

MODEL DESAIN PERKERASAN DAN PEMBIAYAAN *RUNWAY* BANDAR UDARA *REMOTE AREA* DENGAN METODA CBR DAN FAA

Fakri Zia Ahmad Riyanto¹⁾, Andri Irfan Rifai²⁾

¹Fakultas Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana
email: fakrii232@gmail.com

²Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Internasional Batam
email: andririfan@yahoo.com

Abstract

The increasing on air transportation passengers and the development of the remote area are factors that accelerate the needed develop of runway pavements. The research aims to find out how to design flexible pavement for runway with two methods, that is CBR (California Bearing Ratio) method and FAA (Federal Administration Aviation) method. Thick of pavement evaluated with PCN-ACN (pavement classification number) method. The designs included a range of subgrade conditions, as well as commercial aircraft and analyzed optimal budget. Case study in the research is Andi Jemma Airport, South Sulawesi. Based on analysis result from the two methods obtained the thick of pavement with CBR method is 21 inch with PCN 27,9 F/C/X/T, thick of pavement with FAA graphic method is 17,5 inch with PCN F/C/X/T and from software FAARFIELD the thick of pavement is 16 inch with PCN 16,9 F/C/X/T. The cost required for thick of pavement analyzed by CBR method is IDR 6.415.252.926, with FAA graphic method is IDR 5.897.401.963 and with the FAA software FAARFIELD is IDR 5.675.465.836. These results indicate that the models obtained for FAA (software) can be used to design the pavement, where as it optimal budget.

Keywords: CBR Method, FAA Method, Runway, Pavement

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara menurut KP 262 tahun 2017 adalah Kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Perkembangan bandar udara di dunia internasional cukup pesat, sebagai contoh Melbourne Tullamarine Airport merupakan salah satu bandar udara tersibuk di dunia. Bandar udara ini termasuk bandar udara yang tidak dapat menghindari dari rencana pengembangan fasilitas, baik sisi darat mau pun sisi udara pada tahun 2018 senilai hampir \$3,5 miliar. Pengembangan fasilitas ini dilakukan guna untuk memenuhi peningkatan lalu lintas udara dan jumlah penumpang yang bertambah tiap tahunnya (Lyell Strambi, 2018).

Indonesia sebagai negara kepulauan tentu perlu memiliki banyak bandara sebagai pendukung mobilitas yang berwawasan

nusantara. Karena sifatnya kepulauan dengan beribu pulau, maka cukup banyak bandara yang dibangun pada *remote area*. Bandara di *remote area* tentunya memerlukan perhatian khusus mulai dari perencanaan, pelaksanaan konstruksi sampai dengan operasional dan pemeliharaan fasilitas (Ray et al., 2008)

Indonesia bagian wilayah timur saat ini memiliki pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi, dengan ditandai hadirnya beberapa rute penerbangan baru. Penambahan rute dan peningkatan teknologi pesawat mendorong pemerintah selaku pembina transportasi masal harus merespon kebutuhan tersebut. Panjang *runway* dan jenis perkerasan harus disesuaikan dengan potensi pertumbuhan penumpang pada masa yang akan datang (Mirmohammadsadeghi, Hu, & Trani, 2019).

Keterbatasan lokasi yang ideal dan ketersediaan anggaran memberikan tantangan tersendiri bagi penyelenggara bandar udara dalam melakukan optimasi pengembangan *runway*. Seperti disebutkan oleh Wang & Zhao (2018) bahwa optimasi *runway* saat ini menjadi tantangan tersendiri agar bandara udara yang dikembangkan dapat memenuhi syarat teknis dan kelayakan finansial secara bersamaan.

Sebagai studi kasus Bandar Udara Andi Jemma memiliki permasalahan yang hampir sama dengan bandara-bandara di Indonesia yang berada pada *area remote*. Bandar udara ini terletak di Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya di Kabupaten Luwu Utara Kota Masamba. Berdasarkan data tahunan pergerakan penumpang di Kementerian Perhubungan, pada 2018 mengalami lonjakan penumpang lebih dari 100% menjadi 13.280 penumpang dari tahun sebelumnya hanya 5.167 penumpang. Oleh karena itu, kehadiran moda transportasi udara sangat penting sebagai salah satu alternatif moda transportasi.

Sampai dengan awal tahun 2019 bandara ini hanya memiliki panjang *runway* 900 x 23 m. Berdasarkan data ramalan jasa angkutan udara tahun 2018 diperkirakan pergerakan pesawat terbesar pada tahun 2037 adalah jenis pesawat ATR 72-600 dengan ARFL 1333 meter. Hal ini berarti bahwa *runway* eksisting tidak mendukung untuk pendaratan dan lepas landas jenis pesawat tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan prasarana sisi udara pada Bandar Udara Andi Jemma. Rencana peningkatan Panjang *runway* tentunya akan mempengaruhi struktural perkerasan *runway* itu sendiri. Sehingga diperlukan pemodelan perhitungan desain struktur perkerasan pada area perpanjangan *runway* untuk jenis pesawat ATR 72-600.

B. Tinjauan Pustaka

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. (Basuki, 1986)

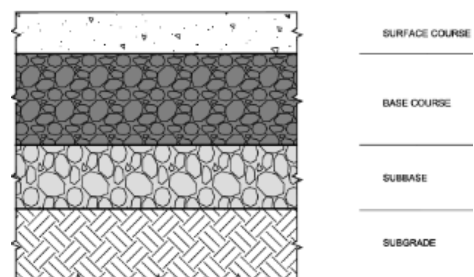
Fungsi dari perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan.

Terdapat tiga desain perkerasan *runway* yang saat ini terus dikembangkan, yaitu konstruksi granular tradisional dengan

permukaan aspal baru, penggunaan metoda konservatif dengan stabilisasi bitumen dari permukaan dasar granular dan penggabungan permukaan aspal yang ada ke dalam bitumen untuk menjadikan landasan yang stabil dan reinkorporasi permukaan aspal (White, Fairweather, & Jamshidi, 2018). Permukaan *runway* pada bandara udara komersil dengan perkerasan kaku tidak banyak digunakan kembali.

Material perkerasan untuk spesifikasi lapisan perkerasan lentur atau *flexible pavement* sesuai FAA pada AC 150/5320-6F sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*Surface*), biasanya lapisan ini terdiri dari aspal hotmix.
2. Lapis pondasi atas (*base*), lapisan ini terbagi dalam 2 kelas yaitu *stabilized* dan *unstabilized*.
 - a) *Stabilized bases*, terdiri dari *crushed* dan *uncrushed aggregate*
 - b) *Unstabilized bases*, terdiri dari *crushed* dan *uncrushed aggregate* distabilisasi dengan semen atau aspal.
3. *Sub-base*, terdiri dari material bergranular dapat berupa material *unstabilized* dan *stabilized*.
4. *Subgrade*, lapisan ini terdiri dari lapisan tanah asli atau tanah yang sudah dilakukan *treatment*



Gambar 1. Lapisan Perkerasan
Sumber: FAA AC 150/5320-6F - 2016

Pembiayaan konstruksi perkerasan menjadi pertimbangan utama selain pemilihan dimensi dan jenis struktur perkerasan dalam menentukan rencana pengembangan *runway* (Ansarilari & Golroo2019). Pembiayaan tersebut adalah meliputi perhitungan secara menyeluruh terhadap kas atau nilai setara yang dikeluarkan untuk mendapatkan barang atau jasa yang diharapkan dapat memberi manfaat

saat ini atau dimasa yang akan datang (Hansen et al., 2013).

2. METODE PENELITIAN

Pemilihan jenis perkerasan sangat menentukan perhitungan kelayakan *business plan* yang akan diambil. Berbagai metoda perhitungan yang dipertimbangkan oleh FAA cukup menarik untuk didiskusikan. Selain pendekatan pembiayaan, model analisa juga harus mempertimbangkan masalah lingkungan dan keberlanjutan (White & Balestra, 2018).

Sebagai studi kasus dalam penelitian ini dipilih Bandar Udara Andi Jemma yang terletak di kota Masamba, Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui tebal perkerasan pengembangan *runway* sesuai dengan pentahapan pada dokumen rencana induk menggunakan dua metoda, yaitu metoda CBR dan metoda FAA. Setelah analisa tebal perkerasan dilakukan, perkerasan yang direncanakan di konfirmasi dengan metoda *pavement classification number* (PCN) menggunakan *software* COMFAA. Metoda PCN-ACN ini digunakan untuk mengetahui ketahanan perkerasan terhadap beban pesawat yang akan beroperasi. Sehingga nantinya ketika bandar udara sudah mulai beroperasi dengan pesawat yang direncanakan dapat tercapai kekuatan dan performanya sesuai dengan umur perkerasan yang telah direncanakan. Untuk mendapatkan total biaya yang paling optimal, dilakukan perbandingan total rencana anggaran biaya perkerasan, dengan pembentuk harga satuan mengacu pada PM 78 tahun 2014.

A. Analisa Perkerasan Metoda CBR

Metoda ini dikembangkan oleh *California Highway Department* tahun 1942. Dikembangkan kembali oleh *US Corps Of Engineer* dengan karakteristik beban dan tekanan roda pesawat untuk beban roda tunggal (*Single Wheel Load*). Kontak area dari *Equivalent Single Wheel Load* sama dengan kontak dari salah satu roda *multiple wheel load*. (Basuki, H., 1986)

Adapun beberapa parameter-parameter untuk analisa metoda perkerasan lentur metoda CBR:

a) Data lalu lintas pesawat

b) Spesifikasi pesawat rencana (tipe roda pendaratan)

c) Nilai CBR *subgrade* (%)

d) *Maximum take-off weight* (MTOW) atau berat pesawat saat *take off*

Berikut merupakan rumus perkerasan dengan Metoda CBR:

$$T = \sqrt{ESWL} \cdot \left(\frac{1}{81}\right) \quad (1)$$

Dimana:

T : Tebal perkerasan total diatas tanah dasar (mm)

R : Jumlah ESWL yang bekerja

p : Tekanan roda pendaratan (MPa)

ESWL : *Equivalent Single Wheel Load*

B. Analisa Perkerasan FAA

Perkerasan lentur menurut FAA terdiri dari HMA (*Hot Mix Asphalt*) yang ditempatkan sebagai lapis permukaan di atas lapis *base course* dan *subbase* untuk mempertahankan atau melindungi tanah dasar. Adapun beberapa parameter-parameter untuk analisa metoda perkerasan lentur metoda FAA:

a) Data lalu lintas pesawat

b) Nilai CBR *Subgrade*

c) MTOW (*Maximum Take Off Weight*)

d) Spesifikasi pesawat rencana (konfigurasi roda pendaratan)

e) Faktor konversi roda (KP 93 2015)

Hal yang cukup penting dalam Analisa perkerasan dengan pendekatan FAA ini adalah mendapatkan angka *Equivalent Annual Departure*. Salah satu formula yang banyak digunakan dapat dilihat pada persamaan (2) sebagai berikut.

$$\text{Log}R1 = (\text{Log}R2) \quad (2)$$

Dimana:

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 dikonversi

Website : <https://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST>

Langkah berikutnya adalah mencari *annual departure* pesawat campuran dalam roda pendaratan rencana dengan faktor konversi KP 93 2015.

$$R2 = \text{annual departure} \times \text{faktor konversi} \quad (3)$$

Langkah terakhir adalah menghitung beban roda dari pesawat yang dikonversi,

$$W2 = P \times M \quad (4)$$

Dimana:

$W2$ =Beban roda pendaratan dari masing-masing pesawat

P =Prosentase beban diterima perkerasan oleh roda pendaratan (95%)

$MTOW$ =Berat kotor pesawat saat lepas landas

n =Jumlah roda pendaratan pada masing-masing pesawat

C. Evaluasi Perkerasan Metoda PCN-ACN

Sistem PCN digunakan secara Bersamaan dengan *Aircraft Classification Number* (ACN). PCN digunakan untuk menghitung *runway*, *apron* atau *taxiway* sedangkan ACN adalah nilai tertentu yang dimiliki oleh pesawat itu sendiri dengan konfigurasi tertentu. Lebih lanjut dijelaskan bahwa ACN adalah nilai yang menyatakan batasan dari pesawat tertentu diatas perkerasan dengan spesifikasi standar *subgrade*.

Dalam KP 93 tahun 2015, nilai PCN dan kodefikasinya sudah diuraikan secara detail dalam bentuk tabulasi. Metoda PCN-CAN berlaku untuk pesawat *all-up mass* lebih dari 5700 kg. Sedangkan untuk *pavement* yang hanya bisa digunakan oleh pesawat dengan beban kurang dari 5700 kg maka bentuknya hanya *maximum allowable aircraft mass* dan *maximum allowable tire pressure*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan data dan analisa data awal didapatkan ringkasan nilai-nilai perhitungan utama yang akan digunakan pada analisa lanjutan, yaitu sebagai berikut:

a. Nilai CBR

Nilai CBR *subgrade* yang digunakan adalah nilai CBR terendah untuk menganalisa tebal perkerasan pada *runway* Bandar Udara Andi Jemma adalah 7,80% berdasarkan hasil penyelidikan tanah dan tes laboratorium.

b. Umur Rencana

Umur rencana yang digunakan untuk menganalisa tebal perkerasan, yang digunakan adalah 20 tahun. Umur rencana tersebut sudah sesuai dengan standard umur rencana dari FAA.

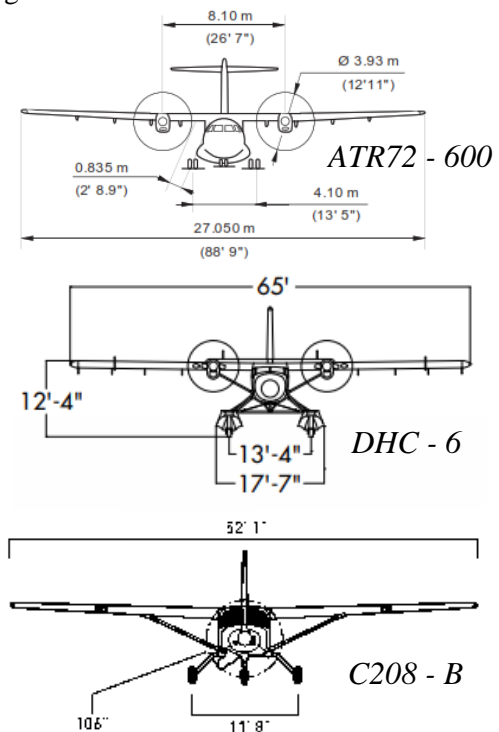
c. Annual Departure

Tabel 1. Perkiraan pesawat rencana

Jenis Pesawat	Annual Departure
C 208 B	728
DHC 6	3536
ATR 72-600	1716

d. Pesawat Rencana

Berdasarkan rencana pengembangan bandara, diperkirakan akan digunakan oleh tipe pesawat C 208 B, DHC 6 dan ATR 72-600 dengan spesifikasi seperti dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel 2.



Gambar 2. Tipe Pesawat Rencana

Sumber: *Aircraft Specification, 2015*

Tabel 2. Berat dan tekanan roda pesawat

Jenis Pesawat	MTOW (kg)	Tekanan Ban (psi)
C 208 B	3995	87
DHC 6	5710	38
ATR 72-600	23000	114

Sumber: *Aircraft Specification, 2015*

Website : <https://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST>

e. Volume *Annual Departure per Tahun*
 Volume rata-rata *Annual Departure* per tahun sesuai umur rencana 20 tahun dari tahun 2038-2057 dengan *annual growth* 5,16%, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. *Annual departure* rerata per-tahun

Jenis Pesawat	<i>Annual Departure</i>
C 208 B	1265
DHC 6	6144
ATR 72-600	2982

f. Harga Satuan Material
 AHSP dari PT. Indocitra Intiperkasa, mengacu pada harga satuan kabupaten Luwu Utara, sebagai berikut:

Tabel 4. Harga Satuan Pekerjaan

Jenis Material	Harga Satuan	Satuan
Aspal P-401 (<i>surface</i>)	Rp. 1.384.308,12	kg
Batu Pecah P-209 (<i>base course</i>)	Rp. 473.372,11	m ³
Sirtu P-154 (<i>subbase course</i>)	Rp. 258.893,12	m ³

Sumber: PT. Indocitra Intiperkasa, 2019

A. Analisa dan ringkasan perhitungan

a. Menghitung ESWL

$$L \log ESWL (P) = \log Pd + \frac{0,31 \log (2)}{\log (2x)}$$

$$(5) \quad = \log 2832,571 + \frac{0,31 \log (2x 161,42)}{\log (2x \frac{427,11}{161,42})}$$

$$= 3,452181 + 1,079447$$

$$= 4,531628$$

$$ESWL = 10^{4,531628}$$

$$ESWL = 34011,69 \text{ lbs}$$

b. Menghitung Total Tebal Perkerasan

$$t = \sqrt{ESWL} \left[\frac{1}{81 CBR} \right] \quad (6)$$

Dimana,

$$ESWL = 34011,69 \text{ lbs}$$

$$CBR = 7,8\%$$

$$P \text{ ATR } 72-600 = 114 \text{ Psi (Berdasarkan KP 262 Tahun 2017)}$$

Maka,

$$t = \sqrt{ESWL} \left[\frac{1}{81 CBR} - \frac{1}{p \times \pi} \right]$$

$$= \sqrt{34011,69} \left[\frac{1}{81 \times 7,8} - \frac{1}{114 \times 3,14} \right]$$

$$=$$

$$\sqrt{34011,69} [0,015828 - 0,002794]$$

$$= \sqrt{4433147}$$

$$= 21,005504 \text{ inch}$$

$$= 21 \text{ inch}$$

c. Menentukan tebal tiap lapisan

1) Lapisan permukaan minimum ditentukan adalah 4 inchi dengan material P-401

2) Lapisan pondasi atas minimum ditentukan adalah 6 inchi dengan material P-209

3) Maka lapisan pondasi bawah adalah 11 inchi dengan material P-154

d. Mengkoversi roda pendaratan (R₂)

Tabel 5. Konversi Roda Pendaratan (R₂)

No.	Jenis Pesawat	<i>Annual Departure</i>	<i>Dual Gear Departure R₂</i>
1.	ATR 72-600	2982	3877
2.	DHC 6	6144	6144
3.	C 208B	1265	1265

e. Menghitung beban roda pesawat yang dikonversi (W₂)

$$W_2 = P \times MTOW \times 1/n \quad (7)$$

Untuk pesawat ATR 72-600

$$W_2 = P \times MTOW \times 1/n$$

$$= 0,95 \times 50706 \times (1/4)$$

$$= 12042,675 \text{ lbs}$$

Untuk pesawat DHC 6

$$W_2 = P \times MTOW \times 1/n$$

$$= 0,95 \times 12589 \times (1/2)$$

$$= 5979,78 \text{ lbs}$$

Untuk pesawat C 208 B

$$W_2 = P \times MTOW \times 1/n$$

$$= 0,95 \times 8807 \times (1/2)$$

$$= 4183,325 \text{ lbs}$$

Website : <https://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST>

f. Menghitung beban roda pesawat rencana (W_1)

$$W_1 = P \times MTOW \times 1/n \quad (8)$$

W_1 dihitung menggunakan jenis pesawat ATR 72-600, yaitu sebagai berikut

$$\begin{aligned} W_1 &= P \times MTOW \times 1/n \\ &= 0,95 \times 50706 \times (1/4) \\ &= 12042,675 \text{ lbs} \end{aligned}$$

g. Menghitung *Equivalent annual departure* (R_1)

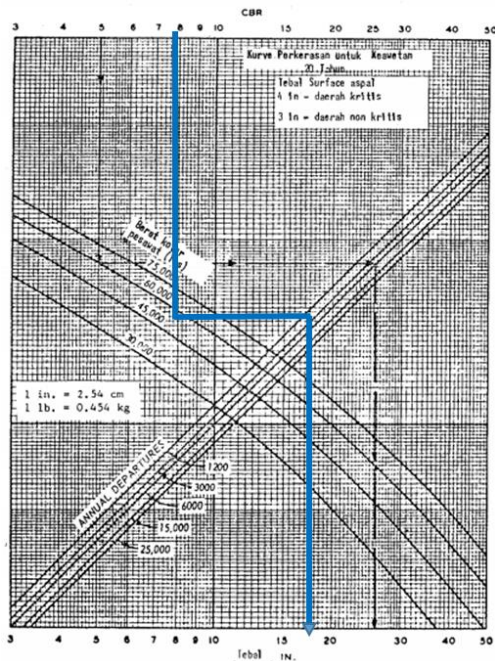
$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2^{1/2} \quad (9)$$

Equivalent annual departure dari pesawat desain ditentukan dengan menjumlahkan keberangkatan tahunan yang setara dari masing-masing pesawat dalam grup. (Horonjeff, R., 2010) Hasil perhitungan R_1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6 Nilai *Aircraft classification number*

Tipe Pesawat	R_2	W_2 (lbs)	W_1 (lbs)	R_1
ATR	3877	12042	12042	1718
DHC 6	6144	5979	12042	51
C 208 B	1265	4183	12042	81
Total				1850

h. Menghitung tebal perkerasan dengan grafik



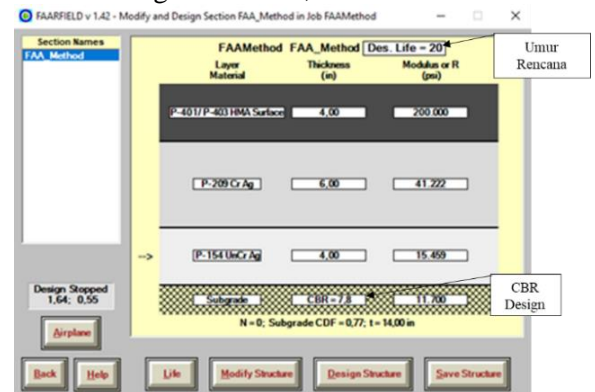
Gambar 3. Grafik analisa tebal perkerasan
Sumber: FAA AC 150/5320-6F – 2016

Dari metoda perhitungan grafik didapat total tebal perkerasan total 17,5 inch. Adapun tebal tiap lapis dihitung dengan metoda yang sama dengan bagian sebelumnya.

i. Menghitung tebal perkerasan dengan software FAARFIELD

Input Data:

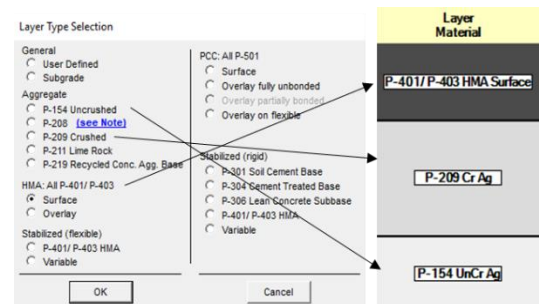
Umur Rencana = 20 tahun
CBR Design = 7,8 %



Gambar 4. Tampilan *Input Data*

Langkah selanjutnya adalah memilih material yang akan digunakan, berikut material yang digunakan:

Lapis Permukaan = Aspal (P-401)
Lapis Pondasi atas = Batu Pecah (P-209)
Lapis Pondasi bawah = Sirtu (P-154)



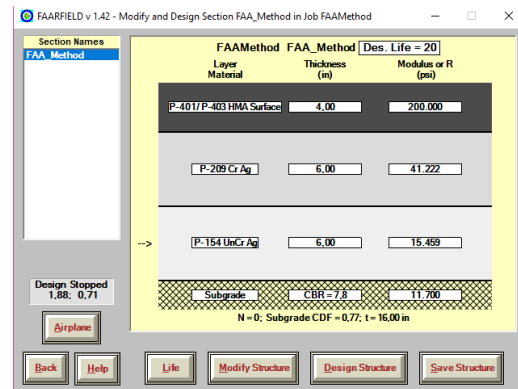
Gambar 5. Tampilan pemilihan material

Setelah proses input data selesai maka dapat dilakukan *running software* tersebut, kemudian didapatkan tebal perkerasan total 16 inch dengan uraian sebagai berikut:

Lapis Permukaan = 4 inch
Lapis Pondasi atas = 6 inch
Lapis Pondasi bawah = 6 inch

Proses *running software* dapat dilakukan berulang dengan menggunakan parameter yang berbeda sebagai bagian dari uji *trial*

and error system. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan pemodelan tebal perkerasan yang lebih baik. Dalam penelitian ini data yang *running* adalah data terperiksa yang nilainya sudah divalidasi dengan perhitungan manual lainnya, termasuk nilai CBR yang digunakan dalam perhitungan pada metoda sebelumnya.



Gambar 6. Tampilan hasil *running software*

Pada dasarnya model perhitungan dengan metoda CBR dan FAA menghasilkan tebal perkerasan yang memenuhi kriteria dan aman untuk dilalui pesawat. di Indonesia. Adapun regulasi yang digunakan oleh Kementerian Perhubungan adalah analisa tebal perkerasan yang mengacu pada regulasi dan metoda yang dikeluarkan oleh FAA.

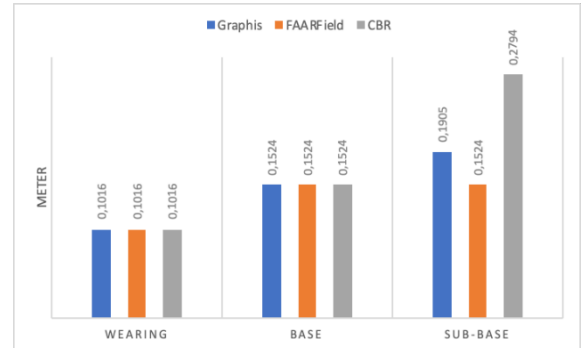
Dalam perkembangannya, model analisa tebal perkerasan *runway*, *apron* dan *taxiway* harus diperkaya dengan analisa keberlanjutan yang berwawasan lingkungan. Beberapa negara maju pengembangan dan pemeliharaan perkerasan *runway* sudah menggunakan teknologi *recycle* dengan berbagai pendekatan, hal tersebut merupakan bagian dari usaha berwawasan lingkungan.

B. Biaya Konstruksi Perkerasan

Perhitungan biaya perkerasan didasarkan pada harga satuan pekerjaan yang dimiliki oleh Kementerian Perhubungan. Asumsi yang diambil dalam penelitian ini bahwa pekerjaan lainnya tetap sama, yang membedakan hanya tebal perkerasan tiap lapisan. Langkah awal dalam perhitungan biaya ini adalah meninjau perbedaan ketebalan perkerasan tiap lapisan. Prinsip dasar lapisan perkerasan *runway*, *apron* dan *taxy way* adalah meminimalkan penggunaan lapisan permukaan (*wearing*

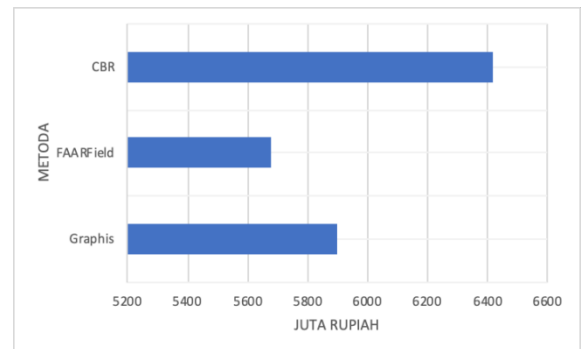
layer). Hal tersebut dengan pertimbangan bahwa harga lapis permukaan memiliki harga satuan tertinggi dibandingkan dengan lapisan di bawahnya.

Pada gambar berikut dapat dilihat perbandingan tebal lapis perkerasan untuk masing-masing metoda perhitungan.



Gambar 7. Perbandingan tebal lapis perkerasan

Setelah mendapatkan data tebal perkerasan tiap lapis, selanjutnya disimulasikan dengan harga material dan harga satuan lainnya guna mendapatkan perbandingan harga total kebutuhan lapis perkerasan. Perbandingan hasil simulasi perhitungan tersebut dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Perbandingan biaya perkerasan

4. KESIMPULAN

Dari hasil model analisis tebal perkerasan *runway* pada studi kasus menggunakan metoda CBR adalah 21 inch dengan nilai PCN 27,9 F/C/X/T. Untuk metoda FAA grafis didapatkan total tebal perkerasan 17,5 inch dengan, nilai PCN 19,8 F/C/X/T. Sedangkan untuk metoda FAA *software* FAARFIELD didapatkan total tebal perkerasan 16 inch dengan nilai PCN 16,9 F/C/X/T. Semua analisa tebal perkerasan memenuhi syarat evaluasi dengan metoda PCN-

ACN, sehingga aman terhadap beban pesawat rencana. Sedangkan biaya konstruksi yang optimal adalah hasil simulasi dengan metoda FAA software FAARFIELD.

5. REFERENSI

- Ansarilari, Z. dan Golroo, A. 2019. *Integrated airport pavement management using a hybrid approach of Markov Chain and supervised multi-objective genetic algorithms*. *International Journal of Pavement Engineering*. 1-10.
- Basuki, H. 1986. *Merancang Merencana Lapangan Terbang*. PT. Alumni. Bandung. 280.
- Dwinanta, U. 2006. *Analisis Struktur Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandar Udara DR. F.L. Tobing Menggunakan Metode United States Of American Practice*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri dan Sistem Transportasi BPP Teknologi.
- Haryo, R. 2015. *Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (Runway, Taxiway, Apron) Bandara Juanda Dengan Metode Perbandingan ACN-PCN*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hastha, Y. 2015. *Analisis Tebal Dan Perpanjangan Landasan Pacu Pada Bandar Udara Internasional Mahmud Badaruddin II*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Horonjeff, R. 2010. *Planning & Design Of Airports*. The McGraw-Hill Companies. United States. 269.
- Ibrahim, B. 2001. *Rencana dan Estimate Real Of Cost*. Bumi Aksara. Jakarta.
- KP 262. 2017. *Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- KP 93. 2015. *Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Mirmohammadsadeghi, N., Hu, J., dan Trani, A. 2019. *Enhancements to the Runway Capacity Simulation Model Using the ASDE-X Data for Estimating Airports Throughput Under Various Wake Separation Systems*. In AIAA Aviation 2019 Forum. p. 3044.
- PT. Indocitra Intiperkasa. 2018. *Laporan Akhir Rencana Induk Bandar Udara Andi Jemma*. PT. Indocitra Intiperkasa. Sulawesi Selatan.
- Prayoga, A. 2018. *Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode Design & Maintenance Guide 27, Inggris*. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Ray, S., Khillare, P. S., Agarwal, T., dan Shridhar, V. 2008. *Assessment of PAHs in soil around the International Airport in Delhi, India*. *Journal of Hazardous Materials*. 156 (1-3), 9-16.
- Federal Aviation Administration. 2016. *Airport Pavement Design and Evaluation*. Advisory Circular No. 150/5320-6F. U.S Departement of Transportation.
- Federal Aviation Administration. 2014. *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCN*. Advisory Circular No. 150/5335-5B. U.S Departement of Transportation.
- Wang, F., dan Zhao, L. 2018. *Capacity evaluation method for parallel runway based on monte carlo simulation*. In 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC). (pp. 5411-5415). IEEE.
- White, G., Fairweather, H., dan Jamshidi, A. 2018. *Sustainable runway pavement rehabilitation: A case study of an Australian airport*. *Journal of cleaner production*. 204, 380-389.
- White, G., dan Balestra, R. 2019. *Comparing Rigid and Flexible Airport Pavement Thicknesses Designed by Different Methods*. In *Airfield and Highway Pavements 2019: Innovation and Sustainability in Highway and Airfield Pavement Technology*. (pp. 290-301). Reston, VA. American Society of Civil Engineers.
- Yasrudin. 2008. *Perencanaan Struktur Perkerasan Landas Pacu Bandar Udara Syamsudin Noor-Banjarmasin*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.