

Evaluasi dan Desain Teknis Perkuatan Perkerasan pada Perpanjangan South Parallel Taxiway 1 Bandar Udara Soekarno-Hatta

Samuel Febrilian Hasto Putro¹, Suwardo^{1,*}

Departemen Teknik Sipil Sekolah Vokasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta¹

Koresponden*, Email: suwardo@mail.ugm.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	13 November 2019	<p><i>Since 2018, Soekarno-Hatta International Airport have no longer serviced Boeing 747-400 aircraft and have replaced with large and heaviest commercial Boeing 777-300ER aircraft. Therefore a study was conducted to evaluate and design a South Parallel Taxiway 1 pavement reinforcement to serve Boeing 777-300ER aircraft. Pavement reinforcement with overlays is designed using Boeing 777-300ER aircraft data, existing pavement structures, and pavement condition surveys. The analysis was carried out using the FAARFIELD software to evaluate the technical design and thickness of the overlay layer. The PCN value of the pavement structure was analyzed using the COMFAA software. From the analysis of existing pavement and design aircraft, it was known that the PCC CDF value was 8.17 and %CDFU was 1290.44%. From the analysis of field survey data, a Pavement Condition Index (PCI) value of 80 (greater than 76) was obtained, so that an overlay was performed without repairing the structure below. Analysis with the FAARFIELD software resulted in a design of 144 mm HMA overlay thickness. Analysis with the COMFAA software resulted in a PCN value of 135/R/B/X/T, while the ACN value for Boeing 777-300ER at CBR 6.35% was 86. Based on the PCN>ACN value, it was stated that pavement could be used for Boeing 777-300ER. The overlay method requires alignment of the surface of the old taxiway with the overlay on the extension taxiway using the joint taper (tapering) method.</i></p>
Diperbaiki	29 Juli 2020	
Disetujui	3 Agustus 2020	

Keywords: Airport, Evaluation, Technical Design, Overlay Strengthening, PCN-ACN, Tapering

Abstrak
Sejak 2018, Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta tidak melayani lagi jenis pesawat Boeing 747-400, melainkan pesawat komersial besar dan terberat Boeing 777-300ER. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengevaluasi dan merancang perkuatan perkerasan *South Parallel Taxiway 1* guna melayani pesawat Boeing 777-300ER. Perkuatan perkerasan dengan *overlay* dirancang dengan data pesawat Boeing 777-300ER, struktur perkerasan *existing*, dan kondisi perkerasan. Analisis dikerjakan dengan *software FAARFIELD* untuk mengevaluasi desain teknis dan ketebalan lapisan *overlay*. Nilai PCN struktur perkerasan dianalisis dengan *program COMFAA*. Dari analisis perkerasan *existing* dan data pesawat rencana diperoleh nilai PCC CDF sebesar 8,17 dan %CDFU sebesar 1290,44%, sehingga diperlukan pelapisan perkuatan. Dari analisis data lapangan, diperoleh nilai *Pavement Condition Index (PCI)* sebesar 80 (lebih besar dari 76), sehingga dilakukan *overlay* tanpa perbaikan struktur bawah. Analisis dengan *program FAARFIELD* menghasilkan desain ketebalan *overlay HMA* 144 mm. Analisis dengan *program COMFAA* menghasilkan nilai PCN 135/R/B/X/T, sedangkan nilai ACN untuk pesawat Boeing 777-300ER pada CBR 6,35% adalah 86. Berdasarkan nilai PCN>ACN maka dinyatakan perkerasan dapat digunakan untuk Pesawat Boeing 777-300ER. Pada pelaksanaan *overlay* diperlukan penyesuaian ketinggian permukaan *taxiway* lama dengan *overlay* pada *taxiway* perpanjangan dengan metode *joint taper (tapering)*.

Kata kunci: Bandar udara, Evaluasi, Desain Teknis, Perkuatan *Overlay*, PCN-ACN, *Tapering*

1. Pendahuluan

Tahun 2019, Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta mendapatkan penghargaan dan peringkat 40 terbaik dunia dari lembaga kebandarudaraan *Skytrax*. Peringkat tersebut meningkat dari sebelumnya hanya menduduki peringkat 45 dunia. Peringkat dunia yang membaik terus diimbangi dengan peningkatan pelayanan pergerakan pesawat. Pembangunan *runway* 3, terminal 4, dan optimasi *runway*

Utara dengan *overlay* diharapkan mampu meningkatkan pelayanan pergerakan pesawat.

Tahun 2015 direncanakan pembangunan perpanjangan *South Parallel Taxiway 1* untuk digunakan jenis pesawat Boeing 747-400. Pembangunan dilakukan pada tahun 2016 dan mulai beroperasi pada akhir tahun 2016. Pada tahun 2018 pesawat Boeing 747-400 dipensiunkan oleh berbagai maskapai dan digantikan oleh pesawat komersial besar dan terberat saat ini yaitu Boeing 777-300ER.

Perkerasan pada perpanjangan *South Parallel Taxiway 1* perlu dievaluasi untuk menentukan apakah pada umur sisanya masih bisa dilalui oleh pesawat Boeing 777-300ER. Jika umur rencana sudah habis perlu dilakukan perkuatan agar *PCN (Pavement Classification Number)* perkerasan lebih besar dari nilai *ACN (Aircraft Classification Number)* pesawat Boeing 777-300ER. Perkerasan diharapkan mampu melayani pergerakan pesawat ini untuk 20 tahun ke depan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengevaluasi nilai *CDF (cumulative damage factor)* dan *%CDFU (cumulative damage factor used)* perkerasan pada perpanjangan *South Parallel Taxiway 1*,
2. Untuk mengevaluasi nilai *PCI* perkerasan pada perpanjangan *South Parallel Taxiway 1*,
3. Untuk merancang desain teknis perkuatan perkerasan yang meliputi perhitungan tebal lapis ulang (*overlay*) dan *PCN* melalui pemodelan dengan *COMFAA*,
4. Untuk membandingkan nilai antara *declared PCN* dan *PCN* baru,
5. Untuk memberikan deskripsi metode pelaksanaan *overlay HMA (hot mix asphalt)* di atas *rigid pavement*,
6. Untuk memberikan skema penyesuaian geometri perkerasan *taxiway* lama dan *overlay* perpanjangan *taxiway* baru.

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Evaluasi kekuatan struktur perkerasan hanya dilakukan pada perpanjangan *South Parallel Taxiway 1*, dengan metode *FAA* mengacu pada *Advisory Circular 150/5320-6F* [1],
2. Evaluasi kekuatan struktur hanya pada lapis permukaan menggunakan survei visual berdasarkan sistem peratingan *FAA Advisory Circular 150/5320-17A* [2],
3. Analisis tebal *overlay* dan nilai *PCN* mengacu pada *FAA AC No. 150/5335-5C* [3],
4. Analisis *PCN* dikerjakan dengan *software COMFAA update 2017* [4],
5. Analisis evaluasi tebal perkerasan dan tebal *overlay* menggunakan *software FAARFIELD update 2017* [5],
6. Penelitian tidak meninjau kekuatan struktur perkerasan *subbase, base, dan subgrade* tetapi hanya pada tebal tiap lapisan *existing*.

Perkerasan bandar udara membutuhkan pemeliharaan rutin, rehabilitasi, dan peningkatan yang berkelanjutan [6]. Perkerasan bandar udara mulai mengalami penurunan kinerja secara bertahap yang disebabkan oleh cuaca dan pembebanan. Kegiatan *airport maintenance* dibagi menjadi dua kegiatan besar, yaitu *maintenance* dan *rehabilitation* [7]. Konsep pemeliharaan perkerasan mengacu pada pemeliharaan dini yang menunda kerusakan perkerasan selanjutnya [8]. *Maintenance* merupakan pekerjaan rutin untuk menjaga kondisi perkerasan sedekat mungkin dengan tingkat pelayanan saat awal perencanaan. Kegiatan *maintenance* ini

meliputi 1) pelestarian permukaan perkerasan yang ada, 2) pelapisan ulang kurang dari tebal *overlay* nominal, 3) pelapisan ulang jangka pendek pada perkerasan, 4) penambalan kegagalan minor, dan 5) *sealing* bawah *slab* beton. *Rehabilitation* adalah perpanjangan umur kondisi struktur perkerasan saat perawatan tidak bisa lagi digunakan untuk mempertahankan tingkat kemudahan pelayanan yang memadai. Rehabilitasi dibutuhkan evaluasi struktural, tindakan korektif, dan setidaknya, *overlay* HMA nominal. *Overlay* nominal memiliki ketebalan tiga kali lipat dari ukuran nominal agregat maksimum.

2. Metode

2.1 Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan dan analisis data meliputi tahapan yang terdiri dari (Lihat **Gambar 9**):

1. Peramalan pergerakan pesawat dan *annual departure*,
2. Evaluasi kekuatan perkerasan untuk pesawat saat ini,
3. Perkuatan perkerasan dengan *overlay*,
4. Penentuan nilai *PCN* saat ini, dan
5. Penyesuaian elevasi permukaan *taxiway* lama dengan *overlay* pada *taxiway* baru.

Program *COMFAA* adalah program atau *software* yang secara umum digunakan untuk dua mode komputasi, yaitu: mode komputasi *ACN* dan mode desain perkerasan [4]. Program ini berdasarkan modifikasi dari penentuan nilai *ACN* menggunakan *FAA*. Dalam mode komputasi *ACN*, *COMFAA* memiliki beberapa fungsi antara lain:

1. Menghitung nilai *ACN* pesawat untuk perkerasan lentur,
2. Menghitung nilai *ACN* pesawat untuk perkerasan kaku,
3. Menghitung ketebalan perkerasan lentur berdasarkan pada metode *CBR* dalam AC 150/5320-6D untuk nilai standar *CBR* 15, 10, 6, dan 3,
4. Menghitung ketebalan *slab* beton perkerasan kaku berdasarkan pada metode *PCA* untuk nilai standar k dari 552,6, 294,7, 147,4, 73,7 lb/m³.

Dalam mode desain perkerasan, *COMFAA* memiliki beberapa fungsi antara lain:

1. Menghitung tebal perkerasan lentur berdasarkan metode *CBR* dalam AC 150/5320-6D untuk nilai *CBR* tertentu,
2. Menghitung tebal *slab* beton perkerasan kaku berdasarkan AC 150/5320-6D untuk nilai k tertentu.

Semua perhitungan di atas dapat diselesaikan untuk berbagai macam tipe konfigurasi roda gigi pesawat. Pengguna juga dapat memodifikasi konfigurasi roda gigi pesawat dengan menambahkan dan menghilangkan roda atau roda berjalan pada lokasi yang dikehendaki. Proses input data dan hasilnya dapat dilihat dalam unit *English* dan unit *Metric*.

FAA menyediakan panduan desain perkerasan Bandar udara dalam *Advisory Circular AC 150/5320-6F Airport Pavement Design and Evaluation* yang dikeluarkan pada Tahun 2016 [1] sebagai pembaruan (*update*) pedoman AC 150/5320-6E pada Tahun 2009. *Advisory Circular AC 150/5320-6F* menggunakan *full scale test* sehingga program *FAARFIELD* dikembangkan lagi sampai dengan saat ini menggunakan program *FAARFIELD v 1.42* [5].

FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) adalah perangkat lunak (*software*) yang dibuat oleh FAA terkait tebal perkerasan. *FAARFIELD* menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru dan *overlay* pada perkerasan lentur dan kaku. Pada perencanaan perkerasan kaku, *FAARFIELD* menggunakan tegangan horizontal maksimum di bawah slab beton sebagai prediktor umur layanan struktur perkerasan. Tegangan horizontal maksimum itu ditentukan menggunakan pembebanan.

2.2 Jalannya Penelitian

Metode analisis dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu:

1. Metode evaluasi kekuatan tebal perkerasan dengan *FAARFIELD*. Evaluasi kekuatan perkerasan dilakukan dengan memasukkan data *existing* dan parameter pesawat rencana menggunakan program *FARRFIELD*. Hasil keluaran dari program *FAARFIELD* adalah nilai *CDF* dan *%CDFU*. Kedua hasil ini akan menentukan apakah perkerasan masih baik atau perlu perkuatan.
2. Metode penilaian kondisi kerusakan pada permukaan perkerasan. Penilaian kondisi pada permukaan perkerasan dilakukan dengan pemeriksaan visual dengan menganalisis jenis kerusakan dan tingkat kerusakan pada sistem peratingan FAA. Setelah ditentukan ratingnya kemudian dilakukan penyetaraan terhadap nilai PCI. Hasil PCI ini akan menentukan perkerasan memenuhi syarat *overlay* atau tidak.
3. Metode penentuan tebal *overlay* dengan program *FARRFIELD*. Program *FAARFIELD* akan mengkalkulasi secara otomatis kebutuhan tebal *overlay* terhadap beban pesawat kritis. *Overlay* yang direncanakan yaitu HMA di atas *rigid pavement*. Metode yang digunakan adalah FAA berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6F*.
4. Metode penentuan nilai *PCN* perkerasan dengan *COMFAA*. Penentuan nilai *PCN* pada *COMFAA* membutuhkan parameter tebal ekuivalen lapisan, *modulus subgrade*, dan pesawat kritis. Nilai *PCN* akan otomatis terhitung oleh *COMFAA* apabila parameter tersebut

sudah terpenuhi. Perhitungan dengan *COMFAA* menggunakan metode *Technical Evaluation*.

Langkah penelitian dijelaskan dengan diagram alir penelitian seperti disajikan pada Lampiran (Lihat **Gambar 9**).

2.3 Equivalent Modulus dan Effective Thickness

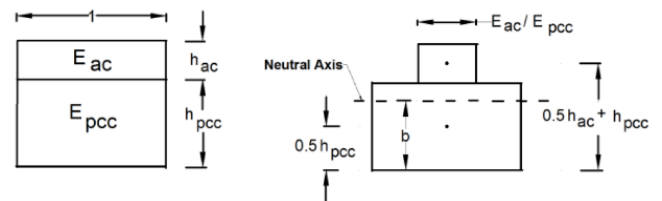
Setiap material memiliki *Modulus Young* yang berbeda. *Modulus Young* tersebut dikonversikan menjadi *Equivalent Modulus (E_p)* menggunakan konsep penyama-kekakuan. Pada kasus yang sama modulus reaksi tanah dasar (k) dihitung menggunakan Modulus elastisitas dari tanah dasar. Untuk sistem dua-lapisan terikat, kekakuan dari tiap lapisan dihitung menurut Huang [9] dalam Persamaan 1 s.d. 3

$$R_1 = \frac{E_{ac} \left[\frac{h_{ac}^3}{12} + h_{ac} (0,5 \cdot h_{ac} + h_{pcc} - b)^2 \right]}{1 - \nu_{ac}^2} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{E_{pcc} \left[\frac{h_{pcc}^3}{12} + h_{pcc} (b - 0,5 \cdot h_{pcc})^2 \right]}{1 - \nu_{pcc}^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{\left(\frac{E_{ac}}{E_{pcc}} \right) \cdot h_{ac} \cdot (0,5 \cdot h_{ac} + h_{pcc}) + 0,5 \cdot h_{pcc}^2}{\left(\frac{E_{ac}}{E_{pcc}} \right) \cdot h_{ac} + h_{pcc}} \quad (3)$$

Dengan R_1 dan R_2 adalah kekakuan dari lapisan AC dan lapisan PCC. h_{ac} dan h_{pcc} adalah ketebalan dari lapisan AC dan PCC. E_{ac} dan E_{pcc} adalah *Modulus Young* dari tiap lapisan. Nilai ν_{ac} dan ν_{pcc} adalah *Poisson's Ratio* dari lapisan AC dan PCC. **Gambar 1** menunjukkan skema *representative* konsep penyama-kekakuan untuk konversi dari E_1 , E_2 dan E_3 menjadi *Equivalent Modulus (E_p)* dan reaksi tanah dasar (k).



Gambar 1. Perbandingan Ketebalan Asli dan *Equivalent* Lapisan AC *existing* dikonversikan menjadi lapisan PCC ekuivalen dengan *AC-to-PCC* faktor dari 2.0 yang direkomendasikan oleh Panduan AASHTO 1993 dan *centroid* dikalkulasikan untuk lapisan PCC ekuivalen. Secara subskuensi *equivalent modulus* dapat dihitung menurut Chou [10] dengan Persamaan 4 s.d 6 berikut:

$$E_p = \frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot (R_1 + R_2)}{h^3} \quad (4)$$

$$\nu = \frac{\nu_{ac} h_{ac} + \nu_{pcc} h_{pcc}}{h_{ac} + h_{pcc}} \quad (5)$$

$$h = h_{ac} + h_{pcc} \quad (6)$$

Sementara itu, tebal ekuivalen yang disimbolkan dengan D_{new} menurut rumus empiris AASTHO 1993, yaitu:

$$D_{new} = \frac{h_{ac}}{2} + h_{pcc} \quad (7)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peramalan Pergerakan Pesawat

Tabel 1 menyajikan perhitungan pertumbuhan pergerakan pesawat dari data tahun 2013-2018. Perhitungan pertumbuhan *annual departure* disajikan untuk jenis pesawat Boeing 777-300ER.

Tabel 1. Perhitungan Regresi Linier

Tahun	Tahun ke-	Frek Pesawat			
	X	Y	X ²	Y ²	XY
2013	1	20	1	400	20
2014	2	30	4	900	60
2015	3	54	9	2.916	162
2016	4	21	16	441	84
2017	5	11.601	25	134.583.201	58.005
2018	6	5.547	36	30.769.209	33.282
Σ	21	17.273	91	165.357.067	91.613

$$a = \frac{(\sum Yi)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad b = \frac{n(\sum XY) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

a = -3352,67

b = 1780,429

Y = -3352,67 + 1780,429X

Dari hasil tersebut didapatkan nilai *regression statistics* seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Regression Statistics*

No	<i>Regression Statistics</i>	
1	<i>Multiple R</i>	0,694148168
2	<i>R Square</i>	0,481841679
3	<i>Adjusted R Square</i>	0,309122238
4	<i>Standard Error</i>	4275,250835
5	<i>Observations</i>	5

Berdasarkan perhitungan didapatkan rata-rata pertumbuhan pesawat Boeing 777-300ER sebesar 8,36%, sebagaimana disajikan pada

Tabel 3.

Rekapitulasi *annual departure* dan persentase pertumbuhan tiap jenis pesawat disajikan pada

Tabel 4.

3.2 Data Perkerasan dan Tanah Existing

Perhitungan nilai *CBR_{segmen}* dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \frac{(CBR_{maks} - CBR_{min})}{R}$$

CBR_{maks} = 19,18

CBR_{min} = 6,08

R = 3,18

Didapatkan hasil *CBR_{segmen}* = 6,53, kemudian untuk perkerasan kaku nilai *CBR_{segmen}* harus dikonversi ke dalam modulus reaksi tanah (*k*) dalam satuan *pci*. Dari nilai *k* tersebut kemudian didapatkan nilai *E* untuk *subgrade* yaitu sebesar 9.793,723 *psi*. Perhitungan *modulus rupture*

dikerjakan berdasarkan SNI 2847:2013 [11] untuk K-500 atau 40,67 MPa dan diperoleh *modulus rupture* sebesar 3,95 MPa.

Tabel 3. Hasil Peramalan (*Forecasting*) Pergerakan Pesawat

Tahun ke-	Tahun	Frekuensi Pesawat (Y=-3356,67+1780,429(X))	Pertumbuhan per Tahun (%)	Tahun Rencana
7	2019	9110	64,24	0
8	2020	10891	19,54	1
9	2021	12671	16,35	2
10	2022	14452	14,05	3
11	2023	16232	12,32	4
12	2024	18012	10,97	5
13	2025	19793	9,88	6
14	2026	21573	9,00	7
15	2027	23354	8,25	8
16	2028	25134	7,62	9
17	2029	26915	7,08	10
18	2030	28695	6,62	11
19	2031	30475	6,20	12
20	2032	32256	5,84	13
21	2033	34036	5,52	14
22	2034	35817	5,23	15
23	2035	37597	4,97	16
24	2036	39378	4,74	17
25	2037	41158	4,52	18
26	2038	42938	4,33	19
27	2039	44719	4,15	20
Rata-rata			8,36	

Tabel 4. Rekapitulasi Pertumbuhan Pesawat

No	Jenis Pesawat	Pergerakan Pesawat	<i>Annual Departure</i>	Pertumbuhan Pesawat
1	737-300	6.580	3.290	-24,65
2	A320-200	117.273	58.637	4,92
3	A330-300	12.221	6.111	3,36
4	777-300	9.178	4.589	3,39
5	747-400	735	368	-40,82
6	737-400	708	354	-19,03
7	777-200ER	1.824	912	-1,27
8	737-800	210.085	105.043	5,47
9	737-900 ER	56.181	28.091	2,55
10	737-500	11.560	5.780	6,47
11	A330-200	9.106	4.553	4,27
12	MD-82	1.013	507	-15,11
13	Beech 1900C	171	86	-26,90
14	A321-100	673	337	-1,87
15	BOMBARDIER CRJ1000	8.667	4.334	7,02
16	AIRBUS 350-900	2.164	1.082	9,30
17	777-300ER	5.547	2.774	8,36
18	BOEING 767-300	485	243	-30,26
19	BOEING 787-900	1.730	865	9,38
20	Boeing 787-800	4.934	2.467	8,63

3.3 Hasil Survei Kerusakan Perkerasan (Visual)

Rekapitulasi hasil survei volume dan jenis kerusakan disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan rekapitulasi hasil survei kerusakan perkerasan secara visual dan mengacu pada sistem *rating FAA AC 150/5320 17A*, maka didapatkan hasil persentase

kerusakan dan jenis *rating* kerusakan. Panjang perkerasan perpanjangan *South Parallel Taxiway 1* adalah 546 m dan lebar 50 dengan luasan perkerasan sebesar 27.300m², sehingga persentase total kerusakan sebesar 0,99%. Persentase total kerusakan yang didapatkan adalah 100%. Apabila dibandingkan dengan sistem *rating FAA AC 150/5320 17A*, maka perkerasan tersebut termasuk ke dalam kategori 4 (*GOOD*), sehingga untuk *rigid pavement* didapatkan nilai *PCI* sebesar 80.

Tabel 5. Rekapitulasi Survei Kerusakan

Tingkat Kerusakan	Luas (m ²)	Proporsi (%)
Low	256,71	94,94
Medium	13,68	5,06
Total	270,39	100

Total kerusakan sebesar 0,99% dari luas perkerasan 27.300 m²

3.4 Evaluasi Kekuatan Perkerasan

Evaluasi perkerasan dilakukan dengan menggunakan program *FAARFIELD* yang bertujuan untuk menentukan sisa umur struktural dari perkerasan *existing* untuk lalu lintas pesawat campuran. Struktur perkerasan *existing* disajikan pada

Tabel 6.

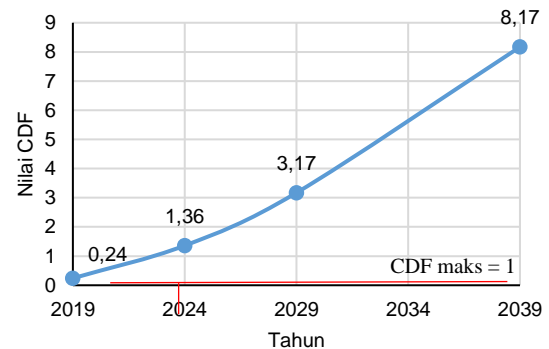
Tabel 6. Struktur Perkerasan *Existing*

Ketebalan	Struktur Perkerasan
550 mm	P-501 <i>PCC Surface Course</i> (R=3.95 MPa)
150 mm	P-304 <i>Cement Treated Base Course</i>
150 mm	P-209 <i>Base Course</i>
	<i>Subgrade</i> , E = 9.793,723 psi

Berdasarkan hasil program *FAARFIELD*, untuk evaluasi umur perkerasan *existing* diperoleh lewat dari umur rencana 20 tahun apabila memenuhi persyaratan nilai *CDF*>1 dan *%CDFU*>100. Nilai *PCC CDF* adalah 8,17 dan *%CDFU* adalah 1290,44 menunjukkan umur perkerasan sudah melebihi umur rencana. Dari evaluasi sisa umur rencana pada tahun ke 1, 5, 10, dan 20 maka didapatkan perkiraan nilai *CDF* selama tahun pemakaian seperti yang disajikan pada **Tabel 7** dan **Gambar 2**. Dari hasil tersebut diketahui bahwa perkerasan membutuhkan perkuatan yang berupa *overlay* untuk dapat menahan beban pergerakan pesawat saat ini.

Tabel 7. Nilai *CDF* dari Evaluasi Sisa Umur Perkerasan

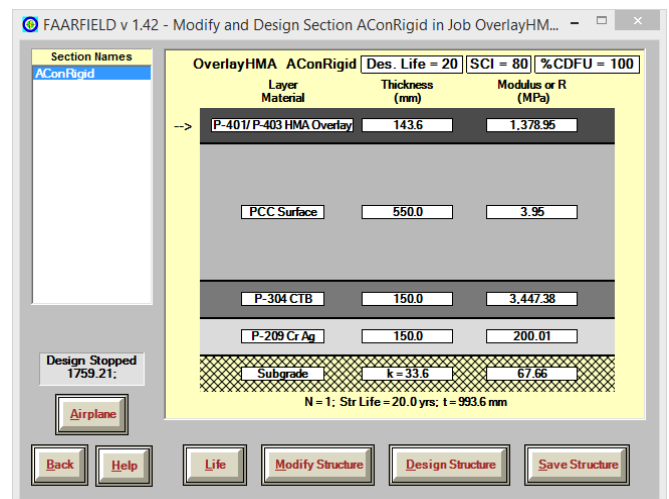
No	Tahun Pemakaian	Nilai <i>CDF</i>
1	1	0,24
2	5	1,36
3	10	3,17
4	20	8,17



Gambar 2. Nilai *CDF* pada Tahun Pemakaian

3.5 Perkuatan Perkerasan dengan Overlay

Analisis dilanjutkan dengan melakukan *running* program *FAARFIELD* guna menentukan tebal *overlay*. Hasil analisis tebal *overlay* dapat dilihat pada **Gambar 3**, dan diperoleh bahwa tebal *overlay* untuk perkerasan *South Parallel Taxiway 1* adalah 143,6mm dibulatkan menjadi 144mm.



Gambar 3. Tebal Lapisan *Overlay* Berdasarkan Program *FAARFIELD*

Sumber: Hasil Analisis

3.6 Penentuan Nilai PCN

Perhitungan nilai *PCN* dikerjakan dengan menggunakan program *COMFAA* berdasarkan data karakteristik perkerasan *existing* dan hasil analisisnya disajikan pada **Tabel 8** dan **Gambar 4**. Data masukan program *COMFAA* adalah pergerakan pesawat campuran saat ini.

Gambar 4 menunjukkan bahwa seluruh nilai *PCN*>*ACN* dengan nilai *PCN* tertinggi adalah 135, yang menandakan kondisi struktur perkerasan termasuk baik dengan beban pesawat kritis yaitu Boeing 777-300ER. Kode *PCN* saat ini adalah 135/R/B/X/T. **Gambar 5.** menunjukkan bahwa tebal

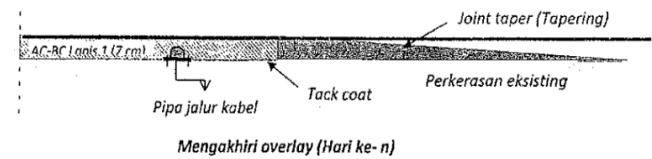
hasil evaluasi masih lebih besar dibanding ketebalan CDF dan 6D (<23,9 inch).

Tabel 8. Karakteristik Perkerasan Existing dan Overlay Taxiway SP 1

Type	Dimension	Unit	Code
PCC depth	23,9	in	P-501
CTBC	5,9	in	P-304
PCC Modulus Elasticity	4000000	psi	
Modulus of Rupture	572,9	psi	
Subgrade k	123,89	psi	Code B
Effective k-value	301	pci	
Design life	20	years	

3.7 Pelaksanaan Pekerjaan Tapering

Pada setiap saat mengakhiri pekerjaan HMA (hot mix asphalt) overlay per hari, yang akan dilanjutkan pada hari berikutnya atau pada saat akhir overlay diperlukan penyeselarasan permukaan. Penyeselarasan permukaan taxiway lama dengan permukaan overlay pada taxiway perpanjangan dilakukan dengan ujung hasil overlay tersebut harus rata/segaris dan dipasang joint taper (tapering) dengan kemiringan maksimum 1%. Gambar 6 menunjukkan pekerjaan tapering untuk mengakhiri pekerjaan HMA overlay tiap hari.



Gambar 6. Pekerjaan Tapering untuk Akhir Pekerjaan Overlay Hari ke-n

3.8 Analisis Reduksi Umur Rencana

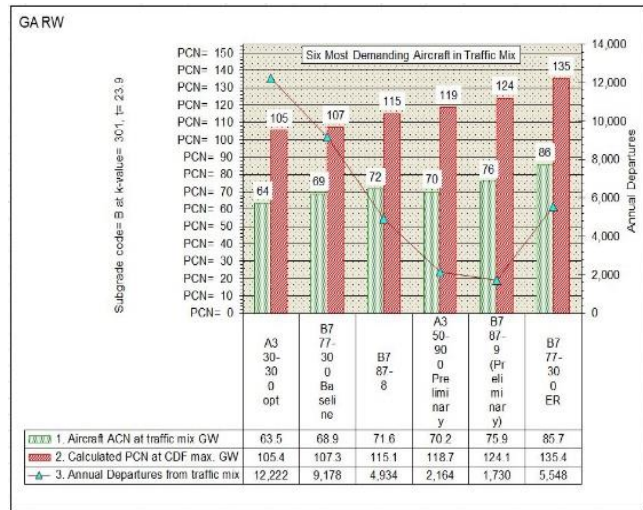
Analisis reduksi umur rencana diperlukan dengan alasan karena pada perhitungan tebal overlay terjadi proses simplifikasi angka pertumbuhan pesawat. Simplifikasi yang dimaksud adalah membuat angka pertumbuhan yang melebihi ±10 perlu dibatasi/dikonversi menjadi (+)10 dan (-) 10. Beberapa angka pertumbuhan yang melampaui batas ±10 tersebut tidak oleh tergambar oleh hasil overlay yang sesuai umur rencana. Untuk itu dengan program KENPAVE [12] khususnya melalui analisis KENSLAB akan diketahui pengurangan atau reduksi umur rencana yang semula direncanakan untuk 20 tahun.

a. Input Program KENSLAB

Rekapitulasi perhitungan equivalent modulus dan effective thickness menggunakan persamaan dari Huang [9], [12] dan Chou [10] pada Tabel 9 dan Tabel 10.

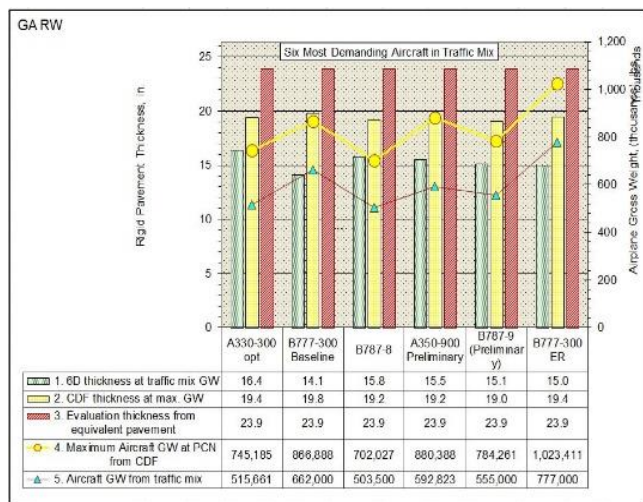
Tabel 9. Perhitungan Equivalent Modulus dan Effective Thickness

Variabel	Hasil	Satuan
b	279,48	mm
R ₁	3,907x10 ¹²	MN/mm
R ₂	5,677x10 ¹³	MN/mm
v	0,11895	
h	694	mm
D _{new}	622	mm
E _p	2.147.738,332	psi



Gambar 4. Perbandingan Nilai ACN dan PCN

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 5. Tebal Perkerasan dan Berat Pesawat

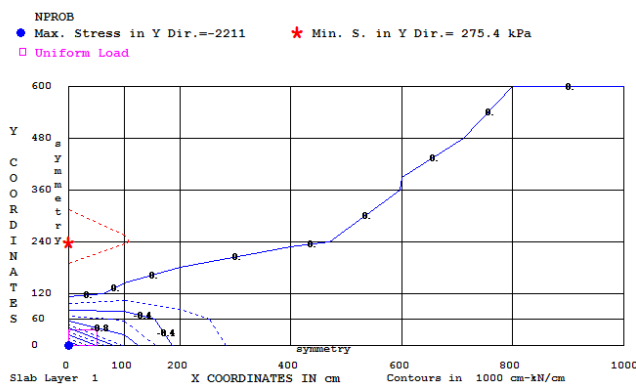
Sumber: Hasil Analisis

Tabel 10. Rekapitulasi Tebal Ekuivalen

Layer Number	Thickness (mm)	Poisson's Ratio	Young's Modulus (psi)	Modulus Rupture (MPa)
1	144	0,35	200000	2000
2	550	0,15	4000000	3,95
Effective Thickness	622	0,11895	2147738,338	22,135

b. Output Program KENSLAB

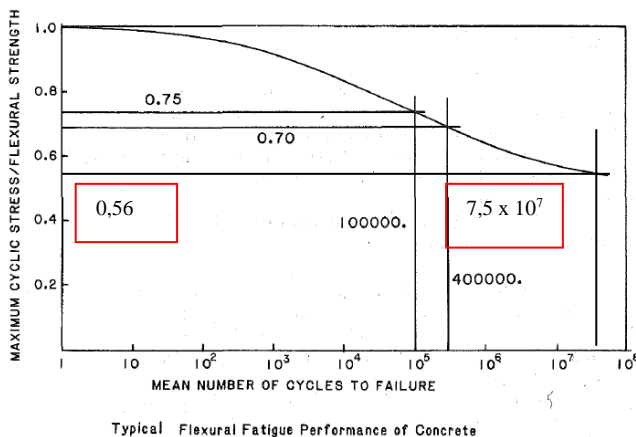
Diperoleh nilai kuat tarik maksimum terletak pada titik 1 yang berada di sudut *slab* yang merupakan letak beban terbesar. Berdasarkan **Gambar 7** diperoleh nilai tegangan maksimum sebesar -2211,039 kPa atau -2,211 MPa. Nilai bernilai negatif berarti slab beton mengalami tegangan tarik.



Gambar 7. Kontur Tegangan pada Slab

c. Reduksi Umur Rencana

Nilai *Ration* (σ) didapatkan dari perbandingan tegangan maksimum dengan *modulus rupture* terkecil. Nilai $\sigma=2,211/3,95=0,56$. **Gambar 8** menunjukkan perhitungan pengulangan beban yang diijinkan (*Nf*) yaitu sebesar $7,5 \times 10^7$ atau 75.000.000 repetisi pergerakan.



Gambar 8. Pengulangan Beban yang Diijinkan (*Nf*)

Sumber: Hasil Analisis

Reduksi umur rencana dihitung berdasarkan *Total Equivalent Annual Departure* untuk pesawat kritis Boeing 777-300ER. *Total Equivalent Annual Departure* diperoleh sebesar 29.789 pergerakan dalam satu tahun. Reduksi umur rencana dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$RL = 100x(1 - \frac{\text{Total Equivalent Annual Departure}}{\text{Repetisi Pergerakan Diizinkan}})$$

$$RL = 100x(1 - \frac{29.789}{75.000.000})$$

Reduksi umur rencana = RL x Umur Rencana = 0,999 x 20 tahun = 19,9 tahun.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari evaluasi dan desain teknis perkuatan perkerasan pada perpanjangan *South Parallel Taxiway 1* dengan metode *FAA* untuk pesawat rencana Boeing 777-300ER disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil evaluasi perkerasan kaku menggunakan program *FAARFIELD* didapatkan nilai *PCC CDF* adalah 8,17 dan *CDFU* adalah 1290,44 menunjukkan umur perkerasan sudah melebihi umur rencana. Dengan hasil tersebut perkerasan membutuhkan perkuatan berupa *overlay*.
2. Berdasarkan hasil evaluasi survei kerusakan visual metode peratingan *FAA* didapatkan nilai *PCI* sebesar 80 (>76). Dengan hasil tersebut dapat dilakukan *overlay* dan tidak perlu dilakukan perbaikan struktur bawah.
3. Berdasarkan hasil perencanaan tebal *overlay* didapatkan tebal evaluasi sebesar 144 mm atau 5,66 inch dengan material P-401 atau *Hot Mix Ashpalt*. Selain itu, didapatkan kode *PCN* saat ini adalah 135/R/B/X/T.
4. Berdasarkan nilai *PCN* saat ini yaitu 135/R/B/X/T sudah lebih besar dari nilai *ACN* pesawat Boeing 777-300ER pada *subgrade* B. Dengan hasil tersebut pesawat Boeing 777-300ER dapat dilayani perkerasan perpanjangan *South Parallel Taxiway 1*.
5. Proses simplifikasi angka pertumbuhan menyebabkan reduksi umur rencana sehingga tidak mencapai 20 tahun. Berdasarkan perhitungan program *KENSLAB* didapatkan reduksi umur rencana menjadi 19,9 tahun.
6. Dalam pelaksanaan *overlay*, penyesuaian elevasi permukaan *taxiway* lama dengan permukaan *overlay taxiway* baru dilakukan dengan cara *tapering*.

Ucapan Terima Kasih

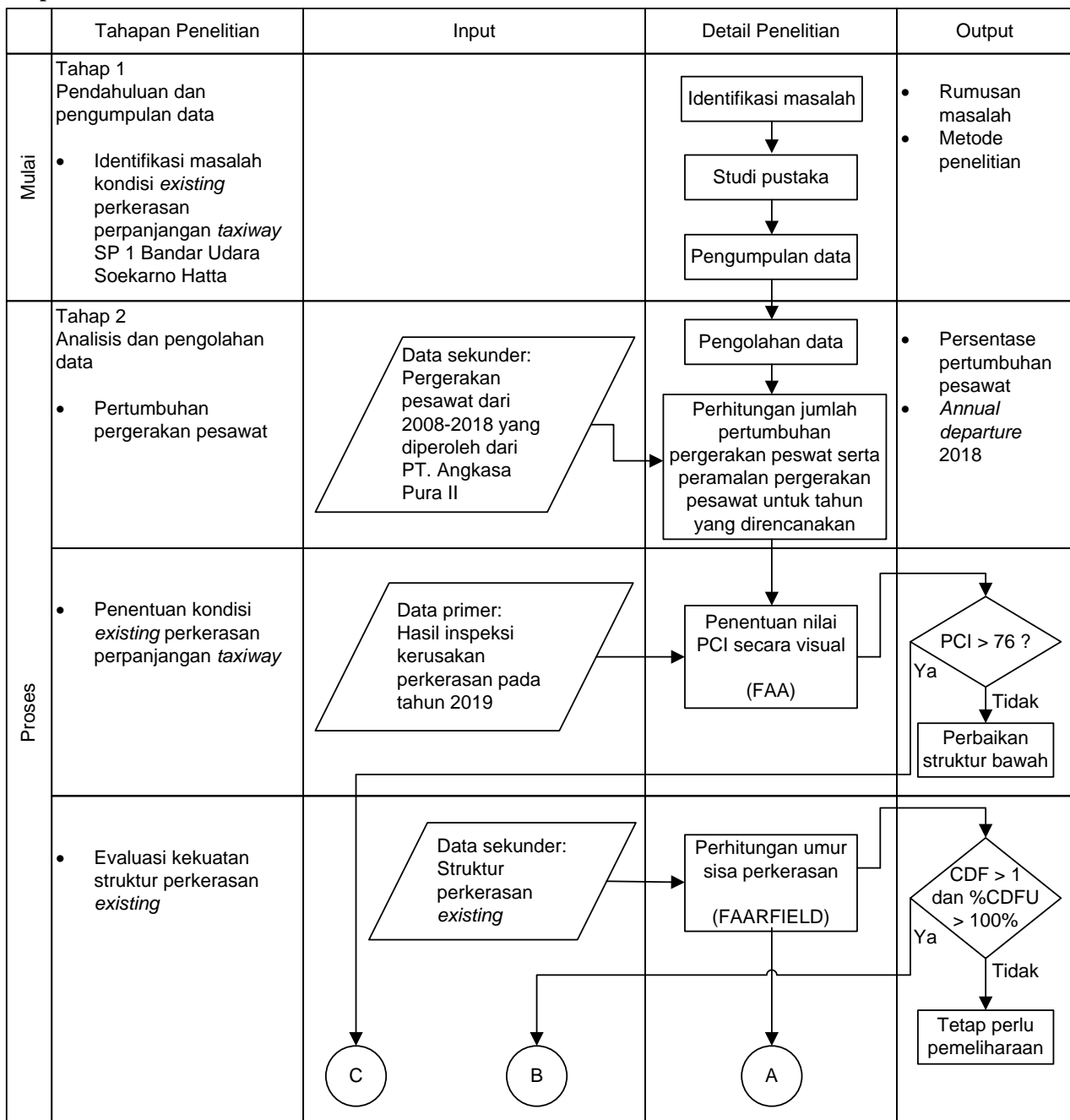
Artikel ilmiah ini merupakan bagian dari hasil penelitian di lokasi magang mahasiswa Departemen Teknik Sipil tahun 2019. Kepada semua pihak yang telah berperan dalam penelitian ini diucapkan terima kasih antara lain PT. Angkasa Pura II di dua tempat, yaitu Kantor Pusat PT

(Persero) Angkasa Pura II di *Airport Design Division (ADD)* dan *Airport Construction Division (ACD)* dan di Kantor Cabang Utama Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta (bagian *Airport Infrastructure & Support*).

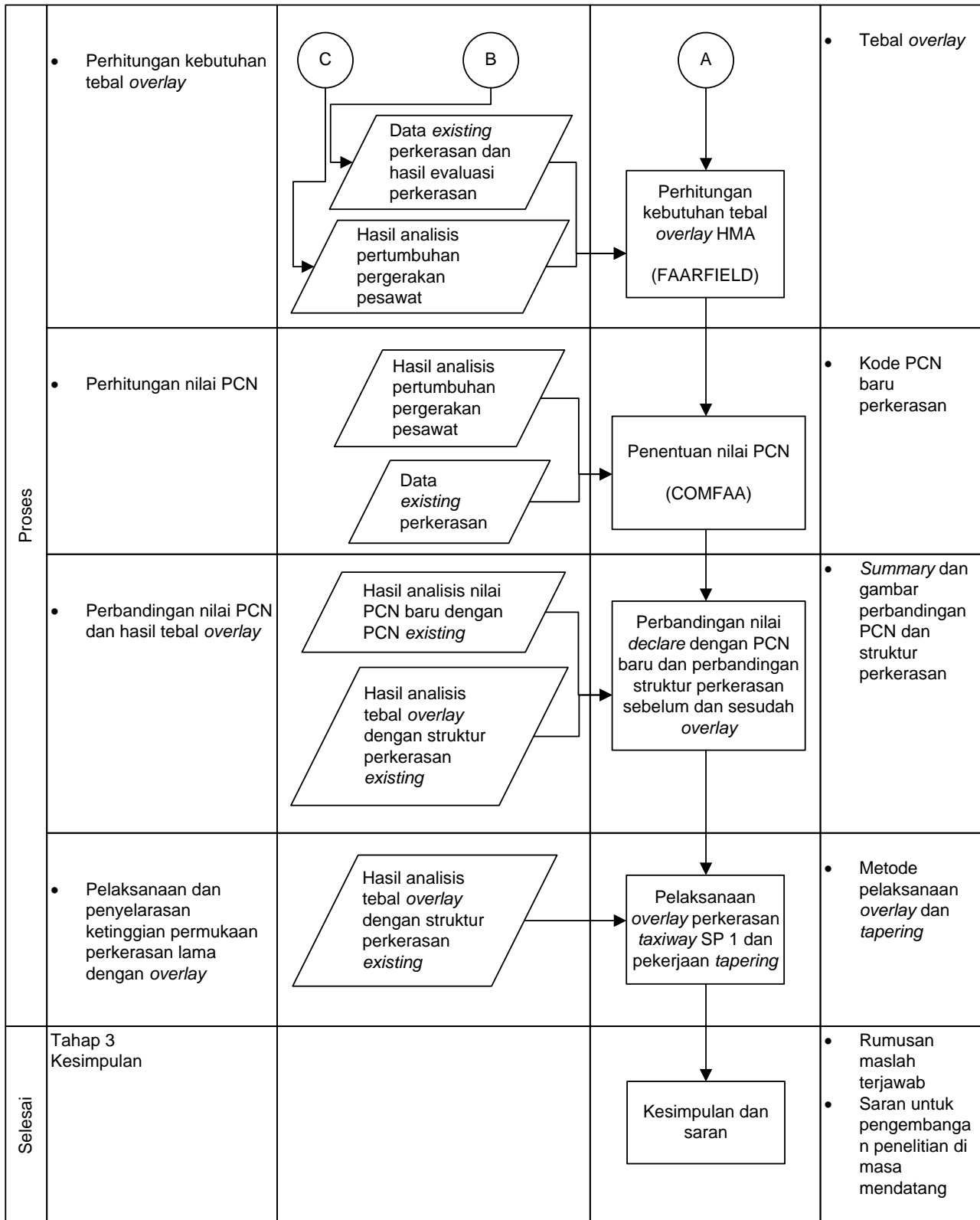
Daftar Pustaka

- [1] FAA, AC No: 150/5320-6F *Airport Pavement Design and Evaluation*. Washington, DC 20591: U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration (FAA), 2016.
- [2] FAA, AC No: 150/5320-17A *Airfield Pavement Surface Evaluation and Rating Manuals*. Washington, DC 20591: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration (FAA), 2014.
- [3] FAA, AC No: 150/5335-5C *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN*. Washington, DC 20591: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration (FAA), 2014.
- [4] FAA, COMFAA 3.0 - *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN*. Washington, DC 20591: U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration (FAA), 2014.
- [5] FAA, FAARFIELD 1.42 - *Airport Pavement Design and Evaluation: Standard Thickness Design Software*. Washington, DC 20591: U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration (FAA), 2018.
- [6] FAA, AC No: 150/5380 6C *Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements*. Washington: U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration (FAA), 2014.
- [7] Institute Asphalt, *Asphalt Institute MS-17: Asphalt Overlay for Highway and Street Rehabilitation*, June 1983. Kentucky, U.S.A.: Asphalt Institute (Manual Series No.17), 1983.
- [8] N. J. Delatte, M. Safarjalani, and N. B. Zinger, "Concrete Pavement Performance in Southeastern United State," Tuscaloosa, AL: The University Transportation Center for Alabama, September 2000, 2000.
- [9] Y. H. Huang, *Pavement Analysis and Design*. Prentice Hall, 1993.
- [10] Y. J. Chou, *Verification of the ODOT Overlay Design Procedure*. No. FHWA/OH-96/005, 1996.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2013.
- [12] Y. H. Huang, *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2004.

lampiran



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)