

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bandar Udara.....	6
2.2 Prasarana Bandar Udara.....	6
2.2.1 <i>Runway</i> (Landasan Pacu).....	7
2.2.2 <i>Taxiway</i> (Penghubung Landas Pacu).....	8
2.2.3 <i>Apron</i> (Parkir Pesawat Udara)	9
2.3 Struktur Perkerasan Bandara.....	10
2.4 Struktur Perkerasan <i>Apron</i>	11
2.5 <i>Comparing rigid airport pavement thicknesses designed</i>	12
BAB 3 LANDASAN TEORI	15
3.1 Peralaman Pertumbuhan Pergerakan Pesawat	15
3.1.1 Metode <i>Time Series</i>	15
3.1.2 Metode <i>Market Share</i>	16
3.1.3 Metode Ekonometrik	16
3.2 Total keberangkatan pada umur rencana	17
3.3 Kapasitas pesawat dan penumpang	17

3.4	Jam puncak penumpang dan pesawat	18
3.5	Menentukan dimensi <i>Apron</i> menurut FAA dan ICAO	19
3.6	Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Empiris	21
3.6.1	Keberangkatan tahunan ekivalen (<i>equivalent annual departure</i>)	21
3.6.2	Modulus reaksi tanah dasar	24
3.6.3	Kuat lentur Beton	25
3.6.4	Karakteristik Pesawat	27
3.6.5	Dimensi Pesawat	27
3.6.6	Roda Pendaratan Pesawat	28
3.6.7	Beban Pesawat	34
3.6.8	Kapasitas Pesawat dan Penumpang	35
3.6.9	Langkah-langkah perancangan tebal perkerasan kaku	36
3.7	Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Program <i>Faarfield</i>	36
3.8	Perancangan Joint (Sambungan)	39
3.9	Jarak antar sambungan	43
3.10	Sambungan Baja	43
3.11	Menghitung <i>Fatigue</i> Perkerasan kaku	47
3.12	Tegangan yang Terjadi Akibat Pengaruh Perubahan Temperatur	50
BAB 4	METODE PENELITIAN	52
4.1	Lokasi Penelitian	52
4.2	Data Penelitian	52
4.3	Prosedur Penelitian	53
4.4	Alat atau Instrumen	54
4.5	Metode Analisis	54
BAB 5	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	57
5.1	Informasi umum lokasi penelitian	57
5.2	Data pesawat	58
5.3	Analisis data	68
5.4	Perancangan dimensi <i>Apron</i> untuk 20 tahun mendatang	78
5.5	Perancangan tebal perkerasan <i>apron</i> Metode Empiris FAA	83
5.6	Perancangan tebal perkerasan <i>apron</i> menggunakan FAARFIELD	98
5.7	Perancangan Sambungan Perkerasan Kaku	102
5.8	Menentukan tegangan dan defleksi perkerasan kaku	102
5.9	Menghitung <i>Fatigue</i> perkerasan kaku	105
5.10	Menghitung tegangan pengaruh perubahan suhu	107
5.11	Menghitung tegangan tambahan	109
5.12	Sambungan atau <i>Joint slab</i> beton	110
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	113
6.1	Kesimpulan	113
6.2	Saran	113

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Typical gate occupancy time (in minutes)</i> (ICAO, 1987).....	19
Tabel 3.2 <i>Example of aircraft categorization</i> (ICAO 1987).....	19
Tabel 3.3 Jarak bebas minimum di <i>apron</i> (ICAO, 2005)	20
Tabel 3.4 Jarak bebas minimum di <i>apron</i> (ICAO, 1987)	20
Tabel 3.5 Faktor ekivalen konfigurasi sumbu roda (ICAO, 1983).....	21
Tabel 3.6 Faktor keamanan metode FAA (Yoder & Witczak, 1975).....	24
Tabel 3.7 Konversi tebal lapis untuk EAD total ≥ 25.000 (FAA, 1995)	24
Tabel 3.8 Nilai K terhadap bahan pondasi (Packard, 1973)	24
Tabel 3.9 Dimensi pesawat terbang (Barros & Wirasinghe, 1997).....	28
Tabel 3.10 Contoh standar penamaan <i>landing gear configurations</i> (FAA, 2005).....	29
Tabel 3.11 Nilai modulus elastisitas untuk berbagai macam material (Huang, 2004)	30
Tabel 3.12 Nilai <i>poisson ratio</i> untuk berbagai macam material (Huang, 2004).....	30
Tabel 3.13 Berat Pesawat (Barros and Wirasinghe, 1997).	35
Tabel 3.14 Nilai standar CDF pada program <i>FAARFIELD</i> (FAA, 2021)	37
Tabel 3.15 Tipe perkerasan pada program <i>FAARFIELD</i> (FAA, 2016).....	37
Tabel 3.16 <i>Minimum Layer Thickness for Rigid Pavement</i> (FAA, 2021)	38
Tabel 3.17 Nilai <i>Poisson ratio</i> dan nilai modulus yang diizinkan (FAA, 2021)	38
Tabel 3.18 Rekomendasi maksimal jarak sambungan (FAA, 2021).....	43
Tabel 3.19 Jarak, panjang dan diameter <i>dowel</i> (FDOT, 2009)	46
Tabel 3.20 Diameter <i>dowel</i> (Austroads, 2017)	46
Tabel 3.21 Diameter dan Jarak <i>Dowel</i> (Yoder and Witczak, 1975).....	47
Tabel 3.22 Dimensi dan jarak <i>Dowel</i> (FAA, 2021).....	47
Tabel 3.23 Beban repetisi yang diizinkan oleh metode PCA (Huang, 2004)	47
Tabel 3.24 <i>Stress Ratio</i> dan repetisi yang diizinkan (Packard, 1973)	48
Tabel 3.25 Nilai LRF dan PCR berdasarkan konfigurasi sumbu roda (ICAO, 1983).....	49
Tabel 3.26 Variasi Kekuatan Beton (Packard, 1973)	49
Tabel 5.1 Fasilitas sisi udara Bandara Adi Soemarmo (Angkasa Pura I Persero, 2020).....	58
Tabel 5.2 Nilai <i>Maximum Taxi Weight</i> (MTW) (Karakteristik Pesawat, 2022)	58
Tabel 5.3 Data Keberangkatan Pesawat Bandar Udara Adi Soemarmo Surakarta	68
Tabel 5.4 Jumlah keberangkatan pesawat tahun 2019 (Angkasa Pura I Persero, 2020)	69
Tabel 5.5 Hasil <i>forecasting</i> keberangkatan pesawat 20 tahun	71
Tabel 5.6 Hasil <i>forecasting</i> keberangkatan pesawat 20 tahun (<i>exponential smoothing</i>).....	71
Tabel 5.7 Prediksi pesawat yang akan parkir di <i>apron</i> pada jam puncak.....	77
Tabel 5.8 Jarak Bebas minimum di <i>apron</i> menurut ICAO	78
Tabel 5.9 Jarak bebas minimum di <i>apron</i> menurut FAA	78
Tabel 5.10 <i>Annual departure</i> pesawat tahun 2019 (Angkasa Pura I Persero, 2020).....	83
Tabel 5.11 Karakteristik pesawat (Angkasa Pura I Persero, 2020).....	85
Tabel 5.12 Hasil perhitungan beban roda pesawat rencana (W1) dan campuran (W2)	87
Tabel 5.13 Hasil perhitungan jumlah keberangkatan tahunan (<i>annual departure</i>).....	89

Tabel 5.14	Hasil perhitungan <i>Equivalent Annual Departure</i> (EAD) tiap jenis pesawat.....	91
Tabel 5.15	Rata-rata keberangkatan berdasarkan tipe pesawat untuk th 2020 - 2039	95
Tabel 5.16	Hasil perhitungan <i>annual departure</i> (R_2) rata – rata th 2020 - 2039	95
Tabel 5.17	Hasil Perhitungan <i>EAD</i> (R_1) rata – rata th 2020 - 2039	96
Tabel 5.18	<i>Pavement Thickness for high departure levels</i> (FAA, 1995)	97
Tabel 5.19	<i>Adi Soemarmo airport apron concrete pavement thickness</i>	98
Tabel 5.20	Konversi tipe pesawat pada program <i>FAARFIELD</i>	99
Tabel 5.21	Total pergerakan pesawat tahun 2010-2019	99
Tabel 5.22	Hasil hitungan <i>total departure</i> pada analisis pesawat	100
Tabel 5.23	Hasil analisis empiris FAA tebal perkerasan <i>apron</i>	101
Tabel 5.24	Perbedaan hasil analisis tebal perkerasan kaku <i>apron</i>	101
Tabel 5.25	Rangkuman hasil perhitungan tegangan dan defleksi	105
Tabel 5.26	Nilai LRF dan PCR berdasarkan konfigurasi sumbu roda pesawat.....	105
Tabel 5.27	Variasi Kekuatan Beton (Packard, 1973)	106
Tabel 5.28	Nilai temperature pada permukaan atas dan permukaan bawah beton	107
Tabel 5.29	Nilai tipikal untuk PCC CTE (α) (AASHTO, 1993).....	108
Tabel 5.30	Ukuran dan jarak <i>dowel</i>	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelola bandar udara di Indonesia (Kementerian Perhubungan, 2022).....	6
Gambar 2.2 Tampak atas elemen <i>Runway</i> (FAA, 2014).	7
Gambar 2.3 <i>Clearway</i> (FAA, 2018)	8
Gambar 2.4 <i>Stopway</i> (FAA, 2018)	8
Gambar 2.5 <i>Taxiways on Aprons</i> (ICAO, 2005)	9
Gambar 2.6 <i>Passenger terminal Apron concepts</i> (ICAO, 2005).....	10
Gambar 2.7 <i>Typical Rigid Pavement</i> (FAA, 2021)	11
Gambar 2.8 <i>Typical Flexible Pavement</i> (FAA, 2021)	11
Gambar 2.9 <i>FAARFIELD v1.3 concrete thicknesses</i> (White dan Balestra, 2019).	13
Gambar 2.10 <i>FAARFIELD v1.4 compared to v1.3</i> (White dan Balestra, 2019).....	14
Gambar 2.11 <i>FAARFIELD v1.4 compared to COMFAA</i> (White dan Balestra, 2019).....	14
Gambar 3.1 Kurva desain tebal perkerasan kaku, <i>Dual Wheel Gear</i> (FAA, 1995)	23
Gambar 3.2 Grafik hubungan stabilisasi <i>subbase</i> dengan nilai <i>k</i> (FAA, 1995).....	25
Gambar 3.3 Kurva perancangan <i>pavement thickness</i> B737-900ER (Boeing, 2021).....	26
Gambar 3.4 <i>Aircraft dimensions</i> (Horonjeff et al., 2010).....	27
Gambar 3.5 <i>Basic landing gear configuration</i> (FAA, 2005)	28
Gambar 3.6 Konfigurasi roda pendaratan kompleks (FAA, 2005)	29
Gambar 3.7 Ilustrasi <i>Interior Load</i> (Westergaard, 1948)	31
Gambar 3.8 Ilustrasi <i>Edge Load</i> (Westergaard, 1948).....	32
Gambar 3.9 Ilustrasi <i>Corner Load</i> (Westergaard, 1948)	33
Gambar 3.10 <i>The Formation of plastic hinge</i> (Westergaard, 1948).....	34
Gambar 3.11 <i>Typical Joint in Concrete road pavements</i> (Austroads, 2017).....	39
Gambar 3.12 Letak sambungan muai dan detailnya (Hardiyatmo, 2019).	41
Gambar 3.13 Detail sambungan susut (Hardiyatmo, 2019).....	41
Gambar 3.14 <i>Isolation Joint</i> (FAA, 2021)	42
Gambar 3.15 Jarak maksimum <i>tie bar</i> diameter ½ in. <i>Grade 40</i> (AASHTO, 1993)	45
Gambar 3.16 Jarak maksimum <i>tie bar</i> diameter 5/8in. <i>Grade 40</i> (AASHTO, 1993).	45
Gambar 3.17 Faktor koreksi tegangan <i>curling</i> pada plat beton	51
Gambar 4.1 Peta lokasi penelitian (<i>Google Earth</i> , 2022)	52
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian	53
Gambar 4.3 Bagan alir perancangan perkerasan kaku (Program <i>FAARFIELD</i>).....	55
Gambar 4.4 Bagan alir perancangan perkerasan kaku (Metode empiris FAA).....	56
Gambar 5.1 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-300</i> (Boeing, 2021).....	59
Gambar 5.2 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-400</i> (Boeing, 2021).....	60
Gambar 5.3 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-500</i> (Boeing, 2021).....	61
Gambar 5.4 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-700</i> (Boeing, 2021).....	62
Gambar 5.5 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-800</i> (Boeing, 2021).....	63
Gambar 5.6 Dimensi pesawat <i>Boeing 737-900ER</i> (Boeing, 2021).....	64
Gambar 5.7 Dimensi pesawat <i>Airbus 320-200</i> (Airbus, 2022)	65

Gambar 5.8 Dimensi pesawat <i>ATR 72-600</i> (ATR, 2020)	66
Gambar 5.9 Dimensi pesawat <i>Cessna 208</i> (Cessna, 2020)	67
Gambar 5.10 Pergerakan Pesawat tahunan Bandara Adi Soemarmo Surakarta	69
Gambar 5.11 Grafik pertumbuhan keberangkatan pesawat tahun 2010 – 2019	70
Gambar 5.12 Jarak bebas minimum (Sartono, Dewanti dan Rahman, 2015)	79
Gambar 5.13 Sketsa dimensi <i>apron</i> kondisi eksisting Bandara Adi Soemarmo	81
Gambar 5.14 Sketsa dimensi <i>apron</i> rencana untuk 20 tahun mendatang	82
Gambar 5.15 Detail perkerasan <i>apron</i> eksisting (Angkasa Pura I Persero, 2020)	84
Gambar 5.16 <i>Landing gear footprint Boeing 737-900ER</i> (Boeing, 2021)	84
Gambar 5.17 Tabel berat muatan pesawat <i>Boeing 737-900ER</i> (Boeing, 2021)	85
Gambar 5.18 Pengaruh <i>subbase</i> yang distabilisasi terhadap modulus <i>subgrade</i>	92
Gambar 5.19 <i>Percent of load on main gear MTW B737-900ER</i> (Boeing, 2021)	93
Gambar 5.20 Hasil perancangan tebal perkerasan kaku Metode Empiris FAA	94
Gambar 5.21 Hasil perancangan tebal perkerasan kaku Metode FAA tahun 2039	97
Gambar 5.22 Detail perancangan perkerasan kaku untuk 20 tahun mendatang	98
Gambar 5.23 Input data pesawat ke dalam program <i>FAARFIELD</i>	100
Gambar 5.24 Halaman analisis struktur pada program <i>FAARFIELD</i>	101
Gambar 5.25 Grafik menentukan nilai <i>flexural stress</i> (Boeing, 2021)	106
Gambar 5.26 Faktor koreksi tegangan <i>curling</i> pada plat beton	108
Gambar 5.27 Jenis-jenis <i>joint</i> berdasarkan fungsinya (FAA, 2021)	110
Gambar 5.28 Detail Visualisasi <i>Slab</i> beton	112
Gambar 5.29 Detail Potongan A	112

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian	118
Lampiran 2 Data Penyelidikan Tanah <i>Apron</i> Eksisting	119
Lampiran 3 Data Penyelidikan Tanah Rencana Perluasan <i>Apron</i>	120
Lampiran 4 Data Pergerakan Pesawat	121