



**PERENCANAAN DAN ESTIMASI BIAYA PENGEMBANGAN *RUNWAY*,
APRON, DAN *TAXIWAY* BANDAR UDARA NOTOHADINEGORO
KABUPATEN JEMBER**

***DESIGN AND COST ESTIMATION OF DEVELOPING RUNWAY, APRON,
AND TAXIWAY NOTOHADINEGORO AIRPORT
JEMBER***

SKRIPSI

Oleh

Yecky Nuranditasari

NIM 171910301173

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PERENCANAAN DAN ESTIMASI BIAYA PENGEBANGAN
RUNWAY, APRON, DAN TAXIWAY BANDAR UDARA
NOTOHADINEGORO KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Yecky Nuranditasari

NIM 171910301173

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, serta berkah dan kasih kesetiaan-Nya, sehingga dapat terlaksana penyelesaian skripsi yang saya lakukan ini.

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orangtua saya Mommy Titik Nurhayati dan Daddy Suwandi yang telah membantu baik moral dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;
2. Tante saya Ibu Lilik Nurlia yang telah membesarkan, mendidik, mendukung, serta memberikan kasih sayang yang tidak pernah habis;
3. Kakak-kakak saya Yeni Nurwandini, Yeffri Nurandianto, dan Yeti Nurandianti yang selalu memberikan dukungan semangat dan doa serta kasih yang begitu besar;
4. Sahabat-sahabat saya Frida Amanda, Azza Muslicha, Shinta Permata Sari, Felita Shelyana Cahyadi, Nayyiroh Aminatus Sholihah yang selalu memberikan motivasi dan hiburan;
5. Teman-teman Alih Jenis Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2017 dan adik-adik tingkat Teknik Sipil 2015 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terimakasih persaudaraan yang sudah terjalin selama ini, dukungan dan doa yang tidak ternilai harganya;
6. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

Tuhan, sesungguhnya kedamaianku hanya seperkasa keberserahanku kepada kekuasaan-Mu. *)

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap. (terjemahan Surat *Asy-Syarh* ayat 5-8**)

*) Mario Teguh Golden Ways

**) Al-Mizan Publishing House. 2011. *Al-Misykat Al-Qur'an Terjemahan Per Komponen Ayat Terjemahannya*. Bandung: PT. Mizan Bunaya Kreativa.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Yecky Nuranditasari

NIM : 171910301173

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan *Runway, Apron, dan Taxiway* Bandar Udara Notohadinegoro Kabupatn Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Januari 2019

Yang menyatakan,

Yecky Nuranditasari

NIM 171910301173

SKRIPSI

**PERENCANAAN DAN ESTIMASI BIAYA PENGEMBANGAN
RUNWAY, APRON, DAN TAXIWAY BANDAR UDARA
NOTOHADINEGORO KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Yecky Nuranditasari

NIM 171910301173

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Syamsul Arifin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan *Runway*, *Apron*, dan *Taxiway* Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember” karya Yecky Nuranditasari, 171910301173 telah diuji dan disahkan pada:

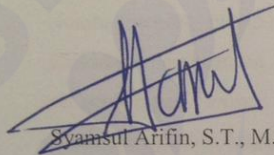
hari,tanggal : Kamis, 17 Januari 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

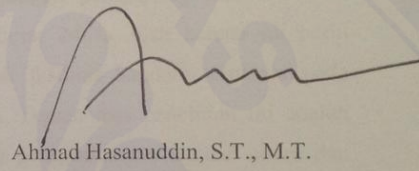
Pembimbing Anggota,



Syamsul Arifin, S.T., M.T.

NIP 19690709 199802 1 001

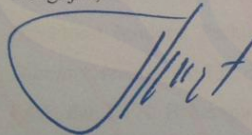
Penguji I,



Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

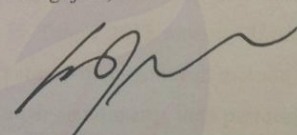
NIP 19710327 199803 1 003

Penguji II,



Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T.

NIP 19700530 199803 2 001



Willy Kriswardhana, S.T., M.T.

NIP 760015716

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,



Endang Hidayah, M.UM
NIP 19661215 199503 2 001

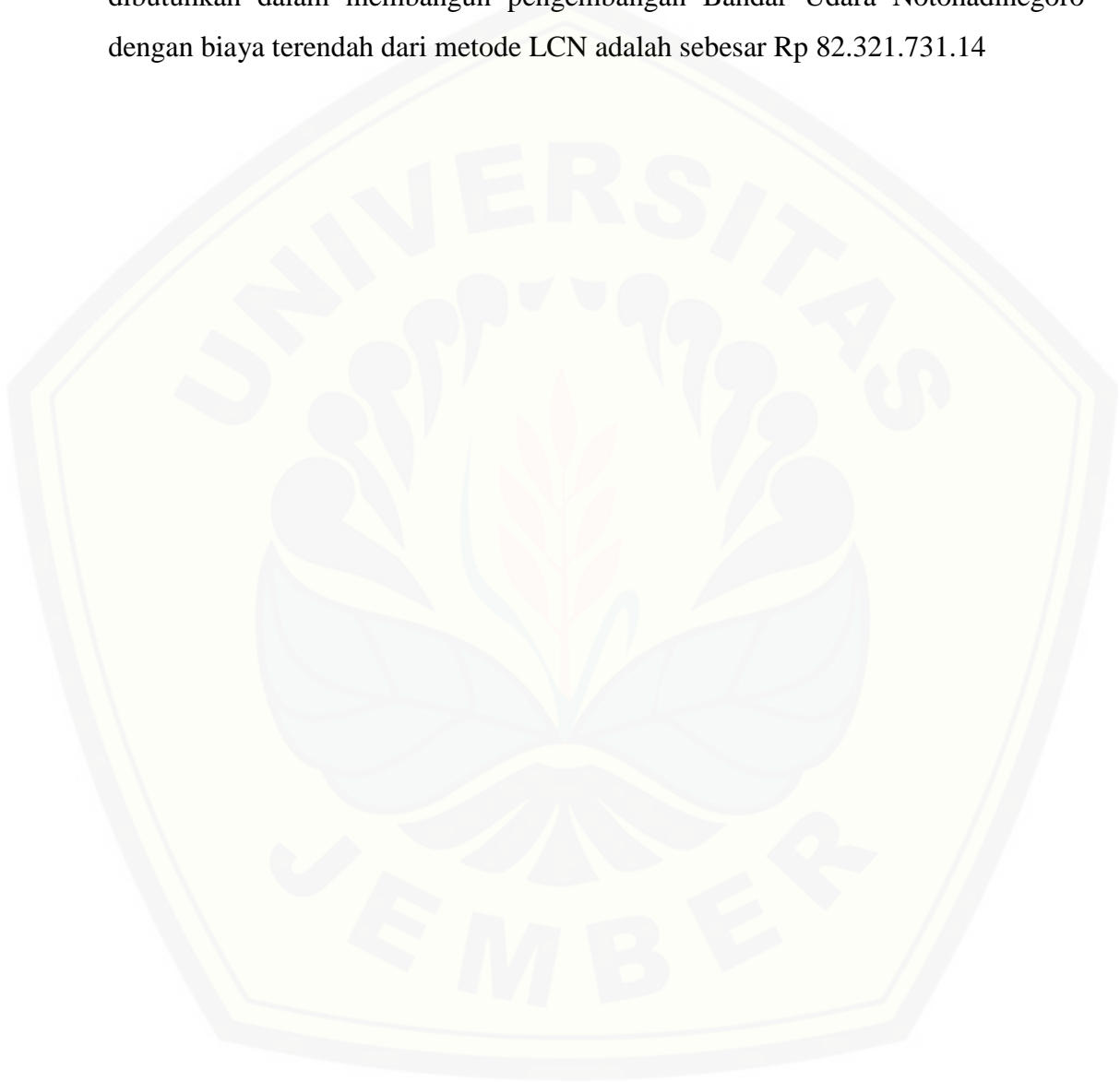
RINGKASAN

Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan *Runway*, *Apron*, dan *Taxiway* Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember; Yecky Nuranditasari, 171910301173; 2019; 101 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pengembangan bandar udara bertujuan untuk menunjang permintaan dari kenaikan jumlah penumpang agar bandar udara tetap dapat melayani permintaan masyarakat dengan optimal. Terbukti dari data jumlah penumpang pada Juli 2014 hingga Maret 2018 menunjukkan bahwa jumlah penumpang Bandar Udara Notohadinegoro mengalami peningkatan sebesar 246%, oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan pengembangan untuk fasilitas bandara terutama pada pengembangan *runway*, *apron*, dan *taxiway*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana merencanakan pengembangan bandar udara dan menghitung estimasi anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pengembangan bandar udara tersebut. Perencanaan dihitung dengan menggunakan peraturan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara KP 39 Tahun 2015 tentang *Manual of Standart Aerodrome* 139 dan perencanaan perkerasan menggunakan metode CBR, FAA, dan LCN. Beberapa data seperti data jumlah penumpang, data pertumbuhan perekonomian masyarakat, data spesifikasi kondisi eksisting bandara, dan data analisa harga satuan Kabupaten Jember diolah sesuai ketentuan metode perencanaan untuk memperoleh desain pengembangan bandara, desain stuktur pekerasan, dan estimasi rencana anggaran biaya.

Bedasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa Bandar Udara Notohadinegoro pada tahun 2024 perlu dilakukan pengembangan karena jumlah kursi pelayanan pesawat sudah tidak cukup untuk melayani permintaan masyarakat. Dengan menggunakan pesawat Boeing 737-900ER maka kebutuhan *runway* terkoreksi adalah sebesar 2683,02 m x 45 m dan kebutuhan *apron* sebesar 125,37 m x 71,1. Sedangkan untuk *taxiway* tidak perlu dilakukan pengembangan karena kondisi eksisting masih dapat melayani pesawat jenis Boeing 737-900ER.

Hasil perbandingan tebal perkerasan struktural total yang dihasilkan dari metode CBR adalah 111 cm, metode FAA adalah 71,1 cm, dan metode LCN adalah sebesar 60,96 sehingga digunakan tebal perkerasan dari metode LCN sebagai tebal minimum. Maka hasil perhitungan perencanaan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam membangun pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro dengan biaya terendah dari metode LCN adalah sebesar Rp 82.321.731.14



SUMMARY

Design and Cost Estimation of Developing Runway, Apron, and Taxiway Notohadinegoro Airport Jember; Yecky Nuranditasari, 171910301173; 2019 ; 101 pages; Department Of Civil Engineering, Faculty Of Engineering, Jember University.

Airport development is to support the demand from the increase in the number of passengers so that airports can still serve the people's demand optimally. Evidenced from the data on the number of passengers in July 2014 to March 2018 shows that the number of passengers at Notohadinegoro Airport has increased by 246%, therefore development planning for airport facilities is needed, especially in the development of runways, aprons and taxiways. The purpose of this study was to find out how to plan airport development and calculate the estimated budget needed for the airport development. Planning is calculated using regulations from the Directorate General of Civil Aviation KP 39 of 2015 concerning Aerodrome Manual of Standards 139 and pavement planning using the CBR, FAA, and LCN methods. Some data such as data on passenger numbers, data on community economic growth, data on airport conditions, and analysis of unit prices in Jember Regency are processed according to the provisions of the planning method to obtain airport development designs, hard-working structural designs, and estimated budget plans.

The results of calculation, it can be concluded that Notohadinegoro Airport in 2024 needs to be developed because the number of aircraft service seats is not enough to serve the people's demand. By using a Boeing 737-900ER aircraft, the corrected runway requirement is 2683.02 m x 45 m and the apron needs 125.37 m x 71.1. Whereas for taxiways there is no need to develop because the existing conditions can still service Boeing 737-900ER aircraft. The comparison results of the total structural pavement thickness produced from the CBR method were 111 cm, the FAA method was 71.1 cm, and the LCN method was 60.96 so that the pavement thickness of the LCN method was used as the

minimum thickness. Then the results of the calculation of the budget plan needed to build the development of Notohadinegoro Airport with the lowest cost of the LCN method are Rp 82,321,731.14



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan *Runway, Apron, dan Taxiway* Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Henu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Syamsul Arifin, S.T., M.T. dan Ahmad Hassanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing;
5. Dr. Anik Ratnanangsih, S.T., M.T. dan Willy Kriswardhana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji;
6. Bapak Edi Purnomo selaku Kepala UPT Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 31 Januari 2019

Penulis

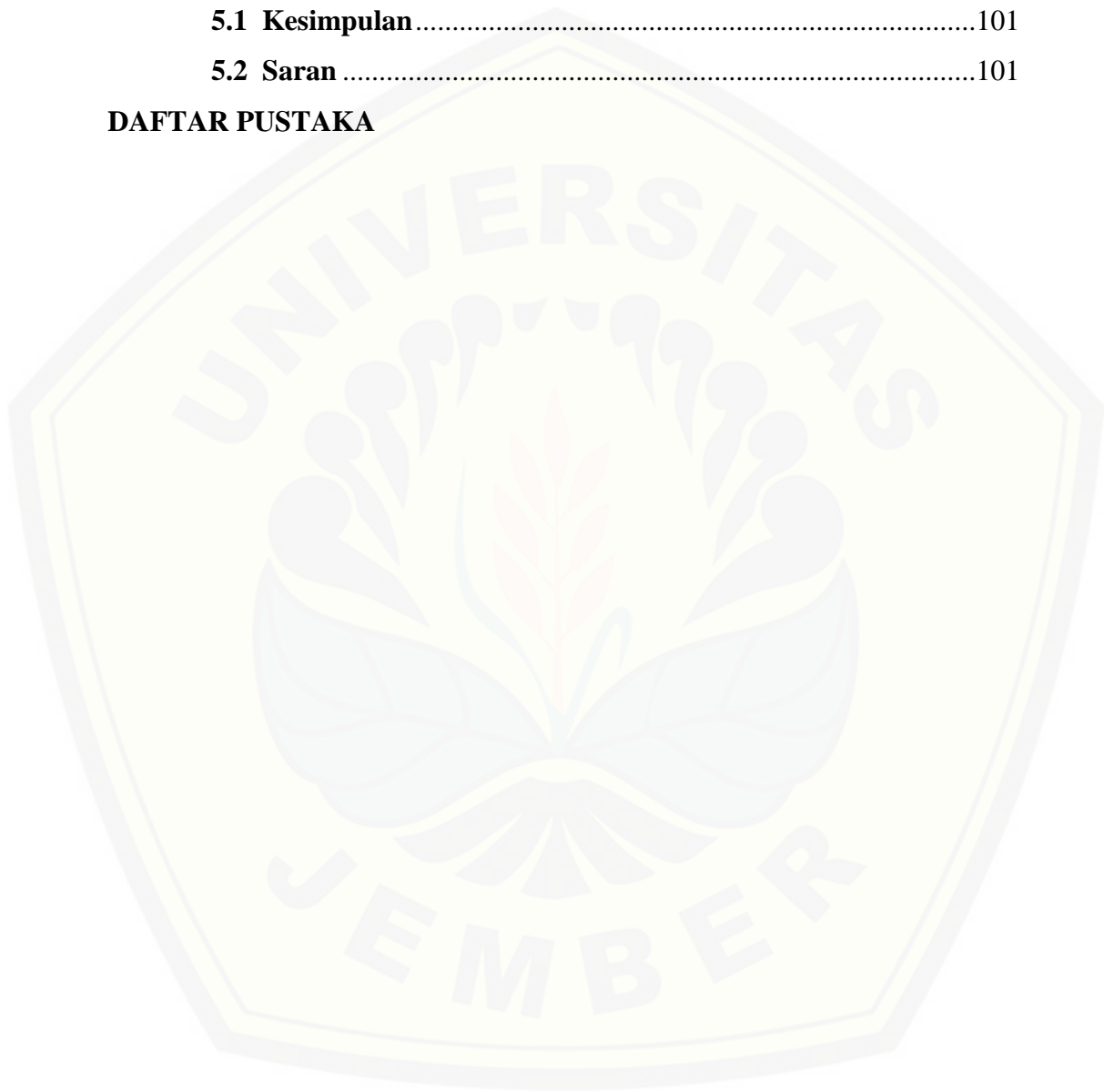
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Rencana Pengembangan Bandar Udara.....	6
2.3 Perencanaan Perpanjangan Landas Pacu (<i>Runway</i>).....	8
2.3.1 Pengertian Landas Pacu (<i>Runway</i>)	8
2.3.2 <i>Declared Distances</i> Landas Pacu (<i>Runway</i>)	12
2.3.3 Konfigurasi Landas Pacu (<i>Runway</i>)	14
2.3.4 Klasifikasi Bandar Udara.....	22
2.3.5 Koreksi Panjang Landasan Pacu (<i>Runway</i>).....	25
2.3.6 <i>Aeroplane Reference Field Length (ARFL)</i>	27
2.3.7 Kelas Pesawat	27

2.4 Perencanaan Perluasan Apron	36
2.4.1 Tipe Parkir Pesawat	36
2.4.2 Tata Letak Apron.....	37
2.4.3 Luas Apron	38
2.5 Perencanaan Perluasan Taxiway	40
2.5.1 Lebar Taxiway.....	41
2.5.2 Jarak Bebas Tepi Taxiway.....	42
2.6 Proyeksi Peralaman Jumlah Penumpang	43
2.7 Perencanaan Perkerasan Strukturan	44
2.7.1 Perkerasan Metode CBR.....	45
2.7.1.1 Tanah Dasar.....	46
2.7.1.2 Menentukan <i>Equivalent Single Wheel Load</i>	46
2.7.1.3 Menentukan Tebal Perkerasan	46
2.7.2 Perkerasan Metode FAA.....	47
2.7.2.1 Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat	47
2.7.2.2 Menentukan Pesawat Rencana	47
2.7.2.3 Menentukan <i>Single Gear Depacture R2</i>	48
2.7.2.4 Menentukan Beban Roda Setiap Pesawat W2	48
2.7.2.5 Menentukan Beban Roda Pesawat Rencana W1.....	49
2.7.2.6 Menentukan Keberangkatan Tahunan R1	49
2.7.2.7 Menentukan Tebal Perkerasan	50
2.7.3 Perkerasan Metode LCN.....	51
2.7.3.1 <i>Equivalent Single Wheel Load (ESWL)</i>	51
2.7.3.2 Garis Kontak Area Pesawat.....	52
2.7.3.3 Menentukan Tebal Perkerasan	52
2.8 Material Perkerasan	53
2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)	56
BAB 3. METODOLOGI	58
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	58
3.2 Metodologi Perhitungan	58
3.2.1 Persiapan Survei Lapangan	59

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data	59
3.2.3 Hasil Akhir dan Pembahasan	62
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	64
4.1 Kondisi Eksisting Bandar Udara.....	64
4.2 Forecasting Jumlah Penumpang	68
4.3 Perencanaan Pengembangan Runway.....	77
4.3.1 Perencanaan Pengembangan <i>Runway Strip</i>	79
4.3.2 Perencanaan Pengembangan RESA.....	79
4.3.3 Perencanaan Pengembangan <i>Clearway</i>	79
4.3.4 Perencanaan Pengembangan <i>Stopway</i>	80
4.3.5 Perencanaan Pengembangan <i>Declared Distance</i>	80
4.4 Perencanaan Pengembangan Taxiway	80
4.5 Perencanaan Pengembangan Apron.....	81
4.5.1 Tata Letak <i>Apron</i>	81
4.5.2 Tipe parkir Pesawat	81
4.5.3 Perencanaan Perluasan <i>Apron</i>	81
4.6 Perencanaan Perkerasan Runway	82
4.6.1 Perkerasan Metode CBR	82
4.6.1.1 Kondisi Tanah Dasar	82
4.6.1.2 Menentukan (<i>ESWL</i>)	83
4.6.1.3 Perencanaan Tebal Perkerasan	84
4.6.2 Perkerasan Metode FAA	86
4.6.2.1 Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat	86
4.6.2.2 Menentukan Pesawat Rencana	86
4.6.2.3 Menentukan <i>Single Gear Departure</i> (<i>R2</i>).....	86
4.6.2.4 Menghitung (<i>W2</i>)	87
4.6.2.5 Menghitung (<i>W1</i>)	87
4.6.2.6 Menghitung (<i>R1</i>)	87
4.6.2.7 Menentukan Tebal Perkerasan	89
4.6.3 Perkerasan Metode LCN.....	91
4.6.3.1 Menentukan (<i>ESWL</i>)	91

4.6.3.2 Menentukan Garis Kontak Area Pesawat.....	91
4.6.3.3 Menentukan Tebal Perkerasan	91
4.7 Perencanaan Anggaran Biaya (RAB)	94
BAB 5. PENUTUP.....	101
5.1 Kesimpulan.....	101
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR GAMBAR

2.1 Pihak-pihak dalam Perencanaan <i>Master Plan</i>	8
2.2 <i>Runway</i>	9
2.3 Tampak atas elemen <i>runway</i>	10
2.4 Tampak depan elemen <i>runway</i>	10
2.5 <i>Clearway</i>	11
2.6 <i>Stopway</i>	11
2.7 Tipikal <i>turning area</i>	12
2.8 Ilustrasi <i>declared distance</i>	14
2.9 <i>Single Runway</i> di Bandara International Adisutjipto.....	16
2.10 <i>Parallel Runway</i> di Bandara International Soekarno-Hatta	17
2.11 <i>Parallel Runway</i> di Bandara International Charles-De-Gaule	18
2.12 <i>Intersecting Runway</i> di Bandara International San Fransisco	20
2.13 <i>Open-V Runway</i> Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar	21
2.14 Konfigurasi <i>Runway</i> Kompleks, Bandara International Schiphol.....	21
2.15 Tipe Parkir Pesawat	37
2.16 Tata Letak <i>Apron</i>	38
2.17 Perhitungan Panjang <i>Apron</i>	39
2.18 Perhitungan Lebar <i>Apron</i>	40
2.19 Geometrik Lebar <i>Taxiway</i>	42
2.20 Grafik CBR (FAA AC 150/5320-6D).....	50
2.21 Grafik LCN (Horonjeff,1993).....	52
2.22 Grafik Tebal Perkerasan LCN	53
3.1 Peta Lokasi Bandar Udara Notohadinegoro	58
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	62
4.1 Kondisi Eksisting Landasan Pacu.....	66
4.2 Kondisi Eksisting Pesawat Garuda Indonesia	67
4.3 Kondisi Eksisting Pesawat Wings Air.....	67
4.4 Grafik Korelasi Jumlah Penumpang dan PRDB.....	72

4.5	Susunan roda pendaratan utama pesawat Boeing 737-900ER	83
4.6	Grafik Tebal Total Perkerasan Lentur <i>Flexible Pavement</i> FAA.....	89
4.7	Grafik (<i>Load Classification Number</i>)	91
4.8	Kurva Perencanaan Perkerasan <i>Flexible</i>	92



DAFTAR TABEL

2.1	Kode Referensi <i>Aerodrome</i>	22
2.2	Lebar <i>Runway</i>	23
2.3	Bahu <i>Runway</i>	23
2.4	Karakteristik Pesawat Udara.....	28
2.5	<i>Aircraft Parking Position</i>	39
2.6	Lebar minimum untuk bagian lurus (<i>straight section</i>) <i>taxiway</i>	41
2.7	Jarak bebas minimum (<i>minimum clearance</i>).....	42
2.8	Faktor Konversi Roda Pesawat.....	48
2.9	Tipe Roda Pesawat	48
2.10	Faktor <i>Equivalent</i> untuk Bahan yang Digunakan.....	56
4.1	Rekapitulasi Jumlah Penumpang Bandar Udara Notohadinegoro	68
4.2	Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Jember Harga Konstan ...	70
4.3	Hasil Perhitungan Pertumbuhan PDRB Kabupaten Jember.....	71
4.4	<i>Forecasting</i> Jumlah Penumpang.....	74
4.5	Karakteristik Pesawat Boeing 737-900ER	76
4.6	<i>Aeroplane Reference Field Length</i> Bandar Udara Notohadinegoro.....	78
4.7	Hasil Desain Tebal Perkerasan dengan Metode CBR.....	85
4.8	<i>Forecasting</i> Lalu-lintas Pesawat Tahun 2028	86
4.9	<i>Forecasting</i> Lalu-lintas Pesawat Tahun 2028 R2.....	86
4.10	Hasil Desain Tebal Perkerasan dengan Metode FAA	90
4.11	Hasil Desain Tebal Perkerasan dengan Metode LCN	93
4.12	Rekapitulasi Perencanaan Pengembangan.....	94
4.13	Rekapitulasi Tebal Perkerasan.....	94
4.14	Volume Pengembangan	95
4.15	AHS 2018 Pekerjaan Penyiapan Badan Jalan	95
4.16	AHS 2018 Pekerjaan Pembersihan, Pengupasan, Pemotogan.....	96
4.17	AHS 2018 Lapis Pondasi Agregat Kelas A	96
4.18	AHS 2018 Lapis Pondasi Batu Pecah (CTB).....	97

4.19	AHS 2018 Lapis Permukaan AC (Laston).....	99
4.20	Rekapitulasi Analisa Harga Satuan Pekerjaan 2018.....	100
4.21	Rencana Anggaran Biaya.....	100



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi udara atau angkutan udara adalah setiap kegiatan dengan menggunakan pesawat udara untuk mengangkut penumpang, kargo, dan/ atau pos untuk satu perjalanan atau lebih dari satu bandar udara ke bandar udara yang lain atau beberapa bandar udara. (Menurut Undang-undang Republik Indonesia No. 1 Tahun 2009 Pasal 1 Ayat 13). Transportasi udara yang membuat perjalanan menjadi lebih cepat, aman, dan nyaman mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan transportasi udara tersebut. Seperti halnya yang terjadi pada Bandar Udara di Kabupaten Jember.

Kabupaten Jember yang dikenal sebagai kota karnaval dengan adanya JFC (*Jember Fashion Carnival*) yang telah terkenal di tingkat dunia mampu meningkatkan sektor pariwisata dan perekonomian masyarakat Jember. Dengan meningkatnya sektor pariwisata dan perekonomian Pemerintah Kabupaten Jember terus melakukan pembenahan dan pengembangan transportasi yang ada.

Bandar Udara Notohadinegoro adalah salah satu transportasi udara yang berada di Kabupaten Jember terletak di Desa Wirowongso, Kecamatan Ajung Kabupaten Jember yang berjarak sekitar ± 7 km dari pusat Kota Jember. Menurut UPT Bandar Udara Kabupaten Jember, Bandar Udara Notohadinegoro saat ini tergolong sebagai bandar udara kelas II dengan jenis pesawat yang beroperasi masih tergolong kecil yaitu ATR 72-600 dengan panjang landasan pacu (*runway*) sebesar 1645 m dan lebar 30 m. Data laporan lalu lintas Bandar Udara Notohadinegoro pada bulan Juli 2014 sejak awal bandara beroperasi adalah sebesar 1080 penumpang sedangkan pada bulan Maret 2018 adalah sebesar 3746 penumpang sehingga dalam kurun waktu kurang lebih empat tahun jumlah penumpang Bandar Udara Notohadinegoro mengalami peningkatan sebesar 246%. Dengan persentase kenaikan jumlah penumpang yang cukup tinggi maka dibutuhkan perencanaan dan pengembangan yang lebih spesifik sebagai

antisipasi pertumbuhan permintaan jasa transportasi udara dimasa yang akan mendatang agar tetap dapat memenuhi permintaan masyarakat serta ikut menunjang pertumbuhan perekonomian daerah.

Pada penelitian sebelumnya oleh Dewi,G.S (2016) menyatakan bahwa untuk melakukan pengembangan 10 tahun kedepan, kondisi Bandar Udara Notohadinegoro saat ini tidak mampu melayani pesawat jenis Boeing 737-200, dan menurut Bangsa,B.dkk (2017) bahwa terdapat lebih dari 50% potensi penumpang rute baru yaitu Jember-Denpasar sehingga dengan potensi penumpang rute baru yang cukup tinggi dan besarnya peningkatan penumpang saat ini maka perlu diadakan pengembangan. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan perbedaan waktu dan metode serta perhitungan yang diteliti sampai dengan rencana anggaran biaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pada tahun berapakah Bandar Udara Notohadinegoro perlu dilakukan pengembangan, untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan pengembangan bandar udara yang meliputi perhitungan perpanjangan landasan pacu (*runway*),perluasan *apron* dan perluasan *taxiway*, serta untuk mengetahui tebal perkerasan perpanjangan landas pacu (*runway*) dengan menggunakan tiga metode yaitu: CBR, FAA dan LCN, dan dari masing-masing metode tersebut dapat dihitung besarnya rencana anggaran biaya yang harus dikeluarkan, sehingga dapat disimpulkan metode manakah yang menghasilkan rencana anggaran biaya yang hemat dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diketahui rumusan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini yaitu:

1. Pada tahun berapakah pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro dibutuhkan?
2. Berapa kebutuhan panjang landas pacu (*runway*), luas *apron* dan luas *taxiway* yang optimal sesuai dengan pengembangan jenis pesawat?
3. Bagaimana perbandingan tebal konstruksi perkerasan perpanjangan landas pacu (*runway*) dengan metode CBR (*California Bearing Ratio*), FAA

(*Federal Aviation Administration*), LCN (*Load Classification Number*) sesuai dengan pengembangan jenis pesawat?

4. Berapa RAB yang minimal untuk membangun perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat diuraikan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pada tahun berapakah pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro dibutuhkan.
2. Untuk mengetahui kebutuhan panjang landas pacu (*runway*), luas *apron* dan luas *taxiway* yang optimal sesuai dengan pengembangan jenis pesawat.
3. Untuk mengetahui perbandingan konstruksi tebal perkerasan perpanjangan landas pacu (*runway*) dengan metode CBR, FAA, LCN sesuai dengan pengembangan jenis pesawat.
4. Untuk mengetahui RAB yang minimal dalam membangun perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway*.

1.4 Manfaat

Dalam penelitian ini penulis berharap agar dapat memberikan masukan kepada perencana, kontraktor, maupun Pemerintah Kabupaten Jember dalam hal pengembangan dan peningkatan fasilitas Bandar Udara Notohadinegoro dimasa yang akan mendatang. Dan memberikan manfaat tambahan pengetahuan kepada mahasiswa/mahasiswi Teknik Sipil dalam merencanakan pengembangan Bandar Udara dibidang transportasi khususnya transportasi udara, serta memberikan informasi kepada masyarakat Kabupaten Jember dan sekitarnya bahwa transportasi udara sebagai moda transportasi alternatif yang cepat, aman, dan nyaman.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan fasilitas sisi udara yang membahas perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan tempat parkir pesawat (*apron*) dan perluasan landasan hubung (*taxiway*) beserta tebal perkerasan dan perkiraan rencana anggaran biaya.
2. Perhitungan perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* mengacu pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 39 Tahun 2015 tentang *Manual Of Standard Aerodrome* bagian 139.
3. Analisa harga satuan yang digunakan dalam menghitung rencana anggaran biaya adalah analisa harga satuan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jember 2018.
4. Tidak membahas fasilitas sisi darat Bandar Udara Notohadinegoro Jember.
5. Tidak melakukan uji CBR untuk menghitung tebal perkerasan.
6. *Forecasting* yang direncanakan dalam penelitian adalah *forecasting* penerbangan untuk rute Jember ke Surabaya.
7. Dalam penelitian ini tidak memperhitungkan kebutuhan lahan dan pembelian lahan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dewi, G.S (2016). Dalam karya ilmiahnya menjelaskan bahwa Kabupaten Jember sebagai salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki tingkat ekonomi masyarakat berkembang dengan pesat. Dilihat dari munculnya gedung – gedung bertingkat membuktikan bahwa Jember mulai dilirik dan diminati oleh investor terkemuka untuk berinvestasi di kota tembakau ini. Pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat tentunya memberikan kontribusi terhadap kenaikan mobabilitas dari dan menuju Kabupaten Jember. Bandar Udara Notohadinegoro salah satu transportasi yang berada di Kabupaten Jember. Kondisi bandara saat ini tidak mampu untuk melayani pesawat besar jenis Boeing 737-200 sehingga perlu diadakan pengembangan dalam hal sarana dan prasarana. Perencanaan pengembangan tebal perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron* menggunakan metode FAA.

Dengan analisa yang dilakukan didapatkan bahwa tebal perkerasan untuk daerah kritis *runway*, *taxiway* dan *apron* dengan metode FAA sebesar 56 cm. Yang terdiri dari tebal *surface coarse* adalah 10 cm, tebal *base coarse* 11 cm dan 35 cm untuk tebal *subbase coarse* dengan jenis perkerasannya adalah *ashpalt concrete*.

Dari penelitian terdahulu ditemukan persamaan dan perbedaan terutama pada metode yang digunakan. Pada penelitian terdahulu hanya digunakan metode FAA saja dan pada penelitian ini digunakan tiga metode yaitu: CBR, FAA dan LCN. Perbedaan lain yaitu penelitian terdahulu tidak menghitung besarnya perkiraan anggaran biaya sedangkan pada penelitian ini dilakukan perhitungan besarnya anggaran biaya agar dapat diketahui metode manakan yang menghasilkan rencana anggaran biaya yang hemat dan efisien. Untuk perhitungan perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* sama–sama mengacu pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 39

Tahun 2015 tentang *Manual Of Standart Aerodrome 139* sehingga penelitian ini layak dilaksanakan.

2.2 Rencana Pengembangan Bandar Udara

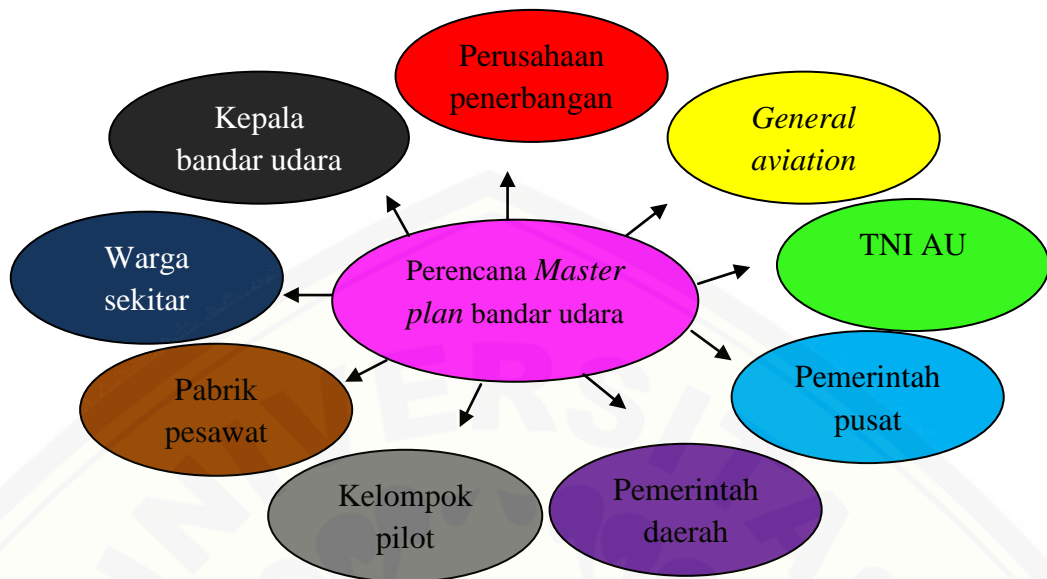
Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 Tahun 2003 tentang Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan/Perancangan Landasan Pacu, *Taxiway*, *Apron* pada Bandar Udara Pasal 1 menjelaskan bahwa bandar udara adalah lapangan terbang yang dipergunakan untuk mendarat dan lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat kargo dan/atau pos, serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan dan sebagai tempat perpindahan antar moda transportasi.

Seiring berjalannya waktu transportasi udara mengalami peningkatan yang cukup pesat sehingga pengembangan bandar udara itu sangat perlu dilakukan dalam meningkatkan pelayanan kepada para pengguna jasa bandar udara, jika pengembangan tidak segera dilakukan akan berpotensi menyulitkan pengaturan operasional penerbangan baik darat maupun di udara, dapat mengakibatkan penambahan biaya operasional bagi *airlines*, serta mengakibatkan berkurangnya tingkat pelayanan pengguna jasa bandar udara di tempat tersebut. Untuk itu perlu diperhatikan tahapan-tahapan dalam merencanakan pengembangan bandar udara seperti berikut:

- Catatan kondisi eksisting
Memberikan gambaran tentang sejarah bandara, peranannya di tingkat wilayah dan tingkat nasional, pertumbuhan dan pengembangan dari waktu ke waktu, gambaran mengenai aset fisik (sisi udara, sisi darat, terminal, akses darat, dan fasilitas pendukung), dan kunci tren industri.
- *Forecast* permintaan penerbangan
Tingkat penumpang pesawat dimasa depan, jumlah penumpang, dan volume kargo yang diperkirakan untuk periode waktu singkat, menengah, dan jangka panjang. Biasanya prakiraan dibuat untuk

jangka panjang waktu 5, 10, dan 20 tahun, baik berupa data tahunan, harian maupun jam puncak harian.

- Analisa permintaan/kapasitas dan fasilitas yang dibutuhkan
Membandingkan permintaan di masa mendatang dengan kapasitas yang ada setiap komponen bandara saat ini dan mengidentifikasi persyaratan fasilitas yang diperlukan untuk mengakomodasi permintaan.
- Alternatif-alternatif pengembangan
Mengidentifikasi, memilih, dan mengevaluasi alternatif-alternatif untuk mengakomodasi fasilitas yang dibutuhkan. Jika lokasi eksisting sudah tidak mampu lagi untuk mengakomodasi pertumbuhan yang terjadi maka perlu dilakukan proses seleksi lokasi baru.
- Rancangan pengembangan yang dipilih
Mengidentifikasi, menjelaskan, dan menentukan alternatif terbaik dalam mencapai tujuan dan sasaran.
- Implementasi rencana
Menyediakan rencana komprehensif untuk pelaksanaan pembangunan yang dipilih, termasuk definisi proyek, urutan dan waktu konstruksi, perkiraan biaya, dan rencana finansial.
- Rencana bandar udara
Dokumen yang menunjukkan kondisi eksisting maupun kondisi modifikasi rencana yang dituangkan dalam tata letak rencana bandar udara. Hal ini terjadi atas gambar-gambar, yaitu fasilitas fisik bandara, kawasan rintangan, profil jalur pendaratan di *runway*, rencana penggunaan lahan, daerah terminal dan rencana jalan masuk (akses) bandara, dan peta kepemilikan lahan.
- Keterlibatan pemangku kebijakan dan publik
Dokumen tentang usaha koordinasi yang telah dilakukan dengan pemangku kebijakan serta publik dan masyarakat.



Gambar 2.1 Pihak- pihak yang terlibat dalam perencanaan *master plan* bandar udara (Basuki, 1984)

2.3 Perencanaan Perpanjangan Landas Pacu (*Runway*)

2.3.1 Pengertian Landas Pacu (*Runway*)

Menurut Sartono, W. dkk (2017) *runway* adalah area persegi di permukaan bandara (*aerodrome*) yang disiapkan untuk *take off* dan *landing* pesawat, secara aman dan efisien dalam berbagai kondisi. Sebuah bandara dapat memiliki satu atau beberapa *runway*.

Salah satu fasilitas yang paling penting di bandar udara adalah *runway*. Tanpa *runway* yang direncanakan dan dikelola dengan baik, pesawat tidak akan dapat menggunakan bandara. Peraturan tentang pengelolaan dan perencanaan sistem *runway* adalah salah satu yang paling komprehensif dan ketat dalam manajemen bandar udara. Dalam merancang *runway*, diatur mengenai panjang, lebar, orientasi (arah), konfigurasi kemiringan/kelandaian, dan ketebalan perkerasan *runway*. Selain itu, juga diatur mengenai daerah bandar udara disekitar *runway* untuk memastikan bahwa tidak ada penghalang berbahaya yang dapat mencegah operasi pesawat secara aman.

Runway difasilitasi oleh sistem marka (*marking*), sistem pencahayaan (*lighting*), dan rambu-rambu (*signs*) untuk mengidentifikasi *runway* dan memberikan panduan arah kepada pilot saat pesawat berjalan (*taxiing*), lepas landas (*take off*), anjang-angang pendaratan (*approach*), dan mendarat (*landing*). Dalam pengoperasian bandar udara, juga diatur mengenai penggunaan *runway*, termasuk kapan dan bagaimana pesawat dapat menggunakan *runway* untuk lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*).

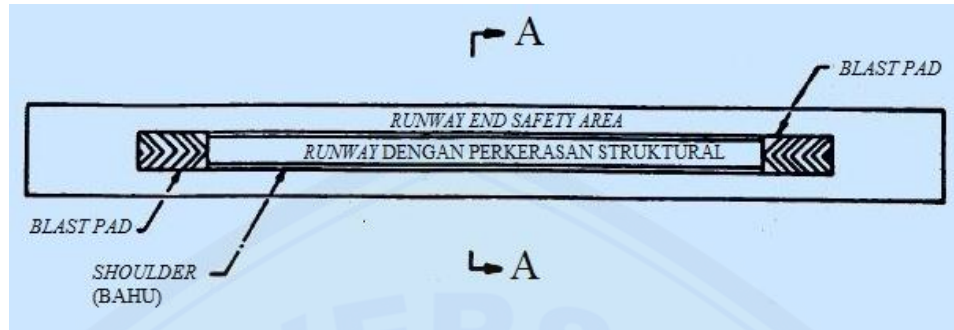
Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan (yang secara struktural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya), bahu *runway*, *runway strip*, *blast pad* (buangan semburan mesin), *runway end safety area* (RESA), *stopway*, dan *clearway*. Kelengkapan data *runway* meliputi *runway designation/number/azimuth* yang merupakan nomor atau angka yang menunjukkan penomoran *runway* dan arah *runway* tersebut. Fasilitas *runway* ini mempunyai beberapa bagian yang masing-masingnya mempunyai persyaratan tersendiri.



Gambar 2.2 *Runway* (Mulyono, 2018)

- a) *Runway shoulder*/bahu landas pacu adalah area pembatas pada akhir tepi perkerasan *runway* yang dipersiapkan menahan erosi *jet blast* (hembusan jet) dan sebagai jalur *ground vehicle* (kendaraan darat) untuk pemeliharaan

dan keadaan darurat serta untuk penyediaan daerah peralihan antara bagian perkerasan dan *runway strip*.



Gambar 2.3 Tampak atas elemen *runway* (FAA, 1989)

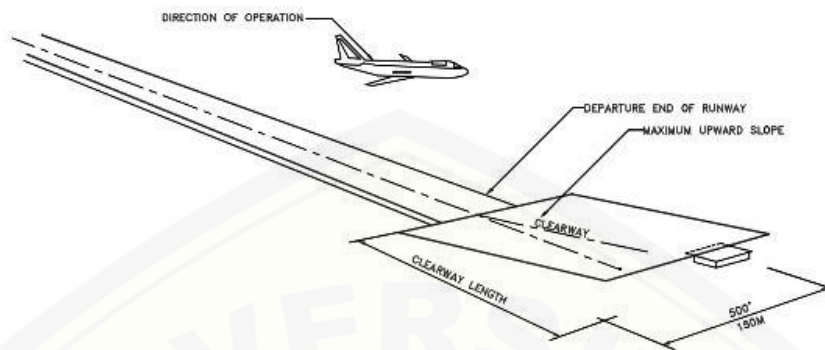
- b) RESA (*Runway End Safety Area*) adalah suatu daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah *runway* dan membatasi bagian ujung *runway strip* yang ditujukan untuk mengurangi resiko kerusakan pesawat yang sedang menjauhi atau mendekati *runway* saat melakukan kegiatan *take off* (lepas landas) maupun *landing* (pendaratan).



Gambar 2.4 Tampak depan elemen *runway* (FAA, 1989)

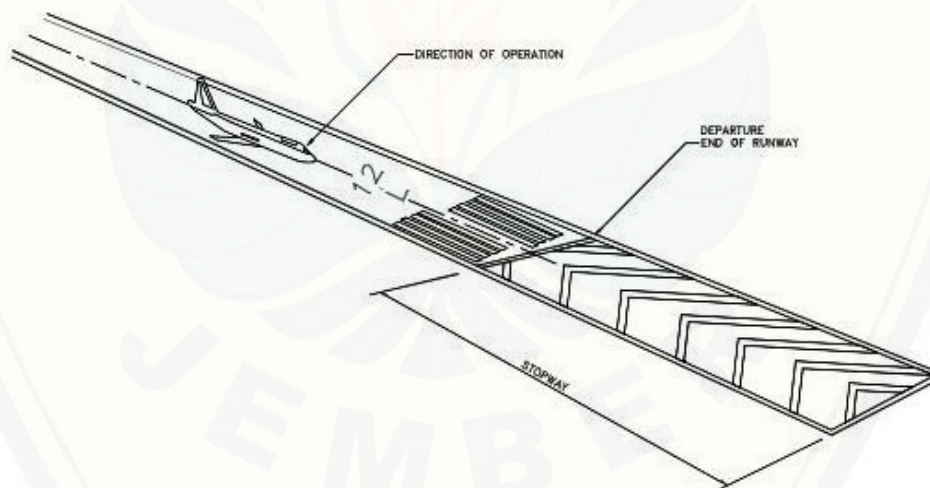
- c) *Clearway* adalah suatu daerah tertentu diujung *runway* tinggal landas yang terdapat di permukaan tanah maupun permukaan air di bawah pantauan operator bandar udara, yang dipilih dan ditunjukkan sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu. *Clearway* juga

merupakan daerah bebas terbuka yang disediakan untuk melindungi pesawat saat melakukan manuver pendaratan maupun lepas landas.



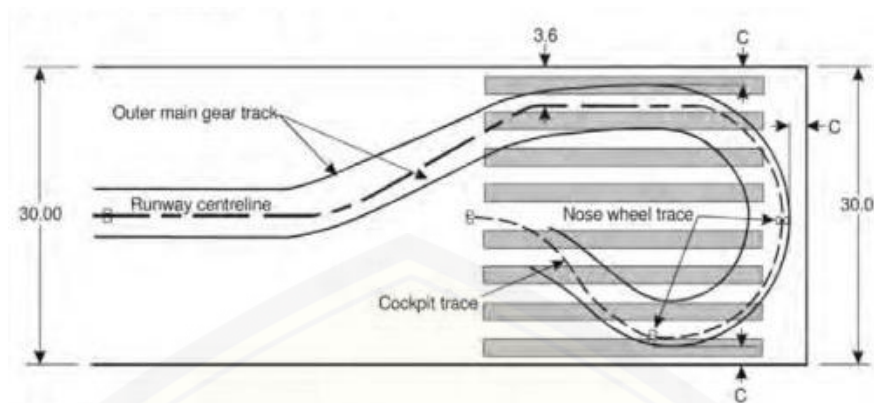
Gambar 2.5 *Clearway* (FAA, 1989)

- d) *Stopway* adalah suatu daerah tertentu yang berbentuk segi empat yang ada dipermukaan tanah terletak di akhir *runway* bagian *landing* (tinggal landas) yang dipersiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan lepas landas.



Gambar 2.6 *Stopway* (FAA, 1989)

- e) *Turning area* adalah bagian dari *runway* yang digunakan untuk pesawat melakukan gerakan memutar, baik untuk membaik arah pesawat, maupun gerakan pesawat saat akan parkir di *apron*.



Gambar 2.7 Tipikal *turning area* (KP 39 Tahun 2015)

- f) *Runway strip* adalah luasan bidang tanah yang diratakan dan dibersihkan tanpa benda-benda yang mengganggu yang dimensinya bergantung pada panjang *runway* dan jenis *instrument* pendaratan (*precision approach*) yang dilayani.
- g) *Holding bay* adalah area tertentu yang ditunjukan agar pesawat dapat melakukan penantian atau menyalip untuk mendapatkan efisiensi gerakan permukaan pesawat.

2.3.2 Declared Distances Landas Pacu (*Runway*)

Menurut peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 39 Tahun 2015 menjelaskan bahwa *declared distances* adalah jarak operasional yang tersedia yang diberitahukan ke pilot untuk *take off*, *landing* atau pembatalan *take off* dengan selamat. Jarak ini digunakan untuk menentukan apakah *runway* cukup untuk *landing* atau *take off* yang diinginkan atau untuk menentukan beban maksimum (*maximum payload*) yang diizinkan bagi sesuatu pendaratan atau *take off*. *Declared distances* adalah kombinasi antara *runway* (misalnya perkerasan penuh) dengan *stopway* dan/atau *clearway* yang disediakan. Komponen jarak operasional tersebut antara lain sebagai berikut:

a. *Take Off Run Available* (TORA)

Take Off Run Available (TORA) adalah panjang *runway* yang dinyatakan tersedia dan sesuai untuk pergerakan di permukaan (*ground run*) pada saat pesawat *take off* (lepas landas).

b. *Take Off Distance Available* (TODA)

Take Off Distance Available (TODA) adalah panjang *Take Off Run Available* (TORA) ditambah panjang *clearway*, bila tersedia.

c. *Accelerate Stop Distance Available* (ASDA)

Accelerate Stop Distance Available (ASDA) adalah panjang *Take Off Run Available* (TORA) ditambah panjang *stopway*, bila tersedia.

d. *Landing Distance Available* (LDA)

Landing Distance Available (LDA) adalah panjang *runway* yang dinyatakan tersedia dan sesuai untuk pergerakan di permukaan (*ground run*) pada saat pesawat yang *landing* (mendarat).

Bila di *runway* tidak tersedia *stopway* atau *clearway* dan *threshold* (permulaan bagian dari *runway* yang tersedia untuk *landing*) maka keempat *declared distance* secara normal harus sama dengan panjang *runway* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.8 A.

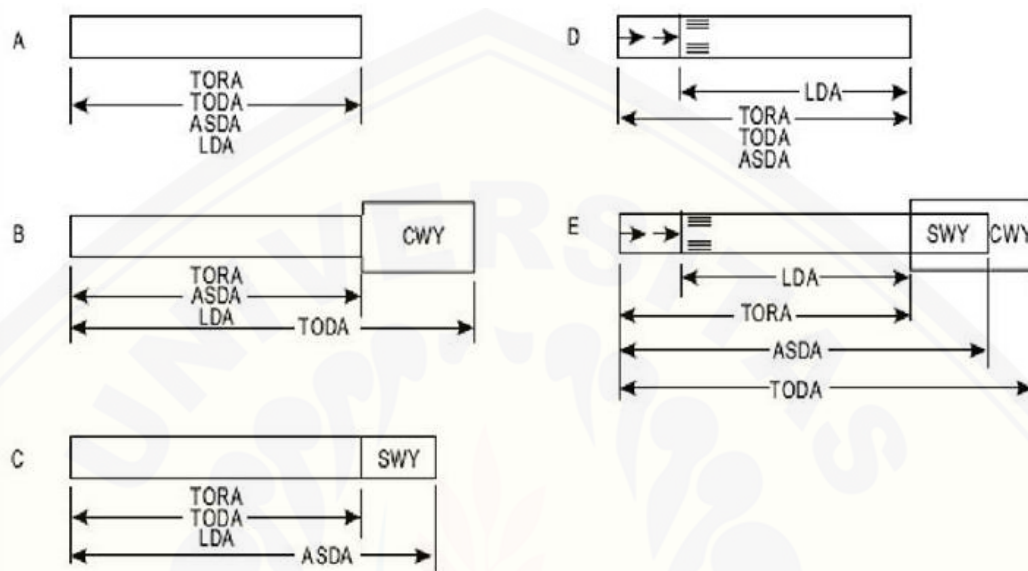
Bila di *runway* tersedia *clearway* maka TODA termasuk dengan panjang *clearway* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.8 B.

Bila di *runway* tersedia *stopway* maka ASDA termasuk dengan panjang *stopway* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.8 C.

Bila *runway* tersedia *displaced threshold* (*threshold* yang terletak pada titik di *runway* sebelum permulaan *runway*) maka LDA akan dikurangi oleh jarak *displaced threshold* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.8 D. *Displaced threshold* hanya mempengaruhi LDA untuk *approaches* yang dibuat terhadap *threshold*. Semua *declared distance* yang beroperasi untuk arah sebaliknya tidak terpengaruhi.

Gambar 2.8 B – gambar 2.8 D menunjukkan *runway* yang memiliki *clearway*, *stopway*, atau *displaced threshold*. Ketika lebih dari satu fitur-fitur

tersebut tersedia maka lebih dari satu *declared distance* yang akan termodifikasi, tetapi modifikasi akan mengikuti ilustrasi dasar. Sebagai contoh yang ditunjukkan pada gambar 2.8 E, dalam kondisi seluruh fitur tersedia.



Gambar 2.8 Ilustrasi *declared distance* (ICAO, 2013)

2.3.3 Konfigurasi Landas Pacu (*Runway*)

Menurut Sartono, W. dkk (2016) Banyak faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi, orientasi, konfigurasi, dan jumlah *runway* di suatu bandara. Faktor-faktor yang paling penting adalah sebagai berikut:

- Kondisi cuaca setempat, seperti distribusi angin dan keberadaan kabut.
- Topografi bandara dan daerah sekelilingnya.
- Tipe dan volume lalu lintas udara yang dilayani, termasuk aspek pengaturan lalu lintas (*air traffic control*).
- Pertimbangan performa pesawat.
- Pertimbangan lingkungan, terutama kebisingan.

Runway utama harus ditempatkan dengan orientasi searah dengan arah angin yang terjadi (*prevailing wind*). Seluruh *runway* harus diatur (diposisikan)

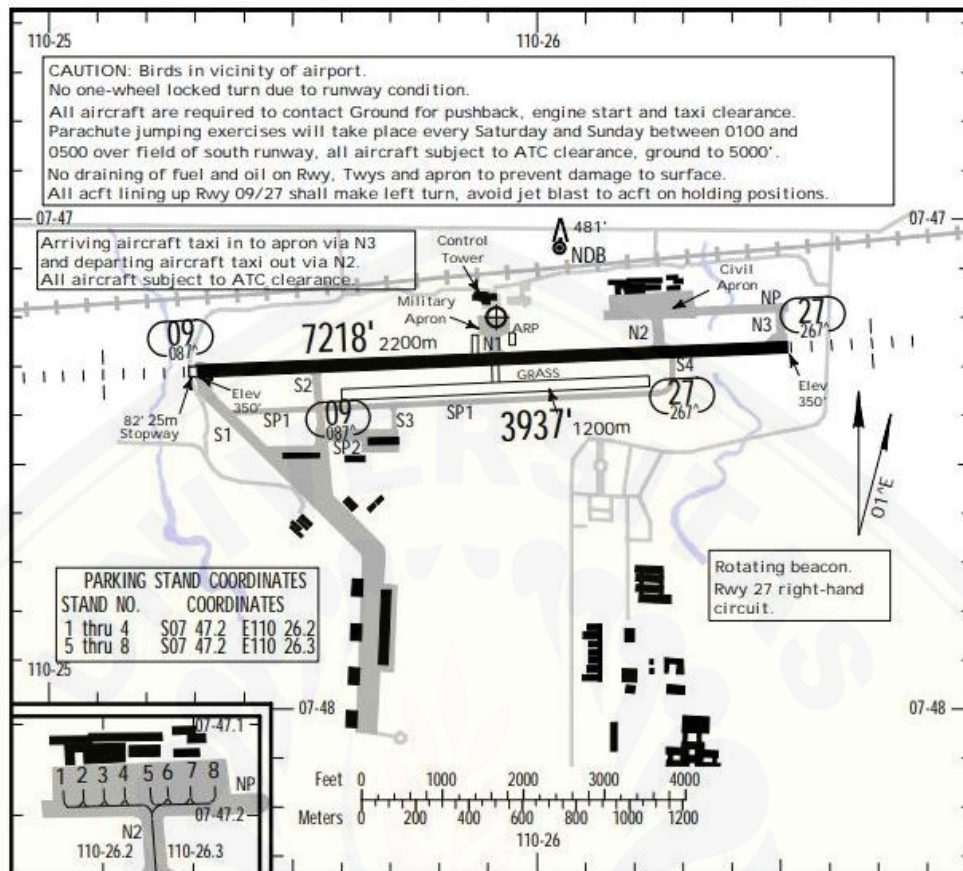
sehingga area untuk *landing* dan *take off* terbebas dari halangan dan rintangan, dan sebaliknya pesawat tidak mengarah langsung ke daerah penduduk.

Jumlah *runway* harus memadai sehingga sesuai dengan permintaan lalu lintas udara (*air traffic demand*), yang terdiri atas jumlah pesawat kedatangan dan keberangkatan, dan tipe pesawat campuran, untuk dilayani pada suatu jam pada periode sibuk/puncak.

Konfigurasi *runway* berkaitan dengan jumlah dan arah (orientasi) dari satu atau lebih *runway* di suatu bandara. Beberapa konfigurasi *runway* telah lazim digunakan diberbagai bandara saat ini, sebagian merupakan kombinasi dari beberapa konfigurasi dasar. Konfigurasi dasar tersebut, antara lain sebagai berikut:

1. *Single Runway* (Landas Pacu Tunggal)

Konfigurasi ini merupakan paling sederhana. Sebagian besar *runway* di Indonesia merupakan *runway* tunggal. Sebagian besar referensi menyatakan bahwa kapasitas per jam *runway* tunggal dalam kondisi *Visual Flight Rule* (VFR) adalah sekitar 50-100 pergerakan pesawat per jam, sedangkan dalam kondisi *Instrument Flight Rule* (IFR) kapasitasnya berkurang menjadi 50-70 pergerakan pesawat per jam, bergantung pada komposisi dari pesawat campuran dan tersediaannya alat bantu navigasi.



Gambar 2.9 *Single Runway* di Bandara International Adisutjipto, Yogyakarta
(*JEPPESEN Approach Charts*)

2. *Parallel Runway* (Landas Pacu Sejajar)

Kapasitas *runway* sejajar bergantung pada jumlah *runway* dan jarak antar-*runway* yang ada. Jumlah yang bisa digunakan adalah dua *runway* sejajar seperti di Bandar Udara International Soekarno-Hatta, tiga dan empat *runway* sejajar. Jarak antar *runway* dibagi menjadi tiga dan bergantung pada garis tengah pemisah antara dua *runway*.

a. *Close* (Berdekatan)

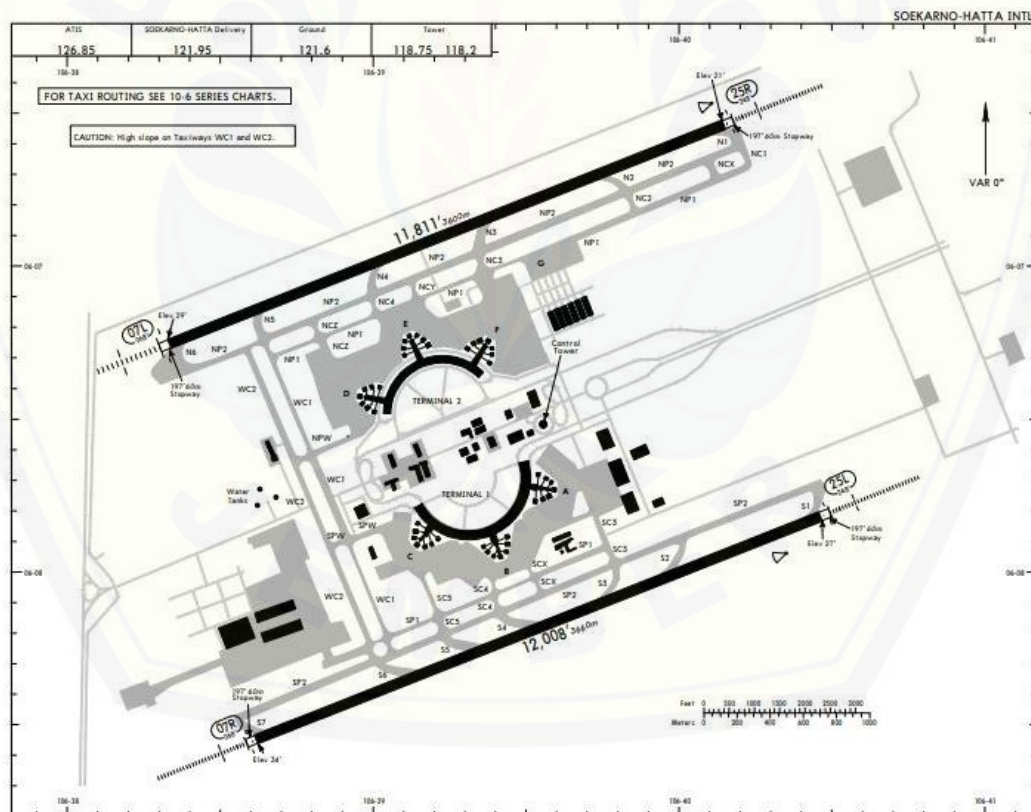
Runway sejajar *close* (berdekatan) dipisahkan dengan jarak minimum 700 ft (213 m) sampai dengan kurang dari 2.500 ft (1.067 m). Pada kondisi IFR, pergerakan pesawat di satu *runway* bergantung pada pergerakan di *runway* lainnya.

b. *Intermediate* (Menengah)

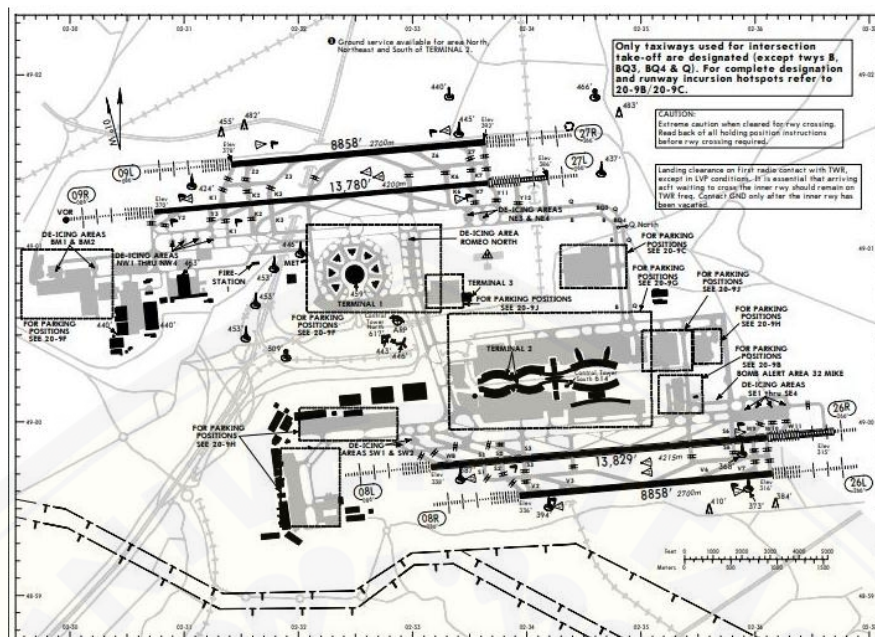
Runway sejajar intermediate (menengah) dipisahkan dengan jarak antara 2.500 ft (762 m) sampai kurang dari 4.300 ft (1.310 m) pada kondisi IFR, pergerakan kedatangan (*landing*) pesawat tidak bergantung pada pergerakan keberangkatan (*take off*) pesawat di *runway* lainnya.

c. *Far* (Berjauhan)

Runway sejajar far (berjauhan) dipisahkan setidaknya dengan jarak 4.300 ft (1.310 m). Pada kondisi IFR, dua *runway* dapat dioperasikan tanpa bergantung pada satu sama lain, baik untuk kedatangan maupun keberangkatan pesawat.



Gambar 2.10 *Parallel Runway* di Bandara International Soekarno-Hatta, Jakarta
(*JEPPESEN Approach Charts*)



Gambar 2.11 Contoh 4 *Parallel Runway* di Bandara International Charles-De-Gaule, Paris, Prancis (*JEPPESEN Approach Charts*)

Jarak pemisah antara dua *runway* menentukan tingkat kebergantungan operasi antar-*runway* sejajar. Dengan kemajuan teknologi, dimasa yang akan datang, jarak pemisah yang disyaratkan untuk operasi *runway* secara bersamaan dapat dikurangi.

Apabila bangunan terminal ditempatkan di antara *runway* sejajar, *runway* biasanya ditempatkan dengan jarak yang cukup jauh untuk menyediakan ruang bagi bangunan, *apron* dan *taxiway*. Ketika terdapat empat *runway* sejajar, dua pasang *runway* berjarak berdekatan, tetapi kedua pasang *runway* tersebut terpisah jauh oleh bangunan terminal.

Pada kondisi VFR, dua *runway* sejajar yang berdekatan dan menengah (*close* dan *intermediate*) diperbolehkan untuk operasi kedatangan dan keberangkatan secara bersamaan, yaitu kedatangan pesawat dapat dilakukan di satu *runway*, sedangkan keberangkatan pesawat dapat dilakukan di *runway* lainnya.

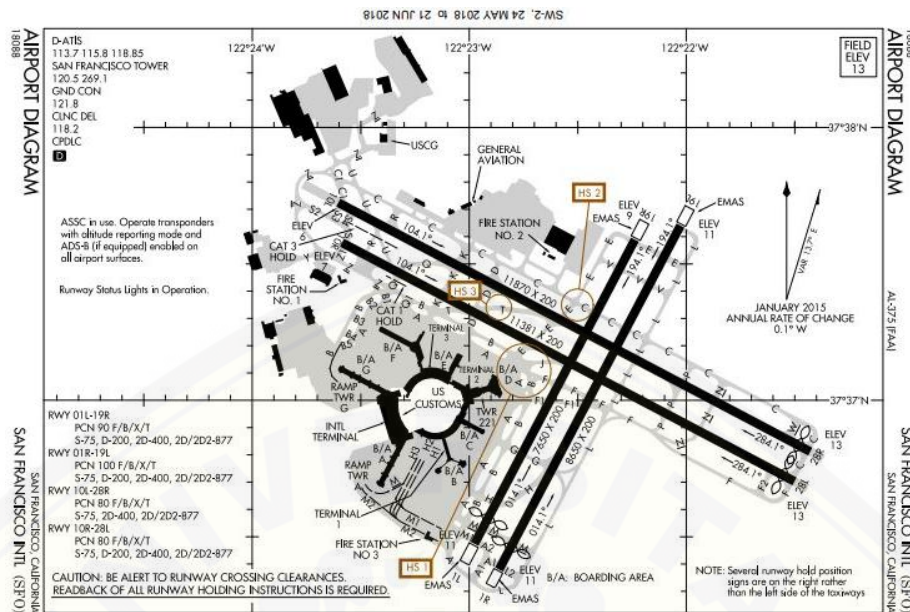
Kapasitas sepasang *runway* sejajar (*parallel*) setiap jamnya dalam kondisi VRL bervariasi antara 60-200 pergerakan per jam, bergantung pada komposisi campuran pesawat dan pada keberangkatan dan kedatangan pesawat. Serupa

dengan itu pada kondisi IFR, kapasitas per jam sepasang *runway* sejajar (*parallel*) yang berdekatan (*close*) berkisar antara 50-60 pergerakan pesawat per jam, pada tipe *runway* sejajar *parallel* yang *intermediate* berkisar antara 60-70 pergerakan per jam, dan untuk tipe *runway* sejajar *parallel* yang berjauhan *far* berkisar antara 100 sampai 125 pergerakan per jam.

3. *Intersecting Runway* (Landas Pacu Menyilang)

Banyak bandar udara yang memiliki dua atau lebih *runway* dengan arah berbeda yang saling menyilang satu sama lain. Konfigurasi ini dinamakan *intersecting runway* (*runway* bersilang) *runway* bersilang diperlukan jika angin yang bertiup lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan embusan/tiupan berlebih bila landasam hanya mengarah ke satu arah.

Pada saat angin bertiup kencang ke satu arah maka hanya satu dari dua landasan bersilang yang dapat digunakan. Hal ini memang mengurangi kapasitas dari *runway*, tetapi masih lebih baik dari pada tidak ada pesawat yang mendarat di *runway*. Jika angin bertiup lemah maka kedua *runway* dapat digunakan secara bersamaan. Kapasitas dari dua *runway* ini bergantung sepenuhnya dibagian *runway* untuk *take off* dan *landing*. Semakin jauh persilangan yang terjadi dari area *take off runway* dan *landing threshold*, semakin rendah kapasitasnya. Kapasitas terbesar tercapai ketika persilangan berada dekat dengan *take off* dan *landing threshold*.

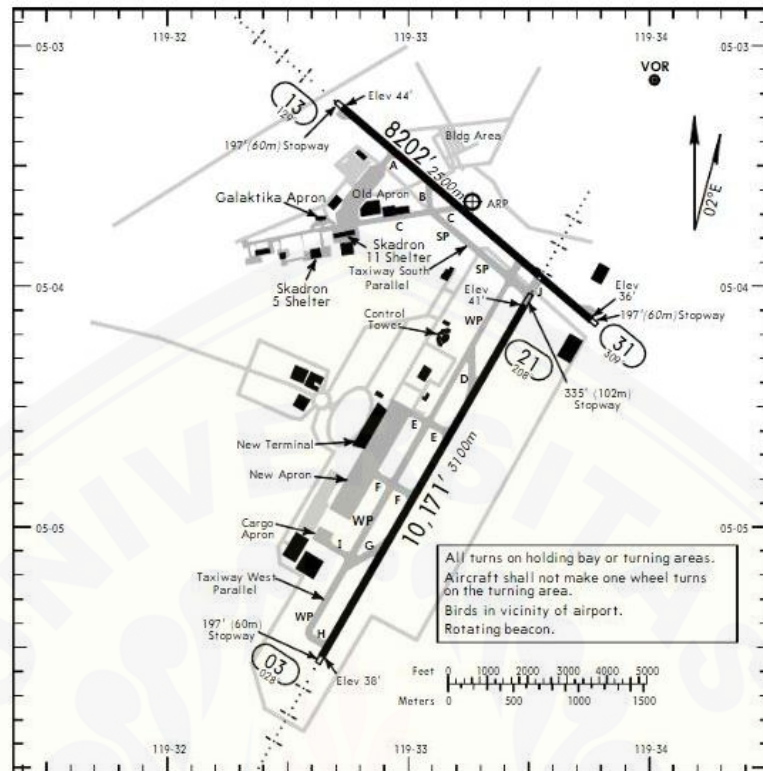


Gambar 2.12 *Intersecting Runway* di Bandara Internasional San Fransisco, CA, Amerika Serikat (*JEPPESSEN Approach Charts*)

4. *Open-V Runway* (Landas Pacu Terbuka “V”)

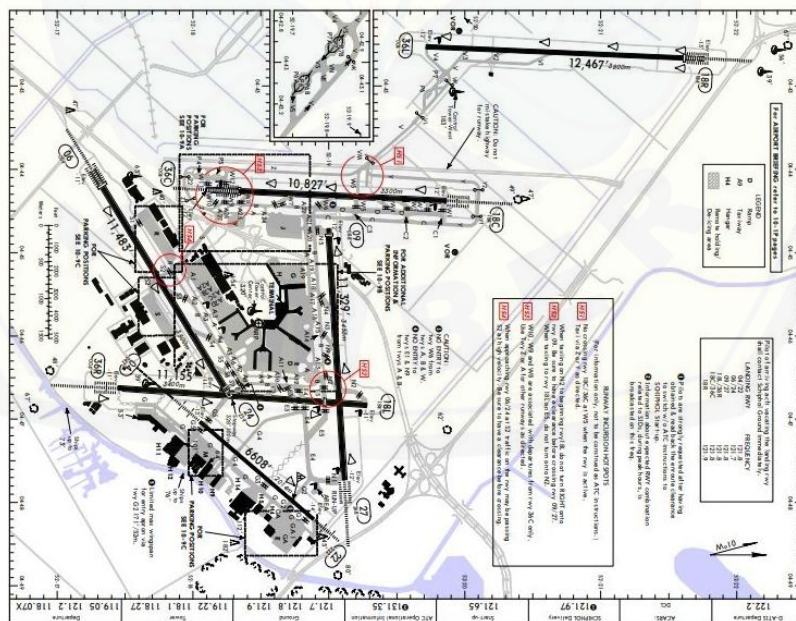
Runway “V” terbuka merupakan beberapa *runway* yang ditempatkan dengan arah berbeda, yang satu sama lain tidak saling berpotongan/bersilangan. Serupa dengan *runway* yang berpotongan (*intersecting runways*) *runway* “V” terbuka menggunakan *runway* tunggal ketika angin yang bertiup kuat hanya ke arah satu sisi. Ketika angin bertiup lemah, kedua *runway* dapat digunakan secara bersamaan. Di Indonesia, bandar udara dengan konfigurasi *runway* ini adalah bandar udara Sultan Hasanuddin Makassar,.

Strategi yang menghasilkan kapasitas terbesar adalah ketika operasi semakin menjauh dari V ini dinamakan pola menyimpang (*diverging pattern*). Pada kondisi VFR, kapasitas per jam dengan strategi ini berkisar antara 60-180 pergerakan pesawat per jam dan pada kondisi IFR, kapasitas antara 50-80 pergerakan pesawat per jam pada kondisi VFR dan antara 50-100. Ketika operasi mendekati V, pola ini dinamakan pola memusat (*converging pattern*), dan berkurang menjadi 50-100 pergerakan pesawat per jam pada kondisi VFR dan antara 50 dan 60 pergerakan pesawat per jam pada kondisi IFR.



Gambar 2.13 *Open-V Runway* Bandar Udara Sultan Hasanuddin Makassar (*JEPPESN Approach Charts*)

5. Kombinasi dari Berbagai Konfigurasi



Gambar 2.14 Konfigurasi *Runway* Kompleks, Bandara International Schiphol, Amsterdam, Belanda (*JEPPESN Approach Charts*)

2.3.4 Klasifikasi Bandar Udara

Menurut Peraturan KP 39 Tahun 2015 klasifikasi bandar udara dikelompokkan berdasarkan performa dan dimensinya. Tujuannya adalah untuk menetapkan standart untuk masing-masing fasilitas bandar udara yang cocok untuk digunakan oleh pesawat udara dalam suatu rentang kinerja atau ukuran.

Tabel 2.1 Kode Referensi *Aerodrome*

Kode Referensi Aerodrome				
Kode Elemen 1		Kode Elemen 2		
Kode Nomor	Referensi Panjang Landas Pacu untuk digunakan Pesawat Udara	Kode Huruf	Lebar Sayap	Lebar jarak antara roda-roda utama Terluar
1	Kurang dari 800 m	A	Sampai dan kurang dari 15 m	Sampai dan kurang dari 4,5 m
2	800 m dan kurang dari 1.200 m	B	Sampai 15 m dan kurang dari 24 m	Sampai 4,5 m dan kurang dari 6 m
3	1.200 m dan kurang dari 1.800 m	C	24 m dan kurang dari 36 m	Sampai 6 m dan kurang dari 9 m
4	1.800 dan lebih	D	36 m dan kurang dari 52 m	Sampai 9 m dan kurang dari 14 m
		E	52 m dan kurang dari 65 m	Sampai 9 m dan kurang dari 14 m
		F	65 m dan kurang dari 80 m	Sampai 14 m dan kurang dari 16 m

Sumber : *MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)*

- **Lebar *Runway***

Tabel 2.2 Lebar *Runway*

<i>Code number</i>	<i>Code letter</i>					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	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 : AC 150/5300-13, MOS Aerodrome 139.2015

- **Bahu *Runway***

Bahu *runway* untuk Grup Desain I hingga IV tidak membutuhkan bahu yang diperkuat sedangkan Grup Desain V dan VI memerlukan bahu dengan lapisan permukaan dengan perkerasan. Sesuai dengan kode referensi Bandar Udara, FAA mensyaratkan bahu *runway* seperti berikut:

Tabel 2.3 Bahu *Runway*

Kode Huruf	Kode Angka					
	I	II	III	IV	V	VI
A	3 m	3 m	6 m	7,5 m	-	-
B	3 m	3 m	6 m	7,5 m	-	-
C	3 m	3 m	6 m	7,5 m	10,5 m	12 m
D	3 m	3 m	6 m	7,5 m	10,5 m	12 m

Sumber : AC 150/5300-13, MOS Aerodrome 139.2015

- **Perencanaan Pengembangan *Runway Strip***

Perencanaan pengembangan *runway strip* sesuai dengan peraturan MOS Aerodrome Bagian 139. Tahun 2015 adalah sebagai berikut:

- a. Panjang *runway strip* untuk *code number* 1 yang digunakan sebagai desain adalah 30 m, dan dalam kasus lain adalah sebesar 60 m.

- b. Untuk *runway* dengan lebar 45 m maka lebar *runway strip* dengan *precision approach runway* maupun dengan *non-precision approach runway* yang digunakan adalah 150 m.
- c. Kemiringan *longitudinal runway strip* yang digunakan untuk *code* 4 adalah 1,5%, untuk *code* 3 adalah 1,75%, dan untuk *code* 1 atau 2 adalah 2,0%.
- d. Kemiringan *transversal runway strip* yang digunakan untuk *code* 3 atau 4 adalah 2,5%, dan untuk *code* 1 atau 2 adalah sebesar 3%.

- **Perencanaan Pengembangan *Runway End Safety Area* (RESA)**

Runway End Safety Area (RESA) terletak di kedua sisi ujung *runway strip*. Ukuran RESA yang direncanakan sesuai dengan peraturan MOS Aerodrome Bagian 139. Tahun 2015 adalah sebagai berikut:

- a. Panjang RESA area keamanan ujung landasan, dibuat dengan panjang 90 m.
- b. Lebar RESA lebarnya tidak lebih dari 2 kali landasan.
- c. Kemiringan RESA harus sedemikian rupa dibawah *approach surface* atau *take off climb surface*. Kemiringan ke bawahnya tidak boleh lebih dari 5%.

- **Perencanaan Pengembangan *Clearway***

Clearway terletak ujung *runway*. Ukuran *clearway* sesuai dengan peraturan MOS Aerodrome Bagian 139. Tahun 2015 adalah sebagai berikut:

- a. Panjang *Clearway*
Panjang maksimum dari *clearway* adalah setengah dari panjang *runway* yang digunakan untuk *Take-off Run Available* (TORA).
- b. Lebar *Clearway*
Lebar *clearway* tidak boleh kurang dari 150 m untuk *code* 3 atau 4, 80 m untuk *code* 2, dan 60 m untuk *code* 1.
- c. Kemiringan *Clearway* tidak boleh lebih dari 1,25%.

- **Perencanaan Pengembangan *Stopway***

Stopway terletak pada ujung landasan pacu (*runway*). Lebar *stopway* sama dengan lebar *runway*, panjang *stopway* diambil sebesar 60 m.

2.3.5 Koreksi Panjang Landasan Pacu (*Runway*)

Panjang *runway* dari hasil perhitungan dengan referensi pesawat terbesar masih harus dikoreksi terhadap elevasi, temperatur dan kemiringan *runway*. Bentuk koreksi dapat dijelaskan sebagai berikut, *Horonjeff (1993)* :

1. Koreksi terhadap Elevasi *Runway*

Bila Bandara letaknya semakin tinggi dari permukaan laut maka hawanya lebih tipis dari hawa laut (temperatur semakin kecil) sehingga pada landasan membutuhkan *runway* yang lebih panjang. Makin tinggi letak *runway* dari permukaan laut maka ada perpanjangan *runway* yaitu setiap naik 300 M (1000 ft) perpanjangannya 7%.

Maka rumusnya adalah :

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

dengan:

Fe = faktor koreksi untuk elevasi

h = elevasi diatas permukaan laut (m)

2. Koreksi terhadap Temperatur

Kenaikan temperatur referensi bandar udara menyebabkan pengaruh yang sama seperti kenaikan dalam elevasi. Koreksi terhadap temperatur adalah kenaikan 1% untuk setiap kenaikan 1°C temperatur referensi bandar udara melebihi temperatur atmosfer 15 °C untuk satu elevasi. Setiap 1.000 m kenaikan kenaikan elevasi bandar udara diatas muka air laut, temperatur berkurang 5,5 °C sehingga rumus untuk koreksi temperatur menjadi:

$$Ft = 1 + 0,01 \times [Tr - (15 - 0,0065 \times h)]$$

dengan :

Ft = faktor koreksi terhadap temperatur

h = elevasi bandar udara (m)

Tr = temperatur standar bandar udara (°C)

Airport reference temperature (T_r) adalah rata-rata temperatur perbulan dari rata-rata temperatur harian (T_a), dari bulan yang paling panas dalam satu tahun, ditambah $1/3$ dari selisih antara T_a dan rata-rata dari temperatur maksimum harian (T_m) sehingga (T_r) adalah:

$$T_r = T_a + \frac{1}{3} (T_m - T_a)$$

dengan :

T_a = rata-rata bulanan dari rata-rata temperatur harian, pada bulan terpanas dalam setahun.

T_m = rata-rata bulanan dari temperatur maksimum harian

3. Koreksi terhadap Kemiringan *Runway*

Koreksi terhadap kemiringan adalah perbedaan elevasi maksimum antara titik tertinggi dan terendah di garis tengah *runway* dibagi dengan panjang *runway* total.

Pesawat membutuhkan energi yang lebih kecil ketika *take off* pada *runway* yang lebih curam sehingga semakin panjang *runway* yang diperlukan untuk mencapai kecepatan permukaan (*ground speed*) yang diinginkan. *Runway* harus dikoreksi 10% untuk setiap kelandaian 1% dari *effective gradient*. Maka faktor koreksi kemiringan *runway* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_g = 1 + 0,1 \times G$$

dengan:

F_g = faktor koreksi untuk kemiringan *runway*

G = gradien efektif *runway* (%)

Dengan memperhatikan faktor koreksi-koreksi diatas, panjang *runway* aktual atau panjang *runway* rancangan dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$F = F_e \times F_t \times F_g$$

Dengan :

Fe = faktor koreksi untuk elevasi

Ft = faktor koreksi terhadap temperatur

Fg = faktor koreksi untuk kemiringan *runway*

2.3.6 *Aeroplane Reference Field Length (ARFL)*

Dalam semua perhitungan panjang landas pacu, dipakai suatu standar yang disebut *Aeroplane Reference Field Length (ARFL)*. Menurut *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, ARFL adalah landas pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada *maximum certified take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standar atmosfer, keadaan tanpa ada angin bertiup, landas pacu tanpa kemiringan (kemiringan = 0). Setiap pesawat mempunyai ARFL lain-lain dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya. Bila suatu landasan akan direncanakan sesuai dengan kemampuan pesawat yang akan mendarat, maka harus dikonversikan terlebih dahulu terhadap ARFL. Berikut cara mencari panjang landasan menggunakan ARFL (*Horonjeff, 1993*) :

$$ARFL = \frac{PL}{Fe \times Ft \times Fg}$$

Keterangan:

ARFL = *Aeroplane Reference Field Length*

PL = Panjang landas pacu

Fe = Faktor koreksi untuk elevasi

Ft = Faktor koreksi terhadap temperatur

Fg = Faktor koreksi terhadap kemiringan

2.3.7 **Kelas Pesawat**

Dalam perhitungan kapasitas *runway*, perlu diperhatikan klasifikasi komponen pesawat pengguna fasilitas *runway* di bandar udara tersebut. Untuk itu telah ada penggolongan pesawat berdasarkan performa mesinnya dalam kaitannya dengan perhitungan kapasitas *runway*.

Tabel 2.4 Karakteristik Pesawat Udara

Jenis Pesawat	REF CODE	KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA					
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGW S (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Airbus A320	3C	2090	34.1		37.6	73500	1140
Airbus A319	3C	1520	34.1		33.8	64000	1070
CESSNA CAR-206	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
DASH 6	1B	695	19.8	4.1	15.8	5670	220
CN-235-300	1C	1200	25.81	7.0	21.4	16500	
DASH 7	1C	910	28.3	7.8	24.6	19505	626
C 208	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
CASSA 212-300	2B	866	20.3	3.6	16.1	8100	
Dornier 328-100	2B	1090	20.1		21.3	13.988	
Dornier 328-300	2B	1088	21		21.3	13.988	
ATR 42-500	2C	1160	24.6	4.10	22.7	18600	790

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA							
Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGW S (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
DASH 8 (300)	2C	1100	27.4	8.5	25.7	18642	805
MA 60	2C	1100	29.2		24.71	21800	
Challenger 605	3B	1780	19.61		20.85	21900	
Snort 330- 200	3B	1310	22.76		17,69	10387	
ATR 72- 500	3C	1220	27.0	4.10	27.2	22500	
ATR 72- 600	3C	1290	27.05	4.10	27.16	22800	
Bombardier Global Express	3C	1774	28.7	4.9	30.3	42410	1150
Embraer EMB 120	3C	1560	19.78	7.3	20	11500	828
Fokker F100	3C	1820	28.1	5.0	35.5	44450	920
Fokker F27-500	3C	1670	29.0	7.9	25.1	20412	540

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA

Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap	OMGW	Panjang	MTOW	TP
		(m)	(m)	S (m)	(m)	(kg)	(Kpa)
Fokker F28-4000	3C	1680	25.1	5.8	29.6	32205	779
Fokker F50	3C	1760	29.0	8.0	25.2	20820	552
McDonnell Douglas DC-3	3C	1204	28.8	5.8	19.6	14100	358
McDonnell Douglas DC9-20	3C	1551	28.5	6.0	31.8	45360	972
RJ-200	3C	1600	26.34	4.72	30.99	44226	
SAAB SF-340	3C	1300	21.4	7.5	19.7	12371	655
Airbus A300 B2	3C	1676	44.8	10.9	53.6	142000	1241
ATP	3D	1350	30.6	9.3	26	22930	720
C 130 H (Hercules)	3D	1783	39.7	4.3	29.3	70300	95
EMB 145 LR	4B	2269	20	4.1	29.87	22000	999.74
Airbus A320-200	4C	2090	34.1	8.7	37.6	72000	1360

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

Jenis Pesawat	REF CODE	KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA					
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGW S (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Boeing B717-200	4C	1680	28.5	6.0	37.8	51710	1048
Boeing B737-200	4C	1990	28.4	6.4	30.53	52400	1145
Boeing B737-300	4C	1940	28.9	6.4	33.4	61230	1344
Boeing B737-400	4C	2540	28.9	6.4	36.5	63083	1400
Boeing B737-500	4C	1830	28.9	5.2	31	60560	
Boeing B737-600	4C	1750	34.3	5.72	31.2	65090	
Boeing B737-700	4C	1600	34.3	5.72	33.6	70143	
Boeing B737-800	4C	2256	34.3	6.4	39.5	70535	1470
Boeing B737-900	4C	2240	34.3	7	42.1	66000	1470
Bombardier CRJ 1000 NextGen	4C	1996	26.2	-	39.1	40824	1060

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA							
Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap	OMGW	Panjang	MTOW	TP
		(m)	(m)	S (m)	(m)	(kg)	(Kpa)
Bombardier CRJ 1000 NextGen EL	4C	1882	26.2	-	39.1	38995	1060
Bombardier CRJ 1000 NextGen ER	4C	2079	26.2	-	39.1	42640	1060
McDonnell Douglas DC9-30	4C	1800	28.5	6.0	36.4	48988	1050
McDonnell Douglas DC9-80/MD 80	4C	2553	32.9	6.2	45.1	72575	1390
McDonnell Douglas MD 82	4C	2270	32.8	6.2	45.1	67812	1268.64
McDonnell Douglas MD 83	4C	2550	32.8	6.2	45.1	72574	1268.64
McDonnell Douglas MD 87	4C	1860	32.8	6.2	39.7	63503	1268.64

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA

Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap	OMGW	Panjang	MTOW	TP
		(m)	(m)	S (m)	(m)	(kg)	(Kpa)
McDonnell Douglas MD 88	4C	2550	32.8	6.2	45.1	67812	1268.64
Sukhoi SJ-100-95LR	4C	1800	27.80		29.8	492150	
Airbus A300-600	4D	2332	44.8	10.9	54.1	165000	1260
Airbus A310-200	4D	1860	43.9	10.9	46.7	132000	1080
Boeing B707-300	4D	3088	44.4	7.9	46.6	151415	1240
Boeing B757-200	4D	2350	38.0	8.7	47.3	108860	1172
Boeing B767-200ER	4D	2600	47.6	10.8	48.5	156500	1310
Boeing B767-300ER	4D	2400	47.6	10.8	54.9	172365	1310
Boeing B767-400ER	4D	3400	51.9	10.8	61.4	204120	1262

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA							
Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGW S (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Lockheed L1011-100/200	4D	3300	47.3	12.8	54.2	211378	1207
McDonnell Douglas DC 10-30	4D	3170	50.4	12.6	55.5	251733	1276
McDonnell Douglas DC 8-63	4D	3179	45.2	7.6	57.1	158757	1365
McDonnell Douglas MD 11	4D	3100	51.7	12.0	61.6	273289	1400
Tupolev TU 154	4D	2300	37.6	12.4	48.0	90300	930
Airbus A 330-200	4E	2220	60.3	12.0	59.0	230000	1400
Airbus A 330-300	4E	2500	60.3	12.0	63.6	230000	1400
Airbus A 340-300	4E	2200	60.3	12.0	63.7	253500	1400

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA							
Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap	OMGW	Panjang	MTOW	TP
		(m)	(m)	S (m)	(m)	(kg)	(Kpa)
Boeing B747-300	4E	3320	59.6	12.4	70.7	377800	1323
Boeing B747-400	4E	3020	64.4	12.4	70.7	394625	1410
Boeing B747-SP	4E	2160	59.6	12.4	56.3	318420	1413
Boeing B777-200	4E	2500	60.9	12.8	63.7	287800	1400
Boeing B777-200 ER	4E	3000	60.9	12.9	63.7	247200	1480
Boeing B777-300	4E	3700	60.9	12.9	73.9	297550	1500
Boeing B777-300 ER	4E	3300	64.8	12.9	73.9	299370	
Boeing B787-8	4E	2650	60.1	9.8	56.7	228500	

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

Tabel 2.4 Lanjutan

KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA							
Jenis Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap	OMGW	Panjang	MTOW	TP
		(m)	(m)	S (m)	(m)	(kg)	(Kpa)
Airbus A 380	4F	2050	79.8	14.3	72.7	560000	1470
Boeing B747-800	4F	2700	68.5	12.7	76.4	442253	

Sumber : MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

2.4 Perencanaan Perluasan Apron

Apron didefinisikan area pada lapangan terbang yang digunakan untuk akomodasi pesawat dalam menurunkan dan menaikkan penumpang, dokumen ataupun barang, mengisi bahan bakar, parkir dan perawatan.

Besarnya *apron* yang direncanakan sangat bergantung dari volume dan lalu lintas udara yang direncanakan. Selain itu dari pola parkir pesawat juga sangat mempengaruhi dimensi *apron* yang diperlukan. (Horonjeff, 1993 dalam Rahmawati, 2009).

2.4.1 Tipe Parkir Pesawat

Menurut *Basuki (1985)*, tipe parkir pesawat berarti berbagai cara pesawat diposisikan terhadap terminal dan bagaimana pesawat melakukan manuver ke posisinya. Ini berpengaruh terhadap area *apron* yang dibutuhkan. Pesawat dapat parkir menggunakan tenaga sendiri atau menggunakan alat bantu (*towing equipment*). Ada beberapa jenis tipe parkir pesawat:

1. *Nose-in Parking*. Pesawat diparkir tegak lurus garis bangunan terminal. Pesawat bermanuver masuk dengan tenaga sendiri, tapi harus dibantu untuk keluar dari area *apron-gate*.

2. *Angle Nose-in*. Serupa dengan butir 1 tapi sudutnya tidak tegak lurus. Sehingga pesawat bisa bermanuver keluar masuk dengan tenaga sendiri.
3. *Angle Nose-out*. Pesawat diparkir dengan hidung membelakangi bangunan terminal. Sama dengan *angle nose-in* pesawat dapat bermanuver keluar- masuk dengan tenaga sendiri.
4. Parkir Paralel. Pesawat ditempatkan sejajar garis bangunan terminal.

Gambaran umum tipe parkir pesawat dapat dilihat di bawah ini :



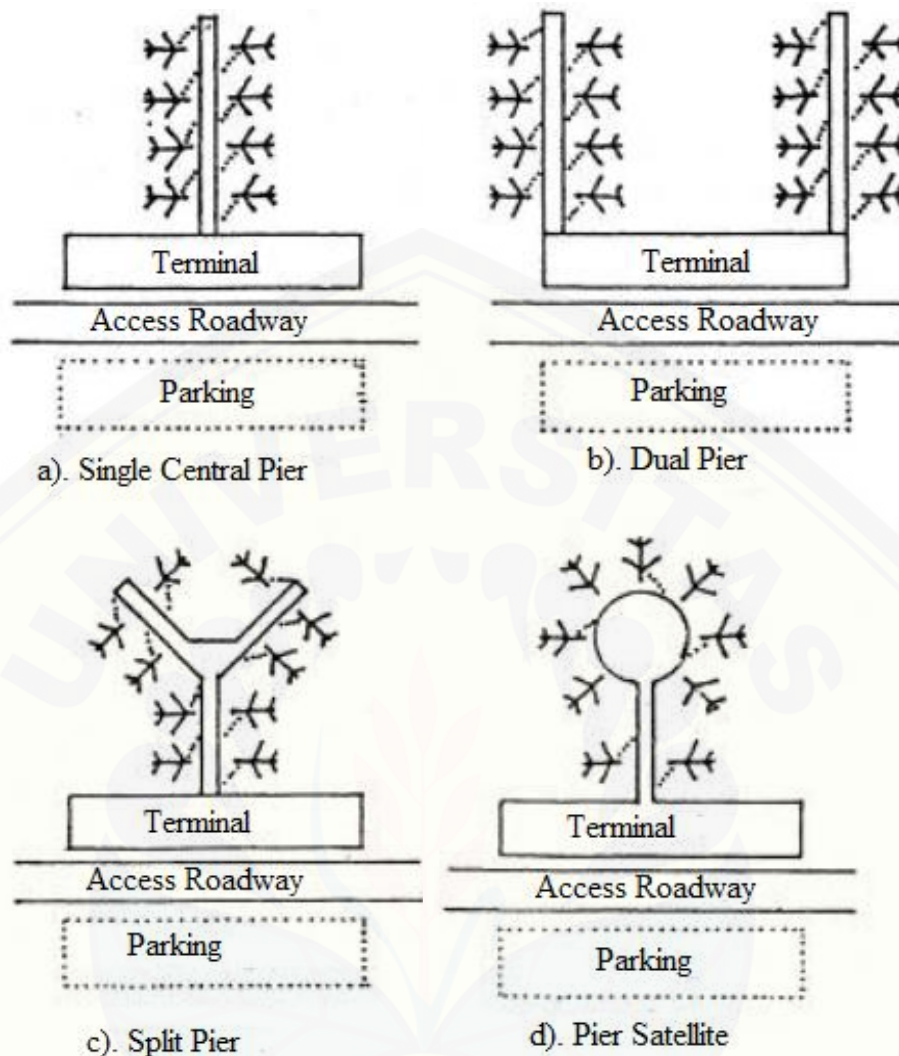
Sumber: Basuki, 1985

Gambar 2.15 Tipe Parkir Pesawat

2.4.2 Tata Letak Apron

Faktor lain yang mempengaruhi ukuran *apron* adalah tata letaknya. Yaitu bagaimana pengaturan *apron* disekitar bangunan terminal. Macamnya dapat digolongkan menjadi, *Horonjeff (1993)* :

1. Sistem *Frontal/Linier*. Disini pesawat diparkir tepat disebelah garis bangunan terminal.
2. Sistem *Open-Apron*. Pesawat diparkir bebas di daerah *apron* namun tidak dekat dengan garis bangunan terminal.
3. Sistem Jari (*Pier*). Biasanya digunakan pada bandara yang dilengkapi fasilitas ‘belalai’ untuk transfer penumpang. Dimana tersedia bangunan menjorok dari bangunan utama terminal kearah *apron*. Ada lima jenis konsep desain *apron* dengan sistem jari ini seperti terlihat dalam gambar.
4. Sistem Satelit. Sebagaimana namanya, sistem ini menempatkan bangunan terminal kecil di sekitar bangunan utama yang disebut satelit. Pesawat diparkir di sekitar satelit.



Sumber: Basuki, 1985

Gambar 2.16 Tata Letak Apron

2.4.3 Luas Apron

Untuk menentukan luas *apron* yang diutuhkan tergantung pada faktor-faktor berikut :

1. Jarak Pemisah Antar Apron

Aircraft parking position taxilane harus dipisahkan dari sebarang objek dengan jarak tidak kurang dari yang ditentukan sesuai dengan tabel berikut:

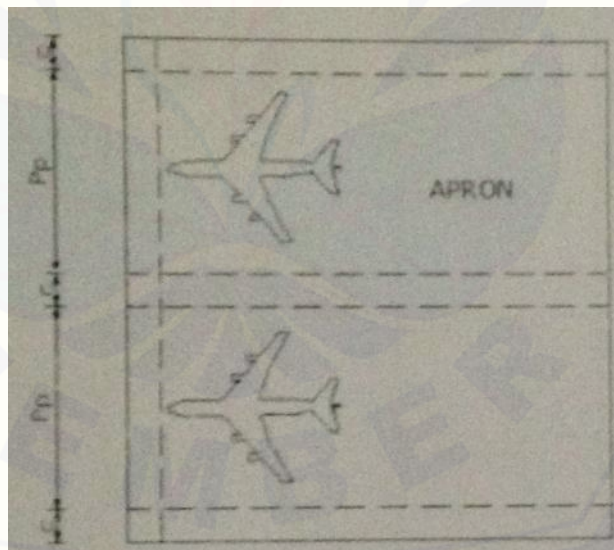
Tabel 2.5 Aircraft Parking Position

<i>Code Letter</i>	Dari garis tengah untuk pesawat udara	Dari garis <i>aircraft parking</i> <i>position taxiilane</i> ke objek	Dari garis tengah <i>apron</i> ke objek	Dari ujung sayap pesawat udara pada <i>aircraft</i> <i>parking</i>
A		12,0 m	16,25 m	3,0 m
B		16,5 m	21,5 m	3,0 m
C		24,5 m	26,0 m	4,5 m
D		36,0 m	40,5 m	7,5 m
E		42,5 m	47,5 m	7,5 m *
F		50,5 m	57,5 m	7,5 m *

*Jarak pemisah minimum adalah 10 meter jika menggunakan *parking* bebas

Sumber: MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

2. Panjang dan Lebar Apron



Sumber: Imam, 2014

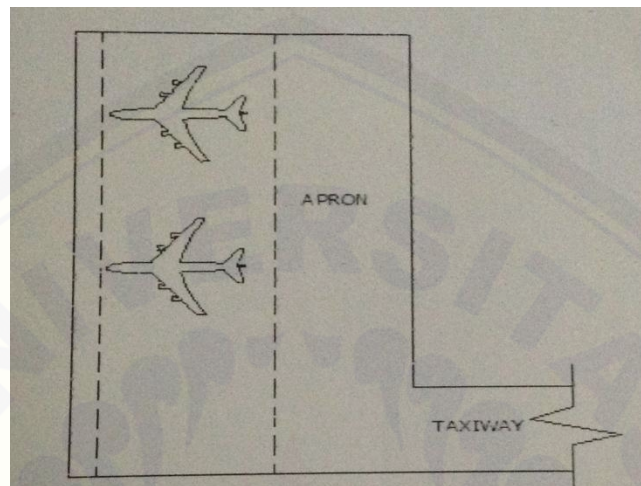
Gambar 2.17 Perhitungan Panjang Apron

Keterangan :

PP = Bentang sayap

- c = Jarak dari ujung sayap pesawat terbang pada posisi parkir pesawat terbang (*aircraft parking position*) ke objek.

$$\text{Panjang apron} = Pp + c$$



Sumber: Imam, 2014

Gambar 2.18 Perhitungan Lebar Apron

Keterangan :

- a = Merupakan *clearance* antara hidung pesawat terbang dengan tepi pesawat terbang.
- b = Panjang pesawat rencana
- c = Jarak garis tengah *aircraft position taxilane* ke objek

$$\text{Lebar apron} = c + Lp + At$$

2.5 Taxiway

Taxiway didefinisikan sebagai jalur di area lapangan terbang yang digunakan untuk keluar dan masuk pesawat dari landasan pacu, selain itu menghubungkan antar landasan pacu satu dengan lainnya. Fungsi utama *taxiway* adalah memberikan akses kepada pesawat yang berada di landasan pacu ke terminal area dan hanggar servis (Horonjeff, 1993 dalam Rahmawati, 2009). Fungsi dari *runway* dan juga *taxiway* yang berhubungan adalah:

1. Menyediakan ruang pemisah yang cukup dalam pola lalu lintas udara.

2. Meminimalkan gangguan dan atau tundaan dalam pendaratan, manuver di darat (*taxing*) ataupun lepas landas.
3. Membuat rute terpendek antara area terminal dan ujung *runway*.
4. Menyediakan *taxiway* yang cukup sehingga pesawat yang baru mendarat dapat meninggalkan landasan secepat mungkin dan sedekat mungkin dengan terminal.

Fungsi utama *taxiway* adalah sebagai akses dari *runway* ke area terminal dan hanggar. Pengaturan *taxiway* harus sedemikian rupa sehingga pesawat yang baru mendarat tidak menghalangi pesawat lainnya. Prinsip yang digunakan adalah *taxiway* jangan sampai memotong *runway* yang sedang dioperasikan.

2.5.1 Lebar *Taxiway*

Lebar suatu bagian lurus *taxiway* tidak boleh kurang dari lebar yang ditentukan. Seperti Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Lebar minimum untuk bagian lurus (*straight section*) *taxiway*

<i>Code Letter</i>	Lebar <i>Taxiway</i> Minimum (Bagian Lurus)
A	7,5 m
B	10,5 m
C	18 m ^a
D	23 m ^b
E	23 m
F	25 m

^a = Jika *taxiway* hanya untuk melayani pesawat udara dengan jarak antar roda (*wheelbase*) kurang dari 18 k, lebarnya dapat dikurangi menjadi 15 m.

^b = Jika *taxiway* hanya ditunjukkan untuk melayani pesawat darat dengan bentangan roda terluar kurang dari 9 m, lebarnya dapat dikurangi menjadi 18 m

Sumber: MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)

2.5.2 Jarak Tepi Bebas *Taxiway* (*Taxiway Edge Clearance*)

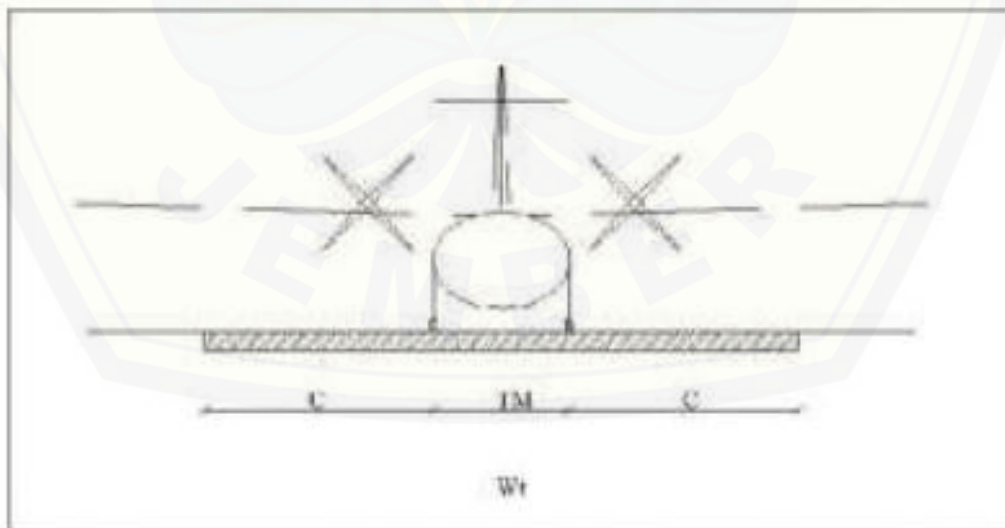
Menurut Horonjeff (1993) dalam Rahmawati (2009), lebar dari sebarang bagian suatu *taxiway* harus sedemikian rupa sehingga, dengan roda depan pesawat terbang masih tetap dalam *taxiway*, jarak bebas antara sumbu roda utama terluar (*outer main gear wheels*) dan tepian *taxiway*, di sebarang titik, tidak boleh kurang dari jarak yang ditetapkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Jarak bebas minimum (*minimum clearance*) antara roda sumbu utama terluar (*outer main gear wheels*) suatu pesawat terbang dan tepi *taxiway*.

<i>Code Letter</i>	<i>Clearance Minimum</i>
A	1,5 m
B	2,25 m
C	4,5 m *
D, E, F	4,5 m

*Jika *turn pad* atau kurva hanya untuk melayani pesawat udara dengan *wheelbase* yang kurang dari 18 m, maka *minimum clearance* sebesar 3,0 m.

Sumber: MOS Aerodrome Bagian 139. (2015)



Sumber: ICAO

Gambar 2.19 Geometrik Lebar *Taxiway*

Dengan rumus :

$$Wt = TM + 2C$$

Keterangan :

WT = Lebar *taxiway*

TM = Jarak antar roda

C = Kebebasan samping roda

2.6 Proyeksi Peralaman Jumlah Penumpang

Suatu perencanaan bandar udara harus dikembangkan berdasarkan peramalan (*forecasting*). Peramalan adalah kegiatan memperkirakan apa yang terjadi pada masa yang akan datang dengan mendasarkan pada variabel-variabel tertentu.

Dengan peramalan permintaan, dapat ditetapkan evaluasi keefektifan berbagai fasilitas bandar udara. Pada umumnya peramalan dibutuhkan untuk jangka pendek (5 tahun), menengah (10 tahun), dan panjang (20 tahun). Untuk perencanaan jumlah penumpang diperlukan peramalan tahunan dan rata-rata.

Menurut Horonjeff (1993), teknik ramalan yang paling sederhana adalah meramal kecenderungan volume lalu lintas di masa depan, dan ramalan yang lebih komplek/ rumit adalah meramal yang berhubungan dengan permintaan (*demand*) dengan mengindahkan faktor-faktor sosial, ekonomi, teknologi, selera yang mempengaruhi transportasi udara.

Tusmar, T. (2015) Pendapatan, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), dan lapangan pekerjaan adalah tiga hal yang digunakan untuk menilai perkembangan perekonomian. Pendapatan dan lapangan pekerjaan mencerminkan kondisi perekonomian wilayah secara keseluruhan, sementara PDRB menggambarkan tingkat kesejahteraan di suatu wilayah. Data mengenai ketiga variabel tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dengan mendefinisikan pendapatan sebagai Upah Minimum Provinsi (UMP), PDRB atas dasar harga konstan tahun 2000, dan lapangan pekerjaan sebagai pemenuhan jumlah pekerjaan yang tersedia per tahunnya.

Dewi,G.S (2016). Proyeksi penumpang dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penumpang akan bertambah secara geometrik dengan adanya pertumbuhan variabel lain yang mendukung terjadinya laju pertumbuhan. Dalam hal ini, variabel yang digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Jember. PDRB Jember dianggap mampu mewakili faktor-faktor sosial, ekonomi teknologi, dan selera transportasi yang diperlukan untuk melakukan peramalan. Formula yang digunakan pada metode geometrik adalah:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

Nilai kedatangan dan keberangkatan dapat diperoleh dari rumus diatas, dimana :

P_n = tahun ke -

P_0 = rata-rata jumlah penumpang kedatangan atau keberangkatan pertahun

r = persentase rata-rata

n = tahun rencana – tahun awal

2.7 Perencanaan Perkerasan Strukturan

Menurut Horonjeff (1993), perkerasan atau struktur perkerasan adalah struktur yang terdiri dari satu lapisan atau lebih dari bahan-bahan yang diproses. Perkerasan dapat juga didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan perkerasan dan daya dukung yang berlainan.

Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan permukaan yang nyaman dan aman pada segala cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup untuk menjamin bahwa beban yang bekerja tidak menimbulkan kerusakan terhadap lapisan perkerasan atas maupun pondasi.

Perkerasan terdiri dari 2 macam yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan lentur terdiri dari campuran antara agregat bermutu tinggi dengan aspal sebagai bahan pengikat yang digelar di

atas suatu permukaan tanah. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang dibuat dari slab-slab beton. (Horonjeff, 1993 dalam Rahmawai, 2009).

Konstruksi lapisan keras lentur haruslah memenuhi syarat- syarat tertentu agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pesawat yang melintasi di atasnya. Syarat-syarat tersebut antara lain:

- Permukaan yang rata dan tidak bergelombang
- Permukaan yang cukup kaku sehingga tidak mengalami perubahan akibat beban yang bekerja di atasnya.
- Permukaan yang cukup pesak sehingga memberikan gesekan yang baik antar roda pesawat dan permukaan landasan.

Disamping itu, dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, konstruksi harus memenuhi syarat-syarat ketebalan yang cukup dan mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke tanah dasar, kedap air, permukaan yang mudah mengalirkan air dan kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

2.7.1 Perkerasan Metode CBR (*California Bearing Ratio*)

Pada sejarah singkatnya, metode CBR pertama kali digunakan oleh *California Division of Highway* yaitu badan pengembangan jalan milik pemerintah negara bagian California di Amerika serikat. Metode ini adalah berdasarkan atas investigasi kekuatan daya dukung tanah dasar. Investigasi ini meliputi 3 jenis utama kegagalan yang terjadi pada perkerasan, yaitu : (1) pergeseran lateral material pada lapisan pondasi akibat adanya penyerapan air oleh lapisan perkerasan, (2) penurunan yang terjadi pada lapisan di bawah perkerasan, dan (3) lendutan yang berlebihan pada perkerasan akibat adanya beban yang berkerja.

Metode ini bertujuan untuk mendesain suatu perkerasan yang kokoh yang dibuat dari bahan-bahan material yang dipersiapkan. Sehingga untuk memprediksi karakter atau sifat material yang akan digunakan untuk perkerasan maka pada tahun 1929 diperkenalkan suatu test uji bahan yang disebut test uji CBR (*California Bearing Ratio*). Uji CBR dilakukan pada banyak jenis material

yang dianggap representatif terhadap material yang akan digunakan untuk bahan pondasi.

CBR adalah persentase perbandingan antara kuat penetrasi suatu material uji terhadap kuat penetrasi bahan standar berupa batu pecah yang memiliki CBR 100 persen. Kemudian karena metode ini memiliki prosedur yang sederhana, korps insinyur dari Angkatan Darat Amerika Serikat mengadopsi metode ini untuk mendesain perkerasan lapangan udara dan jalan raya untuk kebutuhan yang mendadak pada saat Perang Dunia II. Adapun parameter dalam menghitung perkerasan *runway* untuk metode CBR adalah sebagai berikut:

2.7.1.1 Tanah Dasar

Sampel tanah dasar untuk pengujian CBR diuji dalam laboratorium untuk menentukan nilai CBR. Pengujian dilakukan dengan melakukan pemadatan dengan kadar air tertentu. Dalam penentuan nilai CBR, apabila pada tiap area yang dari sampel tanah didapat nilai CBR yang berbeda, maka perencanaan tebal perkerasan ditentukan berbeda-beda sesuai dengan nilai CBR dari tanah pada area tersebut.

2.7.1.2 Menentukan *Equivalent Single Wheel Load* (*ESWL*)

ESWL adalah nilai yang menunjukkan beban roda tunggal yang akan menghasilkan respon dari struktur perkerasan pada satu titik tertentu di dalam struktur perkerasan, dimana besarnya sama dengan beban yang dipikul pada titik roda pendaratan.

$$\text{Log}(\text{ESWL}) = \text{Log Pd} + \frac{0,31 \log(2xd)}{\log\left(\frac{2Xz}{d}\right)}$$

Pd = Beban yang diterima oleh roda = MTOW x %sumbu utama / jumlah roda

D = Jarak sisi terdekat antar kedua roda

Z = Jarak antara roda depan dan belakang

2.7.1.3 Menentukan Tebal Perkerasan

Metode ini dikembangkan berdasarkan teori yang telah diteliti dan pendekatan empiris. Untuk mendapatkan tebal perkerasan total, metode ini memberikan persamaan sebagai berikut :

$$t = \sqrt{ESWL \times \left[\frac{1}{8,1 \times CBR} - \frac{1}{p \times 3,14} \right]}$$

dimana : t = Tebal perkerasan yang dibutuhkan (inci)

ESWL = *Equivalent Single Wheel Load*

P = Tekanan udara pada roda (psi)

2.7.2 Perkerasan Metode FAA (*Federal Aviation Administration*)

Federal Aviation Administration (FAA) adalah metode yang pada dasarnya menggunakan analisa statistik perbandingan kondisi lokal dari tanah dan cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban, dimana topografi jenis-jenis lapisan tanah serta evaluasi air tanah akan sangat berpengaruh terhadap kondisi yang dihadapi di lapangan, tetapi dalam hal merencanakan tebal perkerasan landasam pacu suatu bandar udara metode ini juga sangat memperhatikan *annual departure* (tingkat keberangkatan tahunan pesawat) dari pesawat yang akan direncanakan pada perencanaan suatu perkerasan bandar udara.

2.7.2.1 Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat

Pada metode FAA juga menghitung jumlah keberangkatan pesawat seperti menghitung banyaknya lalu-lintas pesawat yang mencakup data keberangkatan dan kedatangan pesawat rencana. Dari data yang diperoleh maka dapat ditentukan jumlah lintasan pesawat tahunan yang direncanakan dengan cara mengalikan jumlah penerbangan setiap minggunya dalam satu tahun.

2.7.2.2 Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana yang dipilih sama caranya dengan metode CBR yaitu dengan melihat jenis pesawat yang beroperasi dan besar MSTOW (*Maximum Structural Take Off Weight*) dan data jumlah keberangkatan tiap jenis pesawat yang berangkat tersebut. Pemilihan pesawat rencana ini pada dasarnya bukanlah berasumsi harus berbobot paling besar, tetapi jumlah keberangkatan yang paling banyak melalui landasam pacu yang direncanakan. Pesawat rencana kemudian ditetapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar.

2.7.2.3 Menentukan *Single Gear Depacture* (R2)

Tipe roda pendaratan berlainan untuk tiap-tiap jenis pesawat, maka perlu dikonversikan pula.

Tabel 2.8 Faktor Konversi Roda Pesawat

Konversi dari	Ke	Faktor pengali
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	0,80
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,50
<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,60
<i>Double Dual Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	1,00
<i>Dual Tandem</i>	<i>Single Wheel</i>	2,00
<i>Dual Tandem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1,70
<i>Dual Wheel</i>	<i>Single Wheel</i>	1,30

Sumber : FAA AC 150/5320-6D

Tipe roda pendaratan menentukan bagaimana berat pesawat dibagi bebannya kepada roda-roda dan diteruskan ke perkerasan, selanjutnya menentukan berapa tebal perkerasan yang mampu melayani berat seluruh pesawat tersebut. Untuk mengetahui tipe roda pendaratan suatu pesawat, dapat dilihat dari Tabel 2.11

Tabel 2.9 Tipe Roda Pesawat

<i>Design Aircraft</i>	<i>Design Load Range</i>	
	Lbs	Kg
<i>Single Wheel</i>	30.000 - 50.000	13.600 - 22.700
	50.000 - 75.000	22.700 - 34.000
<i>Dual Wheel</i>	50.000 - 100.000	22.700 - 45.000
	100.000 - 200.000	45.000 - 90.700
<i>Dual Tandem</i>	100.000 - 250.000	90.700 - 113.400

Sumber : FAA AC 150/5320-6D

2.7.2.4 Menentukan Beban Roda Setiap Pesawat (W2)

Untuk pesawat yang berbadan lebar yang dianggap mempunyai MTOW cukup tinggi dengan roda pendaratan utama tunggal dalam perhitungan *Equivalent Annual Deparure* (R1) ditentukan beban roda tiap pesawat 95% berat total dari pesawat ditopang oleh roda pendaratan utama, dalam perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$W2 = P \times MSTOW \times \frac{1}{n}$$

Dimana :

W2 = Beban roda pendaratan

MSTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas

n = Jumlah roda

2.7.2.5 Menghitung Beban Roda dari Pesawat Rencana (W1)

Untuk menghitung beban roda pesawat rencana (R1) digunakan rumus yang hampir sama dengan rumus untuk menentukan beban roda setiap pesawat yaitu:

$$W1 = P \times MSTOW \times \frac{1}{n}$$

Dimana :

W1 = Beban roda pendaratan rencana

MSTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas

n = Jumlah roda

2.7.2.6 Menentukan Keberangkatan Tahunan *Equivalent Annual Departure* (R1)

Didalam rancangan lalu lintas pesawat, perkerasan harus melayani beragam macam pesawat yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda dan berlainan beratnya. Pengaruh dari semua model harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *equivalent annual departure* dari berbagai macam pesawat tersebut.

Rumus konversinya (FAA AC 150/5320-6D, 1995:25):

$$\text{Log}R1 = \text{log} R2 \left(\frac{W2}{W1} \right)^{0.5}$$

R1 = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana

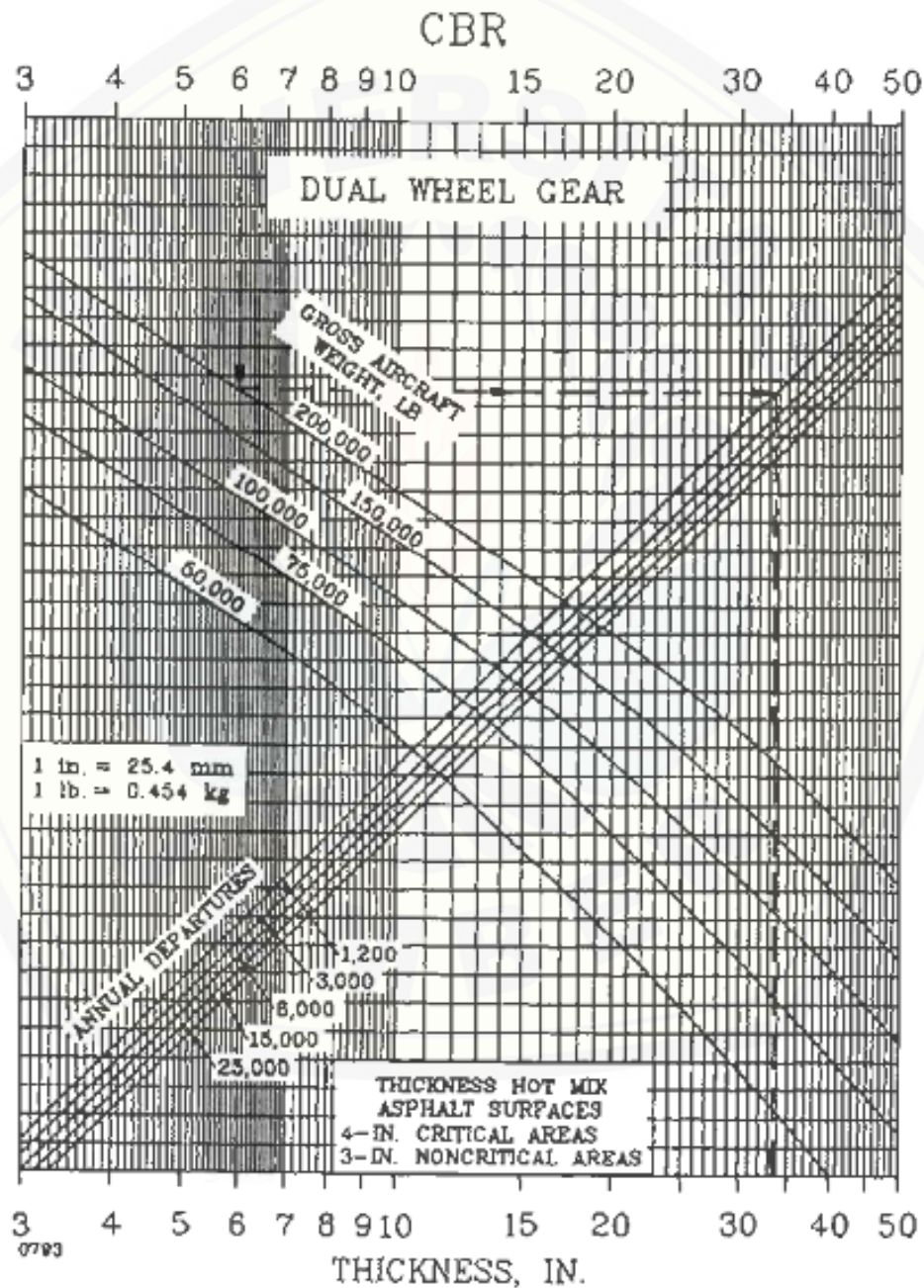
R2 = *Annual Departure* pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana

W1 = Beban roda dari pesawat rencana

W2 = Beban roda dari pesawat yang dinyatakan

2.7.2.7 Menentukan Tebal Perkerasan

Untuk menentukan tebal perkerasan digunakan grafik yang menghubungkan besarnya nilai CBR tanah dasar dengan MSTOW (*Maximum Structural Take Off Weight*) dan banyaknya keberangkatan tahunan (*Equivalent Annual Departure*).



Gambar 2.20 Grafik CBR (FAA AC 150/5320-6D)

2.7.3 Perkerasan Metode LCN (*Load Classification Number*)

Metode *Load Classification Number* (LCN) adalah metode perencanaan perkerasan dan evaluasi, merupakan formulasi dari *Air Ministry Directorat General of Work*, Inggris dan dewasa ini telah diakui oleh ICAO. Dalam prosedurnya kapasitas daya dukung perkerasan dinyatakan dalam angka LCN.

Seperti halnya ESWL, setiap pesawat dapat dinyatakan dalam LCN, dimana angka-angka LCN tergantung kepada geometri roda pendaratan, tekanan roda pesawat dan komposisi dari tebal perkerasan (Basuki, 1986).

ICAO (*International Civil Aviation Organization*) menggunakan sistem penggolongan perkerasan untuk menentukan kekuatan perkerasan suatu bandar udara berguna untuk menentukan kelayakan suatu perkerasan melayani pesawat dengan tipe tertentu sesuai dengan daya dukung perkerasan tersebut.

LCN (*Load Classification Number*) adalah nilai yang menunjukkan beban tertentu dari pesawat yang harus dipikul suatu sistem perkerasan bandara. LCN adalah angka yang menunjukkan kekuatan dukung tanah dasar bandar udara terhadap pesawat yang boleh beroperasi di bandara tersebut. Maka bila angka LCN perkerasan lapangan terbang lebih besar dari pada LCN pesawat, maka dapat disimpulkan pesawat dapat mendarat di lapangan terbang tersebut dengan selamat.

Bermacam-macam tipe perkerasan *rigid* dan *flexible* telah diuji memakai *test bearing plate* dengan rentang kontak area dari 200-700 in² yang mewakili pesawat-pesawat yang beroperasi di dunia saat ini. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada rentang kontak area itu, perkerasan *rigid* dan *flexible* mempunyai karakteristik beban penurunan yang mirip.

2.7.3.1 *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL)

ESWL adalah nilai yang menunjukkan beban roda tunggal yang akan menghasilkan respon dari struktur perkerasan pada satu titik tertentu di dalam struktur perkerasan, dimana besarnya sama dengan beban yang dipikul pada titik roda pendaratan. Dalam penentuan nilai ESWL biasanya prosedur perhitungannya berdasarkan tegangan vertikal, lendutan dan regangan.

2.7.3.2 Garis Kontak Area Pesawat

Beban runtuh pada perkerasan *flexible* diartikan sebagai beban yang menyebabkan perkerasan turun secara progresif tanpa penambahan beban. Garis kontak area pesawat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = \frac{ESWL}{p}$$

Dimana :

K = Kontak area pesawat (lbs/psi)

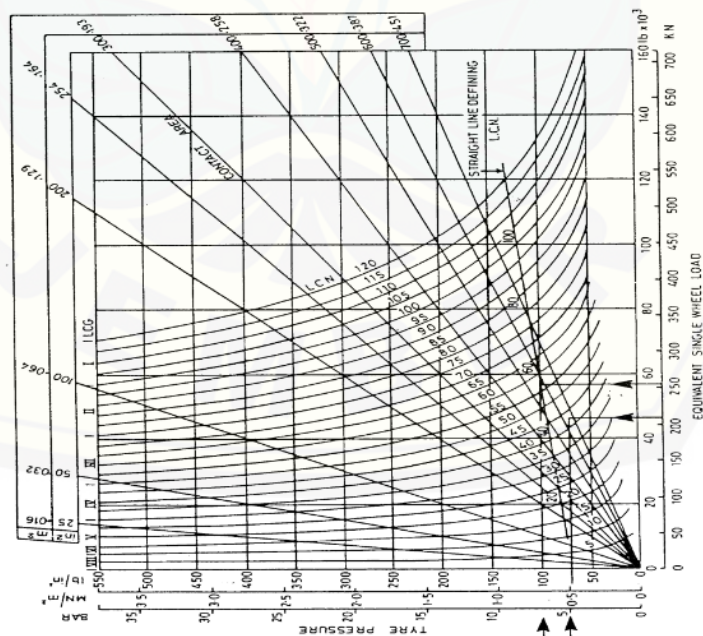
ESWL = *Equivalent Single Wheel Load*

P = Tekanan udara pada roda (psi)

2.7.3.3 Menentukan Tebal Perkerasan

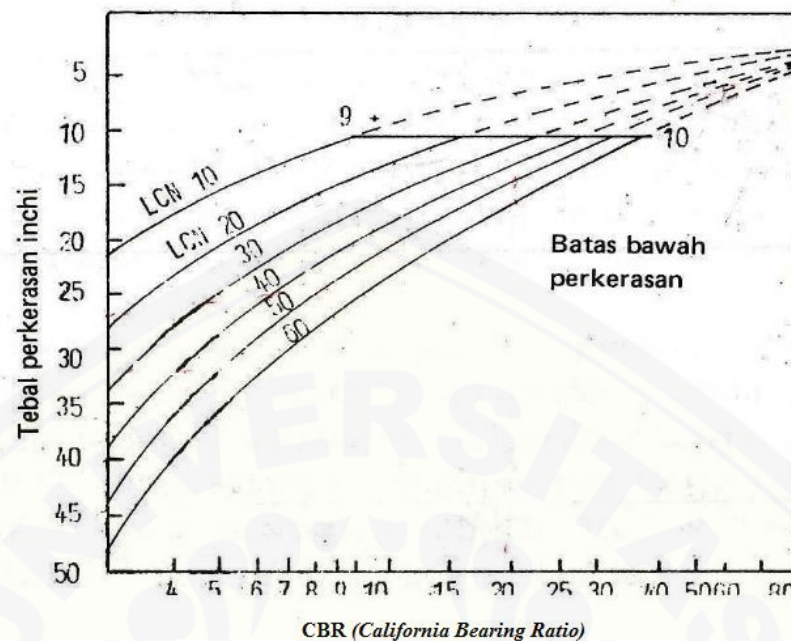
Perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh LCN ini adalah perencanaan untuk masa umur rencana, dimana selama masa layan tersebut harus tetap dilakukan pemeliharaan secara berkala.

Beban lalu-lintas pesawat pada umumnya akan disebarakan pada daerah lateral dari permukaan perkerasan selama operasional. Oleh karena itu LCN juga memperbolehkan perubahan tebal perkerasan pada permukaan yang berbeda-beda



Grafik 3.2 *Load Classification Number* untuk perencanaan perkerasan flexible

Gambar 2.21 Grafik LCN (Horonjeff,1993)



Gambar 2.22 Grafik Tebal Perkerasan LCN (Basuki, 1986)

2.8 Material Perkerasan

Menurut Basuki, (1986) dalam buku ”Merancang Merencanakan Lapangan Terbang”, perkerasan *flexible* adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat *elastis*, maksudnya adalah perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. Adapun struktur lapisan perkerasan lentur sebagai berikut :

1. Tanah dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar (*sub grade*) pada perencanaan tebal perkerasan akan menentukan kualitas konstruksi perkerasan sehingga sifat-sifat tanah dasar menentukan kekuatan dan keawetan konstruksi landasan pacu.

Banyak metode yang dipergunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, dari cara yang sederhana sampai kepada cara yang rumit seperti CBR (*California Bearing Ratio*), MR (*Resilient Modulus*), dan K (*Modulus Reaksi Tanah Dasar*). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal lapisan perkerasan ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan CBR.

Penentuan daya dukung tanah dasar berdasarkan evaluasi hasil pemeriksaan laboratorium tidak dapat mencakup secara detail (tempat demi tempat), sifat – sifat daya dukung tanah dasar sepanjang suatu bagian jalan. Koreksi–koreksi perlu dilakukan baik dalam tahap perencanaan detail maupun tahap pelaksanaan, disesuaikan dengan kondisi tempat. Koreksi–koreksi semacam ini akan di berikan pada gambar rencana atau dalam spesifikasi pelaksanaan.

Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d. Lendutan dan lendutan selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*Granular Soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

2. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*) adalah bagian dari konstruksi perkerasan landasan pacu yang terletak di antara tanah dasar (*Sub Grade*) dan lapisan pondasi atas (*Base Course*). Menurut Horonjeff dan McKelvey, (1993) fungsi lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan yang telah mendukung dan menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang murah agar lapisan – lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi atas.

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Coarse*)

Lapisan pondasi atas (*Base Coarse*) adalah bagian dari perkerasan landasan pacu yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Fungsi lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapisan dibawahnya.
 - b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Bantalan terhadap lapisan pondasi bawah.
- ### 4. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan yang terletak paling atas. Lapisan ini berfungsi sebagai berikut :

- a. apisan perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya.
- c. Lapisan aus (*Wearing Course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah, sehingga lapisan bawah yang memikul daya dukung lebih kecil akan menerima beban yang kecil juga.

Penggunaan lapisan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, di samping itu bahan aspal sendiri memberikan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan perlu dipertimbangkan kegunaanya, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar tercapai manfaat yang sebesar – besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Maka material-material yang digunakan dalam struktur perkerasan *runway* bandar udara adalah sebagai berikut:

- Lapis permukaan (*Surface Course*) digunakan aspal beton sebagai item P-401 (*Asphalt Concrete*)

- Lapis pondasi atas (*Base Coarse*) digunakan beberapa item yaitu:
 - a. Item P-208 (*Aggregate Base Course*)
 - b. Item P-209 (*Crushed Agregate Base Course*)
 - c. Item P-211 (*Lime Rock Base Course*)
 - d. Item P-304 (*Cement Treated Base Course*)
 - e. Item P-306 (*Econocrete Subbase Course*)
- Lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*) digunakan beberapa item yaitu:
 - a. Item P-154 (*Subbase Course*)
 - b. Item P-210 (*Caliche Base Course*)
 - c. Item P-212 (*Shell Base Course*)
 - d. Item P-213 (*Sand Clay Base Course*)
 - e. Item P-301 (*Soil Cement Base Course*)

Untuk semua item material perkerasan diatas berdasarkan FAA,(2009)

Tabel 2.10 Faktor *Equivalent* untuk Bahan yang Digunakan

Bahan	Faktor <i>Equivalent</i>
P-401 (<i>Asphalt Concrete</i>)	1,7 – 2,3
P-201 (<i>Bituminous Base Course</i>)	1,7 – 2,3
P-215 (<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>)	1,5 – 1,7
P-216 (<i>Mixed In-Place Base Course</i>)	1,5 – 1,7
P-304 (<i>Cement Treadted Base Course</i>)	1,6 – 2,3
P-301 (<i>Soil Cement Base Course</i>)	1,5 – 2,0
P-209 (<i>Crushed Agregate Base Course</i>)	1,4 – 2,0
P-154 (<i>Subbase Course</i>)	1,0

Sumber: Basuki, (1986)

2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya dihitung agar dapat mengetahui perkiraan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk proyek perpanjangan landasan pacu (*runway*), perluasan *apron*, dan perluasan *taxiway* tersebut. Dalam menghitung rencana anggaran biaya terdapat beberapa komponen perhitungan yaitu besarnya volume pekerjaan dan analisa harga satuan. Analisa harga satuan meliputi: harga

upah pekerja, harga bahan material, harga sewa peralatan, biaya *overhead* dan biaya lain-lain.

Untuk menghitung rencana anggaran biaya perpanjangan landasan pacu (*runway*), perluasan *apron*, dan perluasan *taxiway* ini digunakan rumus sebagai berikut:

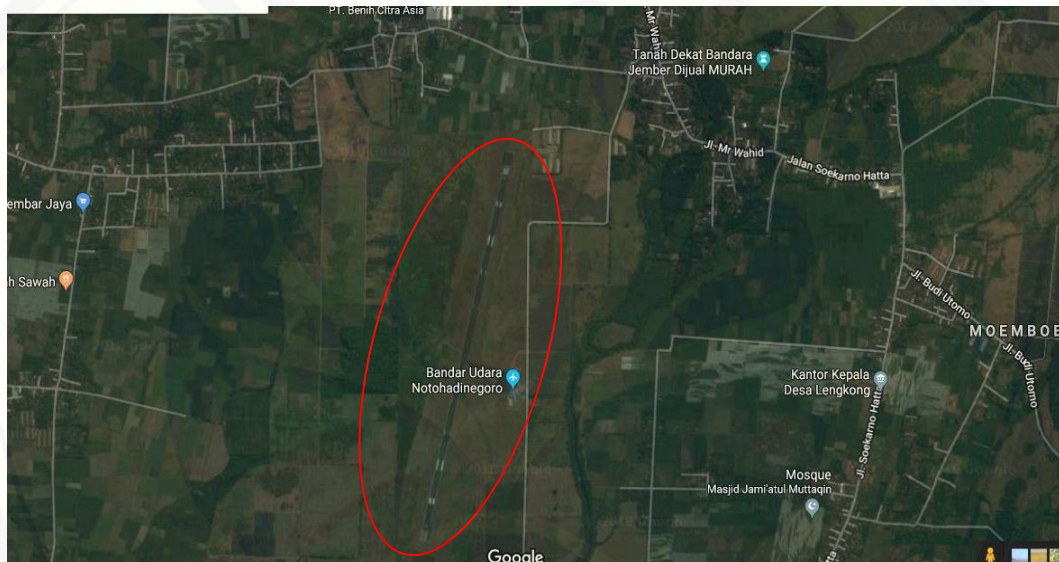
Anggaran biaya = Volume pekerjaan X Harga satuan pekerjaan



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Survei dilapangan dilakukan sejak tanggal 16 Agustus 2018 sampai selesai. Survei dilakukan dengan melihat kondisi *existing runway* bandar udara dan pengambilan data terkait karakteristik bandara. Lokasi penelitian berada di Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember yang terletak di Desa Worowongso, Kecamatan Ajung Kabupaten Jember.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bandar Udara Notohadinegoro

3.2 Metodologi Perhitungan

Perhitungan data akan dilakukan dengan menggunakan metode dari Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 39 Tahun 2015 tentang *Manual Of Standart Aerodrome 139* untuk menghitung perpanjangan *runway*, perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* rencana. Lalu dilanjutkan dengan menggunakan tiga metode yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*), metode CBR (*California Devision of Highway*) dan metode LCN (*Load*

Classification Number) untuk menghitung tebal perkerasan perpanjangan *runway* rencana. Dan yang terakhir perhitungan dengan menggunakan analisa harga satuan tahun 2018 Kabupaten Jember untuk mengetahui perkiraan rencana anggaran biaya termurah dalam pembangunan perpanjangan landasan pacu (*runway*,) perluasan *apron* dan perluasan *taxiway*.

Perhitungan dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya tahap persiapan survei lapangan, tahap pengumpulan data, dan tahap perhitungan secara teoritis berdasarkan 10 tahun umur rencana bandara.

3.2.1 Persiapan Survei Lapangan

Sebelum kelapangan, dilakukan tahap persiapan survei yaitu dengan membuat daftar *check list* persiapan alat dan bahan untuk melakukan survei lapangan. Data hasil survei lapangan ini yang akan dijadikan sebagai acuan untuk melakukan perhitungan secara teoritis di tahap selanjutnya yaitu menghitung perpanjangan landasan pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway*. Serta menghitung tebal perkerasan dan rencana anggaran biaya yang akan dikeluarkan.

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data

Agar perencanaan perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan data yang sesuai dengan kondisi *runway* pada saat yang sesungguhnya, data tersebut kemudian akan di analisis dan diolah sesuai dengan teori yang ada. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

- ✓ Mendapatkan data dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah dari instansi yang terkait.
- ✓ Mendapatkan data dengan cara survei langsung ke lokasi, dengan cara ini akan mengetahui kondisi *existing* dilapangan yang sesungguhnya.

Pengumpulan data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data sekunder yang meliputi:

1. Data AIP (*Aeronautical Information Publication*)

Data AIP (*Aeronautical Information Publication*) adalah data yang didapat dari UPT Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember, adapun data tersebut berisi informasi bandar udara yang terdiri dari:

a. Diagram Bandar Udara.

Diagram bandar udara yang disediakan untuk menggambarkan, sesuai dengan yang diperlukan:

- Tata letak *runway*, *taxiway* dan *apron*;
- Sifat dari permukaan *runway*;
- Nomor dan panjang *runway*;
- Lokasi titik referensi *aerodrome*;
- Arah dan jarak kota terdekat;
- Lokasi bangunan terminal; dan

b. Operasi Bandar Udara.

Nama, alamat, nomor telepon dan faksimili operator bandar udara; termasuk bagaimana cara menghubungi pada saat di luar jam kerja;

c. Lokasi Bandar Udara

- Nama Bandar Udara;
- Nomor *World Aeronautical Chart*;
- *Latitude* dan *longitude*, didasarkan pada titik referensi Bandar Udara; (koordinat geografis dalam derajat, menit, dan detik) dan lokasinya;
- Elevasi Bandar Udara; hingga ke kaki terdekat, dan suhu referensi (tertinggi);
- Variasi magnetik hingga derajat terdekat, tanggal informasi dan perubahan tahunan;
- Indikator kode lokasi bandar udara,

d. Daerah pergerakan

- Nomor kode referensi bandar udara;

- Panjang dan jenis permukaan *runway*
- Tingkat kekuatan perkerasan *runway*
- Lebar *runway* dan *runway strip*;
- Kemiringan *runway* dan *stopway* terkait;
- *Runway declared distances*;

e. Alat bantu navigasi. Rincian alat bantu navigasi yang disediakan oleh operator bandar udara.

2. Data Penumpang

Data penumpang didapatkan dari UPT Bandar Udara Notohadinegoro. Data penumpang berisi tentang informasi jumlah penumpang dalam bulanan sejak Bandar Udara Notohadinegoro beroperasi yaitu pada tahun 2014. Data penumpang digunakan dalam *forecasting* permintaan penerbangan dimasa depan.

3. Data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah data yang berisi tentang informasi besarnya produk domestik bruto suatu daerah. Data produk domestik bruto ini digunakan sebagai data variabel bebas dalam *forecasting* permintaan penerbangan pengguna pesawat dimasa depan. Data ini didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember.

4. Data Analisa Harga Satuan Kabupaten Jember Tahun 2018

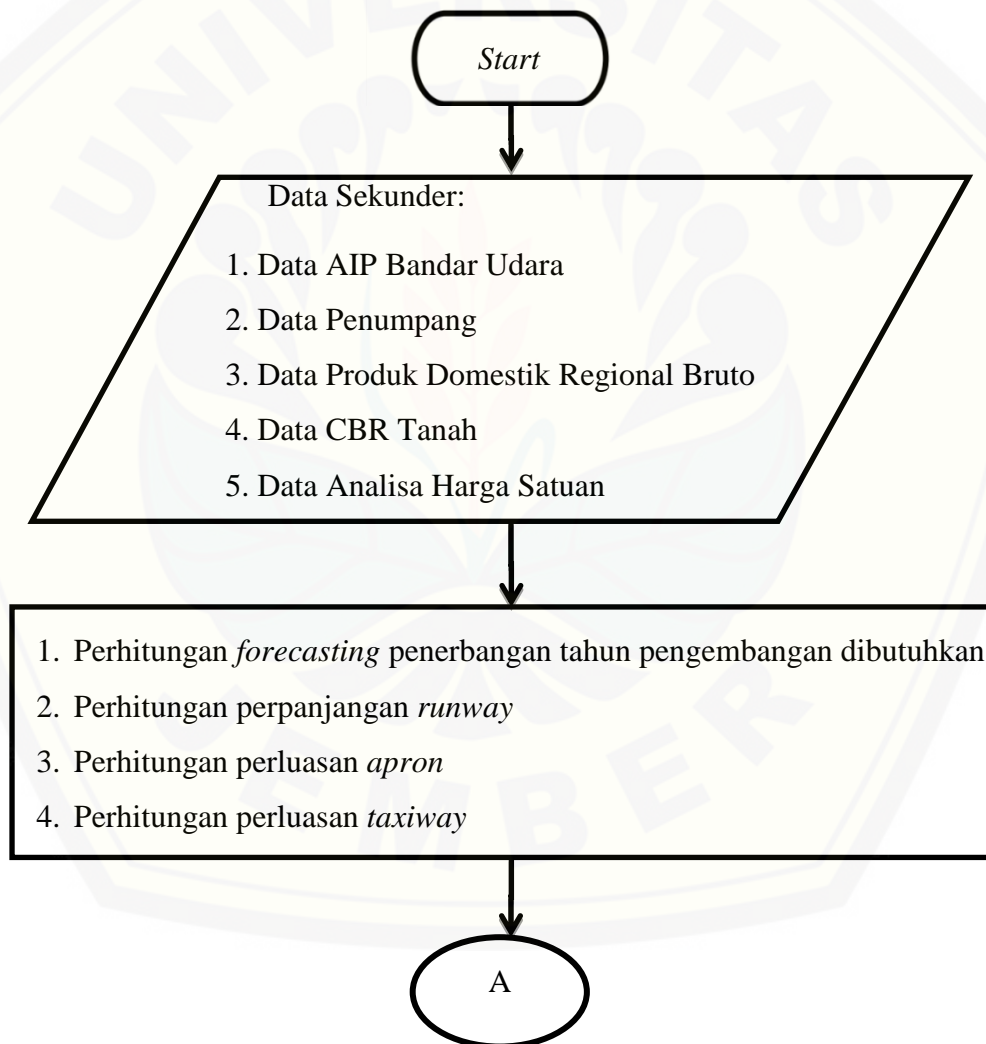
Data analisa harga satuan Kabupaten Jember Tahun 2018 ini didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jember. Data analisa harga satuan digunakan dalam menghitung besarnya perkiraan biaya yang harus dikeluarkan dalam membangun perpanjangan landas pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* tersebut.

5. Data CBR Tanah Dasar

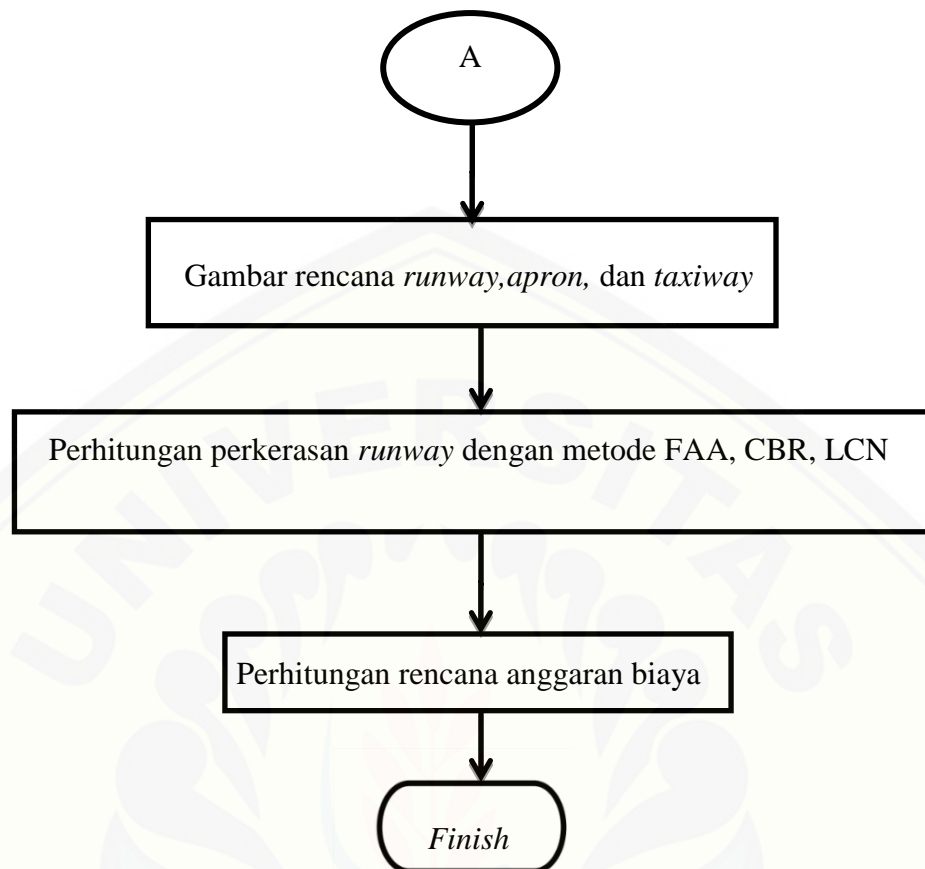
Data CBR tanah dasar dan data struktur material perkerasan tahun terakhir didapatkan dari sitasi hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dewi,G.S (2016) .

3.2.3 Hasil akhir dan Pembahasan

Hasil akhir dalam penelitian ini berupa data-data perencanaan perhitungan perpanjangan landasan pacu (*runway*), perluasan *apron* dan perluasan *taxiway* termasuk juga di dalamnya gambar detail desain *layout runway*, *apron* dan *taxiway* gambar tebal perkerasan dari tiap-tiap metode yaitu metode FAA, metode CBR, dan metode LCN serta perhitungan perkiraan rencana anggaran biaya yang harus dikeluarkan. *Flowchart* dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 *Flowchart* Penelitian

Gambar 3.3 Lanjutan *Flowchart* Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil *forecasting* menunjukkan bahwa pada tahun 2024 Bandar Udara Notohadinegoro perlu dilakukan pengembangan, karena kapasitas pelayanan kursi penumpang tidak mencukupi untuk memenuhi jumlah permintaan masyarakat.
2. Pesawat rencana yang digunakan adalah pesawat jenis Boeing 737-900ER sehingga kebutuhan perencanaan dimensi pengembangan *runway* sebesar 2683,02 m x 45 m, *apron* 125,37 m x 71,1 m dan *taxiway* yang tidak perlu dilakukan pengembangan.
3. Perbandingan tebal perkerasan struktural total yang dihasilkan dari metode CBR adalah 111 cm, metode FAA adalah 71,1 cm, dan metode LCN adalah sebesar 60,96 cm.
4. Estimasi perencanaan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam membangun pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro dengan biaya terendah dari metode LCN adalah sebesar Rp 82.321.731.141.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis perencanaan pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sebaiknya pembangunan pengembangan *runway* harus memenuhi kriteria yang telah diisyaratkan yaitu sebesar 2683,02 m meskipun dalam pembangunannya dilakukan secara bertahap.
2. Dalam pembangunan pengembangan bandar udara sebaiknya fasilitas sisi darat juga ikut dilakukan pengembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Advisory Circular AC 150/5300-13.2005. *Airport Design*. FAA
- Advisory Circular AC 150/5320-6D.2005. *Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA
- Badan Perencana Pembangunan Daerah. 2017. *Masterplan Pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro*. Jember: Badan Perencana Pembangunan Daerah.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. 2018. *Data Produk Domestik Regional Bruto*. Jember: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember.
- Dewi,G.S. 2016. *Penembangan Fasilitas Sisi Udara Banar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.
- Dinas Pekerjaan Umum. 2018. *Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kabupaten Jember*. Jember: Dinas Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2003. *Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan/ Perancangan Landasan Pacu, Taxiway, Apron Pada Bandar Udara*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2015. *Standart Manual Bagian 139 Aerodrome*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Horonjeff, Robert dan McKelvey, Francis X. 1993. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid 1*. Edisi Ketiga. Erlangga: Jakarta.
- Moetriono, Hary. 2012. *Analisis Perpanjangan Landas Pacu (Runway) dan Komparasi Biaya Tebal Perkerasan*. Surabaya: Universitas Tujuh Belas Agustus.
- Sartono,W.dkk. 2017. *Bandar Udara*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Undang-undang Republik Indonesia. 2009. *Penerbangan*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- UPT Bandar Udara Notohadinegoro. 2016. *Data Teknis Bandar Udara dan Data Penumpang 2014-2018*. Jember: UPT Bandar Udara Notohadinegoro.