

ANALISIS PERPANJANGAN LANDAS PACU (*RUNWAY*) DAN KOMPARASI BIAYA TEBAL PERKERASAN (Studi Kasus pada Bandar Udara Abdurachman Saleh Malang)

Hary Moettriono¹, Suharno²

¹Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: hary_moettriono@yahoo.com

²Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Abstrak

Runway merupakan elemen kunci infrastruktur bandar udara. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan yang matang untuk mempertahankan fungsi dari fasilitas bandara tersebut selama umur rencana. Beberapa metode perencanaan perkerasan struktural yang paling banyak digunakan meliputi metode US Corporation Of Engineer yang lebih dikenal dengan metode CBR, metode FAA (*Federal Aviation Administration*), metode LCN dari Inggris, metode *Asphalt Institute* dan metode *Canadian Departement Of Transportation*. Akan tetapi tidak semua metode yang ada layak digunakan untuk setiap kondisi, karena itu perlu dilakukan analisa dan kajian yang seksama mengenai biaya yang berpengaruh pada keuntungan dan kerugian atau akurasi dari masing-masing metode tersebut sesuai dengan kondisi Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) mengetahui panjang runway optimal yang dibutuhkan pada perencanaan Bandara Abdurachman Saleh Malang .2) mengetahui tebal perkerasan perpanjangan runway yang dibutuhkan dengan menggunakan metode CBR,FAA dan LCN 3) mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk membangun perpanjangan runway. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskripsi analisis. Dari penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan 1) Panjang runway pesawat kritis Air Bus A319 setelah dikoreksi terhadap elevasi, suhu, dan slope berdasarkan *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) adalah 2528 m, 2) Tebal perkerasan struktural total runway yang dihasilkan dari metode CBR adalah 68 cm, metode FAA adalah 68 cm sedangkan metode LCN adalah 73 cm karena perbedaan dari metode CBR, FAA dan LCN adalah tebal perkerasan yang berbeda karena dari segi parameter yang digunakan dimana metode CBR, dan LCN hanya berdasarkan pesawat rencana saja sedangkan metode FAA berdasarkan lalu lintas pesawat campuran. 3) Estimasi biaya pembangunan perpanjangan runway dari hasil perhitungan perkerasan lentur dengan metode CBR, FAA dan LCN diperoleh biaya terendah memakai metode perkerasan lentur FAA yaitu Rp. 4.212.004.400 rupiah

Kata kunci : Runway, Perkerasan, Biaya

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara berkembang di dunia yang kurang lebih wilayahnya merupakan perairan. Oleh karena itu bandara udara merupakan sarana terpenting dalam transportasi udara untuk kepentingan perhubungan baik antar pulau maupun antar negara. Jenis transportasi yang sangat memadai untuk jarak jauh, antar pulau ataupun antar daerah adalah transportasi udara dan transportasi laut.

Bandara Abdurachman Saleh Malang merupakan bandara yang berada ditengah kota, karena keberadaannya ditengah kota, maka sangat mengganggu masyarakat di

sekitar dan pertumbuhan kota tersebut. Oleh karena itu diperlukan bandara baru yang tidak mengganggu pertumbuhan kota Malang. Dengan kondisi Pesawat terbang merupakan alat transportasi yang paling modern pada saat ini dibandingkan dengan moda transportasi lainnya, dalam merencanakan lapangan terbang harus memperhitungkan perkembangan ukuran pesawat terbang dikarenakan teknologi pesawat terbang yang selalu berkembang *Runway* merupakan elemen kunci infrastruktur bandar udara. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan yang matang untuk mempertahankan fungsi dari fasilitas bandara tersebut selama umur rencana. Dalam perencanaan runway pada bandar udara, dibutuhkan data-data mengenai

karakteristik suatu pesawat yang akan beroperasi di bandar udara itu, data pergerakan lalu-lintas pesawat dan kondisi alam serta geografis lokasi bandar udara. Beberapa metode perencanaan perkerasan struktural yang paling banyak digunakan meliputi metode US Corporation Of Engineer yang lebih dikenal dengan metode CBR, metode FAA (*Federal Aviation Administration*), metode LCN dari Inggris, metode *Asphalt Institute* dan metode *Canadian Departement Of Transportation*. Akan tetapi tidak semua metode yang ada layak digunakan untuk setiap kondisi, karena itu perlu dilakukan analisa dan kajian yang seksama mengenai keuntungan dan kerugian atau akurasi dari masing-masing metode tersebut sesuai dengan kondisi Indonesia (Basuki, 1986).

Saat ini Bandara Abdulrachman Saleh Malang memiliki panjang runway sekitar 2.250 m. Kondisi ini mengharuskan pihak manajemen bandara melalui Pemerintah Provinsi Jawa Timur untuk menambah panjang runway tersebut apabila akan menggunakan bandara tersebut sebagai bandara internasional. Melalui penelitian analisis perpanjangan runway pada Bandar Udara Abdulrachman Saleh ini diharapkan masalah perpanjangan runway yang dibutuhkan akan diketahui.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapakah panjang runway optimal yang dibutuhkan pada perencanaan Bandara Abdulrachman Saleh Malang?
2. Berapakah tebal perkerasan perpanjangan runway yang dibutuhkan dengan menggunakan metode CBR, FAA dan LCN ?
3. Manakah biaya termurah yang dibutuhkan untuk membangun perpanjangan runway tersebut dari metode CBR, FAA dan LCN?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui panjang runway optimal yang dibutuhkan pada perencanaan Bandara Abdulrachman Saleh Malang

2. Mengetahui tebal perkerasan perpanjangan runway yang dibutuhkan dengan menggunakan metode CBR, FAA dan LCN
3. Mengetahui biaya termurah yang dibutuhkan untuk membangun perpanjangan runway tersebut dari metode CBR, FAA dan LCN.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Aditya Imam, 2004. Karya ilmiahnya Perencanaan tebal perkerasan Runway dan Taxiway bandara Kuala Namu, Deli Serdang Sumatera Utara. Bandara udara merupakan faktor pendukung bagi perkembangan dalam segi ekonomi, sosial, budaya, dan industri. Sedangkan bandara yang ada saat ini di kota Medan sungguh tidak memadai untuk perkembangan kota serta infrastrukturnya, dikarenakan bandara Polonia Medan berada di tengah kota. Oleh karena itu kota Medan membutuhkan pembangunan bandara baru yang bertaraf kelas internasional, sehingga dapat menunjang pertumbuhan perekonomian kota medan sehingga bisa berkembang dan mengurangi kebisingan, dan dengan kondisi bandara yang bertaraf kelas internasional ini pesawat ukuran besar seperti B-747-400 dapat mengangkut beban penuh. Dimana bandara baru ini akan dibangun didaerah Deli Serdang – Sumatra Utara yaitu Bandara Kuala Namu. Perencanaan tebal perkerasan runway dan taxiway Bandara Kuala Namu, Deli Serdang-Sumatra Utara menggunakan metode Federal Aviation Administration (FAA), menganalisa arah runway, dan merencanakan daya dukun tanah dengan menggunakan PVD.

Dengan analisa yang dilakukan didapatkan bahwa perencanaan tebal perkerasan runway dan taxiway dengan metode FAA didapat tebal kritis = 109,63 cm dan non kritis = 97,65cm. Untuk analisa arah runway pada bandara Kuala

Namun, arah runway yang yang ditentukan dengan angin dominan mengarah ke arah timur laut. Dan untuk daya dukung tanah, penggunaan PVD menggunakan pola segi empat dengan dimensi 10 x 0,3cm²

Dari hasil penelitian terdahulu ditemukan persamaan dan perbedaan terutama pada model yang dipergunakan. Pada penelitian terdahulu diatas semua menggunakan metode FAA saja, sedangkan penggunaan metode dalam penelitian ini adalah metode CBR, FAA dan LCN. Perbedaan yang lain adalah lokasi penelitian dan bahasan mengenai analisa rancangan biaya. Untuk metode penelitian sama-sama menggunakan analisa deskriptif kuantitatif, jadi penelitian ini layak dilaksanakan.

2.2 Definisi Bandara Udara

Bandar udara atau bandara merupakan sebuah fasilitas tempat pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Bandar udara yang paling sederhana minimal memiliki sebuah landas pacu namun bandar udara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain, baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi penggunanya.

2.3. Organisasi Penerbangan

Lembaga yang mengatur transportasi udara di Indonesia adalah Direktorat Jendral Perhubungan Udara, Departemen Perhubungan Udara juga menyelenggarakan hubungan antar negara maka diperlukan kesamaan pengaturan dalam penyelenggaraan tersebut. Indonesia telah menjadi anggota *International Civil Aviation Organization (ICAO)* dan *Federal Aviation Administration (FAA)*.

2.4. Fasilitas Bandar Udara

Secara umum fasilitas pada suatu bandara terbagi dalam 3 bagian yaitu; Landing Movement (LM), Terminal Area, dan Terminal *Traffic Control (TCC)*. *Landing movement* merupakan suatu areal

utama dari bandara yang terdiri dari; *runway*, *taxiway* dan *apron*. *Terminal area* adalah merupakan suatu areal utama yang mempunyai *interface* antara lapangan udara dan bagian-bagian dari bandara yang lain. Sehingga dalam hal ini mencakup fasilitas-fasilitas pelayanan penumpang (*passenger handling system*), penanganan barang kiriman (*cargo handling*), perawatan dan administrasi, *Terminal traffic control* merupakan fasilitas pengatur lalu lintas udara dengan berbagai peralatannya seperti sistem radar dan navigasi. Penyelenggaraan Penerbangan memerlukan berbagai macam prasarana penunjang di darat, berupa fasilitas bandar udara yang mencakup fasilitas pokok, utilitis dan penunjang, fasilitas pokok bandar udara terdiri dari : Fasilitas sisi udara (*air side*), Fasilitas sisi darat (*land side*), Fasilitas komunikasi penerbangan, Fasilitas *navigasi* penerbangan dan Fasilitas alat bantu *navigasi* visual,

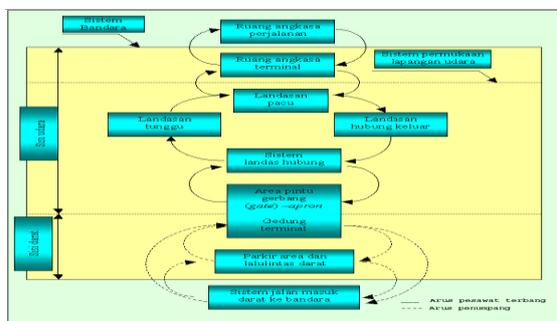
Disamping Fasilitas pokok Bandar udara diperlukan fasilitas utility dan fasilitas penunjang operasional suatu Bandar udara yang terdiri dari : Fasilitas pembangkit tenaga listrik; Fasilitas telepon; Penyediaan air bersih; Tempat pengolahan limbah dan sampah; Hotel; Toko dan Restoran; Parkir Kendaraan; dan Fasilitas umum yang lainnya.

2.5 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Keselamatan hal yang wajib dan utama dalam pembangunan suatu bandar udara maka perlu diadakan dan ditetapkan suatu kawasan yang disebut dengan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (*obstacle limitation surface Icao annex 14 aerodromes*) sangat penting diperlukan untuk mendukung operasi penerbangan yang berfungsi untuk : a) Menjamin Keselamatan dan Keamanan Penerbangan. b) Melindungi masyarakat di sekitar bandar udara terhadap kemungkinan bahaya kecelakaan pesawat udara.

2.6 Fasilitas Pendukung Bandar Udara

Berikut adalah gambar fasilitas pendukung sistem penerbangan pada bandar udara:



(sumber basuki 1984)

Gambar 2.1. Sistem penerbangan

Beberapa istilah kebandarudaraan yang perlu diketahui menurut Basuki, 1996; Sartono, 1996 dan PP No. 70 thn 2001 adalah sebagai berikut: *Airport*, *Building*, *Airfield*, *Aerodrom*, *Aerodrom reference point*, *Landing area*, *Landing strip*, *Runway (r/w)*, *Taxiway (t/w)*, *Apron*, *Holding apron*, *Holding bay*, *Terminal Building*, *Turning area*, *Over run (o/r)*, *Fillet*, dan *Shoulder*.

2.7 Fasilitas Navigasi Penerbangan

Fasilitas ini merupakan suatu instalasi peralatan elektronika di darat, yang akan memberikan pelayanan kepada penerbang untuk mengetahui posisi terbangnya. Dengan tujuan untuk mencapai tingkat keamanan dan keselamatan penerbangan yang tinggi, beberapa peralatan navigasi udara yang tersedia di Indonesia ada, yaitu :
 a. *Non Directional Beacon (NDB)*,
 b. *Very High Frequency Omni Range (VOR)*,
 c. *Distance Measuring Equipment (DME)*,
 d. *Instrument Landing System (ILS)*,
 e. *Radio Detecting and Ranging (RADAR)*,
 f. *Runway Visual Range (RVR)*.

2.8 Konfigurasi Lapangan Terbang

Konfigurasi lapangan terbang adalah jumlah dan arah orientasi dari landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang relatif

terhadap landasan pacu.

2.9 Landasan Pacu (Runway)

Runway adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) dan melakukan lepas landas (*take off*). Menurut Horonjeff (1994), sistem runway terdiri dari terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blast pad*), dan daerah aman runway (*runway end safety area*) diatur sedemikian rupa untuk :

1. Memenuhi persyaratan pemisahan lalu lintas udara.
2. Meminimalisasi gangguan akibat operasional suatu pesawat dengan pesawat lainnya, serta akibat penundaan pendaratan.
3. Memberikan jarak landas hubung yang sependek mungkin dari daerah terminal menuju landasan pacu.
4. Memberikan jumlah landasan hubung yang cukup sehingga pesawat yang mendarat dapat meninggalkan landasan pacu yang secepat mungkin dan mengikuti rute yang paling pendek ke daerah terminal.

Konfigurasi runway ada bermacam macam, dan konfigurasi itu biasanya merupakan kombinasi dari beberapa macam konfigurasi dasar (*basic configuration*). Konfigurasi dasar itu adalah : 1) Landasan Pacu Tunggal 2) Landasan Pacu Paralel 3) Landasan Pacu Dua Jalur 4) Landasan Pacu yang Berpotongan 5) Landasan Pacu V-terbuka



(Sumber : Sandhyavritri dan Taufik, (2005)

Gambar 2.2. Sistem Runway

2.10 Landasan Hubung (Taxiway)

Fungsi utama dari landasan hubung (*taxiway*) adalah untuk memberikan jalan masuk dari landasan pacu ke daerah terminal dan hanggar pemeliharaan atau sebaliknya.

Landasan hubung diatur sedemikian rupa sehingga pesawat yang baru mendarat tidak mengganggu gerakan pesawat yang sedang bergerak perlahan untuk lepas landas. Pada bandar udara yang sibuk dimana pesawat yang akan menuju landasan pacu diduga akan bergerak serentak dalam dua arah, harus disediakan landasan hubung yang sejajar satu sama lain. Pada bandar udara yang sibuk, landasan hubung harus terletak di berbagai tempat di sepanjang landasan pacu, sehingga pesawat yang baru mendarat dapat meninggalkan landasan pacu secepat mungkin sehingga landasan pacu dapat digunakan oleh pesawat yang lain.

2.11 Apron Tunggu (*Holding Apron*)

Apron tunggu yaitu bagian dari bandar udara yang berada didekat ujung landasan yang dipergunakan oleh pilot untuk pengecekan terakhir dari semua instrumen dan mesin pesawat sebelum *take off*. Dipergunakan juga untuk tempat menunggu sebelum *take off*, Apron tunggu harus dibuat ditempat yang sangat dekat dengan ujung landasan pacu agar dapat mengadakan pemeriksaan akhir sebelum pesawat lepas-landas. Apron harus cukup luas, diperhitungkan agar mampu dipakai untuk dua pesawat terbang yang bisa saling bersimpangan, sehingga apabila pesawat tidak dapat lepas landas karena adanya kerusakan mesin, maka pesawat lainnya yang siap lepas landas dapat mendahuluinya. Juga dimungkinkan untuk melakukan perbaikan-perbaikan kecil pada pesawat yang akan lepas landas. Apron tunggu harus dirancang untuk dapat menampung dua atau bahkan empat pesawat sekaligus dan menyediakan tempat yang cukup sehingga pesawat dapat saling mendahului.

2.12 Karakteristik Pesawat Terbang

Sebelum kita merancang sebuah bandar udara lengkap dengan fasilitasnya, dibutuhkan pengetahuan tentang spesifikasi pesawat terbang secara umum

untuk merencanakan prasarannya. Pesawat yang digunakan untuk operasional penerbangan mempunyai kapasitas bervariasi mulai dari 10 hingga 1000 penumpang. Pesawat terbang ” *General Aviation*” dikategorikan sebagai pesawat-pesawat terbang berukuran kecil jika memiliki daya angkut berkisar 50 orang.

Beberapa karakteristik dari penerbangan umum tipikal maupun pesawat terbang komuter (*commuter*) jarak pendek, termasuk yang digunakan pada kepentingan perusahaan. Untuk menyadari bahwa karakter-karakter tersebut, seperti berat kosong, kapasitas penumpang, dan panjang landasan pacu tidak dapat dibuat secara tepat dalam pembuatan tabel tersebut karena terdapat banyak faktor yang dapat mengubah nilai-nilai didalamnya. Ukuran roda pendaratan utama dan tekanan udara pada ban tipikal untuk beberapa pesawat terbang juga harus diperhitungkan guna perencanaan lanjut. Karakter yang dijelaskan di atas adalah perlu untuk perencanaan bandar udara. Berat pesawat terbang memiliki peran penting untuk menentukan tebal perkerasan landasan pacu, landas hubung, taxiway, dan perkerasan apron.

2.13 Geometrik Landasan Pacu

International Civil Aviation Organization (ICAO), dan *Federal Aviation Administration* (FAA) telah memberikan ketentuan dan kriteria-kriteria dalam membuat perancangan bandar udara yang meliputi fasilitas-fasilitas yang tersedia, lebar, kemiringan (*gradien*), jarak pisah landasan pacu, landasan hubung, dan hal-hal lainnya yang berhubungan dengan daerah pendaratan yang dipengaruhi oleh variasi prestasi pesawat, cara penerbang, dan kondisi cuaca. Ketentuan yang diberikan oleh FAA hampir sama dengan ketentuan yang diberikan oleh ICAO, yang memberikan keseragaman fasilitas-fasilitas bandar udara yang ada di Amerika Serikat, dan memberikan pedoman bagi para perencana bandar udara dan operator

pesawat terbang mengenai fasilitas-fasilitas yang harus disediakan pada masa yang akan datang. Klasifikasi pelabuhan udara oleh ICAO untuk mengadakan penyeragaman itu ditunjukkan dengan kode A, B, C, D, dan E. Dasar dari pembagian kelas-kelas ini adalah didasarkan pada pengelompokan panjang runway (landasan pacu) bandara tersebut saja, tidak berdasarkan pada fungsi dari bandara tersebut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Bandar Udara oleh ICAO

Tanda Kode	Panjang Runway (ft)	Panjang Runway (m)
A	>7.000	>2.133
B	5.000-7.000	1.524-2.133
C	3.000-5.000	914-1.524
D	2.500-3.000	762-914
E	2.000-2.500	610-762

Sumber : Basuki, (1986).

Dimensi pesawat adalah dasar utama dalam perencanaan geometrik bandar udara. Untuk dimensi yang berhubungan dengan perencanaan runway, pesawat dikelompokkan berdasarkan dimensinya masing-masing menjadi 4 kelas. Kelas-kelas ini berdasarkan pada dimensi *wingspan* (lebar sayap), *under carriage width* (lebar bagian bawah), *wheel-treat atau wheel-base* (jarak antara kepala dengan roda dan roda dengan badan). Masing-masing kelas itu dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Hubungan Kelas Pesawat Dengan Perencanaan Geometrik

Group	Jenis-jenis pesawat
I	B 727-100, B737-100, B 737-200, DC 9-30, DC 9-40
II	BAC 111 (kebanyakan pesawat-pesawat bermesin 2 dan 3)
III	DC 8S, B 720, B 727-200, DC 10, L 10H
IV	jenis pesawat yang lebih besar dari group III

Sumber : Basuki, (1986).

Menurut ICAO, ada 5 faktor koreksi yang mempengaruhi perencanaan panjang runway, yaitu :

1. Faktor koreksi ketinggian dari muka air laut (*Altitude of the Airport*).
2. Faktor koreksi temperatur.

3. Faktor koreksi *gradient* (kemiringan memanjang).
4. Faktor koreksi angin (*Surface wind*).
5. Faktor koreksi kondisi permukaan landasan.

2.14 Perencanaan Panjang Landasan Pacu

2.14.1 Penentuan Panjang Runway Berdasarkan ARFL

Dalam penentuan panjang runway ada tiga kasus yang perlu ditinjau, yaitu kasus landing, kasus *take-off* normal dan kasus *take-off* mesin pesawat gagal. Dari ketiga kasus diatas terdapat hubungan antara V1 dengan komponen-komponen runway yang dapat dipakai untuk mengetahui panjang *full strength pavement*, panjang *stopway* atau *clearway* yang dibutuhkan.

Berdasarkan dengan aturan aturan yang ada harus memperhatikan beberapa aspek sebagai berikut :

- a. Klasifikasi Airport
- b. Aturan ICAO no.14 tentang Aerodrome, 1983 dan 1990
- c. Persyaratan Panjang Landasan Elemen yang diperlukan untuk merancang runway
- d. Koreksi Penyesuaian untuk Ketinggian
- e. Koreksi Penyesuaian untuk Temperatur
- f. Koreksi Penyesuaian untuk Gradient/Kemiringan
- g. Koreksi angin permukaan (*surface wind*)
- h. Kondisi permukaan *runway*

2.14.2 Kurva Kebutuhan Panjang Runway Berdasarkan Grafik F.A.R.

Kebutuhan panjang runway untuk lepas landas dan Kebutuhan Panjang Runway untuk Pendaratan yang berdasarkan kurva kurva menurut karakteristik pesawat rencana dan berdasarkan rute terjauh.

2.15 Struktur Perkerasan Landasan Pacu

Perkerasan didefinisikan sebagai

struktur yang terdiri dari satu atau lebih lapisan perkerasan yang dibuat dari bahan terpilih. Perkerasan dapat berupa agregat bermutu tinggi yang diikat dengan aspal yang disebut perkerasan lentur, atau dapat juga plat beton yang disebut perkerasan kaku/rigid. Perkerasan dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup aman untuk menjamin bahwa beban pesawat yang bekerja tidak merusak lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur dapat terdiri dari satu lapisan atau lebih yang digolongkan sebagai permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*) yang terletak di antara pondasi atas dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang telah dipersiapkan. Struktur perkerasan sendiri terdiri dari : Struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan Struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*)

2.16 Metode-Metode Perencanaan Perkerasan

Dalam merencanakan perkerasan suatu landasan pacu, terdapat berbagai metode metode yang digunakan untuk mendesain perkerasannya. Pola penyelesaiannya pun berbeda-beda pula, namun semuanya sama-sama bertujuan untuk menghasilkan desain perkerasan yang aman dan terjamin. Beberapa pertimbangan dalam desain perkerasan landasan pacu meliputi :

1. Prosedur pengujian bahan untuk subgrade dan komponen-komponen lainnya harus akurat dan teliti.
2. Metode yang dipakai harus sudah dapat diterima umum dan sudah terbukti telah menghasilkan desain perkerasan yang memuaskan
3. Dapat dipakai untuk mengatasi persoalan-persoalan perkerasan landasan pacu dalam waktu yang relatif singkat.

Adapun beberapa metode yang digunakan untuk merencanakan suatu perkerasan landasan pacu adalah sebagai

berikut: a. *Metode California Division of Highway* (CBR) dengan pengujiannya adalah Tanah dasar, Menentukan *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL), Menentukan Pesawat Rencana, Menentukan Lalu-Lintas Pesawat, Menentukan Tebal Perkerasan, Syarat Tebal Minimum Untuk Lapisan Pondasi dan Permukaan ; b. *Metode Federal Aviation Administration* (FAA, 2009) dengan pengujiannya adalah Klasifikasi tanah, Menentukan Tipe Roda Pendaratan Utama, Menentukan Pesawat rencana, Menentukan Beban Roda Pendaratan Utama Pesawat (W2), Nilai Ekvivalen Keberangkatan Tahunan Pesawat Rencana, Menentukan Tebal Perkerasan Total, Kurva-kurva Perencanaan Tebal Perkerasan, Material yang Digunakan untuk Perkerasan Berdasarkan FAA; Metode Perkerasan *Load Clasification Number* (LCN) dengan pengujiannya adalah Menentukan *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL), Menentukan Garis Kontak Area Pesawat, Menentukan Tebal Perkerasan

2.17. Pengertian Biaya Dan Volume

Menurut Polimeni (1991 : 22) mengatakan bahwa “Biaya merupakan manfaat yang dikorbankan untuk memperoleh barang dan jasa. Selanjutnya mereka menjelaskan bahwa biaya (*cost*) menjadi beban (*expense*) ketika biaya tersebut telah memberi manfaat dan sekarang telah habis “.

Kemudian menurut Kamaruddin (1996 : 34) mengemukakan bahwa: Pengertian biaya adalah pengeluaran yang diukur dalam moneter yang telah dikeluarkan untuk mencapai tujuan tertentu. Dapat disimpulkan bahwa biaya adalah segala sesuatu yang berbentuk satuan hitung yang dikeluarkan untuk menghasilkan sesuatu untuk lebih berguna.

Dalam dunia kontruksi, biaya selalu berkaitan dengan volume. Jika mendengar istilah volume, maka yang terbayang adalah kata jumlah. Menurut Sudarsono (2001 : 253) bahwa volume merupakan tingkat kegiatan suatu perusahaan dalam

bidang produksi serta penjualan berapa banyaknya satuan.

Sedangkan menurut Tunggal (1995 : 140) bahwa volume adalah ukuran fisik unit atau rupiah dari pendapatan penjualan (*sales revenue*). Fisik unit dapat berupa unit keluaran atau unit yang dijual. Sehingga dapat disimpulkan bahwa volume yaitu banyaknya unit yang terjual sesuai dengan keperluan analisis *cost-volume-profit*.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Bandar udara atau bandara merupakan sebuah fasilitas tempat pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Bandar udara yang paling sederhana minimal memiliki sebuah landasan pacu (*runway*). *Runway* adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) dan melakukan lepas landas (*take off*).

Dalam perencanaan *runway* berat pesawat terbang memiliki peran penting untuk menentukan tebal perkerasan landasan pacu. Selanjutnya untuk semua perhitungan panjang landasan pacu dipakai standar yang disebut ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*), yaitu landasan pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada kondisi berat landas maksimum (*maximum take off weight*), elevasi muka laut, kondisi atmosfer normal, keadaan tanpa ada angin yang bertiup landasan pacu tanpa kemiringan (kemiringan = 0).

Grafik F.A.R adalah kurva untuk melihat kebutuhan panjang *runway* untuk lepas landas dan Kebutuhan Panjang *Runway* untuk Pendaratan yang berdasarkan kurva kurva menurut karakteristik pesawat rencana dan berdasarkan rute terjauh.

Perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu atau lebih lapisan perkerasan yang dibuat dari bahan

terpilih. Perkerasan dibuat dengan tujuan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta ketebalan dari setiap lapisan harus cukup aman untuk menjamin bahwa beban pesawat yang bekerja tidak merusak perkerasan lapisan di bawahnya. Perkerasan *flexible* adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat *elastis*, maksudnya adalah perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. (Basuki, 1986).

Di dalam penelitian ini perkerasan rencana yang akan dihitung dan dianalisis adalah menggunakan metode *California Bearing ratio* (CBR), Metode *Federation Aviation Administration* (FAA) dan *Load Classification Number* (LCN). Kemudian dari masing-masing analisis perkerasan dengan metode tersebut diatas lalu ditentukan biaya yang mana kiranya yang paling terendah (termurah)

3.2. Lokasi Dan Waktu

Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Abdurachman Saleh terletak di dalam lingkungan lapangan udara TNI angkatan Udara kecamatan Pakis Kabupaten Malang Provinsi Jawa timur. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan antara bulan Januari – Juni tahun 2012.

3.3 Prosedur Pengumpulan Data

3.3.1. Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Dalam menyusun penelitian ini diperlukan data berupa bahan-bahan yang ada hubungannya dengan materi penelitian, guna mendapatkan data yang lengkap, maka dari itu diperlukan suatu tehnik pengumpulan data yang bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian agar terarah dan tidak menyimpang dari tujuan semula. Adapun jenis data disini adalah data primer dan data sekunder. Adapun untuk metode pengumpulan data adalah sebagai berikut : 1. Studi lapangan; 2. Observasi; 3. Studi Literatur.

3.4 Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini teknik analisa data yang dipergunakan adalah ;

3.4.1 Perencanaan Panjang Runway Optimal

1. Faktor Koreksi Panjang Runway
2. Koreksi terhadap elevasi runway (F_e)

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

3. Koreksi terhadap temperatur (Ft)

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

$$F_t = F_e \times (1 + 0,01 \times (T_r - (15 - 0,0065 \times h)))$$

4. Koreksi terhadap kemiringan runway (F_g)

$$F_g = F_t \times (1 + 0,1 \times G)$$

5. Kebutuhan Panjang Runway di ARFL

3.4.2 Perencanaan Perkerasan Lentur

1. Perencanaan Perkerasan Lentur Metode CBR

- a. Menentukan *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL)

$$\text{Log}(ESWL) = \text{Log } P + \frac{0,31 \text{Log}(2zd)}{\text{Log}(\frac{2ze}{d})}$$

P = Beban yang diterima oleh roda
 D = Jarak sisi terdekat antara kedua roda
 z = Jarak antara roda depan dan belakang

- b. Menentukan Tebal Perkerasan

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

t = Tebal perkerasan yang dibutuhkan (inci)

P = Beban pesawat yang dipikul roda (pound)

p = Tekanan udara pada roda (psi)

2. Perencanaan Perkerasan Lentur Metode FAA

- a. Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat

- b. Menentukan Pesawat Rencana

- c. Menentukan Single Gear Departure (R2)

- d. Menentukan Beban Roda setiap Pesawat (W2)

$$W2 = P \times MSTOW \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{B}$$

Dimana :

W2 = Beban roda pendaratan

MSTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas

A = Jumlah konfigurasi roda

B = Jumlah roda per satu konfigurasi

- e. Menghitung Keberangkatan Tahunan Equivalent

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \left[\frac{W2}{W1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

R1 = Keberangkatan tahunan ekivalen oleh pesawat rencana

R2 = Jumlah keberangkatan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana (pound)

W2 = Beban roda pesawat yang harus diubah

- f. Menghitung Tebal Perkerasan

3. Metode Perencanaan Perkerasan Lentur *Load Classification Number* .

- a. Menentukan *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL)

- b. Menentukan Garis Kontak Area Pesawat

Garis kontak area Pesawat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$K = \frac{W}{P}$$

Dimana :

K = Kontak area pesawat (lbs/psi)

W = Beban pesawat yang dipikul roda (lbs)

P = Tekanan udara pada roda (psi)

- c. Menentukan Ketebalan Perkerasan

3.4.3 Analisa Biaya Perpanjangan Runway

Pada analisa perhitungan biaya perpanjangan runway, setelah diketahui volume rencana maka selanjutnya masalah harga satuan mengacu pada Peraturan Menteri Nomor 83 Tahun 2011 Tentang Standart Biaya Tahun 2012 dilingkungan Kementrian Perhubungan. Kemudian besaran biaya dari hasil perhitungan selanjutnya dipilih yang mana diantara hasil ketiga metode CBR, FAA dan LCN diatas yang paling ekonomis.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Profil Bandar Udara Abdulrachman Saleh

Bandara Abdulrachman Saleh memiliki dua landasan pacu yang pertama untuk pesawat-pesawat kecil seperti Hercules C-130 dengan panjang 1.500 m, dan yang kedua untuk jenis pesawat besar seperti Boeing 737 dengan panjang 1.980m, dan menurut catatan terakhir, oleh Pemprov Jatim sudah diperpanjang lagi landasan pacu 270 m sehingga saat ini menjadi 2.250 m.

Setelah enam tahun sejak 5 Mei 2005 menggunakan terminal di dalam Base ops Lanud Abdulrachman Saleh. Dua hari sebelum pergantian tahun baru 2012, pada tanggal 30 Desember 2011 penerbangan sipil di Abdulrachman Saleh menggunakan bandar udara *enclave* sipil yang terpisah dari *base ops* Lanud Abdulrachman Saleh. Bandar udara ini dibangun dengan biaya mencapai Rp 139 miliar. Seperti diketahui, penerbangan sipil di bandara ini mulai dibuka sejak 1994 lalu. Tapi hanya bertahan hingga 1997 saat krisis moneter terjadi, Merpati Nusantara Airlines yang melayani penerbangan tidak mampu bertahan dan menutup penerbangannya.

Untuk penerbangan sipil melayani rute Malang-Jakarta dilayani oleh maskapai Sriwijaya Air, Garuda Indonesia, dan Batavia Air. Sedangkan untuk rute Malang-Denpasar dilayani oleh Wings Air anak perusahaan dari Lion Air menggunakan pesawat Avions De Transport Regional, nama kepanjangan dari ATR 72 seri 500. Sebelumnya Bandara Abdulrachman Saleh pada tahun 2007 sampai dengan 2008 pernah melayani tiga rute penerbangan sekaligus yaitu Malang-Jakarta, Malang-Balikpapan-Tarakan, dan Malang-Denpasar. Nama bandara ini diambil dari salah satu pahlawan nasional Indonesia: Abdulrachman Saleh dan bandara yang berada di Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang ini berpotensi menjadi bandara internasional.

Dengan runway yang ada di Abdulrachman Saleh yang sekarang panjangnya masih 2.250 meter. Pemprov Jatim melalui Dishub dan LLAJ akan mengusulkan kepada Kementerian Perhubungan agar menambah panjang runway lagi. Menurut Kepala Dishub Provinsi Jatim, Bandara Abdulrachman Saleh Malang masih memungkinkan untuk dilakukan penambahan runway, karena luas lahan yang dimiliki Pangkalan Udara TNI AU masih cukup luas. Keberadaan bandara sipil tersebut sejauh ini berada di dalam kawasan TNI AU. Namun pemerintah pusat melalui Markas Besar TNI AU memberikan izin kepada Pemprov Jatim untuk mengelola penerbangan sipil di Lanud Abdulrachman Saleh.

4.2. Perencanaan runway

4.2.1. Data Perencanaan Geometrik

Dalam perencanaan geometrik lapangan terbang diperlukan data perkiraan penumpang tahunan serta kebutuhan pesawat terbang sehingga kapasitas bandara tersebut dapat memenuhi kebutuhan akan jasa permintaan.

Adapun pola dan pergerakan pesawat dan penumpang Tahunan hasil proyeksi yang didapat dari laporan akhir bandara Abdulrachman Saleh Malang untuk pesawat Boeing 737-200 dapat dilihat pada tabel 4.2 Frekuensi yang disajikan adalah frekuensi setiap pekan. Untuk penentuan pergerakan pesawat mingguan diasumsikan frekuensi penerbangan didistribusikan merata mungkin setiap minggunya. Jika tidak bisa didistribusikan dengan merata sepenuhnya, maka yang diperhitungkan adalah yang terbesar.

Adapun arah runway existing di bandara Abdulrachman Saleh Malang dapat dilihat pada gambar 4.1 diagram *wind rose* dimana lahan untuk *runway* Pangkalan Udara Abdulrachmana Saleh Malang membujur arah Utara – Selatan, dengan perincian arah *runway* terhadap mata angin adalah 170°-350°.

Dalam perencanaan *runway*,

digunakan pesawat rencana yang mempunyai nilai MTOW terbesar. Dalam perencanaan *runway*, digunakan pesawat rencana yang mempunyai nilai MTOW terbesar. Pesawat rencana yang mempunyai MTOW terbesar adalah Airbus A319.

4.2.2. Konfigurasi Runway Existing

Konfigurasi *runway* eksisting adalah *runway* single dan dianggap konfigurasi ini masih layak untuk digunakan kurang lebih 25 tahun mendatang mengingat layanan kapasitas per jam masih dibawah 100 apabila pada kondisi VFR atau dibawah 4C pada kondisi IFR. Adapun fungsi utama *Runway* adalah sebagai tempat tinggal landas pesawat terbang, adapun Pesawat rencana yang akan digunakan meliputi kelas yang terbesar hingga yang terkecil. Contoh pesawat – pesawat rencana yang akan beroperasi sesuai dengan kelasnya telah disebutkan pada data dalam perencanaan panjang runway digunakan pesawat yang memiliki MTOW besar yaitu pesawat Airbus A319 dengan data sebagai berikut :

ARFL	: 3.100 m
Wingspan	: 34.10 m
Outer main gear wheel span	: 11,04 m
Overall length	: 33,84 m
MTOW	: 64.000 kg

4.2.3. Panjang Runway

Panjang *runway* awal pada kondisi ideal adalah panjang runway berdasarkan referensi panjang *runway* yang digunakan oleh pesawat terbesar yang mendarat pada bandara tersebut pada kondisi ideal, yaitu pada elevasi + 0.0 suhu udara standar dan tekanan 1 atmosfer. Pada perencanaan panjang runway bandar udara Abdurachman Saleh ini, ada dua tahapan panjang *runway* yang dikehendaki berdasarkan pada hasil peramalan jumlah penumpang per tahun yang berujung pada penggunaan pesawat jenis terbesar yaitu jenis Air Bus A319 (kategori pesawat M-125) sebagai acuan desain. Panjang *runway*

terkoreksi adalah panjang ARFL pesawat kritis yang dikoreksi terhadap elevasi, temperatur, dan *slope*.

4.3. Perencanaan Perkerasan Lentur

Metode CBR

Pesawat rencana yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat airbus A319 tingkat keberangkatan pada data adalah 66 kali dalam seminggu dan 3432 untuk kedatangan dan keberangkatan dalam satu tahun dengan umur rencana 10 tahun. Maka lintasan (c) dengan umur rencana 10 tahun adalah $10 \times 3432 = 34320$ lintasan.

4.3.1. Kondisi Tanah Dasar

4.3.1.1. Kondisi Topografi (tanah asli)

Ketinggian bandara terhadap permukaan air laut rata-rata (MSL) adalah 526 meter. Muka tanah asli mempunyai elevasi tertinggi adalah +520 m terhadap MSL. Dan secara umum kondisi topografi di daerah lokasi bandara udara Abdurachman Saleh perbukitan. Data ini digunakan untuk menghitung besar pekerjaan galian maupun timbunan serta acuan untuk menentukan besarnya kemiringan landasan pacu. Selain itu, data topografi juga di gunakan dalam perencanaan system drainase Bandar udara untuk menghindari genangan air yang dapat mengganggu kegiatan di Bandar udara.

4.3.1.2. Daya Dukung Tanah Dasar

Kondisi tanah dibagian atas umumnya berupa tanah merah dengan kedalaman berkisar 0 – 0,20 m. setelah itu ditemukan pasir lepas warna putih abu abu kecoklatan hingga kemuka air tanah kemudian pasir sedang halus bersifat lepas dengan kedalaman 2,0-2,40 m, pada kedalaman 2,0 m – 4,0 m terdapat lempung hitam keabuan atau hitam kecoklatan. Sedangkan pada deskripsi tanah dengan kedalaman rata-rata 2 meter sampai 5 meter kondisi tanah lempung, dengan kadar air rata-rata 63,28 % dan pengujian CBR lapangan Menunjukkan hasil yang cukup bervariasi dengan CBR terendah 8,885 % sampai yang tertinggi sekitar 22,3 %.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Test CBR Lapangan

Test Subgrade Lapangan			
Tanggal Tes	No tes	% Of San Cone	% Of CBR
2 Agustus 2009	1	95.02	11.985
	2	95.08	8.885
	3	95.02	22.3
Test Sub Base Lapangan			
Tanggal Tes	No tes	% Of San Cone	% Of CBR
5 Agustus 2009	1	98.55	37.83
	2	99.66	41.13
	3	99.90	26.67
Tes Base Course lapangan			
Tanggal Tes	No tes	% Of San Cone	% Of CBR
29 Agustus 2009	1	98.120	95.47
	2	98.465	92.11
	3	98.713	98.69

Sumber : Data Koleksi Bandara

Secara Analisis nilai Nilai R untuk 3 segmen adalah 1,95 maka :

$$CBR_{Segmen} = \frac{CBR_{max} - CBR_{min}}{R} = \frac{22,3 - 8,885}{1,95} = 6,87\%$$

$$CBR_{Rata-rata} = \frac{11,985 + 8,885 + 22,3}{3} = 14,39\%$$

$$CBR_{subgrade} = CBR_{Segmen} - CBR_{Rata-rata} = 7,5\%$$

4.3.2. Menentukan Equivalent Single Wheel Load (ESWL)

Pesawat Airbus A319 memiliki konfigurasi roda pendaratan roda ganda dapat dilihat pada data berikut yang memikul 91.6% berat total pesawat, terbagi menjadi 2 bagian konfigurasi roda, dianggap tiap roda memiliki tekanan roda (*contact pressure*) yang sama besar. Untuk merencanakan roda pesawat tunggal terlebih dahulu harus menghitung *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL) pesawat menggunakan persamaan berikut:

Diketahui :

MTOW = 64000 kg
 Tekanan Ban = 1,28 x 145 = 185,6 Psi
 Jumlah roda per kaki = 2
 Jumlah roda persumbu utama = 4

% Sumbu utama = 91,6
 Beban Roda (p) =

$$\frac{64000 \times 91,6}{4} = 14656 \text{ Kg} \sim 33220 \text{ lbs}$$

$$\text{Log}(ESWL) = \text{Log } 33220 + \frac{0,31 \log(2 \times 93)}{\log\left(\frac{2 \times 1104}{93}\right)} = 5,0329$$

$$ESWL = 10^{5,0329} = 107869,83 \text{ lbs}$$

4.3.3. Menghitung Tebal Perkerasan

Untuk menghitung tebal perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$t = \sqrt{107869,83 \left[\frac{1}{8,1 \times 7} - \frac{1}{185,6 \times 3,14} \right]}$$

Maka:

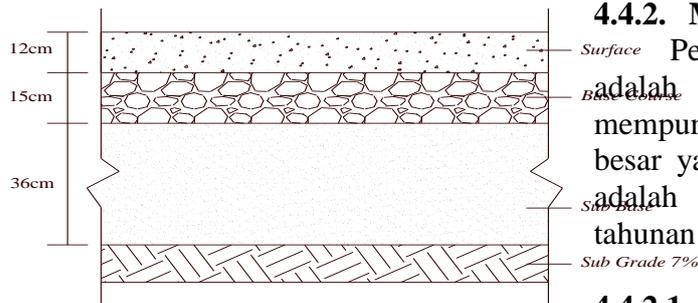
$$t = 41,44 \text{ inc} \sim 103,60 \text{ cm}$$

Selanjutnya untuk membedakan lapisan lapisan perkerasan dipakai faktor equivalent dari AASHTO:

diketahui Koefisien Beton Aspal (AC) = 0,017
 Beton pecah (crushed stone base) = 0,005
 Cemen treated base (CTB) = 0,091
 Perbandingan AC/CSB = 0,017/0,005 = 3
 Perbandingan CTB/CSB = 0,091/0,005 = 1,65
 Tebal perkerasan minimum 5 inch = 3 x 5 = 15 in
 Tebal base minimum 6 inch = 1,65 x 6 = 9,9 in
 Tebal lapisan permukaan (AC) adalah = 5 in ~ 12 cm
 Tebal Lapisan Pondasi (*base course*) = 6 in ~ 15 cm
 Tebal *Sub base course* (CSB) = 41,44 - 15 - 9,9 = 16,54 in ~ 41,35 cm

Tabel 4.10 Hasil desain perkerasan dengan metode CBR

Lapisan	Bahan yang digunakan	Tebal (cm)
<i>Surface course</i>	Aspal beton (AC)	12 cm
<i>Base course</i>	Batu pecah (CTB)	15 cm
<i>Subbase course</i>	Agregat Alam	41 cm
Jumlah		68 cm



Gambar 4.3. Tebal Perkerasan Metode CBR

4.4. Perencanaan Perkerasan Lentur Metode FAA

Parameter yang digunakan untuk perencanaan perkerasan meliputi berat kotor lepas landas pesawat, konfigurasi dan ukuran roda pendaratan, bidang kontak dan tekanan ban. Perhitungan tiap tiap lapis perkerasan berdasarkan grafik-grafik yang digunakan untuk menghitung berat pesawat kotor, didalam menentukan ketebalan perkerasan terlebih dahulu harus ditentukan pesawat rencana yang bebanya menghasilkan ketebalan perkerasan paling besar, perkerasan harus melayani berbagai macam jenis pesawat yang harus dikonversikan kepesawat rencana di karenakan masing masing pesawat mempunyai jenis roda pendaratan yang berbeda. Perencanaan perkerasan dimulai dengan perencanaan distribusi penumpang tahunan ke pesawat tahunan tipikal. Data penumpang tahunan untuk tahun tahun rencana operasi telah ditampilkan dalam Tabel 4.5.

4.4.1 Menentukan Jumlah Keberangkatan Pesawat

Data lalu lintas pesawat keberangkatan tahunan pesawat dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Proyeksi Lalu-lintas Pesawat

No.	Jenis pesawat	Berat kotor lepas landas (Kg)	Tingkat keberang
1.	B737-200	52616	4160
2.	Airbus	64000	3432
Jumlah			7592

Sumber : Hasil Analisa

4.4.2. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat Rencana yang digunakan adalah pesawat Airbus A319 yang mempunyai berat kotor lepas landas paling besar yang mana berat kotor lepas landas adalah 64000 Kg dan memiliki lintasan tahunan sebanyak 3432 lintasan

4.4.2.1. Menentukan Single Gear Depacture (R₂)

Tujuan dari equivalent annual depacture adalah untuk mengkonversikan pesawat campuran kedalam pesawat rencana, di karenakan setiap jenis pesawat mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda beda, berdasarkan hasil analisis untuk pesawat Boeing 737 200 setelah dikalikan dengan faktor konversi adalah $4160 \times 0,6 = 2496$ sedangkan untuk Pesawat rencana $3432 \times 0,6$ adalah 2059

4.4.2.2. Menentukan Beban Roda setiap Pesawat (W₂)

Pendaratan (*landing*) maupun lepas landas (*take off*) pesawat sangat bertumpu pada roda pendaratan belakang sehingga roda belakang benar-benar direncanakan harus mampu mendukung seluruh beban pesawat saat beroperasi. Roda depan hanya berfungsi penyeimbang gerakan pesawat pada saat bergerak. Dengan demikian dapat dihitung wheel load dari setiap jenis pesawat yang direncanakan. Perhitungan ini dilakukan dengan persamaan 3.7 sebagai berikut :

$$W_2 = P \times \frac{MSTOW}{A} \times \frac{1}{B}$$

- W₂ = Beban roda pendaratan dari masing-masing jenis pesawat
- MSTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas
- A = Jumlah konfigurasi roda
- B = Jumlah roda per satu konfigurasi

$$W_2(737 - 200) = \frac{91}{100} \times 52616 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = 5985,07Kg = 13167,154 \text{ lbs}$$

$$W_2(\text{Airbus A319}) = \frac{91,6}{100} \times 64000 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = 7328 \text{ Kg} = 16121,6 \text{ lbs}$$

4.4.2.3. Menghitung Keberangkatan Tahunan Equivalent

Untuk menghitung keberangkatan tahunan *equivalen* digunakan persamaan 3.9 sebagai berikut

$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

- R1 = Keberangkatan tahunan *ekivalen* oleh pesawat rencana (pound)
- R2 = Jumlah keberangkatan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana
- W1 = Beban roda pesawat rencana (pound)
- W2 = Beban roda pesawat yang harus diubah

$$\log R_{1_{737-200}} = \log 2496 \left[\frac{13167,15}{16121,6} \right]^{\frac{1}{2}} = 3,104670065$$

$$R_{1_{737-200}} = 10^{3,104670065} = 1272,535964$$

$$\log R_{1_{Airbus A319}} = \log 2059 \left[\frac{16121,6}{16121,65} \right]^{\frac{1}{2}} = 3,313651208$$

$$R_{1_{Airbus A319}} = 2059$$

Total equivalent annual departure = 3331,535964 ~ 3332

4.4.3. Menghitung Tebal Perkerasan

Diketahui CBR tanah dasar adalah 7% dan berat kotor pesawat lepas landas adalah 64.000 Kg dan keberangkatan tahunan pesawat *equivalent* adalah 3332. Maka dari data atas dapat ditentukan tebal perkerasan menggunakan grafik, Berikut analisis penentuan tebal perkerasan landasan menggunakan grafik Flexible Pavement Requirements FAA *Design Method*.

Berdasarkan analisis penentuan tebal perkerasan landasan menggunakan *grafik Flexible Pavement Requirements – US Army Corps and Engineers Design Method (S-77-1) and FAA Design Method* total tebal perkerasan lentur = 27 in ~ 68,58 Cm, maka desain perkerasannya adalah :

- a. Tebal perkerasan sub base adalah = 27 in – 11 in = 16 in ~ 40 Cm

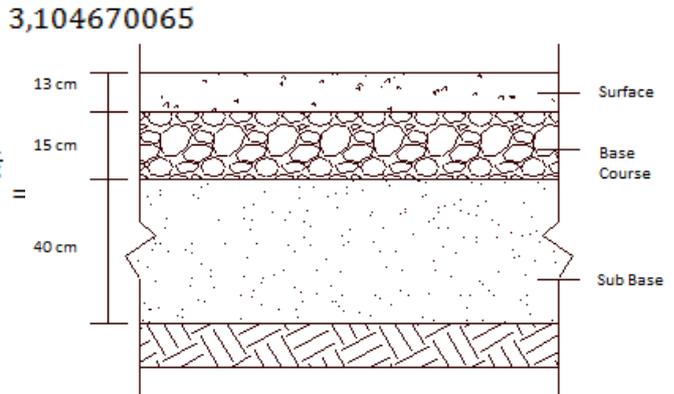
- b. Ketebalan base course daerah kritis = 11 in – 4 in = 6 in ~ 15 Cm

- c. Tebal Surface course adalah = 5 in ~ 13 cm

Tabel 4.12 Hasil desain perkerasan dengan metode FAA

Lapisan	Bahan yang digunakan	Tebal (cm)
Surface course	Aspal beton (AC)	13 cm
Base course	Batu pecah (CTB)	15 cm
Subbase course	Agregat Alam	40 cm
Jumlah		68 cm

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.4 Tebal Perkerasan Metode FAA

4.5. Metode Load Clasification Number (LCN)

Metode LCN atau juga disebut bilangan pengolongan beban, dalam metode ini kapasitas daya dukung perkerasan yang dinyatakan dengan LCN, demikian juga dengan ESWL dari setiap pesawat dinyatakan dengan LCN, yang tergantung pada geometri roda, tekanan ban, komposisi serta tebal perkerasannya, jadi LCN dari perkerasan lapangan udara harus lebih besar dari LCN pesawat.

4.5.1. Menentukan Equivalent Single Wheel Load (ESWL)

Untuk merencanakan roda pesawat tunggal terlebih dahulu harus menghitung *Equivalent Single Wheel Load (ESWL)* pesawat menggunakan persamaan :

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

Diketahui :

MTOW = 64000 kg
 Tekanan Ban = 1,28 x 145 = 185,6 Psi
 Jumlah roda per kaki = 2
 Jumlah roda persumbu utama = 4
 % Sumbu utama = 91,6
 Beban Roda (p) = $\frac{64000 \times 91,6}{4} = 14656 \sim 32243,2 \text{ lbs}$

$$\text{Log}(ESWL) = \text{Log } 32220 + \frac{0,31 \log(2 \times 93)}{\log\left(\frac{2 \times 1104}{93}\right)} = 5,0329$$

ESWL = $10^{5,0329} = 107869,83 \text{ lbs}$

4.5.2. Menentukan Garis Kontak Area Pesawat

Untuk menentukan garis kontak area pesawat maka harus diketahui :

Tekanan Roda Pesawat = 1,28 Mpa \sim 185,6 Psi

ESWL = 107869,83 lbs

Garis kontak area Pesawat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$K = \frac{W}{P}$$

Dimana :

K = Kontak area pesawat (lbs/psi)

W = Beban pesawat yang dipikul roda (lbs)

P = Tekanan udara pada roda (psi)

Maka diperoleh :

$$K = \frac{107869,83}{185,6} = 581,1952047 \text{ lbs/psi}$$

4.5.3. Menentukan Ketebalan Perkerasan

Data yang digunakan untuk menghitung tebal perkerasan adalah data yang dihasilkan dari perhitungan *Equivalent Single Wheel Load* dan garis kontak area pesawat yang dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk menentukan tipe tekanan roda pendaratan pesawat dan tabel untuk menentukan ketebalan perkerasan. (**lihat Lampiran**). Berdasarkan grafik maka :

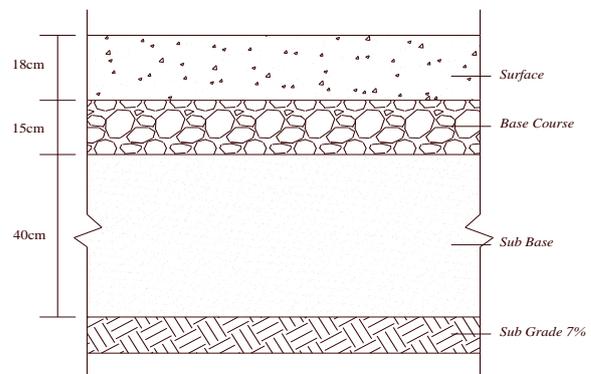
- Tebal total CBR 7 dengan LCN 60 = 29 in
- Tebal subbase CBR 26 dengan LCN 60 = 13 in

- Maka tebal Subbase adalah 29 in – 13 in = 16 inc \sim 40 Cm
- Tebal Base course dengan Cbr 80 dan LCN 60 adalah = 7 in
- Maka tebal Base course = 13 in – 7 in = 6 in \sim 15 Cm
- Tebal Surface = 7 in \sim 18 Cm

Tabel 4.13 Hasil Desain Perkerasan Dengan Metode LCN

Lapisan	Bahan yang digunakan	Tebal (cm)
Surface course	Aspal beton (AC)	18 cm
Base course	Batu pecah (CTB)	15 cm
Subbase course	Agregat Alam	40 cm
Jumlah		73 cm

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.5. Tebal Perkerasan Metode LCN

4.6 Analisa Biaya Pembangunan Perpanjangan Runway

4.6.1 Volume Pekerjaan

a). Lebar Efektif

Rencana pembangunan runway Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang merupakan pekerjaan perpanjangan runway, maka untuk lebar runway masih mengikuti pola yang lama yaitu dengan lebar 40 m, sehingga lebar antara runway lama dan yang baru adalah sama. Oleh sebab itu, ditetapkan untuk masing – masing jenis pekerjaan agregat lebar efektifnya adalah 40 m.

b). Panjang Efektif

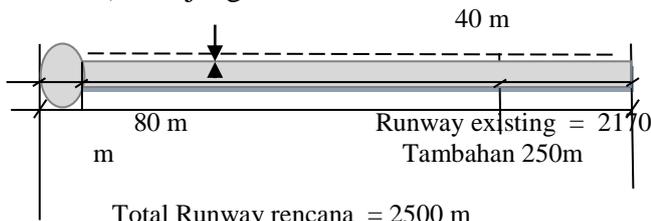
Setelah mengetahui panjang optimal runway dari hasil perhitungan diatas, bahwa runway minimal yang layak digunakan adalah kebutuhan panjang Runway di ARFL sebesar 2528 m dan dibulatkan menjadi 2500m karena keterbatasan biaya,

maka pembangunan perpanjangan runway Bandar Udara Abdurachman Saleh Malang dikerjakan pada sta.2+250 s/d sta.2+500 sehingga panjang penambahan efektif pekerjaan runway ditetapkan 250 m

c) Volume Pekerjaan

Dalam menghitung volume pekerjaan, terlebih dahulu harus diketahui panjang, lebar dan tebal dari masing-masing perkerasan. Diketahui data yang ada sebagai berikut :

- a) Lebar = 40 m
- b) Panjang = 250 m



Total Runway rencana = 2500 m
 Gambar 4.6 Panjang Runway rencana

c) Rincian Tebal lapisan dapat dilihat pada tabel 4.14 dibawah.

Tabel 4.14. Rincian Volume Tebal Perkerasan Metode BCR, FAA dan LCN

No.	Jenis Pekerjaan	Rincian Volume					Total Volume		
		L (m)	P (m)	CBR (m)	FAA (m)	LCN (m)	CBR (m³)	FAA (m³)	LCN (m³)
Perpanjangan Runway 250 m (perkerasan baru)									
1	Sirtu padat >25% (Subbase Course) (m³)	40	250	0,41	0,40	0,40	4100	4000	4000
2	Lapisan base padat > 80% (Base Course) (m³)	40	250	0,15	0,15	0,15	1500	1500	1500
3	Lapisan asfalt beton (AC) padat (Surface Course) (m²)	40	250	0,12	0,13	0,18	1200	1300	1800

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diketahui volume kontruksi perencanaan runway seluruhnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15. Volume Konstruksi Perpanjangan Runway

No.	Jenis Pekerjaan	Rincian Volume					Total Volume		
		L (m)	P (m)	CBR (m)	FAA (m)	LCN (m)	CBR	FAA	LCN
A Pekerjaan Pendahuluan									
	Direksi Keet	40	250				Ls	Ls	Ls
	Mobilisasi – Demobilisasi	40	250				Ls	Ls	Ls
	Pembersihan (m²)	40	250				20.000	20.000	20.000
	Pengukuran (m²)	40	250				20.000	20.000	20.000
B Perpanjangan Runway 250 m (perkerasan baru)									
1	Sirtu padat >25% (Subbase Course) (m³)	40	250	0,41	0,40	0,40	4100	4000	4000
2	Lapisan base padat > 80% (Base Course) (m³)	40	250	0,15	0,15	0,15	1500	1500	1500
3	Lapisan asfalt beton (AC) padat (Surface Course) (m²)	40	250	0,12	0,13	0,18	1200	1300	1800
4	Prime Coating ac 60/70 (m²)	40	250				10.000	10.000	10.000
5	Lapisan asfalt treated base (ATB) 12cm padat (m²)	40	250				10.000	10.000	10.000
6	Tack coating ac 60/70 (m²)	40	250				10.000	10.000	10.000
7	Urugan dan pematatan subgrade (m²)	40	250				10.000	10.000	10.000

Sumber : Data hasil perhitungan

4.6.2 Analisis Harga Satuan

Pada analisis harga satuan antara lain menganalisis : Kebutuhan Tenaga, Kebutuhan Bahan, Kebutuhan Peralatan, adapun hasil analisis harga satuan untuk perencanaan runway, disajikan pada tabel 4.16

Tabel 4.16. Jenis pekerjaan dan harga satuan

No.	Jenis Pekerjaan	Sat	Harga Satuan (Rupiah)
1	Pekerjaan Pendahuluan		
	– Direksi keet	Ls	
	– Mobilisasi dan demobilisasi	Ls	4.100
	– Pembersihan	m²	1.400
	– Pengukuran	m²	
2	Pekerjaan Kontruksi Perkerasan Baru		
	– Urugan dan pematatan subgrade	m³	65.300
	– Sirtu padat CBR>25%(sub base)	m³	190.400
	– Lapisan base padat CBR> 80% t =25cm	m³	53.700
	– Prime coating ac 60/70	m²	28.700
	– Lapisan asfalt Treated Base (ATB)	m²	201.700
	– Tack coating ac 60/70	m²	22.700
	– Lapisan asfalt beton (AC) 7,5 cm padat	m²	508.500

	- Lapisan asfalt beton (AC) 5 cm padat	m ²	490.100
--	--	----------------	---------

Sumber : PM.83 Tahun 2011 (Standart Biaya Th. 2012 dilingkungan Kemehub)

4.6.3 Analisis Estimasi Biaya Perpanjangan Runway

Untuk analisis biaya perpanjangan konstruksi runway rencana pada Bandar udara Abdulrachman Saleh Malang, perhitungan didasarkan pada analisa harga satuan menurut Peraturan Menteri No. 83 tahun 2011 tentang Standart Biaya Tahun 2012 di lingkungan Kementrian Perhubungan.

Dari hasil analisa perhitungan biaya perpanjangan Runway dengan panjang 250 m dan lebar 40 m diperoleh bahwa dengan metode BCR Rp. 4.223.055.600, dengan metode FAA diperoleh hasil Rp. 4.212.004.400 dan metode LCN diperoleh hasil Rp. 4.251.948.400. Dengan hasil perhitungan biaya di atas maka yang paling murah biayanya adalah dengan metode FAA yaitu Rp. 4.212.004.400

4.7 Pembahasan

4.7.1. Panjang Runway

Berdasarkan hasil Analisa di dapatkan bahwa panjang runway terkoreksi adalah panjang runway pesawat kritis yang dikoreksi terhadap elevasi, temperatur, dan slope. Panjang runway yang dibutuhkan adalah yang terbesar antara panjang runway untuk pendaratan dan untuk lepas landas. Selanjutnya bahwa untuk pemakaian perkerasan lentur pada runway Bandar Udara Abdulrachman Saleh di Kota Malang dari hasil perhitungan diperoleh bahwa perpanjangan runway yang disyaratkan adalah 2528 m sesuai dengan panjang runway kebutuhan di ARFL. Sedangkan seperti diketahui sebelumnya bahwa panjang runway yang ada/existing adalah 2.250 m, maka diperlukan perpanjangan runway sepanjang 278 m lagi untuk mencapai batas perpanjangan minimum runway. Tetapi dengan keterbatasan lahan serta biaya yang ada dalam rencana

pembangunannya maka perpanjangan runway hanya dilaksanakan perpanjangan sepanjang 2500 m saja. Hal itu berarti kebutuhan runway di bandara Abdulrachman Saleh Malang hanya butuh penambahan perpanjangan sepanjang 250 m saja dan menurut pihak bandara masih dapat dikategorikan dapat digunakan.

4.7.2. Tebal Perkerasan

Tebal perkerasan struktural total runway yang dihasilkan dari analisa *California Division of Highway (BCR)*, *Federation Aviation Administration (FAA)* dan *Load Classifications Number (LCN)*, dalam penelitian diperoleh metode CBR adalah 68 cm, dengan metode FAA adalah 68 cm sedangkan metode LCN adalah 73 cm. Dimana perbedaan dari metode CBR, FAA dan LCN adalah tebal perkerasan yang berbeda karena dari segi parameter yang digunakan dimana metode CBR, dan LCN hanya berdasarkan pesawat rencana saja sedangkan metode FAA berdasarkan lalu lintas pesawat campuran.

4.7.3. Biaya Runway

Dari tabel analisa estimasi biaya perpanjangan runway diatas yang masing – masing berdasarkan perhitungan perkerasan model *California Division of Highway (BCR)*, *Federation Aviation Administration (FAA)* dan *Load Classifications Number (LCN)*, diperoleh harga memakai perhitungan CBR sebesar Rp. 4.223.055.600 rupiah, sedangkan untuk metode perhitungan perkerasan FAA diperoleh harga Rp. 4.212.004.400 rupiah dan selanjutnya perhitungan perkerasan model LCN sebesar Rp. 4.251.948.400 rupiah. Dari analisa estimasi biaya pembangunan perpanjangan konstruksi runway pada Bandar Udara Abdul Rachman Saleh Kota Malang dengan spesifikasi panjang = 250 m serta lebar = 40 m untuk biaya yang paling rendah adalah dengan menggunakan perkerasan lentur metode FAA diperoleh hasil Rp. 4.212.004.400.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan perpanjangan *runway* dan perkerasan struktural dapat ditarik kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Panjang *runway* pesawat kritis Air Bus A219 setelah dikoreksi terhadap elevasi, suhu, dan slope berdasarkan *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) adalah 2528 m.
2. Tebal perkerasan struktural total *runway* yang dihasilkan dari metode CBR adalah 68 cm, metode FAA adalah 68 cm sedangkan metode LCN adalah 73 cm. Dimana perbedaan dari metode CBR, FAA dan LCN adalah tebal perkerasan yang berbeda karena dari segi parameter yang digunakan dimana metode CBR, dan LCN hanya berdasarkan pesawat rencana saja sedangkan metode FAA berdasarkan lalu lintas pesawat campuran.
3. Estimasi biaya pembangunan perpanjangan *runway* dari hasil perhitungan perkerasan lentur dengan model CBR, FAA dan LCN diperoleh biaya terendah memakai metode perkerasan lentur metode FAA yaitu Rp. 4.212.004.400 rupiah

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis perencanaan perpanjangan *runway* dan perkerasan lentur dapat diajukan beberapa saran adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya pembangunan perpanjangan *runway* harus memenuhi kriteria yang telah disyaratkan yaitu 2528 m, akan tetapi karena kondisi lahan dan biaya yang dimiliki Bandara Abdulrahman Saleh terbatas, maka rencana pembangunan *runway* dengan panjang yang disyaratkan yaitu 2528 m, hanya bisa direalisasikan sepanjang 2500m saja. Sehingga dalam hal ini pemerintah Kota Malang hanya kurang menambah panjang *runway* 250 m dari

runway existing yang ada 2.250m. Tetapi tidak menutup kemungkinan bila harus diperpanjang lagi sesuai dengan kebutuhan bandara apabila kondisi lahan dan biaya telah tersedia.

2. Pemilihan Metode diharapkan menjadi pertimbangan yang matang dalam perencanaan desain perkerasan *runway* termasuk dengan memperhitungkan temperatur dan iklim yang berpengaruh terhadap kekuatan bahan yang digunakan serta rencana anggaran biaya yang digunakan.
3. Untuk rencana perpanjangan *runway* sebaiknya jangan memilih pada biaya termurah, tetapi harus dikaji juga masalah mutunya. Untuk itu kedepan disarankan ada penelitian lebih lanjut yang membahas masalah ini..

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Imam, 2004. *Perencanaan tebal perkerasan Runway dan Taxiway bandara Kuala Namu, Deli Serdang Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara
- Alik Ansyori Alaamsyah. 2006. *Rekayasa Jalan Raya. Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang*
- Basuki, Ir. Heru. 1984. *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*. Penerbit Alumni Bandung
- Dirjen Perhubungan Udara, *Standarisasi Teknik Bandar Udara Kelas III, IV, V. Katalog Kerusakan Perkerasan, Jakarta 1986*
- Dr. Ari Sandhyavitri & Hendra Taufik, ST, Msc. *Teknik Lapangan Terbang 1* Fakultas Teknik, Universitas Riau Pekanbaru, 2005
- Horonjeff, Robert & McKelvey F.X. 1975. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid 1*. Penerbit Erlangga Surabaya.
- Horonjeff, Robert & McKelvey F.X. 1975. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid 2*. Penerbit Erlangga Surabaya

- ICAO. 1983. *Aerodrome Design Manual, Part 3: Pavement, Second edition.*
- ICAO. 1984. *Aerodrome Design Manual, Part 1: Runways, Second Edition.*
- ICAO. 1984. *Airplane Performance, 737-400, Second Edition*
- Keputusan Menteri Perhubungan No KM 44 Tahun 2002, Tatahan Kebandarudaraan Nasional. Jakarta: Sekertaris Negara Republik Indonesia*
- Laporan Akhir Master Plan Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Dinas Perhubungan Pemerintah Propinsi Jawa Timur. 2005.*
- Laporan Hasil Test Pematangan Lahan Perpanjangan Landasan Tahap I Bandara Abdulrachman Malan. PT Dharma Perdana Muda. 2009*
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No 77 Tahun 2005. Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara: Dirjen Perhubungan Udara*
- USA. ICAO. 1983. *Aerodromes; Annex 14 to The Convention on International Civil Aviation, Eighth Edition.*
- M. Noval, 2011 *Study Foundation Coating Pavement of Pacu Adisutjipto Airport on Special Regional Yogyakarta. Universitas Guna Dharma, Jakarta*