

BAB IV

ANALISIS DAN PENGOLAHAN DATA

IV.1 Proyeksi Pergerakan Berdasarkan Rencana Induk Pengembangan Bandar Udara Internasional Kertajati

Analisis pengembangan bandar udara dilakukan setiap 5 tahun sekali, yaitu pada tahun 2023, 2028, 2033, dan 2038. Pengembangan tersebut dilakukan dengan menggunakan hasil proyeksi pergerakan berdasarkan Rencana Induk Pengembangan Bandar Udara Internasional Kertajati yang tercantum di dalam Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 954 Tahun 2014. Berdasarkan dokumen tersebut, pengembangan Bandara Kertajati dibagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap 1 *Stage* 1, tahap 1 *Stage* 2, tahap 2, dan tahap 3. Selain itu, Bandara Kertajati merupakan bandara pengumpul (*hub*) dengan skala pelayanan sekunder. Berikut merupakan data proyeksi pergerakan penumpang tahunan Bandara Kertajati berdasarkan KP Nomor 394 Tahun 2014.

Tabel IV. 1 Proyeksi Pergerakan Penumpang Tahunan Bandara Kertajati
Sumber: KP Nomor 394 Tahun 2014

Pergerakan Penumpang Tahunan	Tahap IA (2018 – 2024)	Tahap IB (2024 – 2027)	Tahap II (2027 – 2030)	Tahap III (2030 – 2032)
Domestik	8,668,960	12,270,920	15,915,830	19,913,710
Internasional	3,250,390	4,907,360	6,955,490	9,433,960
Total	11,919,350	17,178,280	22,871,320	29,347,670

Berdasarkan data tersebut, maka penentuan besar proyeksi pergerakan penumpang di tahun pengembangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *time series*. Berikut merupakan besar proyeksi pergerakan penumpang di setiap tahunnya pada periode tahun 2019 – 2038.

Tabel IV. 2 Proyeksi Pergerakan Penumpang Tahunan Periode Tahun 2019 - 2038

Tahun	Domestik		Internasional	
	Pnp/tahun	Pnp/hari	Pnp/tahun	Pnp/hari
2019	1,416,650	3,881.23	265,031	726
2020	2,796,822	7,662.53	910,088	2,493
2021	4,176,993	11,443.82	1,555,145	4,261
2022	5,557,164	15,225.11	2,200,201	6,028
2023	6,937,336	19,006.40	2,845,258	7,795
2024	8,317,507	22,787.69	3,490,315	9,563
2025	9,697,678	26,568.98	4,135,372	11,330
2026	11,077,850	30,350.27	4,780,429	13,097

Tahun	Domestik		Internasional	
	Pnp/tahun	Pnp/hari	Pnp/tahun	Pnp/hari
2027	12,458,021	34,131.56	5,425,485	14,864
2028	13,838,192	37,912.86	6,070,542	16,632
2029	15,218,364	41,694.15	6,715,599	18,399
2030	16,598,535	45,475.44	7,360,656	20,166
2031	17,978,706	49,256.73	8,005,713	21,933
2032	19,358,878	53,038.02	8,650,769	23,701
2033	20,739,049	56,819.31	9,295,826	25,468
2034	22,119,220	60,600.60	9,940,883	27,235
2035	23,499,392	64,381.89	10,585,940	29,003
2036	24,879,563	68,163.19	11,230,997	30,770
2037	26,259,734	71,944.48	11,876,053	32,537
2038	27,639,906	75,725.77	12,521,110	34,304

IV.2 Analisis Modulasi Pesawat

Proyeksi pergerakan pesawat dan penumpang tahunan dibutuhkan untuk mengukur ukuran bandara dalam hal permintaan penumpang udara, dan hal ini digunakan utamanya untuk perancangan bandara berdasarkan finansial. Dalam perencanaan dan perancangan fasilitas bandara, faktor utama yang mempengaruhi hal tersebut adalah variasi permintaan jangka pendek, yaitu jam puncak dan hari-hari kerja. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menentukan analisis jam puncak.

1. Menentukan jumlah penumpang tahunan, didapat dari hasil proyeksi jumlah tahunan
2. Mengubah jumlah penumpang tahunan menjadi jumlah penumpang harian
3. Menentukan koefisien jam puncak berdasarkan tabel berikut
4. Menentukan volume jam puncak (PHV)

$$PHV = \text{Jumlah Penumpang Harian} \times \text{Koefisien Jam Puncak}$$

Setelah melakukan perhitungan analisis jam puncak, dilakukan analisis modulasi pesawat jam puncak. Berikut merupakan langkah perhitungan analisis modulasi pesawat jam puncak.

1. Modulasi dan tipe pesawat didapat dari data lalu lintas harian pesawat di Bandar Udara Internasional Kertajati sesuai dengan tahapan pengembangan yang akan diterapkan.
2. Dalam menentukan jumlah modul digunakan metode *trial and error*.
3. *Load factor* diasumsikan untuk masing-masing modulus pesawat bernilai < 80%.

4. Nilai kapasitas harus bernilai lebih besar daripada nilai volume jam puncak agar volume jam puncak dapat terakomodasi oleh kapasitas pesawat. Nilai kapasitas dapat ditentukan sebagai berikut

$$Capacity = Modul\ pesawat \times jumlah\ modul \times load\ factor$$

5. Jika *load factor* dari pesawat melebihi 80%, maka solusi yang dapat diterapkan adalah menambah pesawat atau mengganti jenis pesawat dengan kapasitas yang lebih besar.

IV.3 Analisis Perhitungan Penumpang Haji dan Umroh

Berdasarkan pernyataan Menteri Perhubungan pada tahun 2019, jemaah haji dan umroh yang berasal dari Jawa Barat Bagian Timur diwajibkan untuk berangkat dari Bandara Kertajati. Area ini mencakup Majalengka, Subang, Indramayu, Cirebon, Tasikmalaya, dan Ciamis. Sehingga, dengan mempertimbangkan peningkatan jumlah penumpang haji dan umroh kedepannya, maka pada analisis kali ini jumlah penumpang haji dan umroh akan diperhitungkan sebagai tambahan dari volume penumpang yang telah diproyeksikan berdasarkan Rencana Induk Bandara Kertajati. Adapun beberapa batasan yang akan digunakan dalam menganalisis perhitungan penumpang haji dan umroh adalah sebagai berikut:

1. Durasi periode musim umroh dalam satu tahun dianggap dilakukan selama satu tahun selain periode keberangkatan kloter haji pertama hingga Tahun Baru Islam (tanggal 1 Muharram), yaitu selama 270 hari.
2. Durasi periode musim haji dianggap dimulai dengan acuan dari hari keberangkatan kloter haji pertama hingga kedatangan kloter haji terakhir, yaitu selama 71 hari.

Berdasarkan data penumpang haji dan umroh yang telah diperoleh, berikut merupakan hasil proyeksi penumpang haji dan umroh Jawa Barat yang diregresikan secara linear.

Tabel IV. 3 Hasil Proyeksi Jumlah Penumpang Haji dan Umroh di Jawa Barat
Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), 2016-2020

No	Tahun	Penumpang Jawa Barat	
		Haji	Umroh
1	2016	29,694	121,952
2	2017	37,568	157,724
3	2018	38,626	180,960
4	2019	38,659	175,437

No	Tahun	Penumpang Jawa Barat	
		Haji	Umroh
5	2020	38,944	204,941
6	2021	42,576	223,311
7	2022	44,535	241,680
8	2023	46,494	260,049
9	2024	48,453	278,418
10	2025	50,412	296,788
11	2026	52,371	315,157
12	2027	54,330	333,526
13	2028	56,289	351,895
14	2029	58,248	370,265
15	2030	60,207	388,634
16	2031	62,167	407,003
17	2032	64,126	425,372
18	2033	66,085	443,741
19	2034	68,044	462,111
20	2035	70,003	480,480
21	2036	71,962	498,849
22	2037	73,921	517,218
23	2038	75,880	535,588

Berikutnya, jumlah penumpang haji dan umroh akan dimasukkan ke dalam Modulasi Rute Internasional untuk Bandara Kertajati.

IV.4 Modulasi Rute Domestik

Pada analisis kali ini, rute domestik yang akan digunakan adalah gabungan dari rute domestik di Bandara Kertajati dan Bandara Husein Sastranegara. Hal ini dilakukan karena kedepannya Bandara Kertajati akan direncanakan untuk menggantikan peran Bandara Husein Sastranegara sebagai bandara komersil utama di Jawa Barat. Berikut merupakan data lalu lintas pesawat Bandara Kertajati yang telah digabung dengan data lalu lintas pesawat Bandara Husein Sastranegara.

Tabel IV. 4 Rute Kedatangan Domestik
Sumber: flightradar24, 2021

NO	TIME	FLIGHT	FROM	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
1	6:10:00 AM	QG835	Jakarta (CGK)	Citilink	A320	180
2	7:25:00 AM	IW1289	Bandar Lampung (TKG)	Wings Air	AT7	70
3	7:25:00 AM	QG810	Palembang (PLM)	Citilink	A320	180
4	7:45:00 AM	IW1977	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
5	8:05:00 AM	QZ720	Denpasar (DPS)	Indonesia Airasia	A320	180
6	8:15:00 AM	IW1753	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	70

NO	TIME	FLIGHT	FROM	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
7	8:50:00 AM	IW1993	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70
8	8:50:00 AM	JT913	Pekanbaru (PKU)	Lion Air	B738	189
9	9:00:00 AM	QG822	Denpasar (DPS)	Citilink	A320	180
10	9:30:00 AM	JT945	Banjarmasin (BDJ)	Lion Air	B738	189
11	9:55:00 AM	IW1971	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
12	10:10:00 AM	IW1211	Bandar Lampung (TKG)	Wings Air	AT7	70
13	10:20:00 AM	JT3960	Medan (KNO)	Lion Air	B738	189
14	10:30:00 AM	QG834	Surabaya (SUB)	Citilink	A320 Neo	180
15	10:40:00 AM	JT951	Surabaya (SUB)	Lion Air	B739	182
16	10:45:00 AM	IW1811	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70
17	11:25:00 AM	QG1627	Yogyakarta (JOG)	Citilink	ATR	78
18	11:55:00 AM	IW1895	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
19	12:05:00 PM	IW1979	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
20	12:35:00 PM	QG433	Balikpapan (BPN)	Citilink	A320	180
21	12:35:00 PM	QZ750	Denpasar (DPS)	Indonesia AirAsia	A320	180
22	1:20:00 PM	IW1919	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
23	2:15:00 PM	IW1973	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
24	2:20:00 PM	IW1749	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	70
25	2:30:00 PM	IW1720	Jakarta (HLP)	Wings Air	AT7	70
26	2:40:00 PM	QG812	Medan (KNO)	Citilink	A320	180
27	3:00:00 PM	JT3961	Denpasar (DPS)	Lion Air	B738	189
28	3:00:00 PM	JT960	Medan (KNO)	Lion Air	B739	182
29	3:10:00 PM	IW1877	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
30	3:30:00 PM	JT950	Batam (BTH)	Lion Air	B738	189
31	4:10:00 PM	IW1905	Surakarta (SOC)	Wings Air	AT7	70
32	4:20:00 PM	IW1907	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70
33	4:25:00 PM	IW1981	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
34	4:45:00 PM	IW1975	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
35	4:55:00 PM	QG1510	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76	78
36	5:00:00 PM	QG1994	Jakarta (HLP)	Citilink	ATR	78
37	5:15:00 PM	IW1897	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
38	5:15:00 PM	QG954	Pekanbaru (PKU)	Citilink	A320	180
39	6:15:00 PM	IW1722	Jakarta (HLP)	Wings Air	AT7	70
40	7:05:00 PM	JT941	Balikpapan (BPN)	Lion Air	B738	189
41	7:45:00 PM	JT961	Denpasar (DPS)	Lion Air	B738	189
42	7:55:00 PM	QZ616	Surabaya (SUB)	Indonesia Airasia	A320	180

Tabel IV. 5 Rute Keberangkatan Domestik
Sumber: flightradar24, 2021

NO	TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
1	6:00:00 AM	IW1970	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
2	6:10:00 AM	IW1992	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70

NO	TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
3	6:50:00 AM	QG835	Surabaya (SUB)	Citilink	A320	180
4	7:00:00 AM	IW1918	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
5	7:50:00 AM	IW1210	Bandar Lampung (TKG)	Wings Air	AT7	70
6	8:00:00 AM	QG432	Balikpapan (BPN)	Citilink	A320	180
7	8:05:00 AM	QG1626	Yogyakarta (JOG)	Citilink	ATR	78
8	8:10:00 AM	IW1976	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
9	8:30:00 AM	QZ721	Denpasar (DPS)	Indonesia Airasia	A320	180
10	9:10:00 AM	IW1894	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
11	9:30:00 AM	QG813	Medan (KNO)	Citilink	A320	180
12	9:35:00 AM	JT942	Balikpapan (BPN)	Lion Air	B738	189
13	10:20:00 AM	IW1972	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
14	10:30:00 AM	IW1721	Jakarta (HLP)	Wings Air	AT7	70
15	10:30:00 AM	IW1748	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	70
16	11:00:00 AM	JT3960	Denpasar (DPS)	Lion Air	B738	189
17	11:05:00 AM	IW1812	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70
18	11:10:00 AM	QG834	Jakarta (CGK)	Indonesia Airasia	A320 Neo	180
19	11:20:00 AM	JT951	Batam (BTH)	Lion Air	B739	182
20	12:20:00 PM	IW1876	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
21	12:30:00 PM	IW1978	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
22	1:05:00 PM	QG955	Pekanbaru (PKU)	Citilink	A320	180
23	1:05:00 PM	QZ751	Denpasar (DPS)	Indonesia AirAsia	A320	180
24	1:45:00 PM	IW1904	Surakarta (SOC)	Wings Air	AT7	70
25	2:40:00 PM	IW1974	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
26	2:50:00 PM	IW1286	Bandar Lampung (TKG)	Wings Air	AT7	70
27	3:30:00 PM	QG825	Denpasar (DPS)	Citilink	A320	180
28	3:40:00 PM	JT3961	Medan (KNO)	Lion Air	B738	189
29	3:40:00 PM	JT960	Denpasar (DPS)	Lion Air	B739	182
30	4:10:00 PM	JT950	Surabaya (SUB)	Lion Air	B738	189
31	4:40:00 PM	IW1906	Yogyakarta (JOG)	Wings Air	AT7	70
32	4:50:00 PM	IW1980	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	70
33	4:55:00 PM	IW1723	Jakarta (HLP)	Wings Air	AT7	70
34	5:25:00 PM	QG1511	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76	78
35	5:40:00 PM	IW1896	Semarang (SRG)	Wings Air	AT7	70
36	5:45:00 PM	QG815	Palembang (PLM)	Citilink	A320	180
37	6:00:00 PM	IW1752	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	70
38	6:00:00 PM	QG1995	Jakarta (HLP)	Citilink	ATR	78
39	7:35:00 PM	JT940	Balikpapan (BPN)	Lion Air	B738	189
40	7:55:00 PM	JT912	Pekanbaru (PKU)	Lion Air	B738	189
41	8:20:00 PM	QZ617	Surabaya (SUB)	Indonesia Airasia	A320	180
42	8:30:00 PM	JT961	Medan (KNO)	Lion Air	B738	189

Setelah data tersebut sudah lengkap, maka tahap analisis modulasi pesawat dapat dilakukan pada setiap tahun pengembangan. Pada analisis kali ini, modulasi pesawat yang digunakan akan diganti sesuai dengan *critical aircraft* terkecil antara bandara asal dan tujuan dari rute tersebut, yang didasarkan pada pengecekan nilai PCN bandara asal dan tujuan. Berikut merupakan hasil pengecekan kapasitas sistem lapisan perkerasan dari masing-masing bandara untuk mengetahui *critical aircraft* dari bandara asal dan tujuan.

Tabel IV. 6 Pengecekan Nilai PCN Bandara Asal dan Tujuan (Rute Domestik)
Sumber: AIP Indonesia, 2021

Airport	Critical Aircraft	PCN	Boeing 777-300 ER				Boeing 787-8 Dreamliner				Airbus A330-300				Boeing 737-900				
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	74	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Bandar Lampung (TKG)	Boeing 737-900	63	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Batam (BTH)	Boeing 787-8 Dreamliner	85	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	83	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Jakarta (CGK)	Boeing 777-300 ER	89	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Medan (KNO)	Boeing 777-300 ER	71	F/B/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Palembang (PLM)	Airbus A330-300	80	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Pekanbaru (PKU)	Boeing 787-8 Dreamliner	66	F/B/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Semarang (SRG)	Boeing 737-900	56	F/D/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	94	F/D/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Surakarta (SOC)	Boeing 737-900	68	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	57	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	86	F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56
Banjarmasin (BDJ)	Boeing 787-8 Dreamliner	68	F/B/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94	44	46	51	56

Berdasarkan pengecekan nilai PCN, maka modulasi pesawat dapat dilakukan dengan mengganti modulasi pesawat eksisting dengan *critical aircraft* terkecil diantara kedua bandara. Berikut merupakan hasil modulasi pesawat untuk rute domestik dengan kapasitas pesawat yang lebih besar.

Tabel IV. 7 Hasil Modulasi Pesawat Untuk Rute Domestik

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Arrival	1	6:10:00 AM	QG835	Jakarta (CGK)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	2	7:25:00 AM	IW1289	Bandar Lampung (TKG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	3	7:25:00 AM	QG810	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	4	7:45:00 AM	IW1977	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	5	8:05:00 AM	QZ720	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	6	8:15:00 AM	IW1753	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	7	8:50:00 AM	IW1993	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	8	8:50:00 AM	JT913	Pekanbaru (PKU)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	9	9:00:00 AM	QG822	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	10	9:30:00 AM	JT945	Banjarmasin (BDJ)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	11	9:55:00 AM	IW1971	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	12	10:10:00 AM	IW1211	Bandar Lampung (TKG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	13	10:20:00 AM	JT3960	Medan (KNO)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	14	10:30:00 AM	QG834	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	15	10:40:00 AM	JT951	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	16	10:45:00 AM	IW1811	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	17	11:25:00 AM	QG1627	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	18	11:55:00 AM	IW1895	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	19	12:05:00 PM	IW1979	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	20	12:35:00 PM	QG433	Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	21	12:35:00 PM	QZ750	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	22	1:20:00 PM	IW1919	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Arrival	23	2:15:00 PM	IW1973	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	24	2:20:00 PM	IW1749	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	25	2:30:00 PM	IW1720	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	26	2:40:00 PM	QG812	Medan (KNO)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	27	3:00:00 PM	JT3961	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	28	3:00:00 PM	JT960	Medan (KNO)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	29	3:10:00 PM	IW1877	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	30	3:30:00 PM	JT950	Batam (BTH)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	31	4:10:00 PM	IW1905	Surakarta (SOC)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	32	4:20:00 PM	IW1907	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	33	4:25:00 PM	IW1981	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	34	4:45:00 PM	IW1975	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	35	4:55:00 PM	QG1510	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	36	5:00:00 PM	QG1994	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	37	5:15:00 PM	IW1897	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	38	5:15:00 PM	QG954	Pekanbaru (PKU)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	39	6:15:00 PM	IW1722	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	40	7:05:00 PM	JT941	Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	41	7:45:00 PM	JT961	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Arrival	42	7:55:00 PM	QZ616	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	43	6:00:00 AM	IW1970	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	44	6:10:00 AM	IW1992	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	45	6:50:00 AM	QG835	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	46	7:00:00 AM	IW1918	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Departure	47	7:50:00 AM	IW1210	Bandar Lampung (TKG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	48	8:00:00 AM	QG432	Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	49	8:05:00 AM	QG1626	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	50	8:10:00 AM	IW1976	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	51	8:30:00 AM	QZ721	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	52	9:10:00 AM	IW1894	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	53	9:30:00 AM	QG813	Medan (KNO)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	54	9:35:00 AM	JT942	Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	55	10:20:00 AM	IW1972	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	56	10:30:00 AM	IW1721	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	57	10:30:00 AM	IW1748	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	58	11:00:00 AM	JT3960	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	59	11:05:00 AM	IW1812	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	60	11:10:00 AM	QG834	Jakarta (CGK)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	61	11:20:00 AM	JT951	Batam (BTH)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	62	12:20:00 PM	IW1876	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	63	12:30:00 PM	IW1978	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	64	1:05:00 PM	QG955	Pekanbaru (PKU)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	65	1:05:00 PM	QZ751	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	66	1:45:00 PM	IW1904	Surakarta (SOC)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	67	2:40:00 PM	IW1974	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	68	2:50:00 PM	IW1286	Bandar Lampung (TKG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	69	3:30:00 PM	QG825	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	70	3:40:00 PM	JT3961	Medan (KNO)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Departure	71	3:40:00 PM	JT960	Denpasar (DPS)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	72	4:10:00 PM	JT950	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	73	4:40:00 PM	IW1906	Yogyakarta (JOG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	74	4:50:00 PM	IW1980	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	75	4:55:00 PM	IW1723	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	76	5:25:00 PM	QG1511	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	77	5:40:00 PM	IW1896	Semarang (SRG)	Boeing 737-900	189	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	78	5:45:00 PM	QG815	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	79	6:00:00 PM	IW1752	Palembang (PLM)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	80	6:00:00 PM	QG1995	Jakarta (HLP)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	81	7:35:00 PM	JT940	Balikpapan (BPN)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	82	7:55:00 PM	JT912	Pekanbaru (PKU)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	83	8:20:00 PM	QZ617	Surabaya (SUB)	Airbus A330-300	250	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%
Departure	84	8:30:00 PM	JT961	Medan (KNO)	Boeing 787-8 Dreamliner	296	2	45.50%	3	60.51%	4	68.02%	5	72.52%

IV.5 Modulasi Rute Internasional

Pada analisis kali ini, penentuan modulasi rute internasional akan mengadopsi rute penerbangan internasional di Bandara Soekarno-Hatta yang dilakukan oleh maskapai lokal yang beroperasi di Bandara Husein Sastranegara, yaitu Garuda Indonesia (GA), Lion Air (JT), Indonesia Airasia (QZ), dan Malindo Air (OD).

Hal ini dilakukan untuk membagi peran antara Bandara Soekarno-Hatta dan Bandara Kertajati dalam melayani penerbangan internasional, khususnya penerbangan yang dioperasikan oleh maskapai lokal yang awalnya beroperasi di Bandara Husein Sastranegara. Berikut merupakan rute penerbangan internasional yang akan digunakan dalam analisis.

Tabel IV. 8 Rute Kedatangan Internasional
Sumber: flightradar24, 2021

NO	Arrive	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
1	0:10	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0253	Airbus A320	180
2	4:55	Haikou	Lion Airlines	JT 2788	Boeing 737-900	189
3	6:40	Amsterdam	Garuda Indonesia	GA 88	Boeing 777-300 ER	396
4	8:45	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0320	Boeing 737-800	189
5	8:50	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0287	Boeing 737-900	189
6	10:35	Singapore	Lion Airlines	JT 0153	Boeing 737-800	189
7	11:05	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0263	Airbus A320	180
8	11:30	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0316	Boeing 737-800	189
9	12:30	Penang	Air Asia Indonesia	QZ 0221	Airbus A320	180
10	12:35	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0267	Airbus A320	180
11	12:40	Jeddah	Lion Airlines	JT 0111	Airbus A330-900	280
12	12:50	Singapore	Lion Airlines	JT 0163	Boeing 737-800	189
13	13:00	Hong Kong	Garuda Indonesia	GA 873	Airbus A330-300	250
14	13:30	Singapore	Garuda Indonesia	GA 829	Boeing 737-800	189
15	14:00	Kuala Lumpur	Garuda Indonesia	GA 821	Airbus A330-300	250
16	14:00	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0283	Boeing 737-900	189
17	14:55	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0251	Airbus A320	180
18	15:30	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0201	Airbus A320	180
19	15:50	Seoul	Garuda Indonesia	GA 879	Airbus A330-300	250
20	16:10	Sydney	Garuda Indonesia	GA 713	Boeing 777-300 ER	396
21	16:30	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0281	Boeing 737-800	189
22	16:30	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0203	Airbus A320	180
23	16:40	Singapore	Lion Airlines	JT 0155	Boeing 737-800	189
24	17:00	Osaka	Garuda Indonesia	GA 889	Airbus A330-200	250
25	17:15	Melbourne	Garuda Indonesia	GA 717	Airbus A330-300	250
26	17:30	Tokyo	Garuda Indonesia	GA 875	Airbus A330-300	250
27	17:45	Bangkok	Garuda Indonesia	GA 867	Airbus A330-300	250

NO	Arrive	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
28	18:10	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0348	Boeing 737-800	189
29	19:00	Penang	Air Asia Indonesia	QZ 0227	Airbus A320	180
30	19:20	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0209	Airbus A320	180
31	19:30	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0289	Boeing 737-900	189
32	20:40	Singapore	Garuda Indonesia	GA 838	Airbus A330-900	280
33	20:55	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0265	Airbus A320	180
34	21:00	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0285	Boeing 737-800	189
35	21:30	Perth	Garuda Indonesia	GA 725	Boeing 737-800	189
36	21:40	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0318	Boeing 737-800	189
37	21:45	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0257	Airbus A320	180
38	21:55	Singapore	Lion Airlines	JT 0151	Boeing 737-900	189
39	22:35	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0269	Airbus A320	180
40	23:40	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0207	Airbus A320	180

Tabel IV. 9 Rute Kedatangan Internasional
Sumber: flightradar24, 2021

NO	Depart	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
1	1:10	Melbourne	Garuda Indonesia	GA 716	Airbus A330-300	250
2	1:10	Hong Kong	Garuda Indonesia	GA 876	Airbus A330-300	250
3	5:15	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0200	Airbus A320	180
4	5:35	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0317	Boeing 737-800	189
5	6:15	Singapore	Lion Airlines	JT 0152	Boeing 737-800	189
6	7:00	Penang	Air Asia Indonesia	QZ 0220	Airbus A320	180
7	7:05	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0262	Airbus A320	180
8	7:10	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0250	Airbus A320	180
9	7:30	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0202	Airbus A320	180
10	7:55	Singapore	Lion Airlines	JT 0150	Boeing 737-900	189
11	8:25	Kuala Lumpur	Garuda Indonesia	GA 820	Airbus A330-300	250
12	8:25	Singapore	Garuda Indonesia	GA 828	Boeing 737-800	189
13	8:25	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0266	Airbus A320	180
14	9:05	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0282	Boeing 737-900	189
15	9:35	Bangkok	Garuda Indonesia	GA 866	Airbus A330-300	250
16	9:45	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0319	Boeing 737-800	189
17	10:20	Perth	Garuda Indonesia	GA 724	Boeing 737-800	189
18	11:00	Singapore	Lion Airlines	JT 0154	Boeing 737-800	189
19	11:15	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0264	Airbus A320	180
20	11:40	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0280	Boeing 737-800	189
21	12:20	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0315	Boeing 737-800	189
22	12:45	Sydney	Garuda Indonesia	GA 713	Boeing 777-300 ER	396
23	13:30	Penang	Air Asia Indonesia	QZ 0226	Airbus A320	180
24	13:40	Jeddah	Lion Airlines	JT 0110	Airbus A330-900	280
25	13:55	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0256	Airbus A320	180
26	14:25	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0288	Boeing 737-900	189

NO	Depart	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	CAP
27	14:25	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0208	Airbus A320	180
28	15:45	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0284	Boeing 737-800	189
29	16:00	Singapore	Garuda Indonesia	GA 837	Airbus A330-900	280
30	16:35	Don Mueang	Air Asia Indonesia	QZ 0252	Airbus A320	180
31	17:30	Singapore	Lion Airlines	JT 0156	Boeing 737-800	189
32	18:25	Singapore	Air Asia Indonesia	QZ 0268	Airbus A320	180
33	18:50	Kuala Lumpur	MALINDO AIRLINES	OD 0349	Boeing 737-800	189
34	19:00	Kuala Lumpur	Air Asia Indonesia	QZ 0206	Airbus A320	180
35	20:55	Kuala Lumpur	Lion Airlines	JT 0286	Boeing 737-900	189
36	21:30	Haikou	Lion Airlines	JT 2789	Boeing 737-900	189
37	22:50	Amsterdam	Garuda Indonesia	GA 88	Boeing 777-300 ER	396
38	23:15	Osaka	Garuda Indonesia	GA 888	Airbus A330-200	250
39	23:25	Seoul	Garuda Indonesia	GA 878	Airbus A330-300	250
40	23:40	Tokyo	Garuda Indonesia	GA 874	Airbus A330-300	250

Setelah data tersebut sudah lengkap, maka tahap analisis modulasi pesawat dapat dilakukan pada setiap tahun pengembangan. Pada analisis kali ini, modulasi pesawat yang digunakan akan diganti sesuai dengan *critical aircraft* terkecil antara bandara asal dan tujuan dari rute tersebut, yang didasarkan pada pengecekan nilai PCN bandara asal dan tujuan. Berikut merupakan hasil pengecekan kapasitas sistem lapisan perkerasan dari masing-masing bandara untuk mengetahui *critical aircraft* dari bandara asal dan tujuan.

Airport	Critical Aircraft	PCN	Boeing 777-300 ER				Boeing 787-8 Dreamliner				Airbus A330-300			
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
AMS	Boeing 777-300 ER	71 F/B/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
BKK	Boeing 777-300 ER	137/F/D/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
DMK	Boeing 777-300 ER	126/F/D/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
HAK	Airbus A330-300	95 R/B/W/T	66	85	109	131	61	71	84	96	46	54	64	75
HKG	Boeing 777-300 ER	72/F/B/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
HND	Boeing 777-300 ER	95 F/B/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
ICN	Boeing 777-300 ER	88 F/B/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
JED	Boeing 777-300 ER	107/F/C/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
KIX	Boeing 777-300 ER	101/F/C/X/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
KUL	Boeing 777-300 ER	100/F/C/W/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
MEL	Airbus A330-300	79 F/C/X/U	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
PEN	Airbus A330-300	105/F/B/X/U	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
PER	Airbus A330-300	60/F/A/1500/T	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
SIN	Boeing 777-300 ER	72/F/B/W/U	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94
SYD	Boeing 777-300 ER	67/F/A/X/U	64	71	89	120	60	66	81	106	55	60	70	94

Berdasarkan pengecekan nilai PCN, maka modulasi pesawat dapat dilakukan dengan mengganti modulasi pesawat eksisting dengan *critical aircraft* terkecil diantara kedua bandara. Berikut merupakan hasil modulasi pesawat untuk rute domestik dengan kapasitas pesawat yang lebih besar.

Tabel IV. 10 Hasil Modulasi Pesawat Untuk Rute Internasional

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Arrival	1	12:10:00 AM	QZ0253	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	2	4:55:00 AM	JT2788	Haikou	Airbus A330-300	250	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	3	6:40:00 AM	GA88	Amsterdam	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	4	8:45:00 AM	OD0320	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	5	8:50:00 AM	JT0287	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	6	10:35:00 AM	JT0153	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	7	11:05:00 AM	QZ0263	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	8	11:30:00 AM	OD0316	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	9	12:30:00 PM	QZ0221	Penang	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	10	12:35:00 PM	QZ0267	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	11	12:40:00 PM	JT0111	Jeddah	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	12	12:50:00 PM	JT0163	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	13	1:00:00 PM	GA873	Hong Kong	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	14	1:30:00 PM	GA829	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	15	2:00:00 PM	GA821	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	16	2:00:00 PM	JT0283	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	17	2:55:00 PM	QZ0251	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	18	3:30:00 PM	QZ0201	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	19	3:50:00 PM	GA879	Seoul	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	20	4:10:00 PM	GA713	Sydney	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	21	4:30:00 PM	JT0281	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	22	4:30:00 PM	QZ0203	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	23	4:40:00 PM	JT0155	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Arrival	24	5:00:00 PM	GA889	Osaka	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	25	5:15:00 PM	GA717	Melbourne	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	26	5:30:00 PM	GA875	Tokyo	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	27	5:45:00 PM	GA867	Bangkok	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	28	6:10:00 PM	OD0348	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	29	7:00:00 PM	QZ0227	Penang	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	30	7:20:00 PM	QZ0209	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	31	7:30:00 PM	JT0289	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	32	8:40:00 PM	GA838	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	33	8:55:00 PM	QZ0265	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	34	9:00:00 PM	JT0285	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	35	9:30:00 PM	GA725	Perth	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	36	9:40:00 PM	OD0318	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	37	9:45:00 PM	QZ0257	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	38	9:55:00 PM	JT0151	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	39	10:35:00 PM	QZ0269	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Arrival	40	11:40:00 PM	QZ0207	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	41	1:10:00 AM	GA716	Melbourne	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	42	1:10:00 AM	GA716	Melbourne	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	43	5:15:00 AM	QZ0200	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	44	5:35:00 AM	OD0317	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	45	6:15:00 AM	JT0152	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	46	7:00:00 AM	QZ0220	Penang	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	47	7:05:00 AM	QZ0262	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Departure	48	7:10:00 AM	QZ0250	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	49	7:30:00 AM	QZ0202	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	50	7:55:00 AM	JT0150	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	51	8:25:00 AM	QZ0266	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	52	8:25:00 AM	GA820	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	53	8:25:00 AM	GA828	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	54	9:05:00 AM	JT0282	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	55	9:35:00 AM	GA866	Bangkok	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	56	9:45:00 AM	OD0319	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	57	10:20:00 AM	GA724	Perth	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	58	11:00:00 AM	JT0154	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	59	11:15:00 AM	QZ0264	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	60	11:40:00 AM	JT0280	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	61	12:20:00 PM	OD0315	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	62	12:45:00 PM	GA713	Sydney	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	63	1:30:00 PM	QZ0226	Penang	Boeing 787-8 Dreamliner	296	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	64	1:40:00 PM	JT0110	Jeddah	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	65	1:55:00 PM	QZ0256	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	66	2:25:00 PM	QZ0208	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	67	2:25:00 PM	JT0288	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	68	3:45:00 PM	JT0284	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	69	4:00:00 PM	GA837	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	70	4:35:00 PM	QZ0252	Don Mueang	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	71	5:30:00 PM	JT0156	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%

Rute	No.	Time	Flight	Airport	Aircraft	Capacity	Tahun 2023		Tahun 2028		Tahun 2033		Tahun 2038	
							Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor	Jumlah	Load Factor
Departure	72	6:25:00 PM	QZ0268	Singapore	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	73	6:50:00 PM	OD0349	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	74	7:00:00 PM	QZ0206	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	75	8:55:00 PM	JT0286	Kuala Lumpur	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	76	9:30:00 PM	JT2789	Haikou	Airbus A330-300	250	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	77	10:50:00 PM	GA88	Amsterdam	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	78	11:15:00 PM	GA888	Osaka	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	79	11:25:00 PM	GA878	Seoul	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%
Departure	80	11:40:00 PM	GA874	Tokyo	Boeing 777-300 ER	396	1	31.12%	1	61.58%	2	45.56%	2	59.94%

IV.6 Analisis Volume Jam Puncak dan Volume Penerbangan Harian

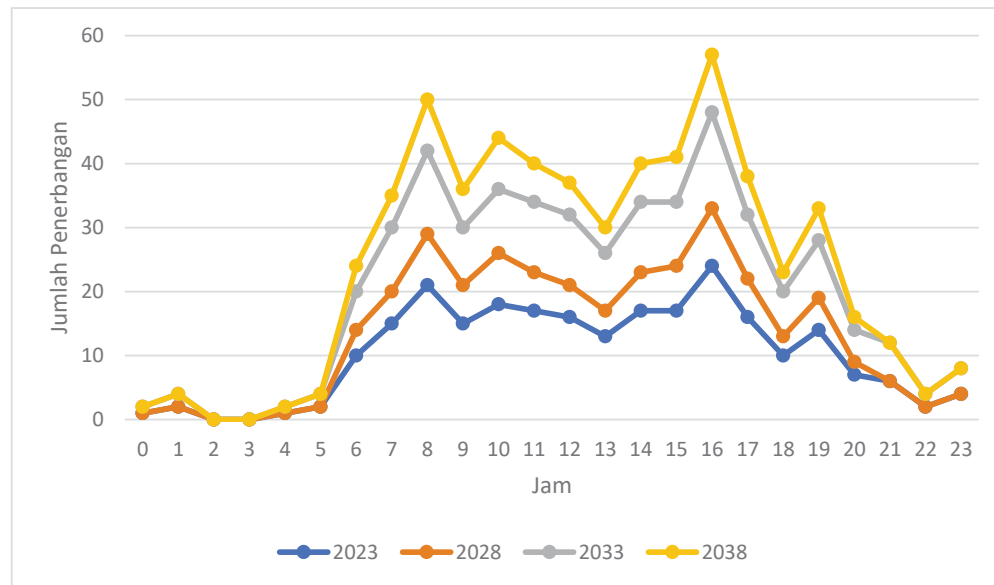
Setelah berhasil menentukan modulasi untuk masing-masing rute domestik dan internasional, maka analisis tahapan pengembangan modulasi untuk Bandara Kertajati dapat dilakukan. Modulasi penerbangan pada tahun pengembangan berikutnya akan menggunakan fluktuasi atau profil lalu lintas eksisting sesuai dengan rute domestik dan internasional yang saat ini digunakan. Berikut merupakan hasil perhitungan lalu lintas pesawat per hari untuk tahun 2023, 2028, 2033, dan 2038.

Tabel IV. 11 Profil Volume Penerbangan Per Hari

Time	Domestic	International	Total	Persentase	2023	2028	2033	2038
0:00	0	1	1	0.61%	1	2	3	4
1:00	0	2	2	1.22%	3	5	6	7
2:00	0	0	0	0.00%	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0.00%	0	0	0	0
4:00	0	1	1	0.61%	1	2	3	4
5:00	0	2	2	1.22%	3	5	6	7
6:00	4	2	6	3.66%	9	12	18	21
7:00	5	5	10	6.10%	15	20	30	35
8:00	8	5	13	7.93%	20	26	39	46
9:00	6	3	9	5.49%	14	18	27	32
10:00	8	2	10	6.10%	15	20	30	35
11:00	6	5	11	6.71%	17	22	34	39
12:00	5	6	11	6.71%	17	22	34	39
13:00	4	5	9	5.49%	14	18	27	32
14:00	6	5	11	6.71%	17	22	34	39
15:00	7	3	10	6.10%	15	20	30	35
16:00	9	6	15	9.15%	23	31	46	53
17:00	6	4	10	6.10%	15	20	30	35
18:00	3	4	7	4.27%	10	14	21	25
19:00	5	4	9	5.49%	14	18	27	32
20:00	2	3	5	3.05%	7	10	15	18
21:00	0	6	6	3.66%	9	12	18	21
22:00	0	2	2	1.22%	3	5	6	7
23:00	0	4	4	2.44%	6	8	12	14
Total	84	80	164	1	248	332	496	580

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa jam puncak terjadi pada pukul 16:00 untuk seluruh tahun pengembangan. Jumlah penerbangan jam puncak tertinggi terjadi pada tahun 2038, dengan Volume Jam Puncak (VJP)

sebesar 57 penerbangan dari total 580 penerbangan per hari. Fluktuasi lalu lintas pada jam puncak dapat ditunjukkan melalui grafik berikut.



Grafik IV. 1 Volume Penerbangan Per Hari

IV.7 Simulasi Menggunakan *Software SIMMOD*

Dalam melakukan *network builder* pada SIMMOD, terdapat beberapa elemen utama yang perlu dimodelkan, yaitu komponen *airfield* dan *airspace*. Komponen *airfield* mencakup elemen-elemen utama dari fasilitas sisi udara suatu bandara (seperti *runway*, *taxiway*, dan *apron*) serta interaksi yang terjadi diantaranya yang menjamin pergerakan pesawat selama berada di *ground*. Sedangkan, komponen *airspace* mencakup pendefinisian *node* dan *link* yang menjamin pergerakan pesawat tersebut di udara. Pada dasarnya, *network builder* dapat diawali dengan melakukan penggambaran *node* yang dibutuhkan, baik pada *airfield* maupun *airspace*. Kemudian, interaksi antar *node* dapat dituangkan dalam bentuk *link*, dengan menghubungkan garis pada beberapa *node* yang saling berhubungan. Setelah pendefinisian *node* dan *link* dilakukan, maka sekumpulan *node* dan *link* tersebut dapat didefinisikan menurut fungsinya masing-masing.

IV.7.1 *Runway*

Saat ini, Bandara Kertajati memiliki satu buah *runway* sepanjang 3.000 meter dengan orientasi 14-32 yang berada di sebelah barat laut terminal Bandara Kertajati. Berikutnya, dimungkinkan pengembangan dilakukan dengan melakukan

perpanjangan *runway* pertama menjadi 3.500 meter. Berdasarkan *masterplan* Bandara Kertajati, pembangunan *runway* kedua akan dilakukan pada tahun 2032 yang terletak pada sisi barat daya terminal.

Dalam melakukan pendefinisian *runway* pada SIMMOD, diperlukan penggambaran *airfiled node* atau *ground node* sepanjang *runway* di setiap titik persimpangan. Untuk mendefinisikan sekumpulan *ground node* tersebut menjadi *runway*, maka diperlukan *tools Runway Builder* seperti gambar berikut.

Gambar IV. 2 Runway Builder

IV.7.2 Exit Taxiway

Pada konfigurasi lengkap (dengan panjang *runway* 3.500 meter), *runway* di Bandara Kertajati akan dilengkapi dengan dua buah *rapid exit taxiway* dan dua buah *perpendicular taxiway* pada masing-masing arahnya. Penentuan lokasi dari *rapid exit taxiway* dapat menggunakan *three segment method*, dimana penentuan jarak dari *landing threshold* ke *turn-odd point* berdasarkan pesawat yang beroperasi. Untuk tujuan perancangan *exit taxiway*, diasumsikan pesawat melintas di *threshold* dalam kecepatan rata-rata 1.3 kali *stall speed* dalam konfigurasi mendarat dengan muatan 85% dari *maximum average gross landing mass*. Pesawat dapat dikelompokkan dari *approach speed* sebagai berikut.

- Grup A: kecepatan 169 km/jam
Kelompok pesawat: DC3, DHC6, DHC7
- Grup B: kecepatan antara 169 km/jam dan 222 km/jam
Kelompok pesawat: Avro RJ 100, DC6, DC7, Fokker F27, Fokker F28, HS146, HS749, IL76
- Grup C: kecepatan antara 224 km/jam dan 259 km/jam
Kelompok pesawat: A300, A310, A320, A330, B707-320, B727, B737, B747-SP, B757, B767, DC8, DC9, MD80, MD90, DC10-10, L1011-200
- Grup D: kecepatan antara 261 km/jam dan 306 km/jam
Kelompok pesawat: A340, B747, B777, DC8, DC10-30/40, MD-11, IL62, IL86, IL96, L1011-500, TU154

Jenis pesawat yang akan digunakan pesawat jenis *twinjet* dengan kategori *narrow body* (Airbus A320 dan Boeing 737 Series) dan *wide body* (Airbus A330, Boeing 787-8, dan Boeing 777-300ER). Penentuan lokasi *rapid exit taxiway* dilakukan untuk setiap jenis pesawat dengan menggunakan *three segment method*. Jarak keseluruhan S merupakan jumlah dari ketiga segmen berbeda yang dihitung secara terpisah. Berikut merupakan contoh perhitungan yang digunakan untuk Boeing 787-8.

- Segmen 1 (S_1)
Segmen 1 merupakan jarak yang dibutuhkan dari *landing threshold* ke *maingear touchdown*. Panjang S_1 diturunkan secara empiris berdasarkan kategori dari pesawat tersebut, yaitu 250 meter untuk pesawat kategori A dan B, serta 450 meter untuk pesawat dengan kategori C dan D. Sehingga, untuk Boeing 787-8 dengan kategori D membutuhkan S_1 sepanjang 450 meter.
- Segmen 2 (S_2)
 S_2 merupakan jarak yang dibutuhkan untuk transisi dari *maingear touchdown* ke *stabilized braking configuration*. Jarak transisi diitung dengan asumsi waktu transisi (ΔT) sebesar 10 detik, sehingga nilai S_2 dapat ditentukan sebagai berikut.

$$S_2 = 5 \times (V_{th} - 10)$$

Keterangan:

S_2 = Jarak transisi dari *maingear touchdown* ke *stabilized braking configuration* (m)

V_{th} = kecepatan saat melalui *threshold* (knot)

Pesawat kategori C memiliki V_{th} yang berada dalam rentang 121 knot sampai 140 knot, sehingga diambil nilai V_{th} untuk pesawat kategori C sebesar 140 knot. Boeing 787-8 memiliki V_{th} yang berada dalam rentang 141 knot sampai 165 knot, yaitu 153 knot. Sehingga, nilai S_2 untuk pesawat kategori C dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$S_2 = 5 \times (153 - 10)$$

$$S_2 = 715 \text{ meter}$$

Didapat nilai S_2 untuk Boeing 787-8 adalah sebesar 715 meter.

- Segmen 3 (S_3)

S_3 merupakan jarak yang dibutuhkan untuk melakukan perlambatan pada *normal braking mode* ke kecepatan *nominal turnoff speed*. Jarak pengereman ditentukan berdasarkan laju perlambatan (a) berdasarkan persamaan berikut.

$$S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{8a}$$

Keterangan:

S_3 = jarak yang dibutuhkan untuk melakukan perlambatan pada *normal braking mode* ke kecepatan *turnoff speed* (m)

V_{th} = kecepatan saat melalui *threshold* (knots)

V_{ex} = *nominal turnoff speed*, ditentukan sebesar 15 knots untuk pesawat dengan kode nomor 1 dan 2 dan 30 knots untuk pesawat dengan kode nomor 3 dan 4.

a = perlambatan, ditentukan sebesar 1.5 m/s^2 yang dirasa realistis untuk pengereman di permukaan yang basah

Sehingga, untuk Boeing 787-8, panjang S_3 yang dibutuhkan dapat ditentukan sebagai berikut.

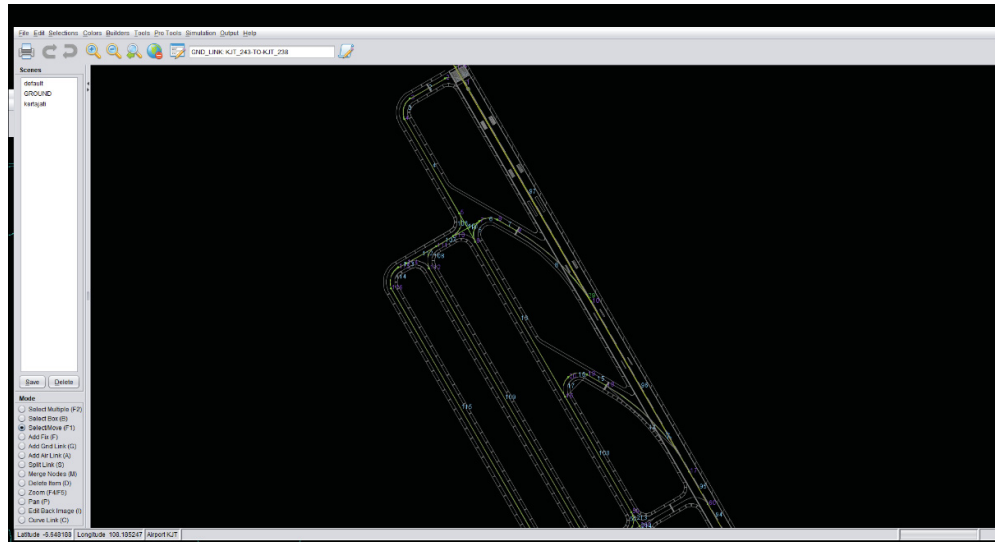
$$S_3 = \frac{(153 - 15)^2 - 30^2}{8 \times 1.5}$$

$$S_3 = 1512 \text{ m}$$

Sehingga, dapat ditentukan lokasi *exit taxiway* dari masing-masing ujung *threshold* untuk Boeing 777-300ER adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 + S_3 \\ S &= 450 + 715 + 1512 \\ S &= 2677 \approx 2700 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis perhitungan jarak *threshold* ke lokasi *exit taxiway* untuk masing-masing jenis pesawat, maka ditentukan akan dimodelkan dua buah *rapid exit taxiway* yang masing-masing terletak pada 2.700 meter (untuk pesawat *wide body*) dan 2.400 meter (untuk pesawat *narrow body*) dari *threshold* untuk masing-masing arah pendekatan *runway*. Berikut merupakan pemodelan *exit taxiway* pada *runway* 14 Bandara Kertajati.

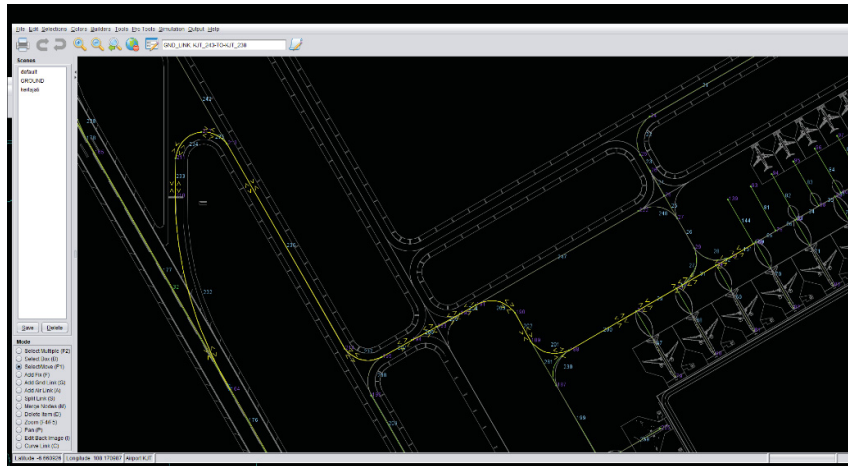


Gambar IV. 3 Exit Taxiway Runway 14L Bandara Kertajati

IV.7.3 Taxipath

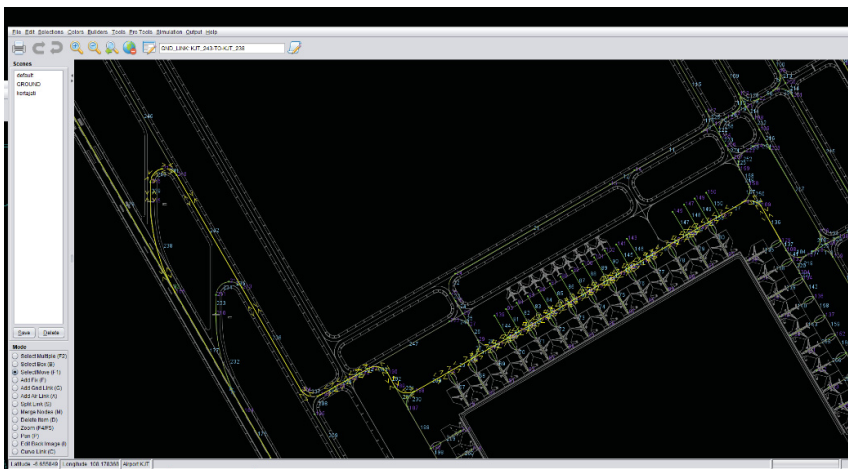
Software SIMMOD dapat menentukan *taxipath* secara otomatis. Namun, SIMMOD belum dapat menentukan *taxipath* yang paling optimum, terutama bila pengguna ingin mendefinisikan *taxipath* secara spesifik kepada beberapa jenis pesawat atau maskapai tertentu. Sebagai contoh, diperlukan penentuan arah *taxiway* agar tidak terjadi konflik pada saat melakukan simulasi. Sehingga, pengguna dapat menentukan *taxipath* yang dapat ditugaskan ke kelompok tertentu secara manual. Dalam analisis kali ini, terdapat tiga jenis *taxipath* yang akan digunakan, yaitu *taxipath* A, B, dan C. *Arrival Taxipath* A akan digunakan untuk pesawat *narrow*

body, seperti Boeing 737 *series* dan Airbus A320, di mana *taxipath* tersebut akan mengantarkan pesawat tersebut untuk *exit* di *rapid exit taxiway* yang berjarak 2400 meter dari *threshold* ke *aircraft parking stand* B, yang merupakan *remote apron* yang khusus dialokasikan untuk pesawat *narrow body*. Berikut merupakan contoh penugasan *taxipath* A pada tahapan pengembangan 4 di SIMMOD yang ditandai dengan garis panah berwarna kuning.



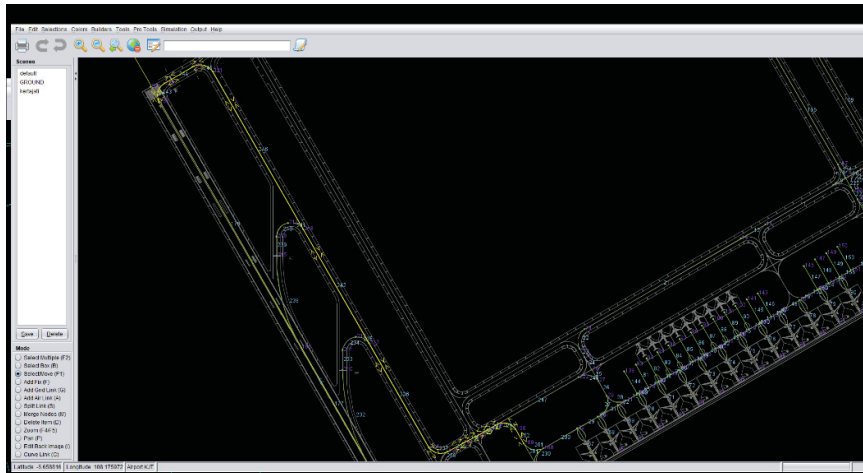
Gambar IV. 4 Arrival Taxipath A

Arrival Taxipath B akan digunakan untuk pesawat *wide body* khusus Airbus A330, di mana *taxipath* tersebut akan mengantarkan pesawat tersebut untuk *exit* di *rapid exit taxiway* yang berjarak 2700 meter dari *threshold* ke *aircraft parking stand* C, yang merupakan *contact apron* yang khusus dialokasikan untuk pesawat Airbus A330. Berikut merupakan contoh penugasan *taxipath* B pada tahapan pengembangan 4 di SIMMOD yang ditandai dengan garis panah berwarna kuning.



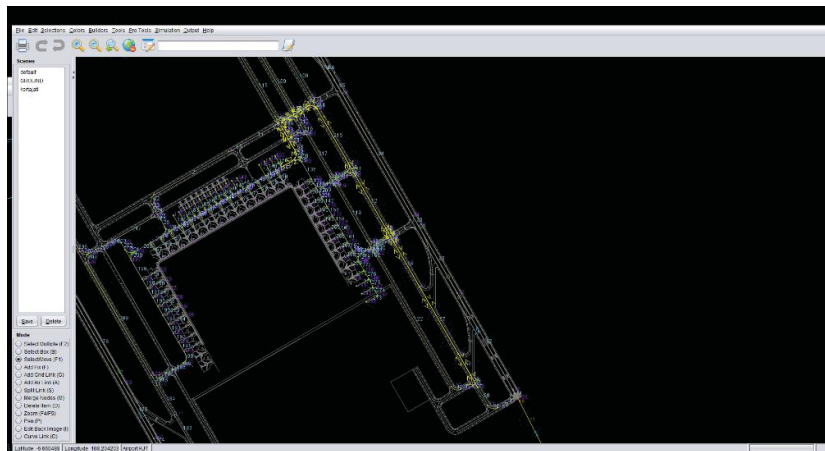
Gambar IV. 5 Arrival Taxipath B

Arrival Taxipath C akan digunakan untuk pesawat *wide body* khusus Boeing 777-300ER dan Boeing 787-8, di mana *taxipath* tersebut akan mengantarkan pesawat tersebut untuk *exit* di *right-angled taxiway* ke *aircraft parking stand* A dan D, yang merupakan *contact apron* yang khusus dialokasikan untuk pesawat Boeing 777-300ER dan Boeing 787-8. Berikut merupakan contoh penugasan *taxipath C* pada tahapan pengembangan 4 di SIMMOD yang ditandai dengan garis panah berwarna kuning.



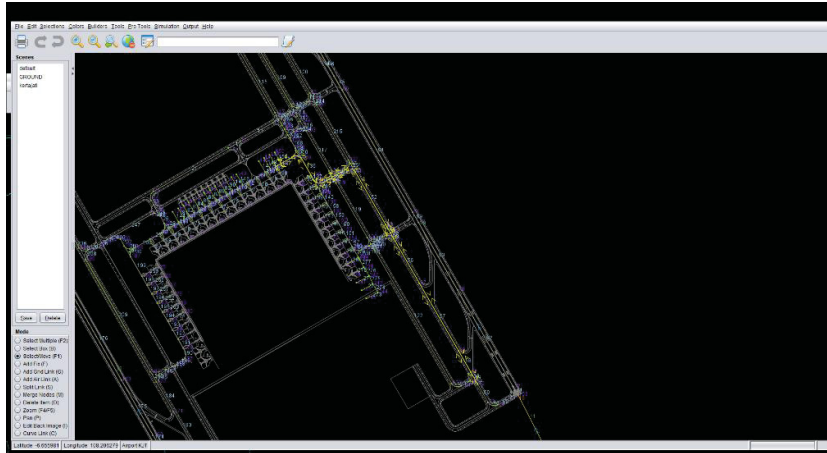
Gambar IV. 6 *Arrival Taxipath C*

Sedangkan, untuk *departure taxipath* akan dikelompokkan menjadi 3 jenis yang akan disesuaikan dengan penugasan *arrival taxipath*. Sehingga, pesawat yang memiliki kode *arrival taxipath* A akan memiliki kode *departure taxipath* A juga. Berikut merupakan *departure taxipath* A yang akan dialokasikan untuk pesawat *narrow body*.



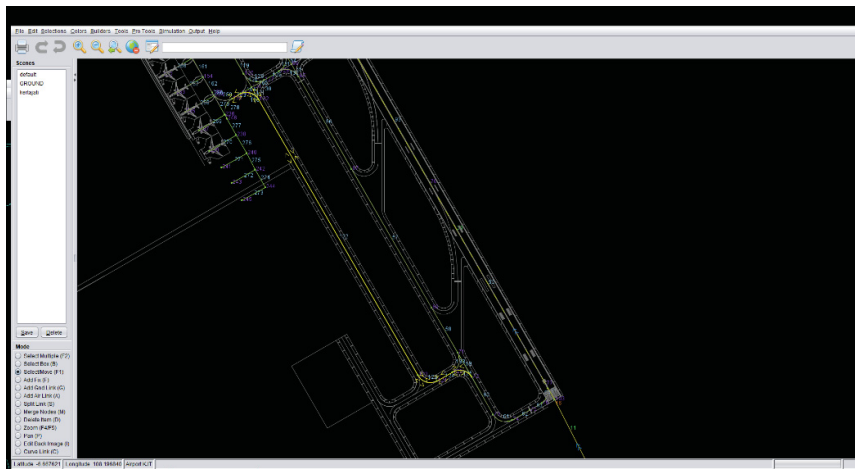
Gambar IV. 7 *Departure Taxipath A*

Berikut merupakan *departure taxipath* B yang akan dialokasikan untuk pesawat Airbus A330-300.



Gambar IV. 8 *Departure Taxipath* B

Berikut merupakan *departure taxipath* C yang akan dialokasikan untuk pesawat Boeing 777-300ER dan Boeing 787-8.

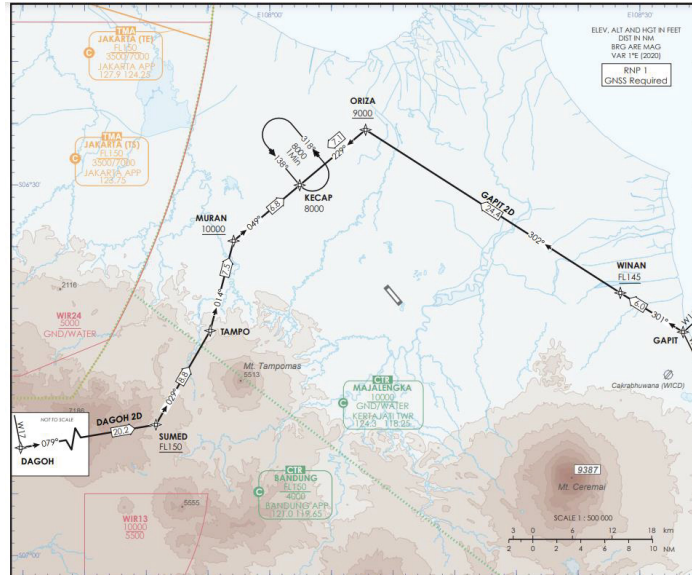


Gambar IV. 9 *Departure Taxipath* C

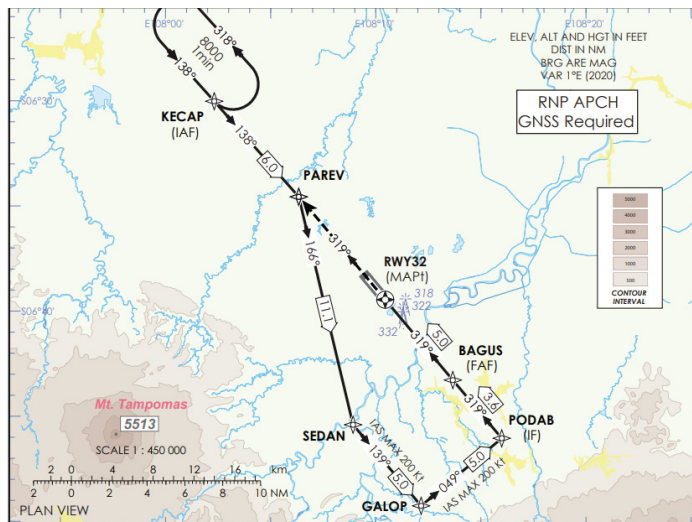
IV.7.4 *Airlink*

Selain pergerakan pesawat di tanah (*ground*), pergerakan pesawat di udara juga perlu didefinisikan saat melakukan simulasi menggunakan SIMMOD. Data mengenai pergerakan pesawat di udara diambil berdasarkan *Standard Instrument Departure Route* (SID) dan *Standard Arrival Routes* (STAR) yang tercantum dalam *Aeronautical Information Publication* (AIP) Bandara Kertajati. Jenis navigasi yang

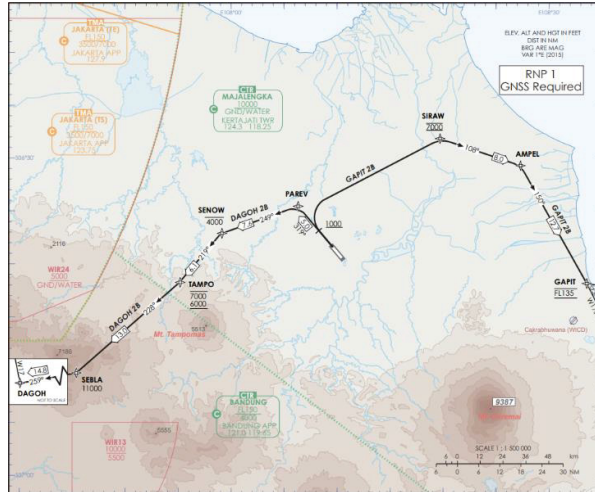
digunakan adalah *Required Navigation Performance* dengan menggunakan *Instrument Flight Rules* (IFR). Selain itu, simulasi fasilitas sisi udara Bandara Kertajati menggunakan *runway* orientasi 32 dengan asumsi pergerakan dalam satu hari penuh terjadi pada arah orientasi 32. Berikut merupakan *chart* SID dan STAR yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar IV. 10 *Standard Arrival Chart* Bandara Kertajati – *RNP, Instrument* (STAR) (2)
Sumber: AIP Indonesia Vol II - Bandara Kertajati, 2019

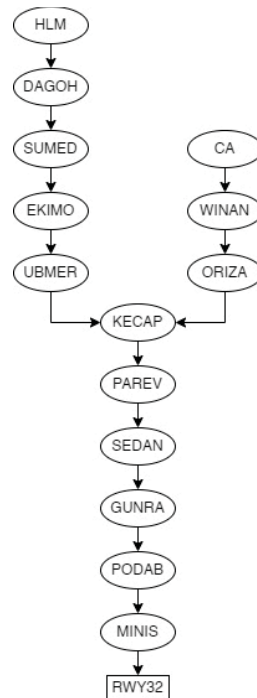


Gambar IV. 11 *Standard Arrival Chart* Bandara Kertajati – *RNP, Instrument* (STAR) (2)
Sumber: AIP Indonesia Vol II - Bandara Kertajati, 2019

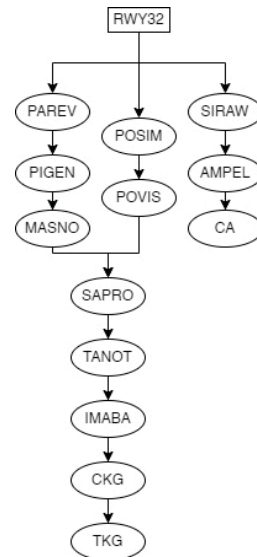


Gambar IV. 12 *Standard Departure Chart* Bandara Kertajati – RNP, Instrument (SID)
Sumber: AIP Indonesia Vol II - Bandara Kertajati, 2019

Berikut merupakan jalur pergerakan pesawat di udara (*airlink*) baik untuk keberangkatan maupun kedatangan

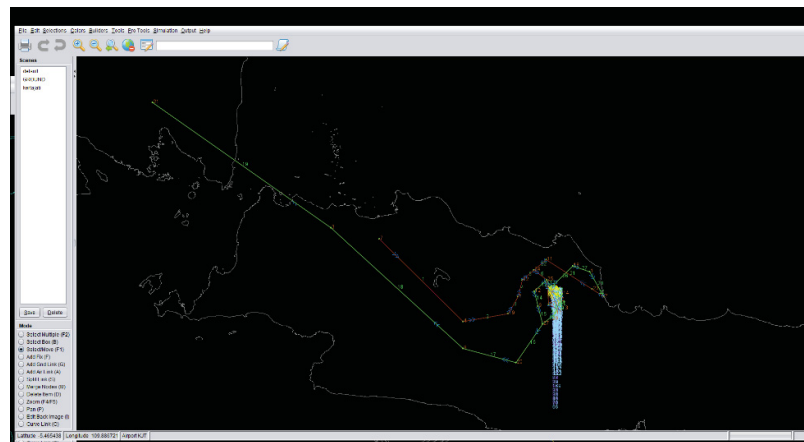


Gambar IV. 13 Jalur Pergerakan Penerbangan Kedatangan di Bandara Kertajati



Gambar IV. 14 Jalur Pergerakan Penerbangan Kedatangan di Bandara Kertajati

Berikut merupakan hasil pemodelan *airlink* Bandara Kertajati menggunakan SIMMOD berdasarkan data AIP Indonesia Vol. II.



Gambar IV. 15 *Airlink* Bandara Kertajati pada SIMMOD

Setelah *airlink* selesai digambarkan, kemudian *airlink* tersebut dapat dikelompokkan sesuai dengan kategorinya masing-masing, yaitu *airport pattern*, *arrival enroute*, *departure*, *departure climb-out*, *final approach*, dan *landing*. Berikut merupakan *airlink* yang digunakan di Bandara Kertajati.

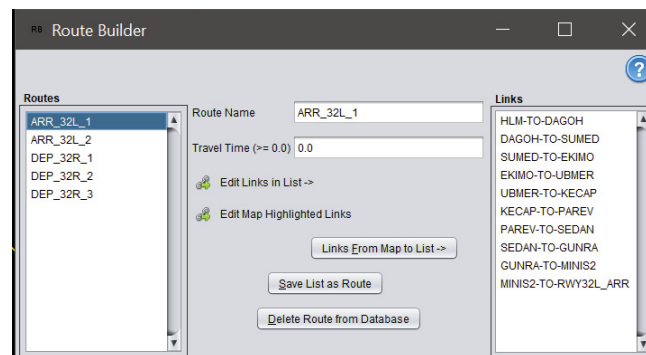
Edit Table - AIR_LINK

ASL_ID	ASL_INTHL_ID	ASL_FRNL_ID	LENGTH_FLOAT	HEADING	ALT_ID_USED	SCT_ID_USED	WDS_ID_USED	OVERTAKE_FLAG	WAKE_TURB_FLAG	MAX_AC_ON_LINK	MAX_DELAY_ABSORBED
CKG-TO-TNG	CKG	TNG	96.975886	305	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	33	0.000000
GUNRA-TO-MINIS2	GUNRA	MINIS2	3.921145	330	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
GUNRA-TO-POCAB	GUNRA	POCAB	1.223884	64	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
PAREV-TO-SEDAN	PAREV	SEDAN	11.215820	176	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
POCAB-TO-MINIS	POCAB	MINIS	3.848901	330	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
SEDAN-TO-GUNRA	SEDAN	GUNRA	5.208126	116	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
TANOT-TO-MABA	TANOT	MABA	24.26724	285	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	8	0.000000
MABA-TO-CKG	MABA	CKG	78.455521	312	AIRPORT_PATTERN			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	27	0.000000
SAPRO-TO-TANOT	SAPRO	TANOT	20.937491	214	ARRIVAL_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	7	0.000000
KECAP-TO-PAREV	KECAP	PAREV	7.056521	125	DEPARTURE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
ORIZA-TO-KECAP	ORIZA	KECAP	7.105059	230	DEPARTURE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
UBMER-TO-KECAP	UBMER	KECAP	6.847821	49	DEPARTURE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	3	1.000000
AMPEL-TO-CA	AMPEL	CA	12.744843	151	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	5	0.000000
MASNO-TO-SAPRO	MASNO	SAPRO	8.059940	165	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	4	0.000000
PAREV-TO-PIGEN	PAREV	PIGEN	7.592657	226	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
PIGEN-TO-MASNO	PIGEN	MASNO	6.841190	166	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	3	0.000000
POSIM-TO-POVIS	POSIM	POVIS	9.246787	200	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
POVIS-TO-SAPRO	POVIS	SAPRO	7.430182	231	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
SIRAW-TO-AMPEL	SIRAW	AMPEL	7.870754	109	DEPARTURE_CLIMBOUT			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	3	0.000000
CA-TO-WINAN	CA	WINAN	6.070813	304	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	17	0.000000
DAGOH-TO-SUMED	DAGOH	SUMED	20.224218	69	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	7	0.000000
EKIMO-TO-UBMER	EKIMO	UBMER	7.507747	15	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	3	0.000000
HLM-TO-DAGOH	HLM	DAGOH	52.227444	134	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	18	0.000000
SUMED-TO-EKIMO	SUMED	EKIMO	8.795119	30	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	3	0.000000
WINAN-TO-ORIZA	WINAN	ORIZA	24.303026	302	DEPARTURE_ENROUTE			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
RWY32L_ARR-TO-RWY32L_DEP	RWY32L_ARR	RWY32L_DEP	4.784699	330	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
RWY32L_DEP-TO-RWY32L_DEP	RWY32L_DEP	RWY32L_DEP	1.132004	53	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
RWY32L_ARR-TO-RWY32L_DEP	RWY32L_ARR	RWY32L_DEP	2.811841	330	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	1.000000
RWY32L_DEP-TO-PAREV	RWY32L_DEP	PAREV	3.840723	333	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
RWY32L_DEP-TO-POSIM	RWY32L_DEP	POSIM	6.439004	118	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
RWY32L_DEP-TO-SIRAW	RWY32L_DEP	SIRAW	13.674094	48	FINAL_APPROACH			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	1	0.000000
MINIS2-TO-RWY32L_ARR	MINIS2	RWY32L_ARR	3.750716	333	LANDING			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000
MINIS2-TO-RWY32L_ARR	MINIS2	RWY32L_ARR	3.679548	334	LANDING			PROHIBIT_PASSING	NO_SEQUENCEING_TEST	2	0.000000

Gambar IV. 16 Input Airlink Bandara Kertajati

IV.7.5 Route

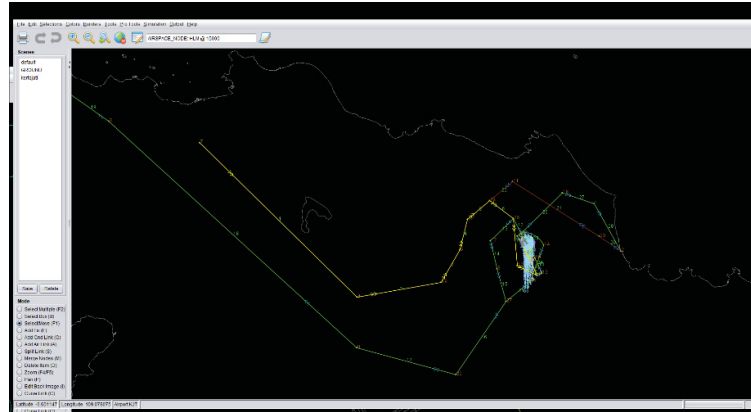
Setelah seluruh *airlink* berhasil dimodelkan, maka penentuan *route* dapat dilakukan. Sama seperti *taxipath*, *route* merupakan sebuah opsi yang disediakan oleh SIMMOD apabila pengguna hendak menentukan jalur pergerakan pesawat di udara secara manual. Dalam analisis kali ini, terdapat dua buah *route* untuk penerbangan *arrival* dan tiga buah *route* penerbangan *departure*. Berikut merupakan tampilan penggunaan tools *Route Builder*.



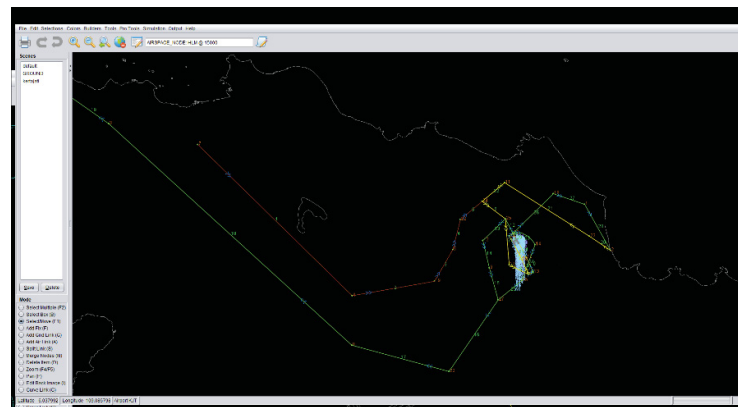
Gambar IV. 17 Route Builder

1. Arrival Route 1

Arrival route 1 merupakan rute yang digunakan oleh penerbangan yang berasal dari sisi barat Bandara Kertajati, yaitu yang berasal dari WPT *identifier* HLM. Sedangkan, *arrival route 2* merupakan rute yang digunakan oleh penerbangan yang berasal dari sisi timur Bandara Kertajati, yaitu yang berasal dari WPT *identifier* WINAN. Penerbangan dengan *arrival route 1* maupun 2 akan bertemu di WPT *identifier* KECAP sebelum akhirnya menuju *airnode* RWY32L_ARR atau RWY32L_ARR. Berikut merupakan pemodelan *arrival route 1* dan 2 pada SIMMOD.



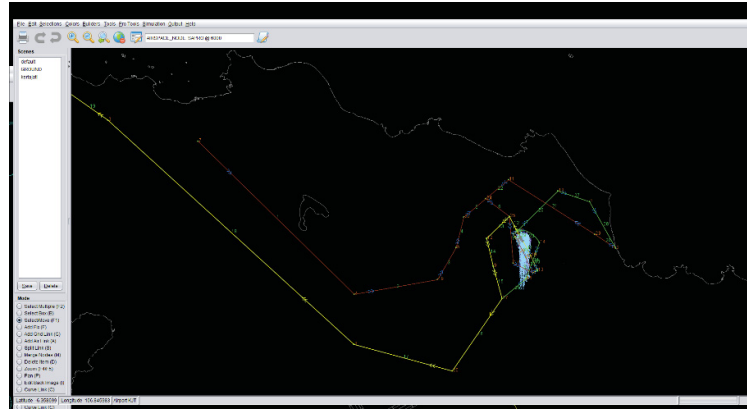
Gambar IV. 18 *Arrival Route 1*



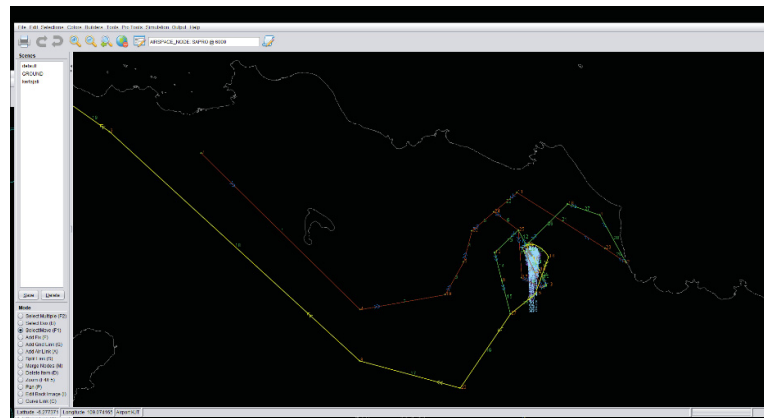
Gambar IV. 19 *Arrival Route 2*

2. *Departure Route*

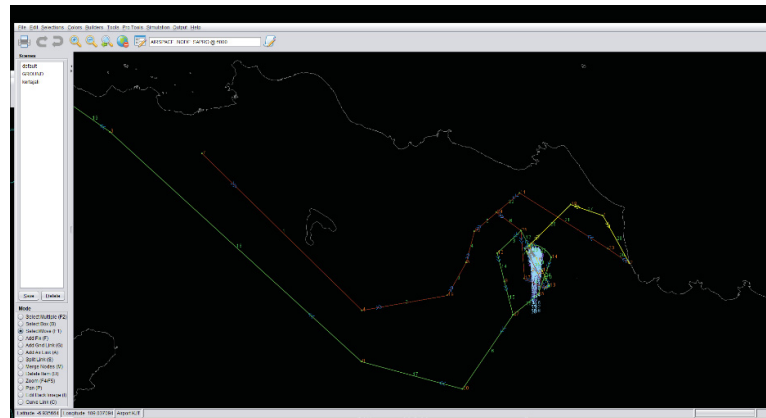
Departure route 1 dan 2 merupakan rute yang digunakan oleh penerbangan yang akan menuju sisi barat Bandara Kertajati, yaitu penerbangan yang menuju WPT *identifier* TKG. Sedangkan, *departure route 3* merupakan rute yang digunakan oleh penerbangan yang berasal dari sisi timur Bandara Kertajati, yaitu penerbangan yang menuju WPT *identifier* CA. Penerbangan dengan *arrival route 1 dan 2* akan berpisah sesaat setelah lepas landas sebelum akhirnya bertemu lagi di WPT *identifier* SAPRO dan menuju WPT *identifier* TKG. Berikut merupakan pemodelan *arrival route 1, 2, dan 3* pada SIMMOD.



Gambar IV. 20 *Departure Route 1*



Gambar IV. 21 *Departure Route 2*



Gambar IV. 22 *Departure Route 3*

IV.7.6 *Aircraft Parking Stand*

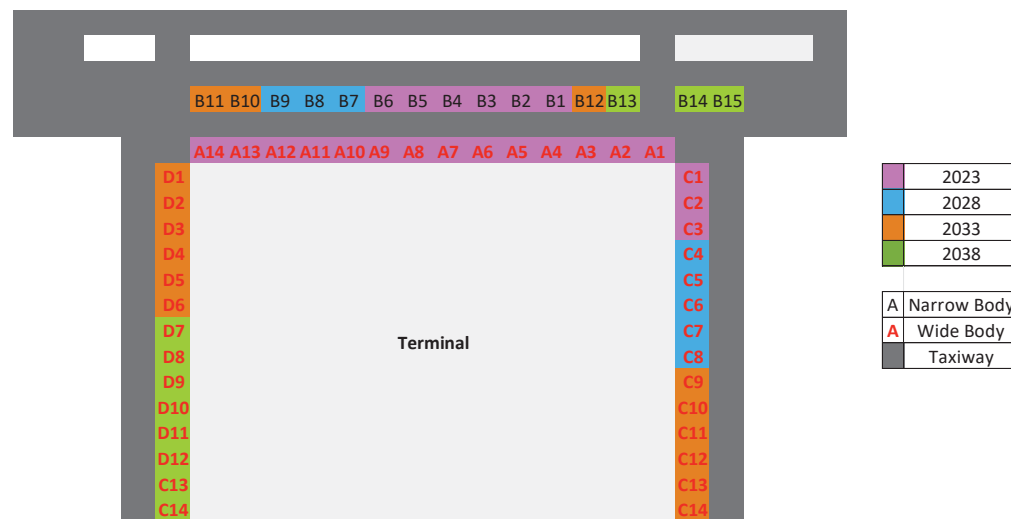
Setelah melakukan perhitungan volume jam puncak, maka jumlah dan jenis *aircraft parking stand* dapat ditentukan untuk setiap tahapan pengembangan. Berikut

merupakan hasil perhitungan kebutuhan jumlah *aircraft parking stand* untuk setiap jenis pesawat dan tahun pengembangan.

Tabel IV. 12 Jumlah *Aircraft Parking Stand*

Aircraft	Volume Jam Puncak			
	2023	2028	2033	2038
B737800/ B737900/ A320	10	17	20	27
B787-8	1	1	2	4
A330-300	10	16	18	24
B777-300ER	1	2	2	3
Wide Body	12	19	22	31
Narrow Body	10	17	20	27
Total	22	36	42	58

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka skema pengembangan *apron* dapat dilakukan sebagai berikut.

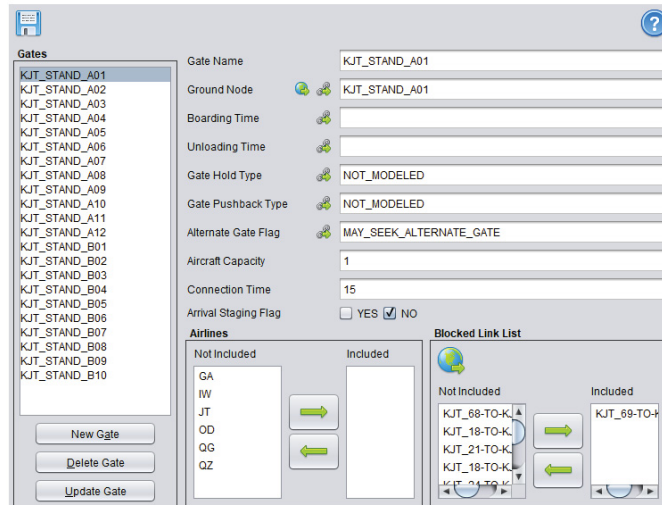


Gambar IV. 23 Skema Pengembangan Apron

Berdasarkan gambar di atas, pesawat *narrow body* akan menempati *remote apron*, atau *apron* dengan kode B. Sedangkan, pesawat *wide body* akan menempati *contract apron*, atau *apron* dengan kode A, C, dan D. Hal ini dilakukan untuk memudahkan mobilisasi penumpang dan barang dari pesawat *wide body* yang cenderung lebih tinggi dari pesawat *narrow body*.

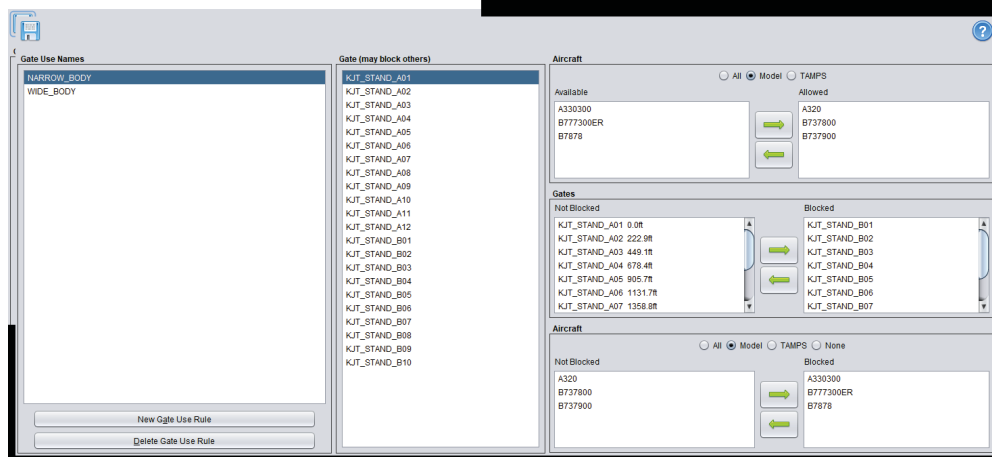
Pendefinisian *apron* beserta *aircraft parking stand* pada SIMMOD dapat diawali dengan menggambarkan *airfield node* yang kemudian ditandai sebagai *aircraft*

parking stand atau *gate*. Berikut merupakan tampilan penentuan *gate* pada SIMMOD.



Gambar IV. 24 Gate Builder

Kemudian, masing-masing *gate* dapat ditugaskan untuk melayani jenis pesawat tertentu dengan menggunakan *tools Gate Use*. Berikut merupakan tampilan *gate use builder* pada SIMMOD.



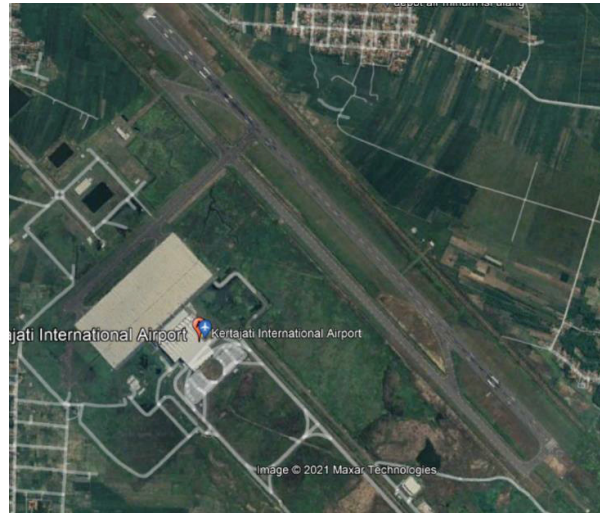
Gambar IV. 25 Gate Use Builder

IV.8 Tahapan Pengembangan Fasilitas Sisi Udara Bandara Kertajati

IV.8.1 Tahapan Pengembangan 1

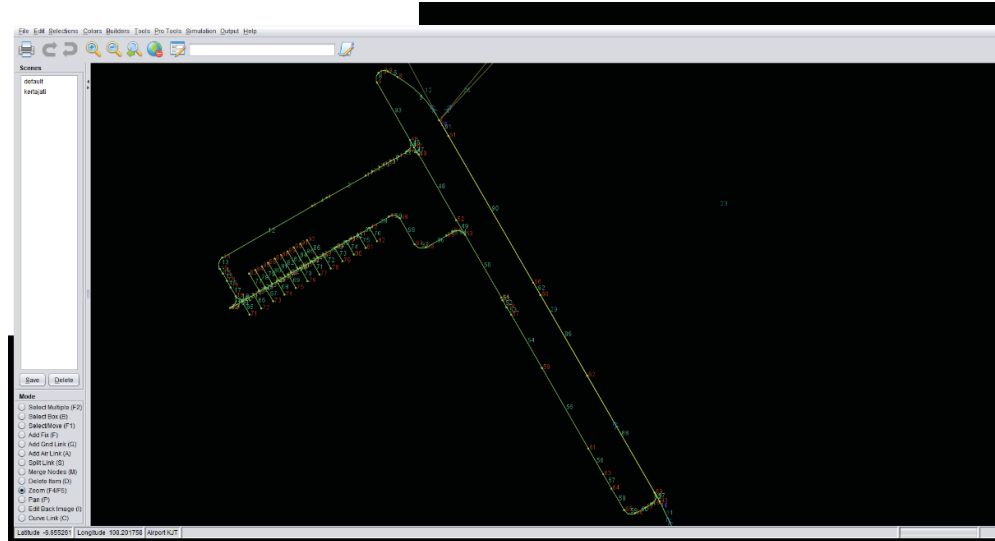
Tahapan Pengembangan 1 merupakan tahapan pengembangan *baseline*, di mana konfigurasi fasilitas sisi udara yang digunakan merupakan kondisi eksisting

Bandara Kertajati saat ini berdasarkan *masterplan* dan pemantauan *google earth*. Berikut merupakan kondisi eksisting fasilitas sisi udara Bandara Kertajati.



Grafik IV. 2 Aerial View Bandara Kertajati
Sumber: Google Earth, 2021

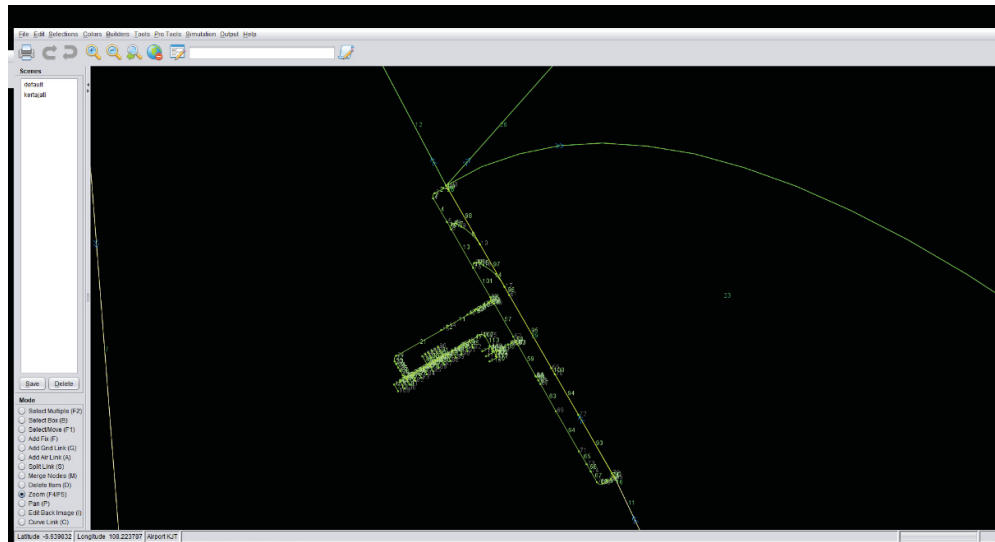
Berdasarkan gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting fasilitas sisi udara Bandara Kertajati saat ini memiliki satu buah *runway* berorientasi 14-32 dengan panjang *runway* 3.000 meter yang dilengkapi dengan *turn pad* pada *runway* 14. Selain itu, pada tahapan pengembangan 1 Bandara Kertajati memiliki dua buah *rapid exit* yang dilengkapi untuk pesawat yang mendarat masing-masing dari arah *runway* 14 dan 32, satu buah *central entrance taxiway* untuk pesawat yang hendak lepas landas dari *runway* 14, serta satu buah *perpendicular taxiway* di ujung *runway* 32 yang dapat digunakan untuk pesawat yang hendak lepas landas dari *runway* 32. Berikut merupakan konfigurasi tahapan pengembangan 1 yang telah digambarkan melalui *network builder* pada *software* SIMMOD.



Gambar IV. 26 Tahapan Pengembangan 1 pada *Network Builder SIMMOD*

IV.8.2 Tahapan Pengembangan 2

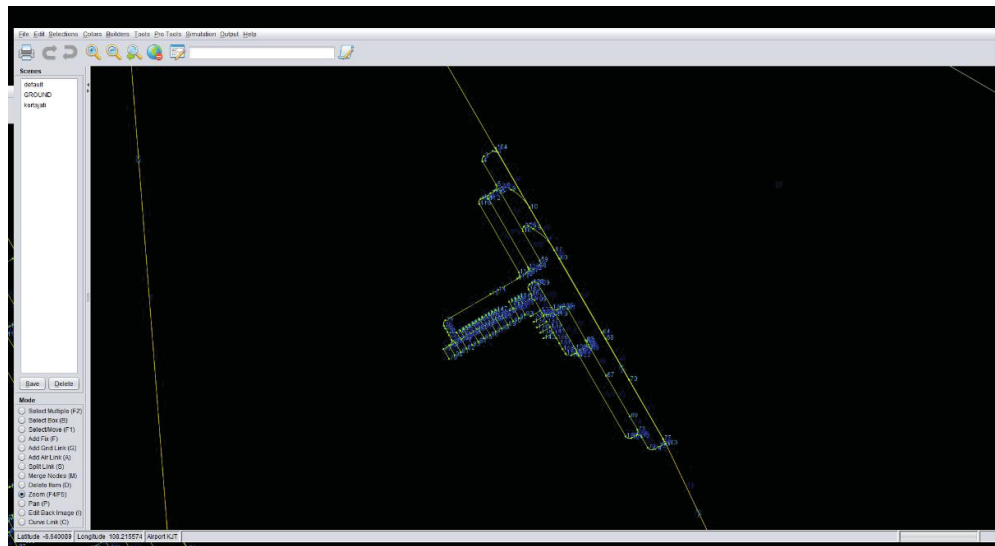
Tahapan Pengembangan 2 merupakan tahapan pengembangan yang terdiri dari perpanjangan *runway* I Bandara Kertajati menjadi 3500 meter yang dilengkapi oleh penambahan masing-masing satu *rapid exit taxiway* dan satu *right-angled taxiway* untuk penerbangan kedatangan dari *runway* 32. Berikut merupakan konfigurasi tahapan pengembangan 2 yang telah digambarkan melalui *network builder* pada *software SIMMOD*.



Gambar IV. 27 Tahapan Pengembangan 2 pada *Network Builder SIMMOD*

IV.8.3 Tahapan Pengembangan 3

Pada tahapan pengembangan 3, dilakukan penambahan *parallel taxiway* yang bertujuan untuk mengurangi tundaan saat pesawat sedang melakukan *taxi*, baik setelah mendarat maupun sebelum lepas landas. Berikut merupakan konfigurasi tahapan pengembangan 3 yang telah digambarkan melalui *network builder* pada *software* SIMMOD.



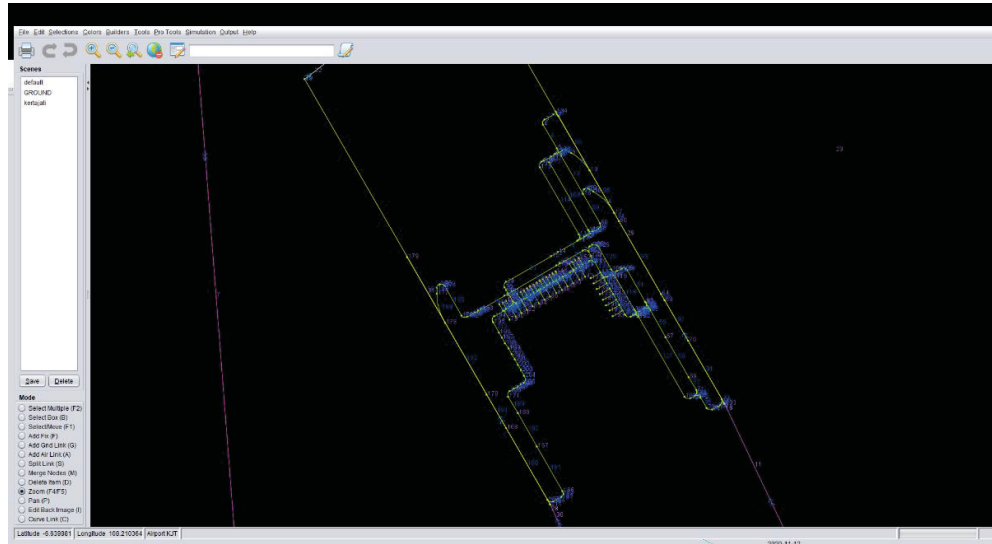
Gambar IV. 28 Tahapan Pengembangan 3 pada *Network Builder* SIMMOD

IV.8.4 Tahapan Pengembangan 4

Pada tahapan pengembangan 4, dilakukan pengembangan berupa penambahan *runway* pada sisi barat daya terminal Bandara Kertajati. Untuk mengakomodasi tingginya pertumbuhan penumpang pada tahun 2033 dan khususnya pada tahun 2038, maka *runway* kedua akan dibangun dengan panjang 3.000 meter, sehingga pengoperasian dapat dilakukan secara terpisah, di mana *runway* pertama akan diperuntukkan bagi pesawat *wide body* dan *runway* kedua akan diperuntukkan bagi pesawat *narrow body*. Berdasarkan KP No. 326 Tahun 2016, *runway* yang akan dioperasikan secara independen harus memenuhi syarat berikut.

- Memiliki jarak minimum antara sumbu-sumbunya sebesar 1.035 m untuk *independent parallel approaches*.
- Memiliki jarak minimum antara sumbu-sumbunya sebesar 760 m untuk *independent parallel departures*.

Jarak antar *centerline* pada *runway* pertama dan kedua adalah sebesar 2.178 m, sehingga syarat minimum jarak antar *centerline* kedua *runway* tersebut telah terpenuhi. Berikut merupakan konfigurasi tahapan pengembangan 4 yang telah digambarkan melalui *network builder* pada *software* SIMMOD.



Gambar IV. 29 Tahapan Pengembangan 4 pada *Network Builder* SIMMOD

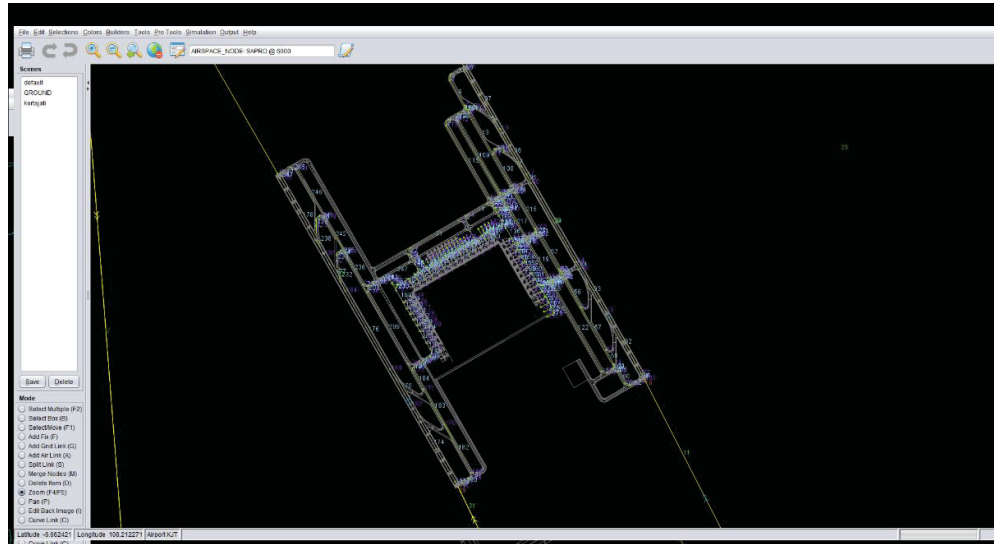
IV.8.5 Tahapan Pengembangan 5

Pada tahapan pengembangan 5, dilakukan pengembangan berupa penambahan *runway* pada sisi barat daya terminal Bandara Kertajati. Untuk mengakomodasi tingginya pertumbuhan penumpang pada tahun 2033 dan khususnya pada tahun 2038, maka *runway* kedua akan dibangun dengan konfigurasi yang sama dengan *runway* pertama agar kedua *runway* tersebut dapat dioperasikan secara *segregated*, yaitu mengoperasikan salah satu *runway* untuk keberangkatan dan *runway* lainnya untuk kedatangan. Berdasarkan KP No. 326 Tahun 2016, *runway* yang akan dioperasikan secara independen harus memenuhi syarat berikut.

- Memiliki jarak minimum antara sumbu-sumbunya sebesar 1.035 m untuk *independent parallel approaches*.
- Memiliki jarak minimum antara sumbu-sumbunya sebesar 760 m untuk *independent parallel departures*.

Jarak antar *centerline* pada *runway* pertama dan kedua adalah sebesar 2.178 m, sehingga syarat minimum jarak antar *centerline* kedua *runway* tersebut telah terpenuhi. Pada tahapan pengembangan ini, penerbangan keberangkatan akan

dilayani oleh *runway* 32R, sedangkan penerbangan kedatangan akan dilayani oleh *runway* 32L. Berikut merupakan konfigurasi tahapan pengembangan 5 yang telah digambarkan melalui *network builder* pada *software* SIMMOD.



Gambar IV. 30 Tahapan Pengembangan 5 pada *Network Builder* SIMMOD

IV.9 Perhitungan Kapasitas dan Tundaan Bandara yang Diizinkan untuk Perencanaan Jangka Panjang

Dalam menentukan waktu yang tepat dalam melanjutkan suatu tahapan pengembangan, dibutuhkan pendefinisian kriteria tundaan rata-rata per pesawat dan menit tundaan tahunan yang diizinkan untuk mengetahui apakah suatu tahapan pengembangan sudah dibutuhkan. Berikut merupakan contoh perhitungan *mix index* untuk volume lalu lintas di tahun 2023.

- Persentase pesawat dengan berat di atas 12.500 lbs dan di bawah 300.000 lbs (C) = 71,77%
- Persentase pesawat dengan berat di 300.000 lbs (C) = 84,68%
- $Mix\ Index\ (C + 3D) = 71,77\% + 3 \times 84,68\% = 1,56\%$

Berikut merupakan hasil perhitungan *mix index* untuk tahun pengembangan 2023, 2028, 2033, dan 2038.

Tabel IV. 13 Perhitungan *Mix Index*

Persentase	2023	2028	2033	2038
C	71.77%	78.92%	71.77%	75.86%
D	84.68%	63.25%	84.68%	72.41%
C+3D	156.45%	142.17%	156.45%	148.28%

Pada analisis kali ini, terdapat dua konfigurasi penggunaan *runway* yang akan diterapkan pada Bandara Kertajati dan menghasilkan dua persyaratan tundaan dan kapasitas yang diizinkan sebagai berikut.

IV.9.1 Penggunaan *Runway* Tunggal

Pada tahapan pengembangan 1 hingga 3, Bandara Kertajati memiliki satu buah *runway* yang memiliki panjang 3.000 hingga 3.500 meter. Sehingga, berdasarkan *FAA Advisory Circular 150/5060-5*, tahapan pengembangan 1-3 memiliki kode penggunaan *runway* 1 dengan ketentuan besaran kapasitas dan tundaan yang diizinkan sebagai berikut.

- Kapasitas = 63 (VFR) dan 56 (IFR) operasi per jam
- *Annual Service Volume* = 205.000 penerbangan per tahun
- Rata-rata tundaan per penerbangan = 3,6 hingga 5,7 menit per penerbangan
- Menit tundaan tahunan = 792.000 hingga 1.254.000 menit per tahun

IV.9.2 Penggunaan *Runway* Ganda

Pada tahapan pengembangan 4 hingga 5, Bandara Kertajati memiliki dua buah *runway* yang masing-masing memiliki panjang 3.500 meter. Sehingga, berdasarkan *FAA Advisory Circular 150/5060-5*, tahapan pengembangan 4-5 memiliki kode penggunaan *runway* 3 dengan ketentuan besaran kapasitas dan tundaan yang diizinkan sebagai berikut.

- Kapasitas = 126 (VFR) dan 65 (IFR) operasi per jam
- *Annual Service Volume* = 275.000 penerbangan per tahun
- Rata-rata tundaan per penerbangan = 1,0 hingga 1,5 menit per penerbangan
- Menit tundaan tahunan = 220.000 hingga 330.000 menit per tahun

IV.10 Kriteria Pemilihan Tahapan Pengembangan Fasilitas Sisi Udara Bandara Kertajati Berdasarkan Pertumbuhan Permintaan Pergerakan Penumpang

Penundaan penerbangan atau *delay* adalah situasi di mana suatu pesawat mengalami keterlambatan, baik akibat tundaan di darat maupun di udara yang berlaku untuk pesawat kedatangan dan keberangkatan. Dalam simulasi

menggunakan SIMMOD kali ini, seluruh tahapan pengembangan yang akan digunakan sebagai acuan pengembangan di tiap tahun pengembangan harus memenuhi ketiga syarat berikut:

1. Tahapan Pengembangan yang digunakan pada tahun tertentu harus dapat tersimulasi hingga selesai. Hal ini dapat diperiksa melalui *window command* dari aplikasi SIMMOD atau dengan mencocokkan jumlah penerbangan yang tersimulasi dengan jumlah penerbangan yang beroperasi pada tahun tersebut.
2. Tahapan Pengembangan yang digunakan pada tahun pengembangan tertentu telah memenuhi persyaratan batas atas tundaan dan kapasitas yang diizinkan berdasarkan FAA AC 150/5060-5 yang telah diperhitungkan pada subbab sebelumnya.
3. Seluruh tahapan pengembangan yang digunakan harus dapat memenuhi syarat ARFL terkoreksi sesuai dengan jenis pesawat kritis, elevasi, suhu, dan kemiringan bandara tersebut.

IV.11 Analisis Perancangan Tahapan Pengembangan Fasilitas Sisi Udara Bandara Kertajati Berdasarkan Pertumbuhan Permintaan Pergerakan Penumpang

Setelah melakukan simulasi tahapan pengembangan fasilitas sisi udara Bandara Kertajati menggunakan *software* SIMMOD, terdapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan waktu yang tepat untuk melanjutkan pengembangan ke tahapan berikutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan *ground delay time* dan *departure queue time* untuk setiap tahapan pengembangan dan seluruh tahun pengembangan. Keterangan:

- Kotak berwarna hijau menandakan bahwa hasil perhitungan *ground delay time* telah memenuhi persyaratan batas tundaan maksimum harian dan tahunan yang telah ditentukan.
- Tahap pengembangan yang ditandai dengan tulisan berwarna merah menandakan terjadinya *gridlock* (kondisi terkunci) saat simulasi sedang dilakukan, sehingga angka *ground delay time* dan *departure queue time* bukan merupakan angka yang didapatkan setelah simulasi selesai dilakukan selama satu siklus penuh (24 jam).

Tabel IV. 14 Perhitungan *Ground Delay Time* Berdasarkan Hasil Simulasi Pengembangan Fasilitas Sisi Udara Menggunakan SIMMOD-Pro!

Tahapan Pengembangan			Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay</i> (menit)											
					2023			2028			2033			2038		
					Harian	Tahunan		Harian	Tahunan		Harian	Tahunan		Harian	Tahunan	
1	Kondisi Eksisting	Sum	-	1,254,000	342.05	124,850	780.83	285,001		363.90	132,823		4,075.25	1,487,465		
		Average	5.7	-	1.38	503	2.35	858		1.10	400		8.17	2,981		
		Max	-	-	20.47	7,470	32.10	11,718		18.00	6,570		150.00	54,750		
		Sdev	-	-	3.36	1,225	5.05	1,845		3.43	1,252		26.05	9,510		
2	Perpanjangan Runway 1 menjadi 3500 meter	Sum	-	1,254,000	139.10	50,771	619.10	225,973		3,235.86	1,151,067		4,054.65	1,479,946		
		Average	5.7	-	0.56	205	1.86	681		9.75	3,557		8.13	2,966		
		Max	-	-	9.39	3,426	21.61	7,889		150.00	54,750		150.00	54,750		
		Sdev	-	-	1.67	611	4.09	1,493		27.69	10,107		26.06	9,510		
3	Penambahan Parallel Taxiway pada Runway 1 dan Penambahan 2 RET	Sum	-	1,254,000	25.55	9,325	70.18	25,615		327.67	119,599		4,413.59	1,610,961		
		Average	5.7	-	0.10	38	0.21	77		0.66	241		8.84	3,228		
		Max	-	-	2.92	1,066	5.06	1,847		13.64	4,978		150.00	54,750		
		Sdev	-	-	0.34	124	0.67	244		1.84	672		25.98	9,482		
4	Penambahan Runway Kedua yang Dibagi berdasarkan Ukuran	Sum	-	330,000												
		Average	1.5	-												
		Max	-	-												
		Sdev	-	-												
5	Penambahan Runway Kedua yang Dioperasikan secara <i>Segregated</i>	Sum	-	330,000	18.06	6,590	42.65	15,567		234.85	85,719		704.05	256,979		
		Average	1.5	-	0.07	27	0.13	47		0.47	173		1.21	443		
		Max	-	-	1.99	725	3.64	1,330		10.14	3,701		16.72	6,102		
		Sdev	-	-	0.22	82	0.46	169		1.31	477		2.77	1,009		

Terjadi *fatal error* yang menyebabkan analisis tidak dapat dimulai.

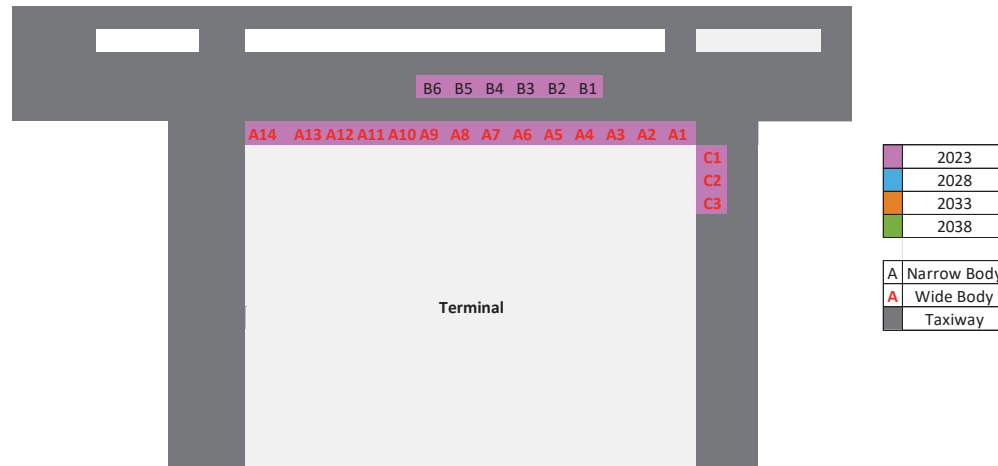
[Tabel IV. 15 Perhitungan *Departure Queue Time* Berdasarkan Hasil Simulasi Pengembangan Fasilitas Sisi Udara Menggunakan SIMMOD-Pro!]

Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue</i>										
		2023			2028			2033			2038	
		Menit	Detik		Menit	Detik		Menit	Detik		Menit	Detik
1	Sum	120.42	7,225		286.4	17,187		117.75	7,065		244.53	14,672.05
	Average	0.97	58		1.7	104		0.95	57		1.97	118.32
	Max	14.99	899		15.3	918		14.99	899		8.67	519.95
	Sdev	2.32	139		3.6	216		2.26	136		2.24	134.57
2	Sum	103.52	6,211		274.67	16,480		82.51	4,950		106.14	6,368.39
	Average	0.83	50		1.65	99		0.73	44		0.86	51.36
	Max	9.39	563		14.99	899		7.58	455		9.47	568.16
	Sdev	1.89	114		3.38	203		1.51	90		1.85	110.89
3	Sum	15.81	949		39.92	2,395		144.23	8,654		182.38	10,943
	Average	0.13	8		0.24	14		0.58	35		0.99	59
	Max	2.92	175		5.06	304		7.31	439		7.35	441
	Sdev	0.42	25		0.74	44		1.33	80		1.59	96
4	Sum											
	Average											
	Max											
	Sdev											
5	Sum	11.25	675		24.93	1,496		193.74	11,625		226.39	13,583
	Average	0.09	5		0.15	9		0.78	47		0.78	47
	Max	1.99	119		3.09	186		10.14	608		9.04	543
	Sdev	0.00	0		0.49	29		1.66	99		1.69	101

Terjadi fatal error yang menyebabkan analisis tidak dapat dimulai.

IV.11.1 Tahun 2023: Tahapan Pengembangan 1

Pada tahun 2023, Bandara Kertajati akan melayani 248 penerbangan setiap harinya, dengan volume jam puncak sebesar 23 penerbangan pada pukul 16:00. Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2023.



Gambar IV. 31 Rencana *Layout Aircraft Parking Stand* pada Tahapan Pengembangan 1 Tahun 2023

Setelah melakukan simulasi, didapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* untuk tahapan pengembangan 1 di tahun 2023 sebagai berikut.

Tabel IV. 16 Hasil Perhitungan *Ground Delay Time* untuk Tahapan Pengembangan 1 di Tahun 2023

Tahapan Pengembangan		Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay Time</i> (menit)	
				2023	
		Harian	Tahunan	Harian	Tahunan
1	Sum	-	1,254,000	342.05	124,850.03
	Average	5.7	-	1.38	503.43
	Max	-	-	20.47	7,470.34
	Sdev	-	-	3.36	1,225.19

Tabel IV. 17 Hasil Perhitungan *Departure Queue Time* untuk Tahapan Pengembangan 1 di Tahun 2023

Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue Time</i>	
		2023	
		Menit	Detik
1	Sum	120.42	7,225
	Average	0.97	58
	Max	14.99	899
	Sdev	2.32	139

Berdasarkan hasil simulasi tahapan pengembangan 1 untuk *traffic* tahun 2023, seluruh penerbangan telah memenuhi persyaratan batas tundaan yang diizinkan sesuai dengan FAA AC 150/5060-5 mengenai *Airport and Capacity Delay* dengan rata-rata tundaan per pesawat sebesar 1,38 menit dan menit tundaan tahunan sebesar 124.850 menit. Namun, tahapan pengembangan 1 masih menggunakan *runway* sepanjang 3000 meter yang lebih kecil dari kebutuhan ARFL terkoreksi (3500 meter). Hal ini dikarenakan *software* SIMMOD-Pro! masih belum mampu mendeteksi kebutuhan panjang *runway* untuk setiap jenis pesawat yang ditugaskan. Berikut merupakan perhitungan ARFL terkoreksi untuk pesawat kritis Bandara Kertajati, yaitu Boeing 777-300ER.

- Elevasi : +40.32 mdpl
- Suhu : 28⁰C
- Kemiringan : 0

Sehingga, didapat perhitungan faktor koreksi sebagai berikut.

- Faktor Koreksi Elevasi (Fe)

$$Fe = 1 + \left(0.07 \times \frac{h}{300}\right)$$

$$Fe = 1 + \left(0.07 \times \frac{40.32}{300}\right)$$

$$Fe = 1.0094$$

- Faktor Koreksi Suhu (Ft)

$$Ft = 1 + (0.01 \times (T - (15 - 0.0065h)))$$

$$Ft = 1 + (0.01 \times (28 - (15 - 0.0065 \times 40.32)))$$

$$Ft = 1.1326$$

- Faktor Koreksi Kemiringan (Fg)

$$Fg = 1 + (0.1 \times S)$$

$$Fg = 1 + (0.1 \times 0)$$

$$Fg = 1$$

- Panjang *Runway* Terkoreksi

$$ARFL_K = ARFL \times Fe \times Ft \times Fg$$

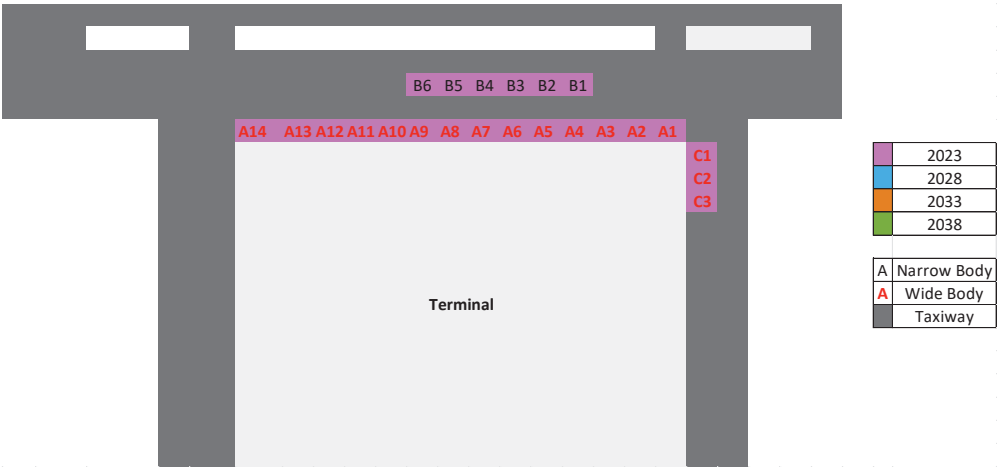
$$ARFL_K = 3060 \times 1.0094 \times 1.1326 \times 1$$

$$ARFL_K = 3498 \text{ meter} \cong 3500 \text{ meter}$$

Berdasarkan perhitungan, didapat panjang *runway* yang telah terkoreksi adalah 3500 meter. Sehingga, dibutuhkan pengembangan fasilitas *runway* berupa penambahan panjang *runway* menjadi 3500 meter.

IV.11.2 Tahun 2023: Tahapan Pengembangan 2

Pada tahapan pengembangan 2, panjang *runway* ditambah menjadi 3500 meter dan dilengkapi dengan konfigurasi 2 *rapid exit taxiway* dan 2 *right angled taxiway*. Pada tahun 2023, Bandara Kertajati akan melayani 248 penerbangan setiap harinya, dengan volume jam puncak sebesar 23 penerbangan pada pukul 16:00. Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2023.



Gambar IV. 32 Rencana *Layout Aircraft Parking Stand* pada Tahapan Pengembangan 2 Tahun 2023

Setelah melakukan simulasi, didapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* untuk tahapan pengembangan 2 di tahun 2023 sebagai berikut.

Tabel IV. 18 Hasil Perhitungan *Ground Delay Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2023

Tahapan Pengembangan		Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay</i> (menit)	
				2023	
		Harian	Tahunan	Harian	Tahunan
2	Sum	-	1,254,000	139.10	50,770.50
	Average	5.7	-	0.56	204.72
	Max	-	-	9.39	3,426.01
	Sdev	-	-	1.67	611.01

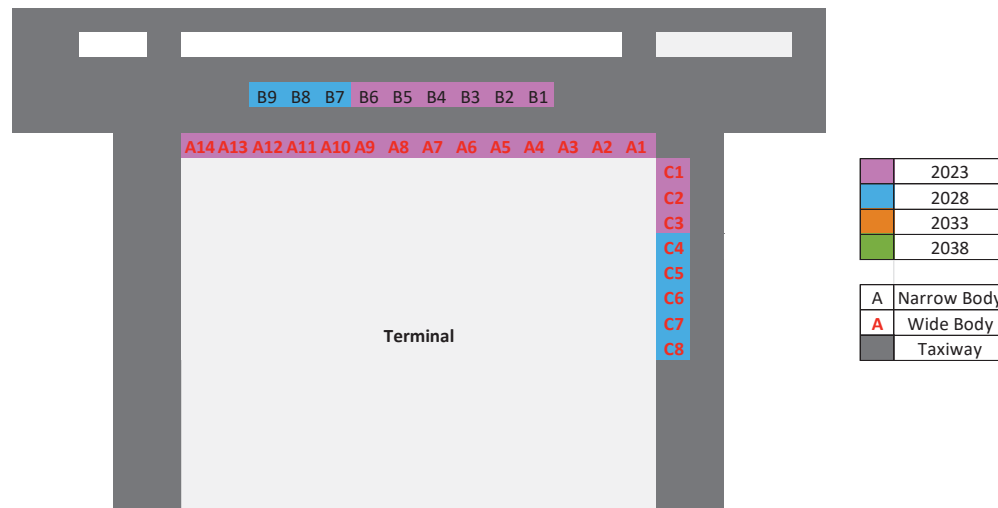
Tabel IV. 19 Hasil Perhitungan *Departure Queue Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2023

Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue Time</i>	
		2023	
		Menit	Detik
2	Sum	103.52	6,211.43
	Average	0.83	50.09
	Max	9.39	563.18
	Sdev	1.89	113.65

Berdasarkan hasil simulasi tahapan pengembangan 2 untuk *traffic* tahun 2023, seluruh penerbangan telah memenuhi persyaratan batas tundaan yang diizinkan sesuai dengan FAA AC 150/5060-5 mengenai *Airport and Capacity Delay* dengan rata-rata tundaan per pesawat sebesar 0,56 menit dan menit tundaan tahunan sebesar 50.771 menit. Dengan tercapainya ARFL terkoreksi untuk pesawat kritis (Boeing 777-300ER), rata-rata waktu antrian keberangkatan (*departure queue time*) berkurang sebesar 14,03% (0,83 menit per pesawat) bila dibandingkan tahapan pengembangan 1, yaitu sebelum *runway* diperpanjang menjadi 3.500 meter. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan tahapan pengembangan 2 untuk mengakomodasi lalu lintas pesawat di tahun 2023.

IV.11.3 Tahun 2028: Tahapan Pengembangan 2

Setelah melakukan simulasi tahapan pengembangan 2 yang sesuai dengan lalu lintas tahun 2023, maka simulasi tahapan pengembangan 2 untuk tahun 2028 dapat dilakukan. Pada tahapan pengembangan 2, panjang *runway* ditambah menjadi 3500 meter dan dilengkapi dengan konfigurasi 2 *rapid exit taxiway* dan 2 *right angled taxiway*. Pada tahun 2028, Bandara Kertajati akan melayani 332 penerbangan setiap harinya, dengan volume jam puncak sebesar 31 penerbangan pada pukul 16:00. Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2028.



Gambar IV. 33 Rencana *Layout Aircraft Parking Stand* pada Tahapan Pengembangan 2 Tahun 2028

Setelah melakukan simulasi, didapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* untuk tahapan pengembangan 2 di tahun 2028 sebagai berikut.

Tabel IV. 20 Hasil Perhitungan *Ground Delay Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2028

Tahapan Pengembangan		Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay</i> (menit)	
				2028	
		Harian	Tahunan	Harian	Tahunan
2	Sum	-	1,254,000	619.10	225,973.32
	Average	5.7	-	1.86	680.64
	Max	-	-	21.61	7,889.14
	Sdev	-	-	4.09	1,493.43

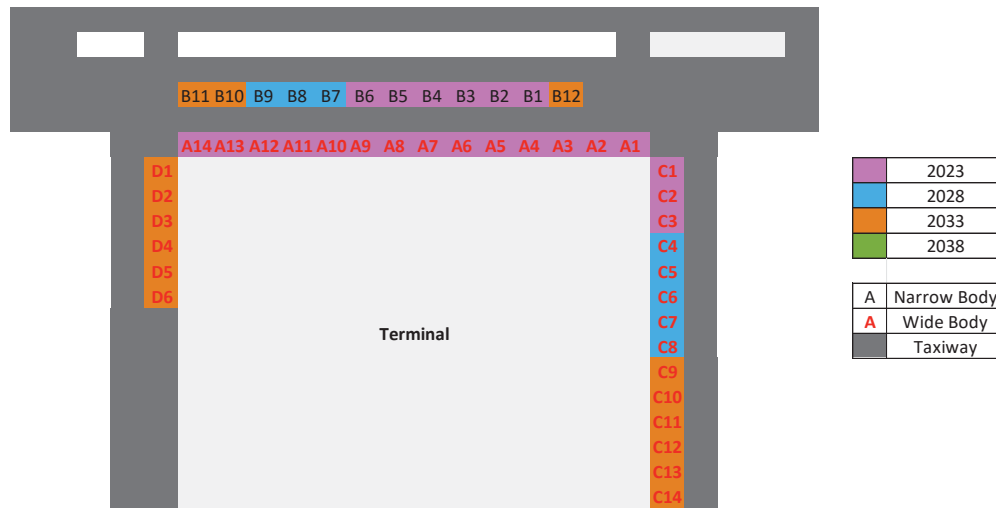
Tabel IV. 21 Hasil Perhitungan *Departure Queue Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2028

Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue Time</i>	
		2028	
		Menit	Detik
2	Sum	274.67	16,480.00
	Average	1.65	99.28
	Max	14.99	899.37
	Sdev	3.38	202.61

Berdasarkan hasil simulasi tahapan pengembangan 2 untuk *traffic* tahun 2028, seluruh penerbangan telah memenuhi persyaratan batas tundaan yang diizinkan sesuai dengan FAA AC 150/5060-5 mengenai *Airport and Capacity Delay* dengan rata-rata tundaan per pesawat sebesar 1,86 menit dan menit tundaan tahunan sebesar 225.973 menit. Selain itu, tahapan pengembangan 2 untuk *traffic* di tahun 2028 memiliki rata-rata waktu antrian keberangkatan sebesar 1,65 menit per penerbangan. Panjang *runway* yang tersedia sudah sesuai dengan perhitungan kebutuhan ARFL terkoreksi bagi pesawat kritis, yaitu Boeing 777-300ER. Sehingga, tidak dibutuhkan pengembangan fasilitas sisi udara Bandara Kertajati pada tahun 2028.

IV.11.4 Tahun 2033: Tahapan Pengembangan 2

Setelah melakukan simulasi tahapan pengembangan 2 yang sesuai dengan lalu lintas tahun 2028, maka simulasi tahapan pengembangan 2 untuk tahun 2033 dapat dilakukan. Pada tahapan pengembangan 2, panjang *runway* ditambah menjadi 3500 meter dan dilengkapi dengan konfigurasi 2 *rapid exit taxiway* dan 2 *right angled taxiway*. Pada tahun 2033, Bandara Kertajati akan melayani 496 penerbangan setiap harinya, dengan volume jam puncak sebesar 46 penerbangan pada pukul 16:00. Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2033.



Gambar IV. 34 Rencana *Layout Aircraft Parking Stand* pada Tahapan Pengembangan 2 Tahun 2033

Setelah melakukan simulasi, didapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* untuk tahapan pengembangan 2 di tahun 2033 sebagai berikut.

Tabel IV. 22 Hasil Perhitungan *Ground Delay Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2033

Tahapan Pengembangan		Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay</i> (menit)	
				2033	
		Harian	Tahunan	Harian	Tahunan
2	Sum	-	1,254,000	3,235.86	1,181,087.39
	Average	5.7	-	9.75	3,557.49
	Max	-	-	150.00	54,750.00
	Sdev	-	-	27.69	10,106.81

Tabel IV. 23 Hasil Perhitungan *Departure Queue Time* untuk Tahapan Pengembangan 2 di Tahun 2033

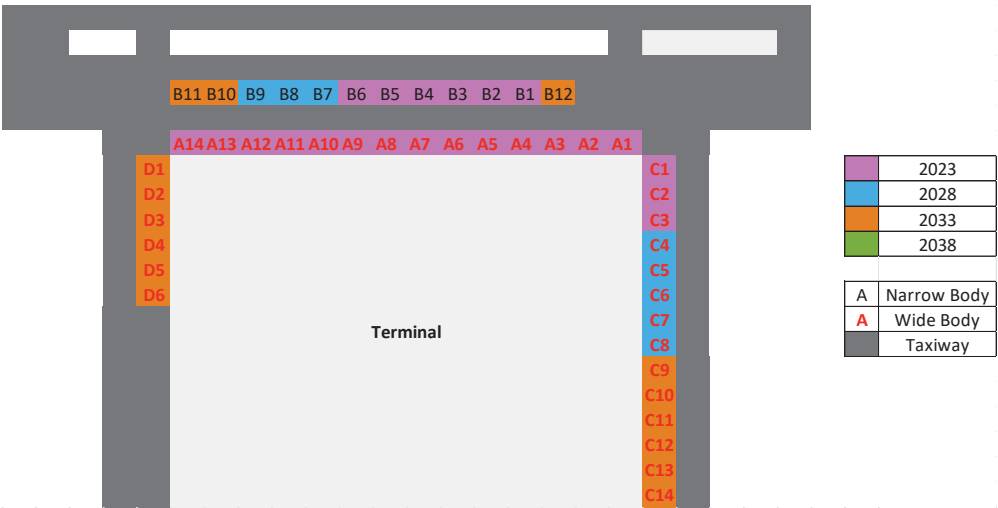
Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue Time</i>	
		2033	
		Menit	Detik
2	Sum	82.51	4,950.49
	Average	0.73	43.81
	Max	7.58	454.91
	Sdev	1.51	90.38

Berdasarkan hasil simulasi tahapan pengembangan 2 untuk *traffic* tahun 2033, nilai rata-rata tundaan per pesawat tidak memenuhi persyaratan batas tundaan yang diizinkan sesuai dengan FAA AC 150/5060-5 mengenai *Airport and Capacity Delay* dengan rata-rata tundaan per pesawat sebesar 9,75 menit dan

menit tundaan tahunan sebesar 1.181.087 menit. Selain itu, tahapan pengembangan 2 untuk *traffic* di tahun 2028 memiliki rata-rata waktu antrian keberangkatan sebesar 0,73 menit per penerbangan. Hal ini dikarenakan SIMMOD-Pro! tidak berhasil melakukan simulasi hingga selesai, sehingga simulasi dihentikan secara paksa (*force stop*) sebelum 24 jam. Sehingga, dibutuhkan tahapan pengembangan lebih lanjut untuk mengakomodasi lalu lintas pesawat di tahun 2033.

IV.11.5 Tahun 2033: Tahapan Pengembangan 3

Simulasi untuk pengembangan di tahun 2033 dapat dilanjutkan dengan menggunakan tahapan pengembangan, yang telah ditambahkan *parallel taxiway* pada *runway* 32R, sehingga masing-masing kelompok pesawat terbang akan memiliki *departure taxipath* yang berbeda-beda. Pada tahun 2033, terdapat 496 penerbangan harian dengan 34 penerbangan pada jam puncak (16:00). Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2033.



Gambar IV. 35 Rencana *Layout Aircraft Parking Stand* pada Tahapan Pengembangan 3 Tahun 2033

Setelah melakukan simulasi, didapat parameter *ground delay time* dan *departure queue time* untuk tahapan pengembangan 3 di tahun 2033 sebagai berikut.

Tabel IV. 24 Hasil Perhitungan *Ground Delay Time* untuk Tahapan Pengembangan 3 di Tahun 2033

Tahapan Pengembangan		Batas Tundaan Maksimum (menit)		Hasil Perhitungan <i>Ground Delay</i> (menit)	
				2033	
		Harian	Tahunan	Harian	Tahunan
3	Sum	-	1,254,000	327.67	119,599.15
	Average	5.7	-	0.66	241.13
	Max	-	-	13.64	4,977.94
	Sdev	-	-	1.84	671.68

Tabel IV. 25 Hasil Perhitungan *Departure Queue Time* untuk Tahapan Pengembangan 3 di Tahun 2033

Tahapan Pengembangan		Hasil Perhitungan <i>Departure Queue Time</i>	
		2033	
		Menit	Detik
3	Sum	144.23	8,653.90
	Average	0.58	34.89
	Max	7.31	438.51
	Sdev	1.33	79.85

Berdasarkan hasil simulasi tahapan pengembangan 3 untuk *traffic* tahun 2033, seluruh penerbangan telah memenuhi persyaratan batas tundaan yang diizinkan sesuai dengan FAA AC 150/5060-5 mengenai *Airport and Capacity Delay* dengan rata-rata tundaan per pesawat sebesar 0,66 menit dan menit tundaan tahunan sebesar 119.599 menit. Selain itu, tahapan pengembangan 3 untuk *traffic* di tahun 2028 memiliki rata-rata waktu antrian keberangkatan sebesar 0.58 menit per penerbangan. Panjang *runway* yang tersedia sudah sesuai dengan perhitungan kebutuhan ARFL terkoreksi bagi pesawat kritis, yaitu Boeing 777-300ER. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan tahapan pengembangan 3 untuk mengakomodasi lalu lintas pesawat di tahun 2033.

IV.11.6 Tahun 2038: Tahapan Pengembangan 3

Simulasi untuk pengembangan di tahun 2033 dapat dilanjutkan dengan menggunakan tahapan pengembangan, yang telah ditambahkan *parallel taxiway* pada *runway* 32R, sehingga masing-masing kelompok pesawat terbang akan memiliki *departure taxipath* yang berbeda-beda. Pada tahun 2038, terdapat 580 penerbangan harian dengan 53 penerbangan pada jam puncak (16:00). Berikut merupakan rencana tata letak *apron* yang akan digunakan untuk tahun 2038.