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh, perlu beberapa koreksi terhadap faktor elevasi, temperatur, dan slope (kelandaian) *runway*. Untuk menghitung faktor koreksi, terlebih dahulu harus mencari ARFL. ARFL adalah panjang landasan minimum bagi pesawat untuk take off pada keadaan standar, yaitu pada kondisi MTOW (*Maximum Take-Off Weight*), ketinggian nol terhadap permukaan air laut, kondisi atmosfer standar, keadaan tanpa angin, dan kemiringan *runway* nol. Nilai ARFL (*Aerodrome Reference Field Length*) didapat dari pabrik pembuat pesawat bersangkutan. Adapun ARFL pesawat Boeing 737-800 NG adalah 2878 m.

Perhitungan koreksi terhadap *runway* berdasarkan metoda ICAO sebagai berikut:

- Koreksi terhadap Elevasi (KE)

$$KE = \left[ARFL \times 7\% \times \frac{\text{elevasi runway}}{300} \right] + ARFL$$

$$KE = \left[2878 \times 7\% \times \frac{528}{300} \right] + 2878$$

$$KE = 3232,57 \text{ m}$$

- Koreksi terhadap Elevasi Temperature (KET)

$$\text{KET} = \{ \text{KE} \times [\text{temperatur} - (15 - 0,0065 \times h)] \} \times 1\% + \text{KE}$$

$$\text{KET} = \{ 3232,57 \times [24 - (15 - 0,0065 \times 528)] \} \times 1\% + 3232,57$$

$$\text{KET} = 3634,44 \text{ m}$$

- Koreksi terhadap Elevasi, Temperatur dan Slope (KETS)

$$\text{KETS} = [\text{KET} \times \text{slope} \times 10\%] + \text{KET}$$

$$\text{KETS} = [3634,44 \times 1,6\% \times 10\%] + 3634,44$$

$$\text{KETS} = 3640 \text{ m}$$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kemudahan pengerjaan maka panjang *runway* aktual, atau yang juga dikenal sebagai TORA (*Take-off Run Available*) adalah **3640m**. Panjang *runway* eksisting di Bandara Abdul Rachman Saleh saat ini adalah 2250meter, sehingga perlu dilakukan penambahan panjang *runway* sebesar 1390m agar pesawat yang mempunyai ARFL 2879 dapat menggunakan *runway*.

4.2.2 Elevasi Lebar *Runway*

Dapat dilihat pada Tabel 4.2 Bandara Abdul Rachman Saleh memiliki pesawat kritis yang digunakan adalah jenis pesawat Boeing 737-800NG. Dan dapat diketahui bahwa ARC pesawat kritis adalah 4C. Dari Tabel 4.4 dapat diketahui lebar *runway* adalah 40meter.

Tabel 4.4 Lebar *runway* berdasarkan code number

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

Sumber : SKEP 77-VI-2005

4.3 Analisis Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dengan Topografi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian kawasan keselamatan operasi penerbangan terhadap topografi Kota Malang. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) adalah wilayah daratan dan atau perairan serta ruang udara di sekitar bandar udara yang digunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan.

4.3.1 Penentuan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/ 76 / VI /2005, berikut ini pada Tabel 4.5 merupakan batas KKOP berdasarkan klasifikasi *runway*.

Tabel 4.5 Dimensi KKOP berdasarkan klasifikasi *runway*

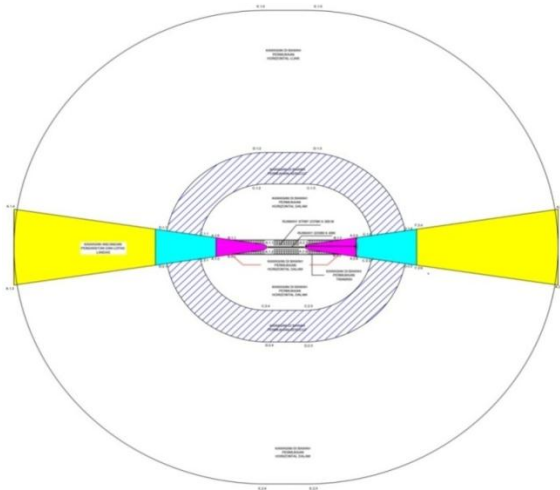
OLS & Dimensions (in meters and percentages)	Runway Classification									
	Non - Instrument				Instrument					
	Code No.				Non-Precision			Precision		II- III Code No
	1*	2	3	4	1,5	3	4	I Code No	3,4	
OUTER HORIZONTAL										
Height (m)									150	150
Radius (m)									15000	15000
CONICAL										
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Height (m)	35	55	75	100	60	75	100	60	100	100
INNER HORIZONTAL										
Height (m)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Radius (m)	2000	2500	4000	4000	3500	4000	4000	3500	4000	4000
APPROACH										
Length of inner edge (m)	60	80	159°	150	90	150	300°	150	300	300
Distance from threshold (m)	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Divergence each side	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
First section length (m)	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000	3000	3000
Slope	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	-	3600°	3600	12000	2%
Second section length (m)	-	-	-	-	-	-	2,5%	3600	3600	3600
Slope	-	-	-	-	-	-	2,5%	3%	2,5%	2,5%
Horizontal section length (m)	-	-	-	-	-	-	8400°	8400	-	8400
Total length (m)	1600	2500	3000	3000	2500	15000°	15000	15000	15000	15000
INNER APPROACH										
Width (m)								90	120	120
Distance from threshold (m)								60	60	60
Length (m)								900	900	900
Slope								2,5%	2%	2%
TRANSITIONAL										
Slope	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
INNER TRANSITIONAL										
Slope								40%	33,3%	33,3%
BAUL KED LANDING										
Length of inner edge (m)								90	120	120
Distance from threshold (m)								°	1800	1800
Divergence each side								10%	10%	10%
Slope								4%	3,3%	3,3%

Sumber : SKEP 77-VI-2005

Bandara Abdul Rachman Saleh dalam merencanakan desain *runway* digunakan *Non-Precision Approach Runways* dengan pesawat kritis kategori 4C, spesifikasi KKOP disesuaikan dengan ketentuan pada tabel 4.5 di atas, dan dengan uraian sebagai berikut:

1. Kawasan Pendekatan Lepas Landas (*Approach*)

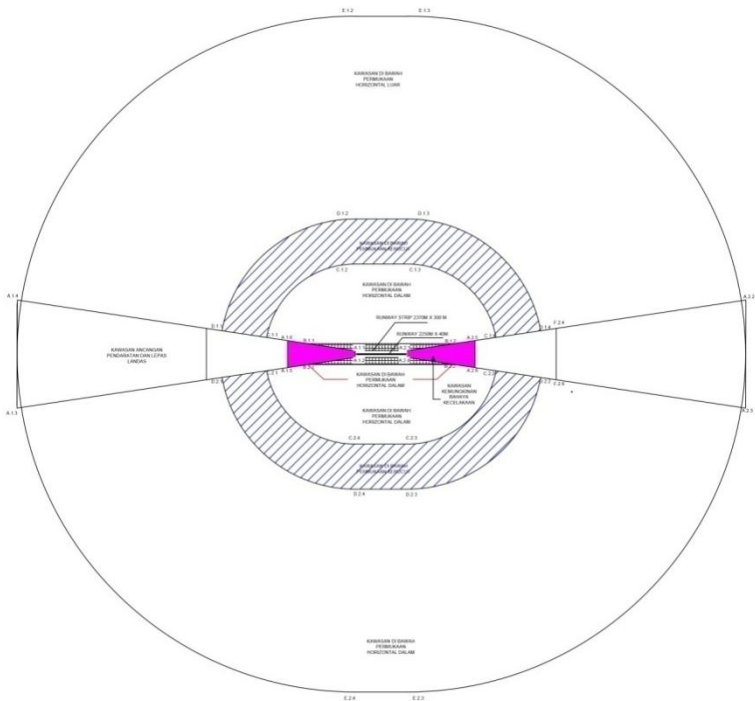
Kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama berjarak 60 meter dari ujung landas pacu dengan lebar bagian dalam, kawasan ini melebar ke arah luar secara teratur dengan sudut pelebaran 15% serta garis tengah bidangnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dengan jarak mendatar pertama adalah 3000 meter dengan kemiringan ketinggian dari landas pacu adalah 2%, jarak mendatar kedua adalah 3600 meter dari jarak mendatar pertama dengan kemiringan 2.5%, dan jarak mendatar ketiga adalah 8400 meter dari jarak mendatar kedua dengan kemiringan 2.5% sehingga jumlah jarak mendatar keseluruhan adalah 15000 meter dengan lebar akhir kawasan ini adalah 4800 meter. Gambar dari kawasan pendekatan lepas landas sebagai berikut pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kawasan Pendekatan Lepas Landas

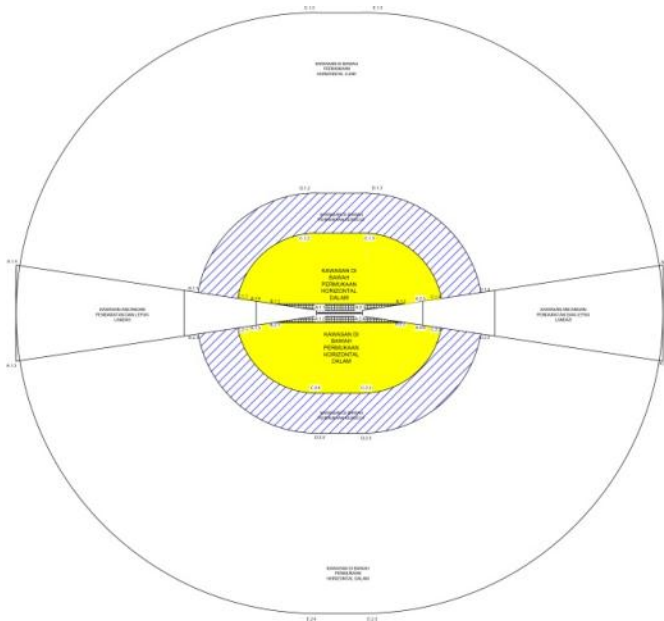
2. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama dengan lebar 300 meter, kawasan ini meluas keluar secara teratur dengan garis tengahnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landasan pacu sampai lebar 1200 meter dan jarak mendatar 3000 meter dari ujung permukaan utama. Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan sebagai berikut pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan

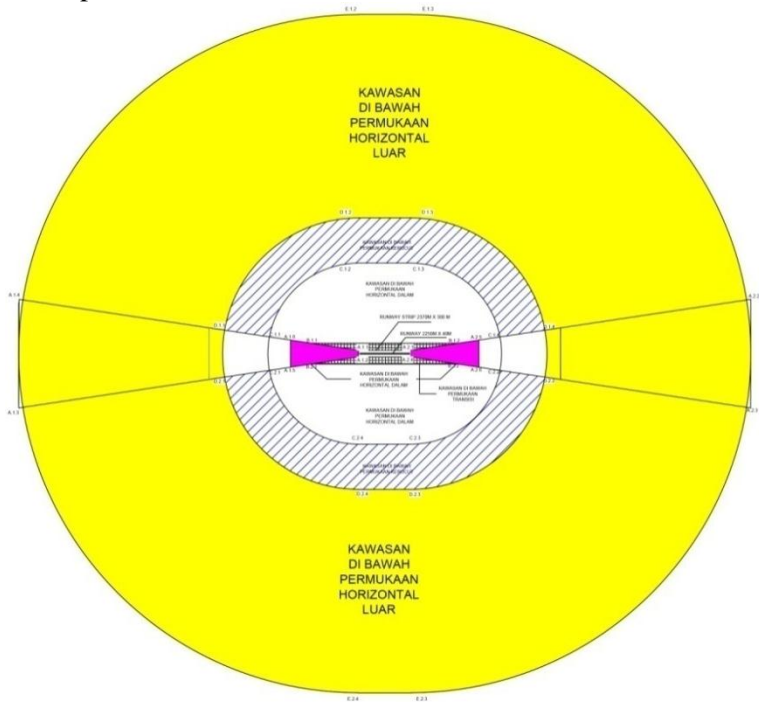
3. Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam
 Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam seperti pada gambar Gambar 4.3 dibatasi oleh lingkaran dengan radius 4000 meter dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi.



Gambar 4.3 Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam

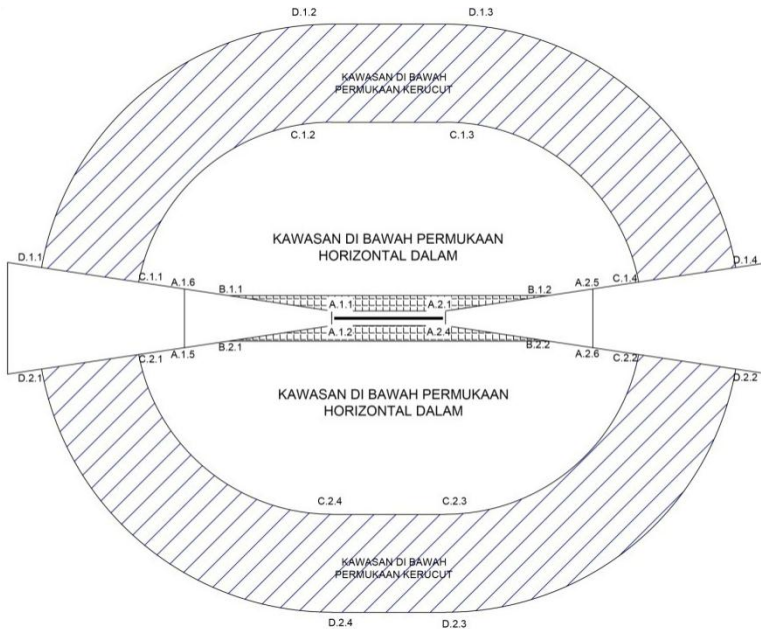
4. Kawasan di bawah permukaan horizontal luar
 Kawasan di bawah permukaan horizontal luar seperti pada Gambar 4.4 dibatasi oleh lingkaran dengan radius 15000 meter dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi,

kawasan di bawah permukaan horizontal dalam, kawasan di bawah permukaan kerucut.



Gambar 4.4 Kawasan di bawah permukaan horizontal luar

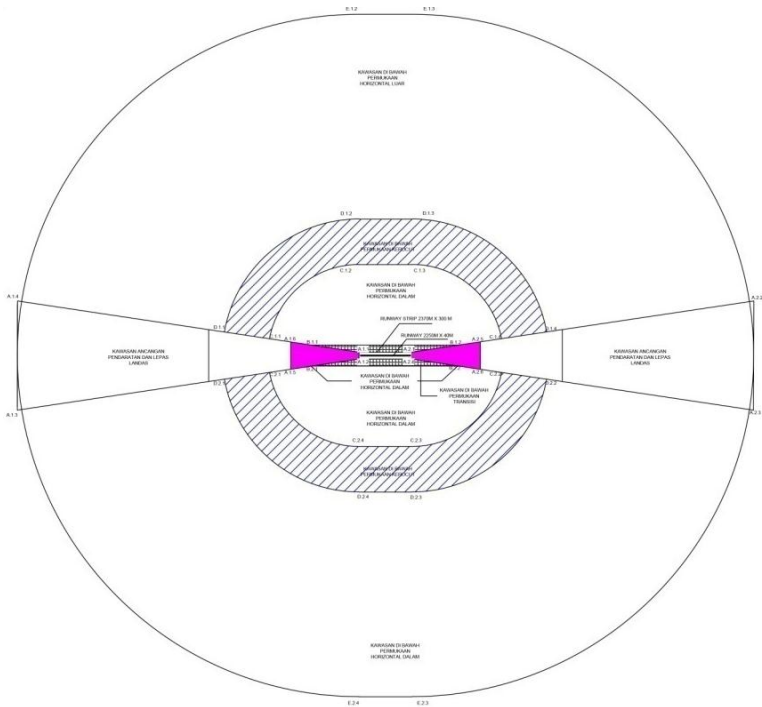
5. Kawasan di bawah permukaan kerucut
Kawasan di bawah permukaan kerucut seperti pada Gambar 4.5 dibatasi dari tepi luar kawasan di bawah permukaan horizontal dalam meluas dengan jarak mendatar 2000 meter dengan kemiringan 5%.



Gambar 4.5 Kawasan di bawah permukaan kerucut

6. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Kawasan keselamatan operasi penerbangan diwujudkan/berada dalam sistem koordinat bandar udara (*Aerodrome Coordinate System/ACS*) dan sistem koordinat geografis dalam referensi World Geodetic System 1984 (WGS'84). Kawasan operasi penerbangan secara keseluruhan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kawasan keselamatan operasi penerbangan

4.3.2 Koordinat Geografis

Langkah untuk mendapatkan koordinat geografis masing-masing titik adalah dengan menempatkan gambar kawasan keselamatan operasi penerbangan diatas kontur *google earth*. Sehingga didapatkan koordinat pada masing-masing titik kawasan keselamatan operasi penerbangan adalah sebagai berikut pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Koordinat kawasan keselamatan operasi penerbangan

Titik	Koordinat UTM		Koordinat Geografis					
	X (meter)	Y (meter)	Lintang Selatan			Bujur Timur		
			o	'	"	o	'	"
A.1.1	688994.96	9124297.92	7	55	7.4	112	42	52.00
A.1.2	688445.58	9124163.38	7	55	11.85	112	42	34.08
A.1.3	682564.52	9138401.61	7	47	29.16	112	39	20.24
A.1.4	687633.16	9139601.36	7	46	49.46	112	42	5.52
A.2.1	689471.43	9122343.74	7	56	10.94	112	43	7.82
A.2.2	695340.85	9107856.57	8	4	1.67	112	46	21.48
A.2.3	690404.96	9106733.13	8	4	38.93	112	43	40.44
A.2.4	688924.98	9122219.13	7	56	15.07	112	42	50.00
A.2.5	690661.02	9119344.29	7	57	48.41	112	43	47.07
A.2.6	689253.50	9119000.44	7	57	59.79	112	43	1.16
B.1.1	688809.29	9126367.25	7	54	0.07	112	42	45.66
B.1.2	690293.29	9120243.87	7	57	19.18	112	43	34.94
B.2.1	687657.85	9126096.48	7	54	9.03	112	42	8.11
B.2.2	689200.28	9120010.28	7	57	26.93	112	42	59.28
C.1.1	688669.23	9128014.78	7	53	6.46	112	42	40.87
C.1.2	692217.84	9125678.27	7	54	22.03	112	44	37.03
C.1.3	692986.72	9122530.89	7	56	4.37	112	45	2.56
C.1.4	690933.57	9118609.51	7	58	12.29	112	43	56.07
C.2.1	687034.85	9127615.51	7	53	19.67	112	41	47.57
C.2.2	689358.21	9118224.66	7	58	25.03	112	43	4.68
C.2.3	685650.93	9121084.29	7	56	52.45	112	41	3.25
C.2.4	685091.86	9123372.83	7	55	38.03	112	40	44.7
D.1.1	688473.97	9130490.68	7	51	45.9	112	42	34.16
D.1.2	694658.39	9126247.58	7	54	3.17	112	45	56.62

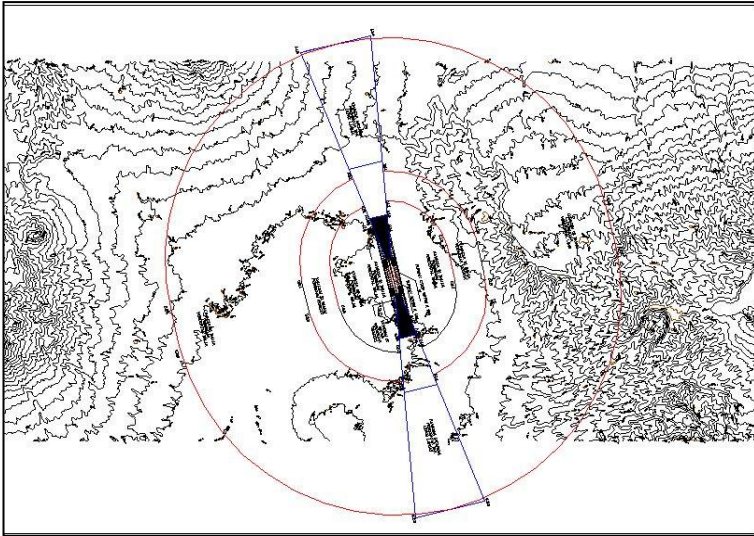
Tabel 4.6 Lanjutan

Titik	Koordinat UTM		Koordinat Geografis					
	X (meter)	Y (meter)	Lintang Selatan			Bujur Timur		
			o	'	"	o	'	"
D.1.3	695470.67	9122922.52	7	55	51.28	112	46	23.6
D.1.4	691877.90	9116318.98	7	59	26.71	112	44	27.22
D.2.1	686076.87	9129905.09	7	52	5.27	112	41	15.99
D.2.2	689550.96	9115750.53	7	59	45.54	112	43	11.31
D.2.3	683216.58	9120489.60	7	57	12.12	112	39	43.85
D.2.4	682691.38	9122749.52	7	55	58.63	112	39	26.41
E.1.2	703459.43	9128160.71	7	52	59.68	112	50	43.63
E.1.3	704267.58	9124852.56	7	54	47.21	112	51	10.51
E.2.3	674544.30	9117874.33	7	58	38.36	112	35	1.02
E.2.4	673822.40	9120829.45	7	57	2.26	112	34	37.08

Sumber : google earth, 2017

4.3.3 Topografi di Bawah Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Berdasarkan SNI 03-7112-2005 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan menyebutkan pada poin 8.6 bahwa bangunan atau suatu benda yang ada secara alami berada di kawasan keselamatan operasi penerbangan dan ketinggiannya masih dalam batas ketinggian yang diperkenankan akan tetapi diduga dapat membahayakan keselamatan operasi penerbangan, harus diberi tanda atau dipasang lampu. Pemberian tanda atau pemasangan lampu termasuk pengoperasian dan pemeliharaan dilaksanakan oleh dan atas biaya pemilik atau yang menguasainya. Guna mengetahui luasan wilayah dan ketinggian wilayah dibawah kawasan keselamatan operasi penerbangan, perlu diketahui tinggi kontur pada batas KKOP. Gambar 4.7 menunjukkan plotting KKOP terhadap peta kontur.



Gambar 4.7KKOP terhadap kontur topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh

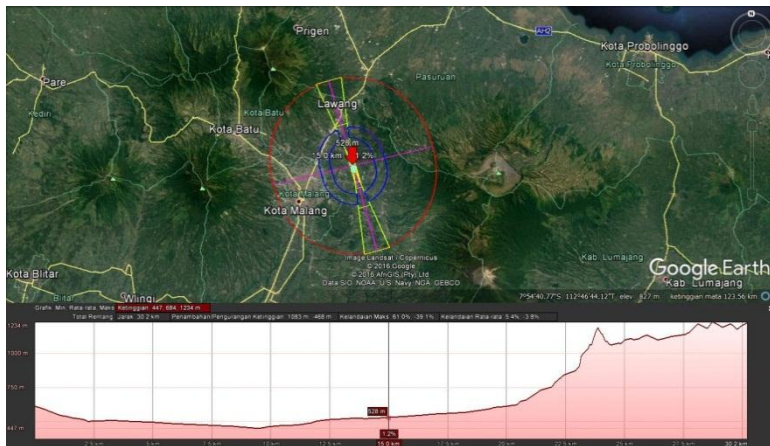


Gambar 4.8KKOP terhadap kenampakan muka bumi
Sumber: google.earth

Gambar 4.8 menunjukkan batas kawasan keselamatan operasi pada *google earth* sehingga lebih mudah untuk mengetahui elevasi pada kawasan tersebut.

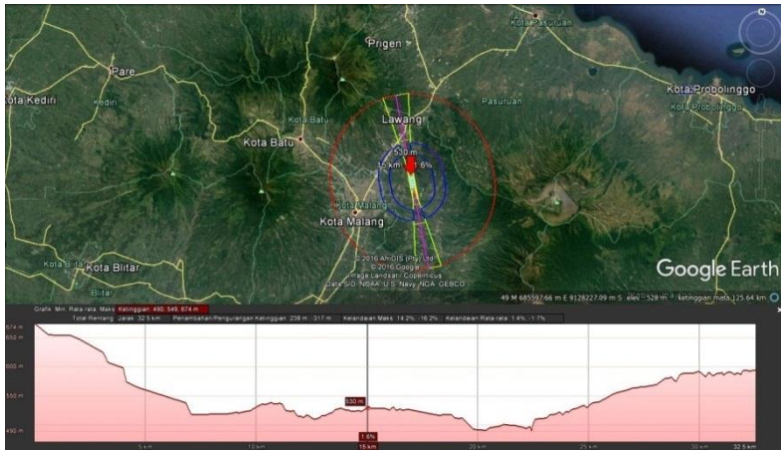
4.3.4 Evaluasi KKOP Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap Topografi

Dalam evaluasi ini menggunakan *google earth* untuk mengetahui elevasi topografi bawah kawasan keselamatan operasi penerbangan. Dalam hal ini ditentukan potongan memanjang dan melintang pada KKOP seperti pada gambar. Kemudian dapat dilihat hasil grafik elevasi garis memanjang dan melintang KKOP seperti pada gambar untuk mengetahui apakah elevasi dari potongan memanjang dan elevasi potongan melintang di bawah KKOP telah memenuhi batas persyaratan yang ada.



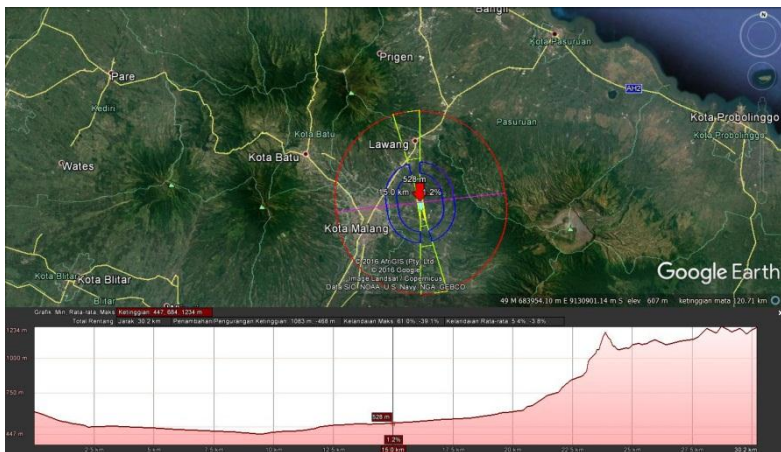
Gambar 4.9 Menentukan potongan memanjang dan melintang KKOP terhadap topografi (warna biru)

Sumber: *google.earth*



Gambar 4.10 Elevasi potongan memanjang topografi

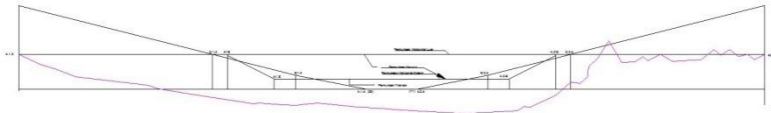
Sumber: google.earth



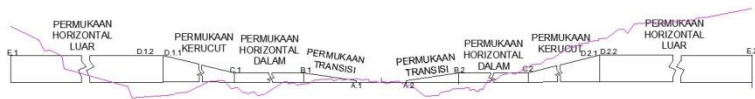
Gambar 4.11 Elevasi potongan melintang topografi

Sumber: google.earth

Berikut merupakan gambar potongan memanjang dan melintang yang tergambar dari hasil evaluasi KKOP dan topografi. Gambar lebih jelas akan dilampirkan pada lampiran.



Gambar 4.12 Potongan memanjang KKOP terhadap topografi



Gambar 4.13 Potongan melintang KKOP terhadap topografi

Catatan : Garis berwarna biru adalah bentuk topografi dan garis berwarna hitam adalah batas KKOP

Pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa elevasi topografi tidak melebihi batas ketinggian kawasan keselamatan operasi Bandara Abdul Rachman Saleh. Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa elevasi topografi melebihi batas kawasan keselamatan operasional. Berdasarkan SNI 03-7112-2005 tentang kawasan keselamatan operasi penerbangan bahwa terhadap bangunan yang berupa benda tidak bergerak yang sifatnya sementara maupun tetap yang didirikan atau dipasang oleh orang atau yang telah ada secara alami, seperti: gedung-gedung, menara, cerobong asap, gundukan tanah, jaringan transmisi, bukit dan gunung yang menjadi penghalang atau obstacle saat ini tetap diperbolehkan sepanjang prosedur keselamatan operasi penerbangan terpenuhi. Hal terpenting yang diperhatikan adalah tidak adanya halangan pada kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan dan batas ketinggian *approach* seperti yang disebutkan pada poin 8.2 SNI 03-7112-2005 bahwa pada kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan sampai jarak 1.100meter dari ujung-ujung permukaan utama hanya digunakan untuk bangunan yang diperuntukkan bagi keselamatan operasi penerbangan dan benda tumbuh yang tidak

membahayakan keselamatan operasi penerbangan dengan batas ketinggian ditentukan oleh kemiringan 5% arah ke atas dan ke luar dimulai dari ujung permukaan utama pada ketinggian masing-masing ambang landasan sepanjang arah mendatar 1.100 meter dari permukaan utama melalui garis tengah landasan. Untuk memenuhi prosedur keselamatan operasi penerbangan, jika ada benda yang menghalangi kawasan keselamatan operasi penerbangan, perlu di tambahkan *obstacle light* pada penghalang tersebut. Berdasarkan SNI 03-7051-2004 tentang pemberian tanda dan pemasangan lampu halangan di sekitar bandara, ketinggian topografi lebih dari 150 m dari permukaan tanah pada *runway* sehingga perlu dipasang jenis lampu III. Jenis lampu III diletakkan pada dataran tinggi yang melebihi 150 m dengan warna lampu putih berkedip-kedip. Intensitas cahaya mada lampu antara $2000 \pm 25\%$ cd dan dengan jumlah kedipan antara 40 – 60 kali permenit. Antara puncak tertinggi dengan batas permukaan horizontal perlu di beri lampu dengan jarak maksimal 45m. *Obstacle light* (ditunjukkan dengan titik merah) dapat ditempatkan pada daerah sebagai berikut pada Gambar 4.14.

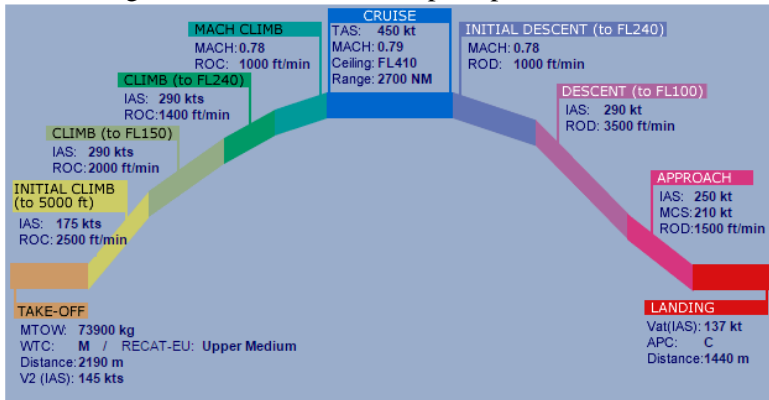


Gambar 4.14 Peletakan *obstacle light*

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada arah memanjang *runway*, kawasan keselamatan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap topografi memenuhi syarat dan dapat menjamin keselamatan operasi penerbangan. Sedangkan, pada arah melintang *runway*, kawasan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap topografi tidak memenuhi, karena elevasi topografi lebih tinggi dari pada elevasi KKOP. Perlu di tambahkan *obstacle light* pada penghalang dengan jenis lampu III berwarna putih dengan jarak maksimal 45meter antar lampu dan jumlah kedipan 40-60 kali permenit.

4.4 Analisis Karakteristik Pola Pergerakan Masing-masing Pesawat yang Beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh
Karakteristik pergerakan pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh perlu dilakukan analisa dengan tujuan untuk mengetahui berapa ketinggian dan sudut serta jarak masing-masing pesawat saat kondisi *take off*, *lift off*, *climb out*, dan *cruise*, dan kemudian dapat dilakukan koreksi terhadap ketinggian topografi dan batas KKOP.

Dalam melakukan evaluasi, data pokok yang dibutuhkan adalah *aircraft performance/flash* masing-masing pesawat. Berikut ini gambar 4.15 adalah flash pada pesawat Airbus A-320.



Gambar 4.15 Flash pada Pesawat Airbus A-320

Sumber: <https://contentzone.eurocontrol.int>

Flash pada gambar 4.15 mempunyai data yang sama dengan *aircraft performance* seperti pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Aircraft Performance

Take-Off	Initial Climb (to 5000 ft)	Initial Climb (to FL150)	Initial Climb (to FL240)	MACH Climb	Cruise	Initial Descent (to FL240)	Descent (to FL100)	Descent (FL100 & below)	Approach	
V ₂ (IAS)	145 kts	IAS 175 kts	IAS 290 kts	IAS 290 kts	MACH 0.78	TAS 450 kts	MACH 0.78	IAS 290 kts	IAS kts	V _{app} (IAS) 137 kts
Distance	2190 m	ROC 2500 ft/min	ROC 2000 ft/min	ROC 1400 ft/min	ROC 1000 ft/min	MACH 0.79	ROD 1000 ft/min	ROD 3500 ft/min	MCS 210 kts	Distance 1440 m
MTOW	73500 kg					Ceiling FL410			ROD ft/min	APC C
WTC	M					Range 2700 NM				

Sumber : flightstats.com

Berikut adalah contoh perhitungan evaluasi satu jenis pesawat yaitu Airbus A-320 dan akan dilampirkan keseluruhan rekapan perhitungan semua jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh pada halaman lampiran. Dari gambar 4.15^{flash} diatas, dapat dicari jarak horizontal pesawat terhadap ketinggian yang ditempuh sebagai berikut dirangkum pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Jarak Masing-Masing Perubahan Pola Pergerakan

Airbus A320	Tinggi	Beda Tinggi	IAS			ROC	Jarak			Sudut	Jarak Total
	1	2	3			4	5			6	7
	ft	ft	kts	mach	ft/min	ft/min	nm	ft	m	degree	m
Takeoff	0	0	145		14684.15				2190		2190
Initial Climb	5000	5000	175		17722.25	2500	5.83	35444.03	10633.21	8.03	12823.21
Climb	15000	10000	290		29368.30	2000	24.17	146839.57	44051.87	3.90	56875.08
	24000	9000	290		29368.30	1400	31.07	188793.73	56638.12	2.73	113513.20
Mach Climb	41000	17000		0.87	58742.14	1000	0.00	998616.36	299584.91	0.98	413098.11
Cruise	41000	0		0.78	52665.37	450	2700.00	0.00	5000400.00	0.00	5413498.11
Initial Descent	24000	17000		0.78	52665.37	1000	0.00	895311.22	268593.37	1.09	5682091.47
descent	10000	14000	290		29368.30	3500	19.33	117471.65	35241.50	6.80	5717332.97
approach	10000	10000	250		25317.50	1500	27.78	168781.11	50634.33	3.39	5767967.30
Landing	0	0	137		13873.99		0.00	0.00	1440.00	0.00	5769407.30

Diketahui : 1 nm (*nautical miles*) = 6076.12 ft = 1852 m

Tinggi yang dicapai pesawat (kolom 1 tabel 4.8) adalah tinggi yang dicapai pesawat sehingga pesawat berada pada pola ketinggian tersebut. Misalkan pada pola *Initial Climb* adalah pola dimana pesawat mencapai ketinggian 5000ft (1524 meter) dari ketinggian setelah *take off*. Beda tinggi (2) pergerakan pesawat adalah beda tinggi antar dua pola. Misalkan pada pola *climb* pertama, pesawat mencapai ketinggian FL150 (15000ft) dari pola sebelumnya yaitu *initial climb* 5000ft. Beda tinggi pada pola *climb* adalah selisih ketinggian pada saat *initial climb* dan *climb* pertama yaitu 10000ft. IAS (*Indicated Airspeed*) (3) adalah kecepatan kritis suatu pesawat menuju ketinggian tertentu. ROC (*Rate of Climb*) (4) adalah kecepatan vertikal suatu pesawat yang beroperasi. Dalam hal ini ketinggian berubah seiring berubahnya waktu. *Rate of climb* telah diketahui pada *aircraft performance*. Jarak horizontal (5) didapatkan dari data beda tinggi, *Rate of*

Climb, dan *ground speed*. Dicontohkan pada *initial climb* sebagai berikut.

$$\text{Jarak (nm)} = \frac{\text{Beda tinggi (ft)}}{\text{ROC (fpm)}} + \frac{\text{GroundSpeed (kts)}}{60}$$

$$\text{Jarak (nm)} = \frac{(5000 \text{ ft} - 0 \text{ ft})}{2500 \text{ fpm}} + \frac{145 \text{ kts}}{60}$$

$$\text{Jarak (nm)} = 5.83 \text{ nm} = 35444.03 \text{ ft} = 10633.21 \text{ m}$$

Dalam setiap pola penerbangan mempunyai sudut (6) terbang terhadap horizontal. Sudut tersebut diperoleh dari rumus sebagai berikut.

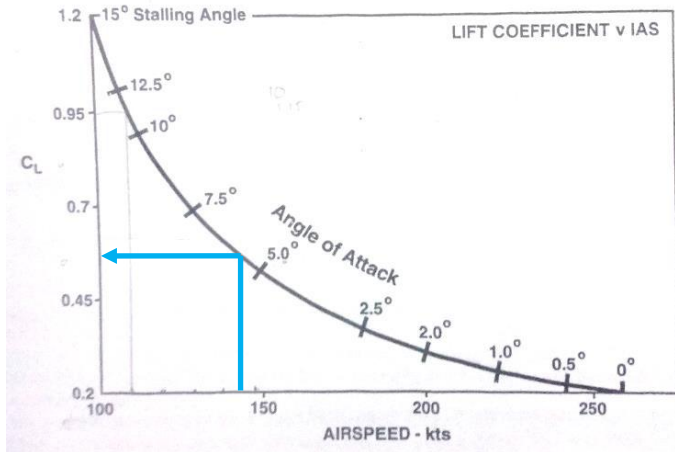
$$\theta^\circ = \tan^{-1} \frac{\text{beda tinggi (ft)}}{\text{Jarak (ft)}}$$

$$\theta^\circ = \tan^{-1} \frac{5000 \text{ ft}}{10633.21 \text{ ft}}$$

$$\theta^\circ = 8.03^\circ$$

Jarak total (7) adalah jarak tempuh pesawat dari mulai diam dikumulatifkan dengan jarak tiap pola pergerakannya.

Dalam pola pergerakan lepas landas, terdapat panjang lepas landas (*take off distance*) yang merupakan jarak horizontal yang diperlukan untuk lepas landas dengan mesin tidak bekerja tetapi pesawat telah mencapai ketinggian 10,5 M (35 ft) di atas permukaan landasan. Sepanjang jarak lepas landas ini, pesawat mengalami *lift off* yaitu suatu jarak pengangkatan badan pesawat saat lepas landas. Terdapat batas maksimum sudut *lift* pesawat terhadap horizontal yaitu *angle of attack*. Berikut ini adalah contoh perhitungan pola pergerakan pesawat saat *lift off* pesawat Airbus A-320. Pesawat Airbus A-320 mempunyai airspeed 145kts, di masukkan ke dalam grafik pada Gambar 4.8. Grafik antara *airspeed* (kts) dengan *cooficient of lift* menunjukkan pada kecepatan 145 kts, Airbus A-320 mempunyai *angle of attack* 5,5°. *Angle of attack* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam perhitungan berikut.



Gambar 4.16 Grafik *Angle of Attack*

Sumber : Swatton, 2008

$$\text{TOR (m)} = \text{TOD(m)} - \left(\frac{10.7 \text{ m}}{\tan(\text{angle of attack})^\circ} \right)$$

$$\text{TOR (m)} = 2190 \text{ m} - \left(\frac{10.7 \text{ m}}{\tan(5.5^\circ)} \right) = 2079 \text{ m}$$

Atau dengan perhitungan menggunakan *climb gradient* sebagai berikut

$$\text{TOR (m)} = \text{TOD(m)} - \frac{10.7 \text{ m}}{\text{Climb gradient}(\%)}$$

$$\text{TOR (m)} = 2190 \text{ m} - \frac{10.7 \text{ m}}{7.38 \%}$$

$$\text{TOR (m)} = 144.56 \text{ m}$$

Climb gradient adalah perbandingan perubahan tinggi terhadap jarak horizontal yang ditempuh pesawat. *Climb gradient* dapat didapatkan dari perhitungan berikut. Dicontohkan dengan perhitungan *climb gradient* pesawat Airbus A-320.

$$\text{Climb Gradient}(\%) = \frac{(\text{Total thrust} - \text{total drag}) \text{ kg}}{\text{mass kg}} \times 100$$

$$\text{Climb Gradient}(\%) = \frac{(23600 - 68383) \text{ kg}}{73404.12 \text{ kg}} \times 100 = 7.38 \%$$

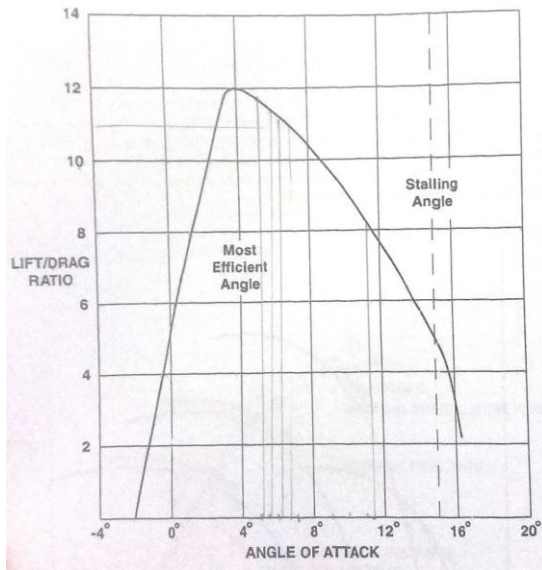
Drag di dapatkan dari perhitungan massa per *lift/drag* yang didapatkan pada diagram gambar 4.17. Dari grafik gambar 4.17 didapatkan $lift/drag = 11.5$ sehingga dapat dimasukkan kedalam rumus berikut.

$$Total\ drag\ (kg) = \frac{mass\ (kg)}{\frac{lift}{drag}\ ratio}$$

$$Total\ drag\ (kg) = \frac{73404.12\ kg}{11.5}$$

$$Total\ drag\ (kg) = 6383kg$$

Hasil perhitungan *climb gradient* untuk semua jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh dapat dilihat pada tabel 4.9.



Gambar 4.17 Grafik menentukan *lift/drag* ratio

Sumber : Swatton, 2008

Tabel 4.9 Perhitungan *climb gradient*

Aircraft	Aircraft Mass (kg)	Total Thrust (kg)	Lift/Drag	Drag (kg)	ROC lift (fpm)	Climb Gradient (%)
Boeing 737-800	78912,6	23400	11,5	6861,965	2856,02	6,13
Airbus A320	73404,12	23600	11,5	6382,967	3363,06	7,38
ATR 72	19963,71	9600	8,2	2434,599	3299,72	11,85

Tabel 4.9, Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 berikut merupakan tabel perhitungan *Take of Run* (TOR) yang didapatkan dari *angle of attack* dan dari *climb gradient*.

Tabel 4.10 Perhitungan *Take of Run*(1)

Pesawat	V2	TOD	<i>Angle of Attack</i>	Ketinggian lift	TOD - TOR	TOR
	kts	m	°	m	m	m
Boeing 737-800	145	2300	5,50	10,67	110,79	2189
Airbus A320	145	2190	5,50	10,67	110,79	2079
ATR 72	110	1500	11,25	10,67	53,63	1446

Tabel 4.11 Perhitungan *Take of Run* (2)

Pesawat	V2	TOD	Climb Gradient	Ketinggian lift	TOD - TOR	TOR
	kts	m	%	m	m	m
Boeing 737-800	145	2300	6,13	10,67	174,00	2126,00
Airbus A320	145	2190	7,38	10,67	144,56	2045,44
ATR 72	110	1500	11,85	10,67	90,04	1409,96

Namun pada perhitungan TOR dengan menggunakan *climb gradient*, pada pesawat Airbus A-320 dengan *climb gradient* menghasilkan *angle of lift* sudut tersebut lebih dari *angle of attack* sangat berbahaya untuk penerbangan. Sehingga diantara kedua perhitungan TOR pada tabel dan tabel yang digunakan adalah TOR berdasarkan *angle of attack*.

4.5 Analisis kesesuaian pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi dengan topografi

Analisis kesesuaian pergerakan masing-masing pesawat yang beroperasi akan dievaluasi terhadap topografi memanjang searah dengan *approach runway*. Dapat dilihat pada gambar 4.18 menunjukkan bahwa jarak dari tengah *runway* ke arah 35 sepanjang 16.2 km dan ke arah 17 sepanjang 16.2 km.



Gambar 4.18 Topografi Kawasan Bandara Pada Arah *Runway* 35-17

Gambar diatas menunjukkan elevasi topografi bandara Abdul Rachman Saleh, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap ketinggian pesawat *liftoff*. Jika elevasi permukaan tanah ditambah dengan jarak ijin ketinggian (10.7m) antara permukaan tanah dan pesawat memenuhi syarat, maka untuk pola pergerakan pesawat selanjutnya yang lebih tinggi, tidak akan mengganggu keselamatan penerbangan.

Dicontohkan jenis pesawat boeing 737-800 dengan *take off distance* 2300 meter dan mengalami *lift off* menuju ketinggian 35ft (10,7m) ke arah *runway* 35-17. Setelah diperhitungkan dan mendapatkan TOR sepanjang 2189.21 meter dengan sudut *lift off* 5.5° maka dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 4.19 *Lift Off* Pesawat B737-800

Dari Gambar 4.19 tersebut, ungu merupakan topografi permukaan tanah, hitam merupakan garis horizontal sejajar *runway* bandara, dan hijau merupakan garis penerbangan pesawat setelah *lift off (gradient of climb)*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pesawat tidak mengalami gangguan keselamatan saat melakukan *lift off*. Sehingga untuk pola-pola pergerakan pesawat berikutnya, tidak akan mengganggu keselamatan operasional.

4.6 Pengaruh Berat Pesawat terhadap Ruang Udara

Pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh jarak terjauh adalah Bandara Internasional Soekarno Hatta. Berat pesawat, panjang *runway*, kapasitas bahan bakar pesawat dan kawasan keselamatan sangat mempengaruhi destinasi suatu pesawat. Karena semakin berat beban suatu pesawat akan mempengaruhi besar *take off run* pesawat dan akan membuat semakin panjang jarak *take off run*. Oleh karena itu dilakukan perhitungan berikut untuk mengetahui efektivitas operasional pesawat terhadap ruang udara yang memenuhi keselamatan operasional.

Pesawat kritis yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh adalah Boeing 737-800NG. Jarak maksimum yang ditempuh pesawat dari Bandara Abdul Rachman Saleh ke Bandara Internasional Soekarno Hatta dengan jarak 377 nm. Range/jarak yang telah diketahui dimasukkan ke dalam grafik Gambar 4.20. Dari grafik gambar 4.20 dengan range 377 nm didapatkan OEW plus *payload* adalah 62000 kg dengan *Brake Release Gross Weight* adalah 68039 kg. OEW boeing 737-800 adalah 41413 kg. Sehingga *payload* pada penerbangan ini adalah sebagai berikut.

$$\text{Payload} = \text{OEW plus payload pada grafik} - \text{OEW}$$

$$\text{Payload} = 62000 \text{ kg} - 41413 \text{ kg}$$

$$\text{Payload} = 20507 \text{ kg}$$

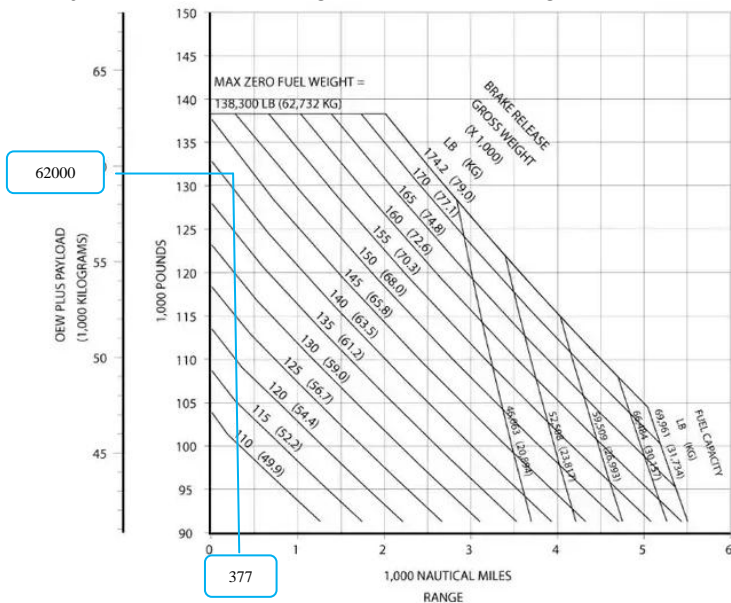
Dilakukan juga perhitungan konsumsi bahan bakar pesawat boeing 737-800 pada destinasi Malang – Cengkareng sebagai berikut:

Konsumsi *fuel* = *BrakeRelease Gross Weight* – *Zero Fuel Weight*

Konsumsi *fuel* = 68039 kg – 62000 kg

Konsumsi *fuel* = 6039 kg = 7365 liter

(Masa jenis avtur = 0.820 kg/liter (6.84 lb/US gal))



Gambar 4.20 Grafik pengaruh range dan *payload* pesawat boeing 737-800

Sumber : Swatton, 2008

Dengan *Take off distance* 2189.2m, maka dapat dilihat pada grafik4.20maka seharusnya *Operational Takeoff Weight* adalah 68000kg. Namun berdasarkan klasifikasinya, dalam rute penerbangan ini berat pesawat mencapai 68039kg. Sehingga maksimum *payload* pada penerbangan ini sebagai berikut.

$\text{Max Payload} = \text{AGW} - \text{bahan bakar} - \text{OWE}$
 $\text{Max Payload} = (68000 - 6039 - 41413) \text{ kg}$
 $\text{Max Payload} = 20548 \text{ kg}$

Destinasi pesawat dari Bandara Abdul Rachman Saleh menuju Bandara Internasional Soekarno Hatta memerlukan waktu 95 menit (1 jam 35 menit) dengan Boeing 737-800 sehingga kecepatan rata-rata pesawat tersebut adalah 3,9 nm/menit. Dalam radius destinasi 377nm pesawat dapat menghabiskan bahan bakar sebesar 7365 liter, sehingga konsumsi bahan bakar pesawat per panjang destinasi yang ditempuh adalah 19,54 liter/nm. *Fuel* cadangan pada pesawat berdasarkan CASR (*Civil Aviation Safety Regulation*) part 91 adalah 30 menit dengan kecepatan normal. Sehingga *fuel* cadangan yang diperlukan oleh pesawat adalah 2286 liter.

4.7 Pengaruh Kondisi Cuaca terhadap Pergerakan Pesawat

Kondisi cuaca termasuk salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas bandara sebagai dasar untuk pengembangan bandar udara di masa mendatang dalam menghadapi pertumbuhan lalu lintas. Fenomena cuaca yang berpengaruh terhadap operasi penerbangan terutama di bandar udara adalah *ceiling* (tinggi dasar awan) dan *visibility* (jarak pandang).

Tabel 4.12 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Pagi hari

Tanggal	Waktu	Suhu	Kelembapan	Tutupan Awan	Titik Embun	Jarak Pandang	Sisa tidak tertutup awan	% tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan
		°c	%	%	°c	km	%	jam	jam	menit
21-Jun	Pagi	28	58	78	17	7	22	2,34	0,66	40
22-Jun	Pagi	27	74	98	20	9	2	2,94	0,06	4
23-Jun	Pagi	27	60	79	17	9	21	2,37	0,63	38
24-Jun	Pagi	28	61	56	17	9	44	1,68	1,32	79
25-Jun	Pagi	27	70	91	19	5	9	2,73	0,27	16
26-Jun	Pagi	27	73	83	20	5	17	2,49	0,51	31
27-Jun	Pagi	28	67	83	19	5	17	2,49	0,51	31
28-Jun	Pagi	24	71	76	16	6	24	2,28	0,72	43
29-Jun	Pagi	25	71	63	17	6	37	1,89	1,11	67
30-Jun	Pagi	25	65	44	13	10	56	1,32	1,68	101
Rata-Rata		27	67	75	18	7,10	24,90	2,25	0,75	45

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada waktu pagi hari adalah 27°C dengan kondisi tidak tertutup awan selama 45 menit.

Tabel 4.13 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Siang hari

Tanggal	Waktu	Suhu	Kelembapan	Tutupan Awan	Titik Embun	Jarak Pandang	Sisa tidak tertutup awan	% tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan
		°c	%	%	°c	km	%	jam	jam	menit
21-Jun	Siang	26	67	86	18	5	14	2,58	0,42	25
22-Jun	Siang	26	78	90	20	8	10	2,7	0,3	18
23-Jun	Siang	26	67	85	19	9	15	2,55	0,45	27
24-Jun	Siang	27	68	75	19	5	25	2,25	0,75	45
25-Jun	Siang	27	71	87	19	5	13	2,61	0,39	23
26-Jun	Siang	28	71	89	20	4	11	2,67	0,33	20
27-Jun	Siang	28	65	73	19	5	27	2,19	0,81	49
28-Jun	Siang	28	58	76	18	6	24	2,28	0,72	43
29-Jun	Siang	29	56	71	18	6	29	2,13	0,87	52
30-Jun	Siang	30	50	84	17	8	16	2,52	0,48	29
Rata-Rata		28	65	82	19	6,10	18,40	2,45	0,55	33

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada waktu siang hari adalah 28°C dengan kondisi tidak tertutup awan selama 33 menit.

Tabel 4.14 Kondisi Cuaca Kabupaten Malang pada Waktu Sore hari

Tanggal	Waktu	Suhu	Kelembapan	Tutupan Awan	Titik Embun	Jarak Pandang	Sisa tidak tertutup awan	% tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan	Sisa tidak tertutup awan
		°c	%	%	°c	km	%	jam	jam	menit
21-Jun	Sore	23	80	92	18	4	8	2,76	0,24	14
22-Jun	Sore	22	76	67	17	4	33	2,01	0,99	59
23-Jun	Sore	22	81	76	17	4	24	2,28	0,72	43
24-Jun	Sore	22	83	85	18	4	15	2,55	0,45	27
25-Jun	Sore	23	85	96	19	3	4	2,88	0,12	7
26-Jun	Sore	23	88	93	19	3	7	2,79	0,21	13
27-Jun	Sore	23	86	82	18	4	18	2,46	0,54	32
28-Jun	Sore	26	68	77	18	5	23	2,31	0,69	41
29-Jun	Sore	26	66	62	16	7	38	1,86	1,14	68
30-Jun	Sore	26	73	90	18	5	10	2,7	0,3	18
Rata-Rata		24	79	82	18	4,30	18	2,46	0,54	32

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada waktu sore hari adalah 24°C dengan kondisi tidak tertutup awan selama 32 menit.

Dari hasil Tabel 4.12, Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 selanjutnya data rata-rata tersebut digabungkan dengan jadwal

pergerakan pesawat di Bandara Abdul Rachman Saleh sebagai berikut.

Tabel 4.15 Kapasitas Pergerakan Pesawat di Bandara Abdul Rachman Saleh

Jam Operasional	Suhu Rata-Rata (°c)	Kelembapan Rata-Rata (%)	Tutupan Awan (%)	Jarak Pandang Rata-Rata (km)	Efektif Operasi (menit)	Jadwal Penerbangan						Ketersediaan Slot Jadwal
						Departures	Aircraft	Flight	Arrivals	Aircraft	Flight	
Pagi 07.00 - 10.00	27	67	75	7,1	45	8:30	B738	SJ251	8:55	A320	QG9243	5
						8:40	B738	SJ252	9:15	A320	ID7581	
						9:25	A320	ID7582				
Siang 10.00 - 13.00	28	65	82	6,1	33	10:30	32A	ID7580	10:05	B738	GA290	9
						10:55	B738	GA291	12:05	B738	SJ246	
						12:45	B738	SJ248	12:15	B738	SJ247	
						12:45	AT4	IW1819	12:20	AT4	IW1818	
Sore 13.00 - 16.00	24	79	82	4,3	32	13:10	B738	GA293	13:50	AT4	IW1840	11
						14:15	AT4	IW1841	14:00	B738	GA2924	
						14:30	32A	ID7582	14:00	A320	QG144	
						14:30	320	QG145	14:15	32A	ID7581	
						14:45	B738	GA2934	14:30	B738	SJ248	
						15:10	B738	SJ249				

Tabel diatas menunjukkan bahwa Kapasitas 25 pergerakan per jam tersebut diterapkan pada pukul 08.30 – 15.10WIB sebab hanya satu runway yang beroperasi dengan memperhitungkan terbatasnya visibilitas saat senja. Pada kolom berwarna merah merupakan pesawat di Bandara Abdul Rachman Saleh yang mengalami touch and go dimana waktu yang dilakukan selama 10 menit, maka dengan kondisi cuaca pada pagi hari dengan suhu rata-rata 27°C, jarak pandang 7,1 km dan waktu efektif selama 45 menit Bandara Abdul Rachman Saleh dapat menambah jam operasional pesawat di bandara Abdul Rachman Saleh. Upaya peningkatan kapasitas pergerakan di Bandara Abdul Rachman Saleh memang tidak mudah. Karena mencakup beberapa aspek dan mengharuskan kerjasama disiplin dengan berbagai pihak seperti misalnya maskapai penerbangan, pilot dan ground handling serta penumpang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada bab sebelumnya, maka pada bab ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dengan topografi wilayah sekitar Bandara Abdul Rachman Saleh menunjukkan bahwa:
 - a. Pada arah memanjang *runway*, kawasan keselamatan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap topografi dapat menjamin keselamatan operasi penerbangan.
 - b. Pada arah melintang *runway*, kawasan operasi penerbangan Bandara Abdul Rachman Saleh terhadap topografi tidak memenuhi, karena elevasi topografi lebih tinggi dari pada elevasi KKOP.
 - c. Perlu di tambahkan *obstacle light* pada penghalang (elevasi topografi yang lebih tinggi dari kawasan horizontal luar KKOP) dengan jenis lampu III berwarna putih dengan jarak maksimal 45m antar lampu dan jumlah kedepan 40-60 kali permenit.
2. Analisis berat pesawat terhadap ruang udara, menunjukkan bahwa:
 - a. Sudut *lift off* ditentukan dengan menggunakan *angle of attack* untuk mendapatkan *take of run*.
 - b. Dengan take off distance 2300 meter dan mengalami *lift off* menuju ketinggian 35ft (10,7 m) ke arah *runway* 35-17. Setelah diperhitungkan dan mendapatkan TOR sepanjang 2189.21 meter dengan sudut *lift off* 5.5° .
3. Destinasi pesawat dari Bandara Abdul Rachman Saleh menuju Bandara Internasional Soekarno Hatta memerlukan waktu 95 menit (1 jam 35 menit) dengan Boeing 737-800

sehingga kecepatan rata-rata pesawat tersebut adalah 3,9 nm/menit. Dalam radius destinasi 377nm pesawat dapat menghabiskan bahan bakar sebesar 7365 liter, sehingga konsumsi bahan bakar pesawat per panjang destinasi yang ditempuh adalah 19,54 liter/nm. *Fuel* cadangan pada pesawat berdasarkan CASR (*Civil Aviation Safety Regulation*) part 91 adalah 30 menit dengan kecepatan normal. Sehingga *fuel* cadangan yang diperlukan oleh pesawat adalah 2286 liter.

4. Kapasitas 25 pergerakan per jam tersebut diterapkan pada pukul 08.30 – 15.10WIB sebab hanya satu runway yang beroperasi dengan memperhitungkan terbatasnya visibilitas saat senja. Pada kolom berwarna merah merupakan pesawat di Bandara Abdul Rachman Saleh yang mengalami touch and go dimana waktu yang dilakukan selama 10 menit, maka dengan kondisi cuaca pada pagi hari dengan suhu rata-rata 27°C, jarak pandang 7,1 km dan waktu efektif selama 45 menit.

5.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan penulis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pada arah potongan meintang KKOP, ketinggian topografi melebihi batas KKOP. Oleh karena itu, penulis menyarankan untuk ditambahkan Tanda dan Lampu pada penghalang (*Obstacle Light*) di sekitar daerah penghalang.
2. Dalam tugas akhir ini tidak diperhitungkan kelayakan secara ekonomi penerbangan. Sehingga penulis merekomendasikan untuk melakukan evaluasi tentang ekonomi penerbangan.
3. Analisis terhadap jarak pandang untuk Bandara dengan sistem VFR perlu dikaji lebih dalam berkaitan dengan penjadwalan.

PENUTUP

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat dan hidayah Nya-lah, Tugas Akhir saya dengan judul “Evaluasi Ketersediaan Ruang Udara dalam Kaitannya dengan Keselamatan Operasional Penerbangan di Bandara Abdul Rachman Saleh” dapat tersusun dan terselesaikan dengan baik.

Dengan menyadari keberbatasan kemampuan dan pengetahuan saya sehingga dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik maupun petunjuk demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata saya menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2017

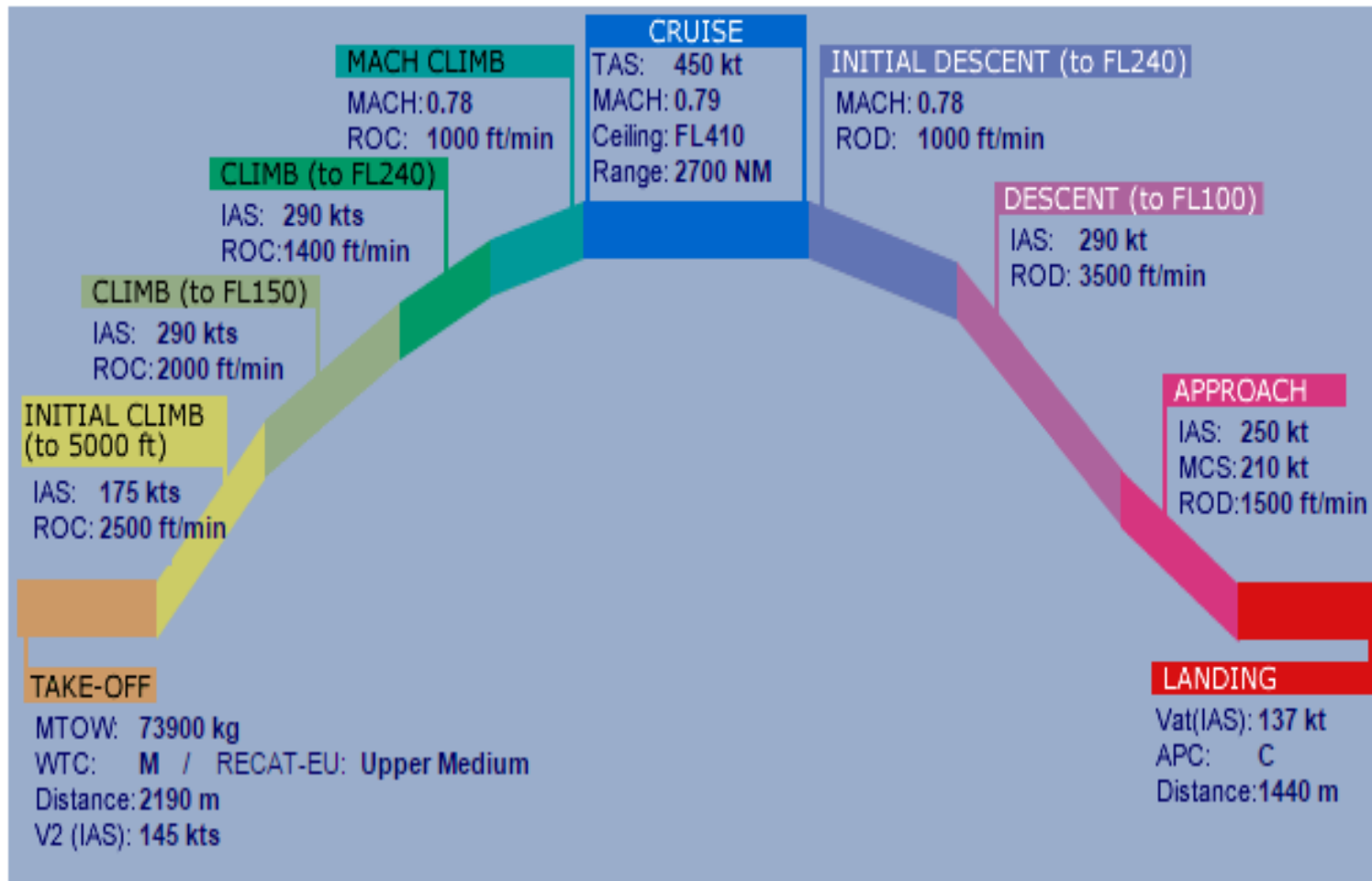
Penulis

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

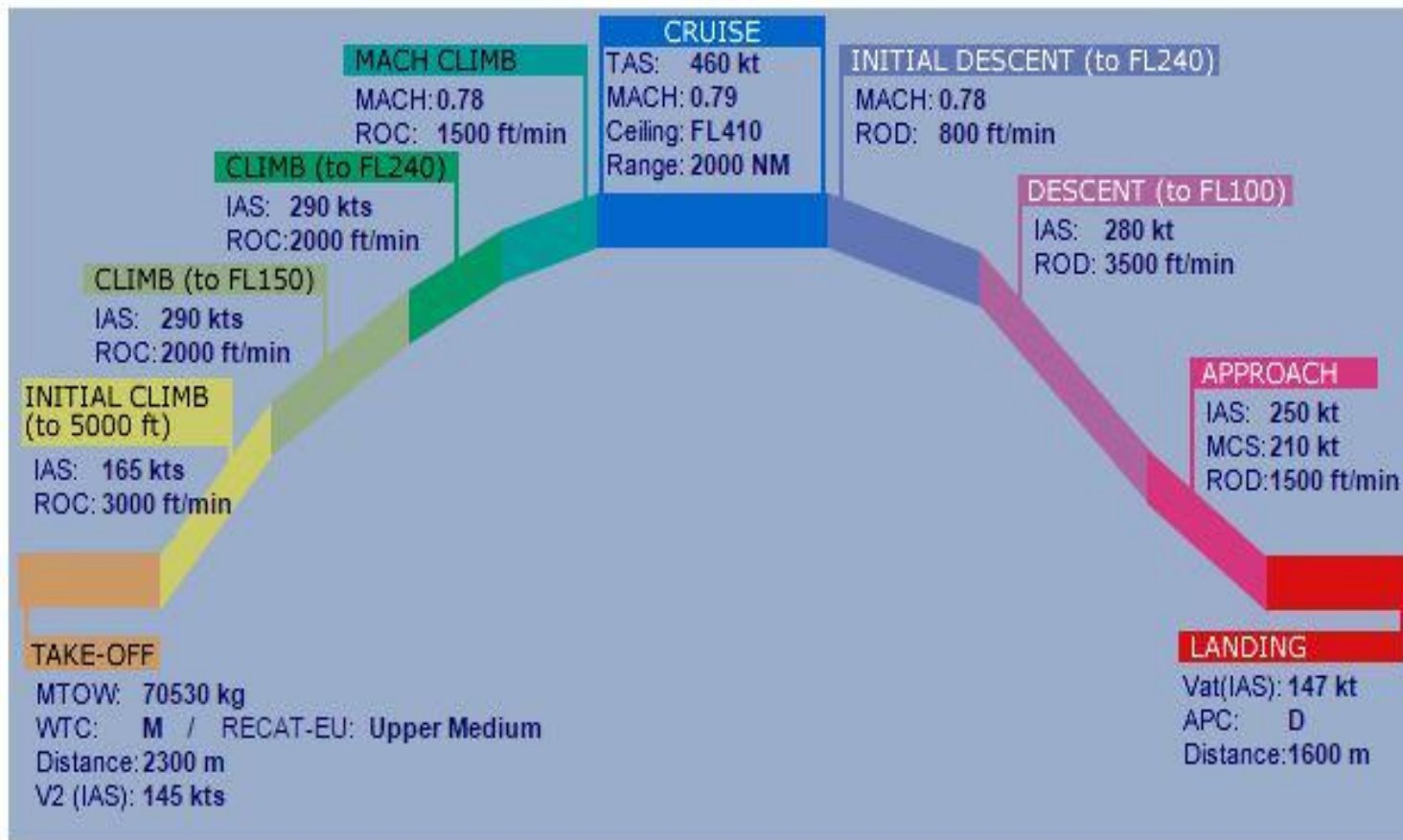
DAFTAR PUSTAKA

- (ICAO), I. C. (1998). *Aerodromes Design and Operation dan Airport Services Manual (ICAO) Part 6, Control of Obstacles, Doc 9137-AN/898*. Canada: 2nd Edition.
- (ICAO), I. C. (1999). *Aerodromes-Annex 14 International Standards & Recommended Practices* . Canada: 3rd Edition.
- (IVAO), I. V. (2015). *Aircraft Weight* . Training Documentation Manager Erwan L'hoteller Version 1.2.
- Administration, F. A. (2005). *Advisory Circular 150/5325-4B, Runway Light Requirement for Airport Design*. Washington D. C.: US Department of Transportation .
- Ashford, N. J., & Saleh. (2011). *Airport Engineering Fourth Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Geofisika, B. M. (2016). *Data Klimatologi Kabupaten Malang .Malang*.
- Horonjeff, R. M., Francis, X. S., William, J. Y., & Seth, B. (2010). *Fifth Edition Planning and Design of Airports*. New York: Mc Graw - Hill.
- Rifatunniswah, R. (2016). *Evaluasi Ketersediaan Ruang Udara Dalam Kaitannya dengan Keselamatan Operasional Penerbangan di Bandara Husein Sastranegara*. Surabaya.
- Swatton, P. J. (2008). *Aircraft Performance Theory and Practice for Pilots-Second Edition* . United Kingdom: A John Willey & Son.
- Udara, D. J. (2005). *Keputusan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005*.
- Udara, D. J. (2004). *SNI 03-7051-2004. Pemberian Tanda dan Pemasangan Lampu Halangan (Obstacle Light) di Sekitar Bandar Udara*. Jakarta: Departemen Perhubungan RI .
- Udara, D. J. (2005). *SNI 03-7112-2005. Kawasan Keselamatan Operasi Bandara*. Jakarta: Departemen Perhubungan RI.

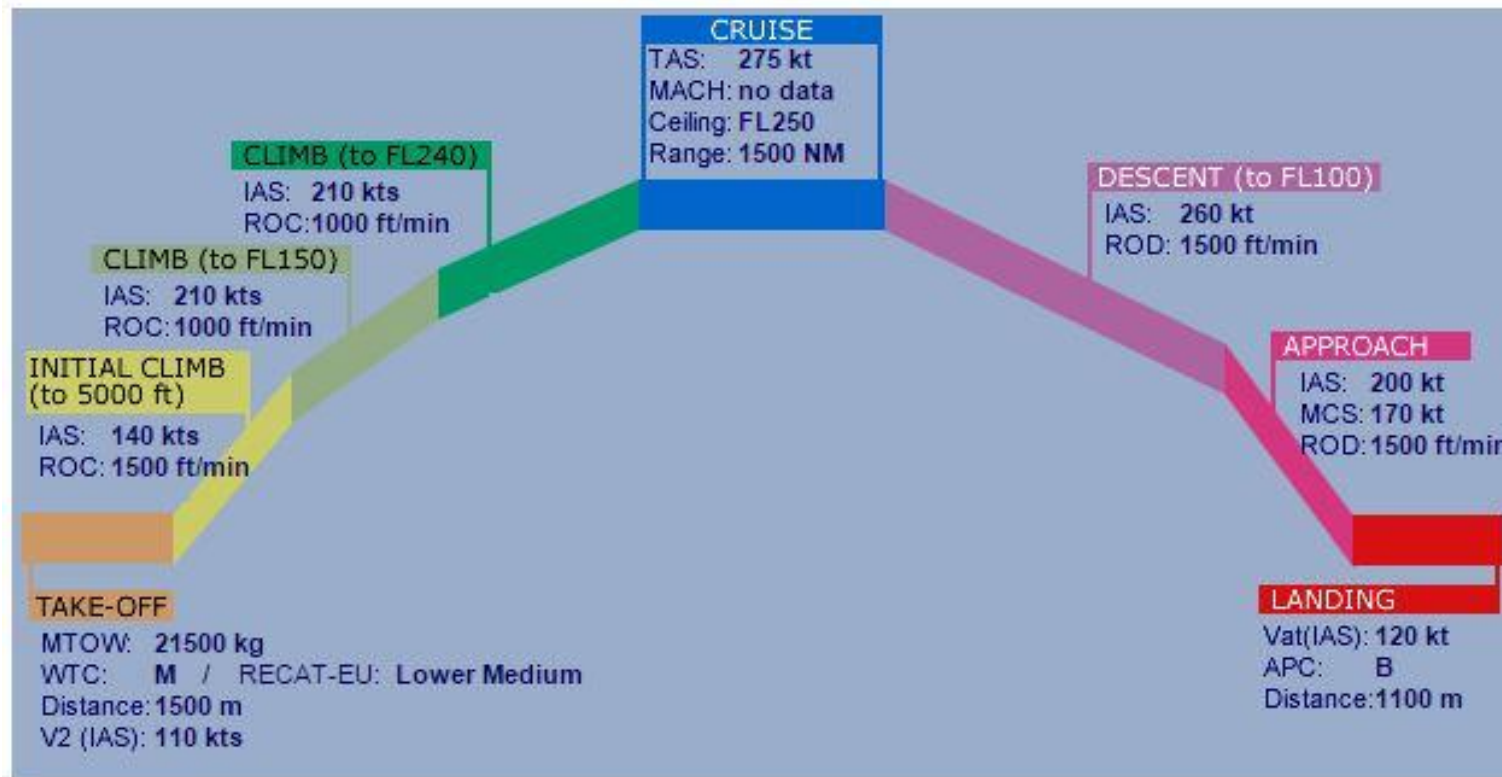
Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Lampiran a. *Flash* pesawat Airbus A320



Lampiran b. *Flash* pesawat Boeing 737-800



Lampiran c. *Flash* pesawat ATR 72

Aircraft Performance Airbus A320

Take-Off		Initial Climb (to 5000 ft)		Initial Climb (to FL150)		Initial Climb (to FL240)		MACH Climb		Cruise		Initial Descent (to FL240)		Descent (to FL100)		Descent (FL100 & below)		Approach	
V ₂ (IAS)	145 kts	IAS	175 kts	IAS	290 kts	IAS	290 kts	MACH	0.78	TAS	450 kts	MACH	0.78	IAS	290 kts	IAS	kts	V _{app} (IAS)	137 kts
Distance	2190 m	ROC	2500 ft/min	ROC	2000 ft/min	ROC	1400 ft/min	ROC	1000 ft/min	MACH	0.79	ROD	1000 ft/min	ROD	3500 ft/min	MCS	210 kts	Distance	1440 m
MTOW	73500 kg									Ceiling	FL410					ROD	ft/min	APC	C
WTC	M									Range	2700 NM								

Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **Airbus A320**.

Airbus A320	Tinggi	Beda Tinggi	IAS		ROC	Jarak			Sudut	Jarak Total	
	1	2	3		4	5			6	7	
	ft	ft	kts	mach	ft/min	ft/min	nm	ft	m	degree	m
Takeoff	0	0	145		14684,15				2190		2190
Initial Climb	5000	5000	175		17722,25	2500	5,83	35444,03	10633,21	8,03	12823,21
Climb	15000	10000	290		29368,30	2000	24,17	146839,57	44051,87	3,90	56875,08
	24000	9000	290		29368,30	1400	31,07	188793,73	56638,12	2,73	113513,20
Mach Climb	41000	17000		0,87	58742,14	1000	0,00	998616,36	299584,91	0,98	413098,11
Cruise	41000	0		0,78	52665,37	450	2700,00	0,00	5000400,00	0,00	5413498,11
Initial Descent	24000	17000		0,78	52665,37	1000	0,00	895311,22	268593,37	1,09	5682091,47
descent	10000	14000	290		29368,30	3500	19,33	117471,65	35241,50	6,80	5717332,97
approach	10000	10000	250		25317,50	1500	27,78	168781,11	50634,33	3,39	5767967,30
Landing	0	0	137		13873,99		0,00	0,00	1440,00	0,00	5769407,30

Lampiran d. Aircraft Performance dan Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **Airbus A320**.

Aircraft Performance Boeing 737-800

Take-Off		Initial Climb (to 5000 ft)		Initial Climb (to FL150)		Initial Climb (to FL240)		MACH Climb		Cruise		Initial Descent (to FL240)		Descent (to FL100)		Descent (FL100 & below)		Approach	
V ₂ (IAS)	145 kts	IAS	165 kts	IAS	290 kts	IAS	290 kts	MACH	0.78	TAS	460 kts	MACH	0.78	IAS	290 kts	IAS	kts	V _{app} (IAS)	140 kts
Distance	2300 m	ROC	3000 ft/min	ROC	2000 ft/min	ROC	2000 ft/min	ROC	1500 ft/min	MACH	0.785	ROD	800 ft/min	ROD	3500 ft/min	MCS	210 kts	Distance	1600 m
MTOW	70530 kg									Ceiling	FL410					ROD	ft/min	APC	C
WTC	M									Range	2000 NM								

Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **Boeing 737-800**.

Boeing 737-800	Tinggi	Beda Tinggi	IAS			ROC	Jarak			Sudut	Jarak Total
	1	2	3			4	5			6	7
	ft	ft	kts	mach	ft/min	ft/min	nm	ft	m	degree	m
Takeoff	0	0	145		14684,2				2300		2300
liftoff											
Initial Climb	5000	5000	165		16709,6	3000	4,58	27848,88	8354,67	10,18	10654,67
Climb	15000	10000	290		29368,3	2000	24,17	146839,57	44051,87	3,90	54706,54
	24000	9000	290		29368,3	2000	21,75	132155,61	39646,68	3,90	94353,22
Mach Climb	41000	17000		0,78	52665,4	1500	0	596874,15	179062,24	1,63	273415,46
Cruise	41000	0		0,78	52665,4	460	2000	0,00	3704000,00	180,00	3977415,46
Initial Descent	24000	17000		0,78	52665,4	800	0	1119139,03	335741,71	0,87	4313157,17
descent	10000	14000	290		29368,3	3500	19,33	117471,65	35241,50	6,80	4348398,67
approach		10000	210		21266,7	1500	23,33	141776,13	42532,84	4,03	4390931,51
Landing	0	0	140		14177,8		0	0	1600,00	0,00	4392531,51

Lampiran e . Aircraft Performance dan Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **Boeing 737-800**.

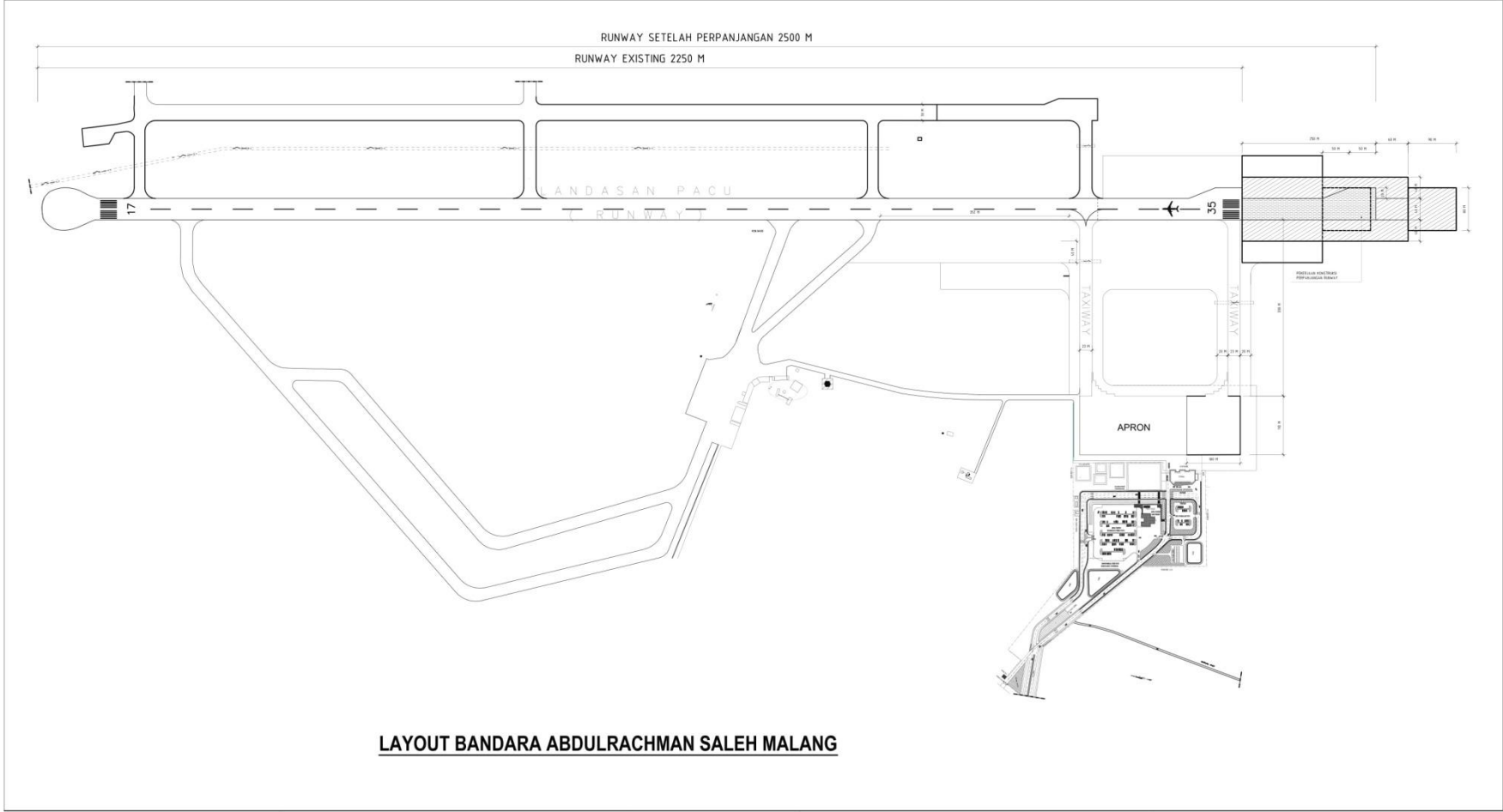
Aircraft Performance ATR 72

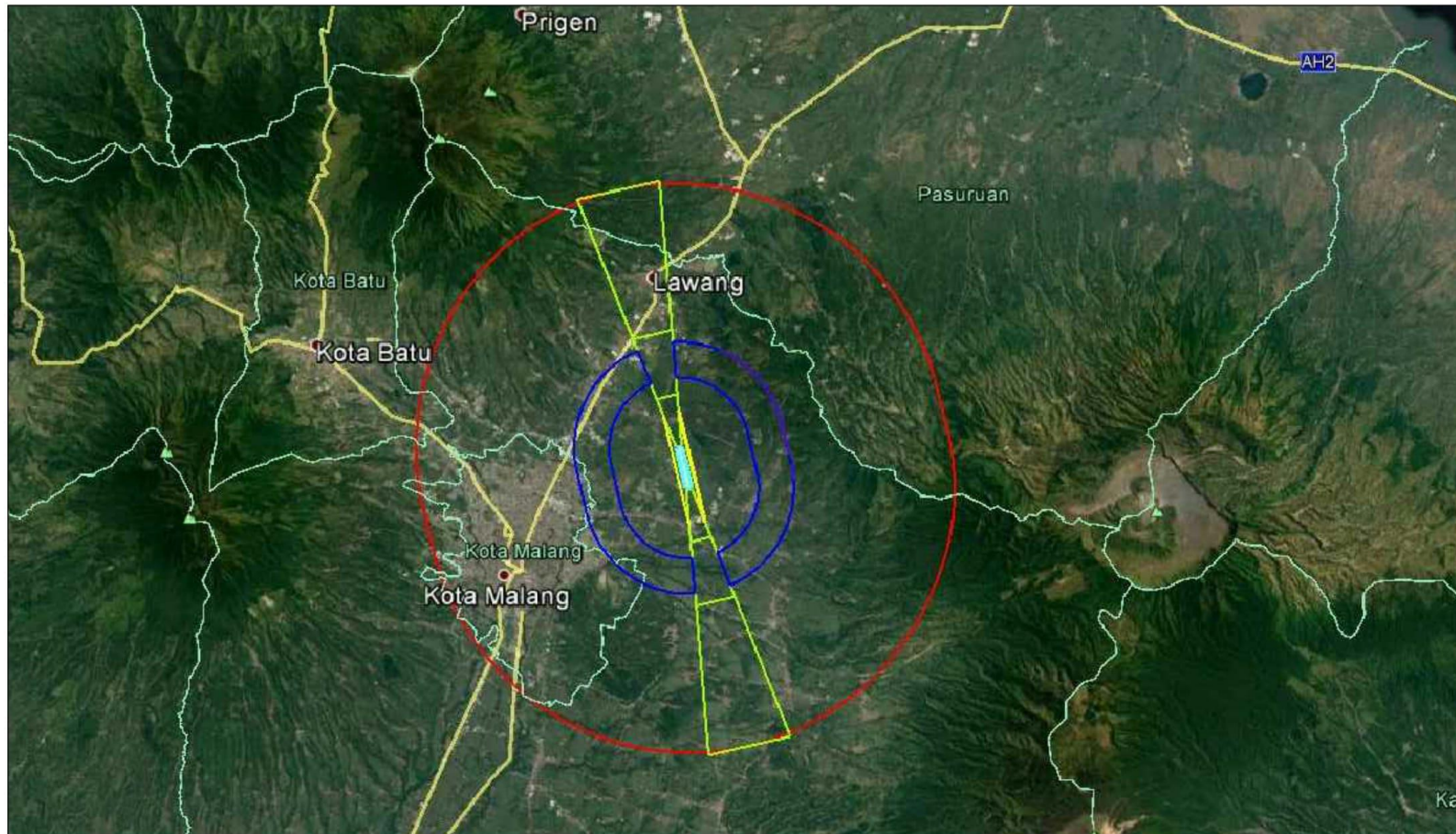
Take-Off		Initial Climb (to 5000 ft)		Initial Climb (to FL150)		Initial Climb (to FL240)		MACH Climb		Cruise		Initial Descent (to FL240)		Descent (to FL100)		Descent (FL100 & below)		Approach	
V ₂ (IAS)	110 kts	IAS	140 kts	IAS	210 kts	IAS	210 kts	MACH		TAS	275 kts	MACH		IAS	260 kts	IAS	kts	V _{app} (IAS)	120 kts
Distance	1500 m	ROC	1500 ft/min	ROC	1000 ft/min	ROC	1000 ft/min	ROC	ft/min	MACH		ROD	ft/min	ROD	1500 ft/min	MCS	170 kts	Distance	1100 m
MTOW	21500 kg									Ceiling	FL250					ROD	ft/min	APC	B
WTC	M									Range	1500 NM								

Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **ATR 72**.

ATR 72	Tinggi	Beda Tinggi	IAS			ROC	jarak			sudut	Jarak Total
	1	2	3			4	5			6	7
	ft	ft	kts	mach	ft/min	ft/min	nm	ft	m	degree	m
Takeoff	0	0	110		11139,7				1500,00		1500,00
Initial Climb	5000	5000	140		14177,8	2500	4,67	28355,23	8506,57	10,00	10006,57
Climb	15000	10000	210		21266,7	2000	17,50	106332,10	31899,63	5,37	41906,20
Climb	24000	9000	210		21266,7	1400	22,50	136712,70	41013,81	3,77	82920,01
Cruise	25000	0	275		27849,25	0	1500,00	0,00	2778000,00	0,00	2860920,01
descent	10000	14000	260		26330,2	3500	17,33	105319,41	31595,82	7,57	2892515,83
approach		10000	200		20254	1500	22,22	135024,89	40507,47	4,24	2933023,30
Landing	0	0	120		12152,4		0,00	0,00	1100,00	0,00	2934123,30

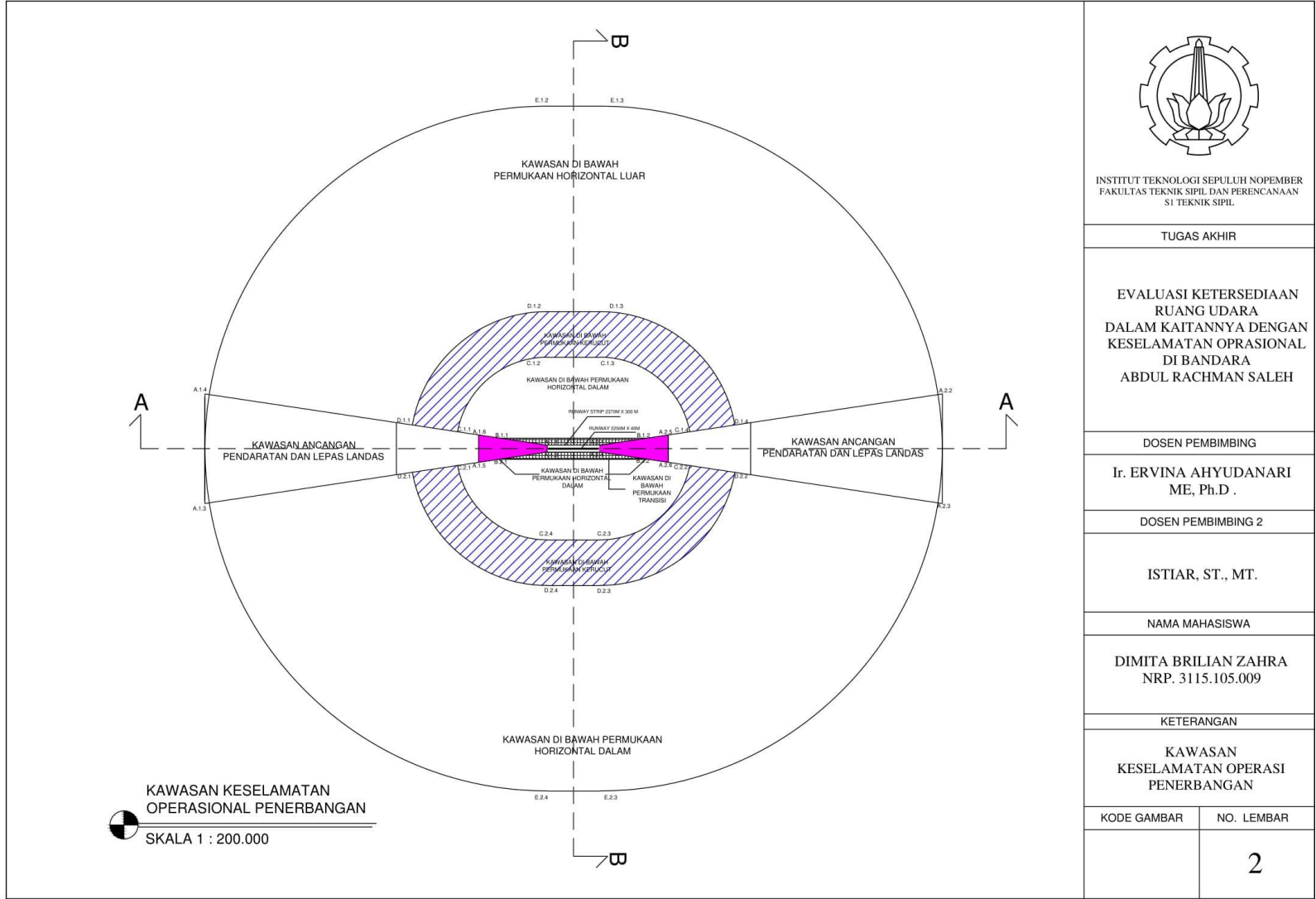
Lampiran f. *Aircraft Performance* dan Perhitungan jarak terbang pesawat terhadap ketinggian pada setiap pola penerbangan **ATR 72**.





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
SI TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D .	DIMITA BRILIAN ZAHRA NRP. 3115 105 009	KAWASAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH		KODE GAMBAR
	DOSEN PEMBIMBING 2				NO. LEMBAR
	ISTIAR, ST., MT.				01



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D .

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

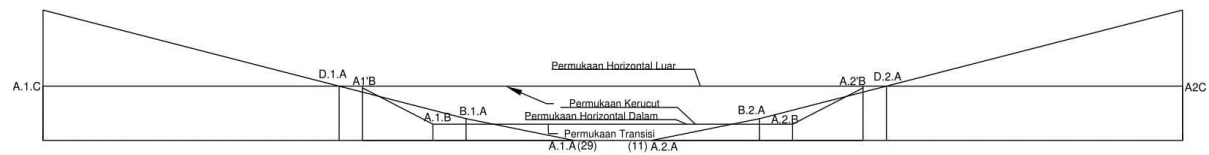
KETERANGAN

KAWASAN
 KESELAMATAN OPERASI
 PENERBANGAN

KODE GAMBAR


NO. LEMBAR

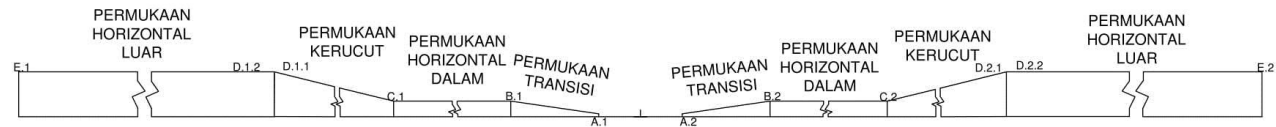
2



TITIK	A.1.C	D.1.A	A.1.B	A.1.B	B.1.A	A.1.A	A.2.A	B.2.A	A.2.B	A.2.B	D.2.A	E.1	
JARAK (M)	2250	2250	2250	2250	2250	60	2250	60	3000	940	2000	660	8400
JUMLAH JARAK (M)	15000	6600	5940	3940	3000	0	0	3000	3940	5940	6600	15000	
KETINGGIAN AES (M)	163	163	158	58	73	13	0	60	45	145	150	150	
KETINGGIAN MSL (M)	896	896	891	791	806	746	733	793	778	878	883	883	
KEMIRINGAN (%)	0	2.5	5	0	2			2	0	5	2.5	0	

POTONGAN MEMANJANG A-A
 SKALA 1 : 140000

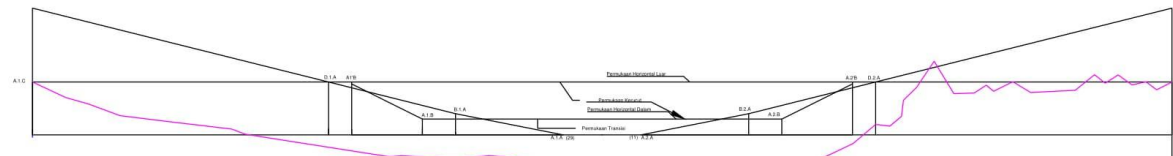
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN S1 TEKNIK SIPIL	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
	EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D.	DIMITA BRILIAN ZAHRA NRP. 3115 105 009	POTONGAN MEMANJANG A-A KKOP	SKALA 1 : 140000	KODE GAMBAR
		DOSEN PEMBIMBING 2				NO. LEMBAR
	ISTIAR, ST., MT.				3	



TITIK	E.1	D.1.2		D.1.1	C.1	B.1	A.1	A.2	B.2	C.2	D.2.1	D.2.2	E.1
JARAK (M)		9000		2000	3535	315	150	150	315	3535	2000		9000
JUMLAH JARAK (M)		15000		6000	4000	150	150	465	4000	6000			15000
KETINGGIAN AES (M)	156		156	151	51	51	6	0	6	51	51	151	156
KETINGGIAN MSL (M)	891		891	886	786	786	741	747	792	792	892	897	879
KEMIRINGAN (%)		0		5	0	14.3			14.3	0	5		0

POTONGAN MELINTANG B-B
SKALA 1 : 20000

<p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN SI TEKNIK SIPIL</p>	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
	EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D.	DIMITA BRILIAN ZAHRA NRP. 3115 105 009	POTONGAN MELINTANG B-B KKOP	SKALA 1 : 20000	
		DOSEN PEMBIMBING 2				NO. LEMBAR
ABDUL RACHMAN SALEH	ISTIAR, ST., MT.				4	



TITIK	A.1.C	D.1.A		A.1.B	A.1.B		B.1.A	A.1.A		A.2.A	B.2.A		A.2.B	A.2.B		D.2.A	E.1
JARAK (M)		2200		2250	2250	2250	2250	60	2250	60	3000	940	2000	660	8400		
JUMLAH JARAK (M)	15000	6600		5940	3940	3000		0	0		3000	3940	5940	6600			15000
KETINGGIAN AES (M)	163	163		158	58	73		13	0		60	45	145	150			150
KETINGGIAN MSL (M)	896	896		891	791	806		746	733		793	778	878	883			883
KEMIRINGAN (%)	726	751		749	782	755	741	746	733		718	706	688	685			666

POTONGAN MEMANJANG A-A
TERHADAP TOPOGRAFI
SKALA 1 : 140000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
SI TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D .	DIMITA BRILIAN ZAHRA NRP. 3115 105 009	POTONGAN MEMANJANG A-A KOP TERHADAP TOPOGRAFI	SKALA 1 : 140000	
	DOSEN PEMBIMBING 2				NO. LEMBAR
	ISTIAR, ST., MT.				5



TITIK	E.1	D.1.2	D.1.1	C.1	B.1	A.1	A.2	B.2	C.2	D.2.1	D.2.2	E.1	
JARAK (M)		9000	2000		3535	315	150	150	315	3535	2000	9000	
JUMLAH JARAK (M)		15000			6000	4000	150	150	465	4000	6000	15000	
KETINGGIAN AES (M)	156		156	151	51	51	6	0	6	51	51	151	156
KETINGGIAN MSL (M)	910		910	905	803	803	752	743	794	794	894	899	899
KETINGGIAN TOPOGRAFI (M)	1727		958	889	756	746	745	737	733	696	677		709

POTONGAN MELINTANG B-B
KKOP TERHADAP TOPOGRAFI
SKALA 1 : 20000

<p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN SI TEKNIK SIPIL</p>	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
	EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D.	DIMITA BRILIAN ZAHRA NRP. 3115 105 009	POTONGAN MELINTANG B-B KKOP TERHADAP TOPOGRAFI	SKALA 1 : 20000	NO. LEMBAR
		DOSEN PEMBIMBING 2				6
ABDUL RACHMAN SALEH	ISTIAR, ST., MT.					



TITIK	E.1	D.1.2	D.1.1	C.1	B.1	A.1	A.2	B.2	C.2	D.2.1	D.2.2	E.1	
JARAK (M)		9000	2000		3535	315	150	150	315	3535	2000	9000	
JUMLAH JARAK (M)		15000			6000	4000	150	150	465	4000	6000	15000	
KETINGGIAN AES (M)	156		156	151	51	51	6	0	6	51	51	151	156
KETINGGIAN MSL (M)	910		910	905	803	803	752	743	794	794	894	899	899
KETINGGIAN TOPOGRAFI (M)	1727		958	889	756	746	745	737	733	696	677		709

POTONGAN MELINTANG B-B
KKOP TERHADAP TOPOGRAFI
SKALA 1 : 20000

<p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN SI TEKNIK SIPIL</p>	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING 1	NAMA MAHASISWA	NAMA GAMBAR	KETERANGAN	KODE GAMBAR
	EVALUASI KETERSEDIAAN RUANG UDARA DALAM KAITANNYA DENGAN KESELAMATAN OPERASIONAL DI BANDARA ABDUL RACHMAN SALEH	Ir. ERVINA AHYUDANARI ME, Ph.D.	DIMITA BRILIAN ZAHRA	POTONGAN MELINTANG B-B KKOP TERHADAP TOPOGRAFI	SKALA 1 : 20000	NO. LEMBAR
		DOSEN PEMBIMBING 2	NRP. 3115 105 009			7
ABDUL RACHMAN SALEH	ISTIAR, ST., MT.					



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

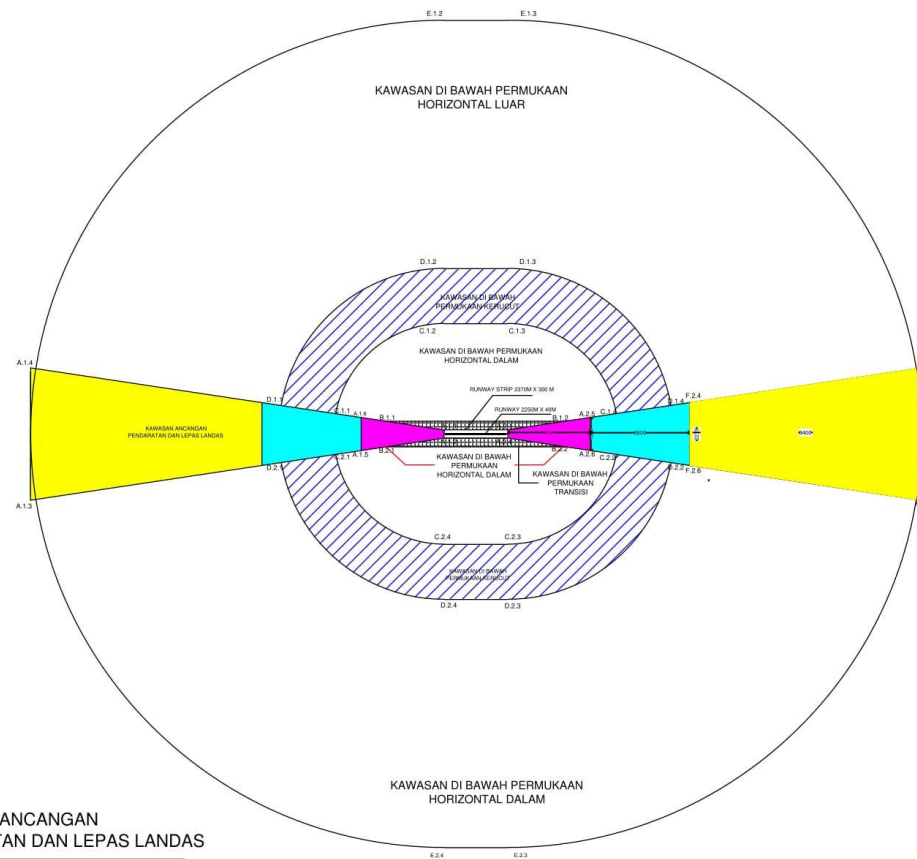
KETERANGAN

KAWASAN ANCANGAN
 Pendaratan dan Lepas Landas

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

8



KAWASAN ANCANGAN
 Pendaratan dan Lepas Landas
 SKALA 1 : 80000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

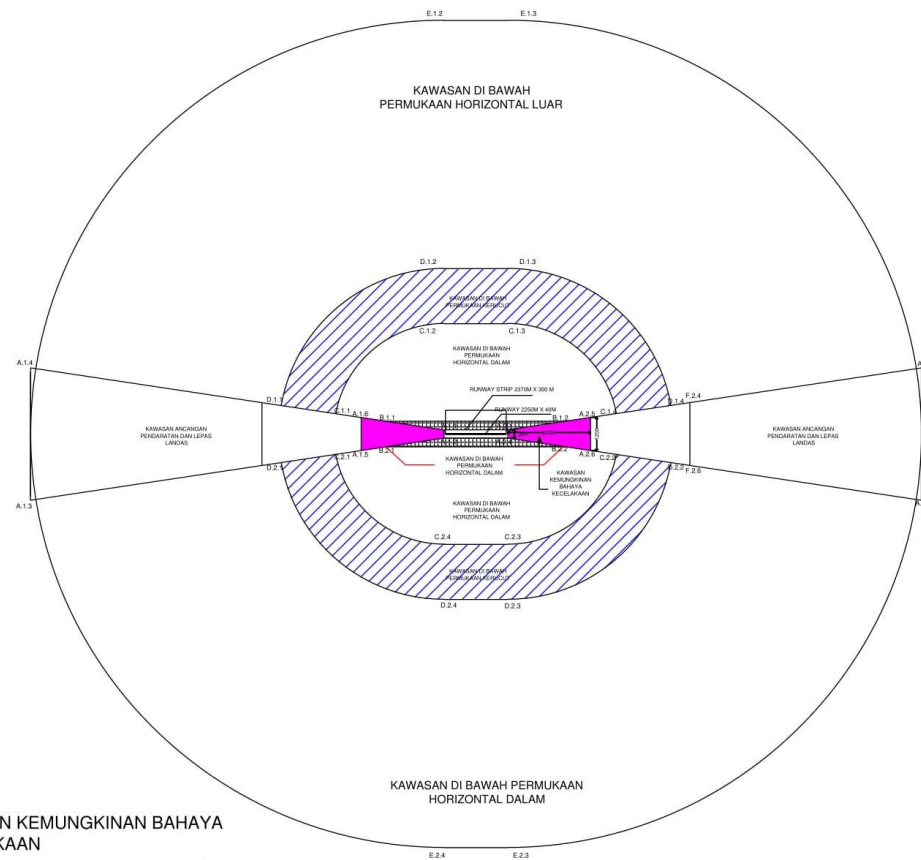
KETERANGAN

KAWASAN
 KEMUNGKINAN
 BAHAYA KECELAKAAN

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

9



KAWASAN KEMUNGKINAN BAHAYA
 KECELAKAAN

SKALA 1 : 70000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

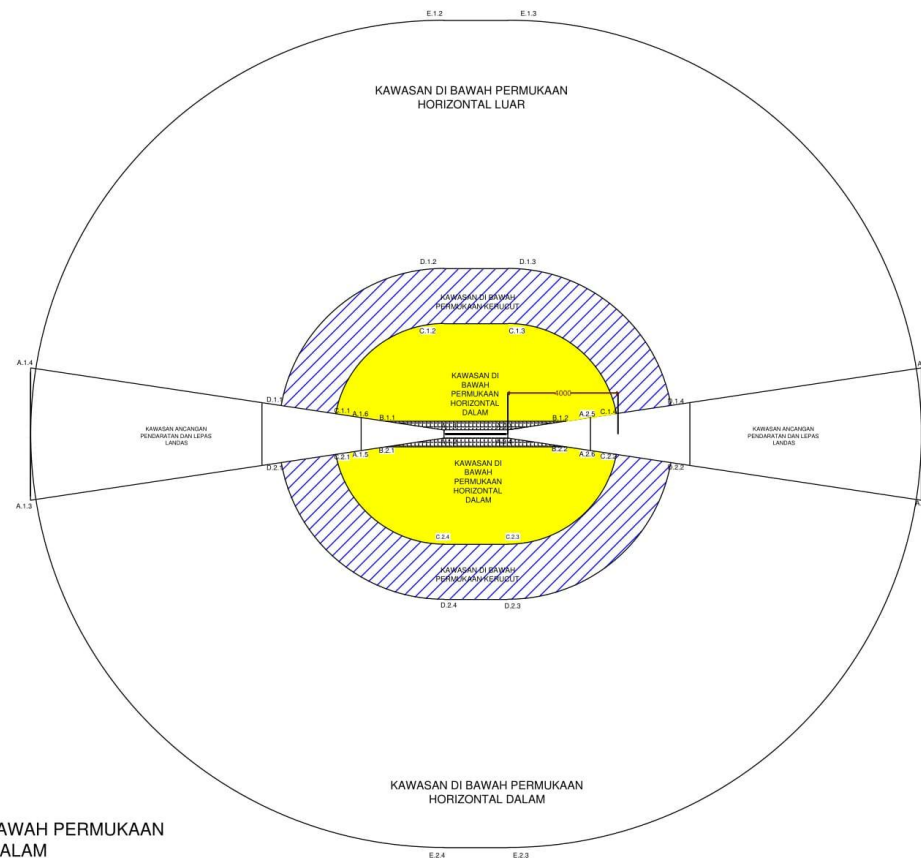
KETERANGAN

KAWASAN
 DI BAWAH PERMUKAAAN
 HORIZONTAL DALAM

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

10



KAWASAN DI BAWAH PERMUKAAAN
 HORIZONTAL DALAM



SKALA 1 : 100000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

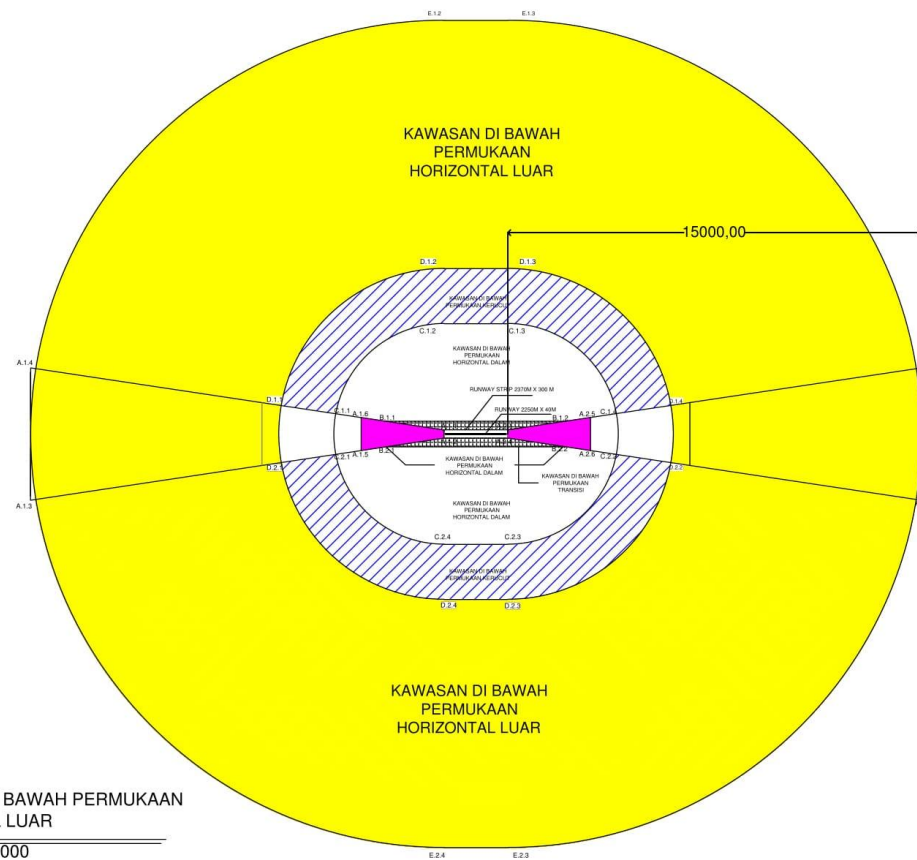
KETERANGAN

KAWASAN
 DI BAWAH PERMUKAAN
 HORIZONTAL LUAR

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

11



KAWASAN DI BAWAH PERMUKAAN
 HORIZONTAL LUAR



SKALA 1 : 180000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 S1 TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETERSEDIAAN
 RUANG UDARA
 DALAM KAITANNYA DENGAN
 KESELAMATAN OPERASIONAL
 DI BANDARA
 ABDUL RACHMAN SALEH

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ERVINA AHYUDANARI
 ME, Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING 2

ISTIAR, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

DIMITA BRILIAN ZAHRA
 NRP. 3115.105.009

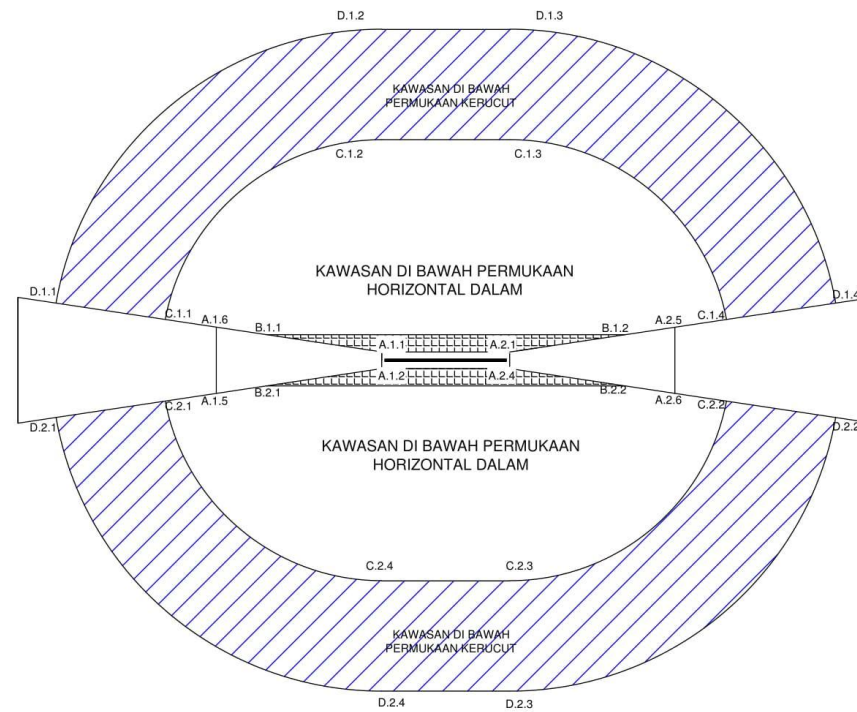
KETERANGAN

KAWASAN
 DI BAWAH PERMUKAAN
 KERUCUT

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

12



KAWASAN DI BAWAH PERMUKAAN
 KERUCUT



SKALA 1 : 70000



BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap DIMITA BRILIAN ZAHRA. Penulis dilahirkan di Kota Surabaya, 13 Agustus 1993. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 6 Surabaya, SD Muhammadiyah 18 Surabaya, SMP Muhammadiyah 5 Surabaya, SMA Muhammadiyah 2 Surabaya dan diterima di Diploma III Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun ajaran 2015-2017. Untuk saran serta diskusi dapat menghubungi penulis melalui email: biliandimita13@gmail.com.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan