



SISTEM PENDUKUNG PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PENENTUAN PRIORITAS PENGEMBANGAN BANDAR UDARA DI KALIMANTAN UTARA

Hernanda Nur Umami¹, Iif Ahmad Syarif²

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ¹Hernandanur29@gmail.com, ²iifahmads@gmail.com

ABSTRAK: Pengembangan bandar udara di Provinsi Kalimantan Utara dinilai sangat penting dikarenakan bandar udara tersebut berfungsi sebagai penghubung antara wilayah-wilayah pedalaman. Selain itu, semakin bertambahnya volume frekuensi penerbangan juga menjadi alasan diperlukannya pengembangan bandar udara. Dalam perencanaan pengembangan bandar udara selama ini didasarkan pada volume lalu lintas penerbangan dan total jumlah penumpang tahunan, hal ini sesuai dengan PM No 39 tahun 2019. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan sudut pandang lain dalam proses perencanaan pengembangan bandar udara dengan menggunakan teori pengambilan keputusan yaitu kombinasi metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dan Simple Additive Weighting (SAW). Metode ini menggunakan empat kriteria dan 121 alternatif dalam menentukan prioritas terbaik pengembangan bandar udara di Kalimantan Utara. Hasil dari perhitungan AHP dan SAW menunjukkan bahwa pada ketiga bandar udara yang diteliti, untuk bandar udara Juwata Tarakan menunjukkan bahwa terminal penumpang menjadi prioritas untuk dikembangkan dari sisi fasilitas darat dengan nilai bobot 0.2851 dan peralatan bantu visual dengan nilai bobot 1 untuk sisi fasilitas udara, lalu untuk bandar udara Nunukan menunjukkan bahwa tempat parkir kendaraan menjadi prioritas untuk dikembangkan dengan nilai bobot 0.2749 dari sisi fasilitas darat sedangkan untuk fasilitas dari sisi udara yaitu fasilitas incapacitated passenger loading vehicle (IPL) dengan nilai bobot 0.9031, lalu untuk bandar udara Tanjung Harapan dari sisi fasilitas darat belum ada yang perlu dikembangkan sedangkan dari sisi fasilitas udara peralatan pelayanan darat dan kendaraan operasional di sisi udara yang harus dikembangkan dengan nilai bobot 1.

Kata Kunci: Bandar Udara, AHP, SAW

ABSTRACT: *The Airport development in North Kalimantan is a crucial consideration because it can connect among the regions in North Borneo. The other reason was the increasing volume of lights frequency. The development of the airport during this time is based on the volume of traffic and the total number of annual passengers, and it is in line with National regulation PM No. 39, 2019. This research aims to provide another point of view in Airport development using decision-making theory, namely the combination of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Simple Additive Weighting (SAW). This method employed four criteria and 121 alternatives in determining the priority development best Airport in North Kalimantan. Based on the analyzing AHP and SAW results showed that on the three airports. First, the passenger terminal facility of Juwata Tarakan Airport needs to be developed from the land side with the value of the weight 0,2851 and visual aids with a weight value of 1 to the airside. Second, the parking lot of Nunukan Airport needs to be developed with the weights 0,2749 from the land side and the airside, incapacitated passenger loading the vehicle/equipment facilities with the value of the weight 0,9031. Last, the Tanjung Harapan airport from the land side, nothing can be developed, but in terms of the facilities of the air service equipment, ground plane and operational vehicles need to be developed with a weight value of 1.*

Keywords: Airport, AHP, SAW

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Era saat ini moda transportasi udara menggunakan pesawat terbang merupakan pilihan utama bagi masyarakat luas untuk melaksanakan perjalanan dikarenakan factor kecepatan, kenyamanan dan jarak tempuh yang jauh menjadikannya unggulan di antara moda transportasi lain. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah pengguna serta bertambahnya volume frekuensi penerbangan. Oleh karena itu, pengembangan bandar udara merupakan hal yang patut diperhatikan untuk menyesuaikan perkembangan ini.

Berdasarkan PM No. 39 Tahun 2019 dalam perencanaan pengembangan bandar udara dilakukan dengan merencanakan penambahan Panjang *runway*, perencanaan *taxiway* dan *apron* serta perluasan terminal penumpang yang dimana dalam perhitungannya didasarkan pada pertimbangan bila terdapat adanya peningkatan jumlah penumpang, pergerakan pesawat serta penggunaan pesawat dengan ukuran yang lebih besar. Padahal untuk mengembangkan suatu bandar udara tidak hanya berdasarkan pada factor itu saja. Terdapat beberapa kendala dari sisi kemampuan penerbangan bandara yaitu dari segi operasional yang membuat beberapa bandar udara dirasa tidak cukup layak untuk dikembangkan, seperti cuaca yang kurang bersahabat, Panjang landasan yang tidak dapat ditambah, banyaknya *obstacle*, dan lain-lain. Melalui studi kelayakan yang matang dengan melibatkan berbagai disiplin ilmu selain ilmu tentang penerbangan (*aviation*) dapat dijadikan pertimbangan dalam pengembangan maupun pembangunan bandara baru.

Penelitian ini menggunakan metode teori pengambilan keputusan sebagai solusi untuk menentukan faktor-faktor lain yang diperlukan dalam perencanaan pengembangan bandar udara tersebut. Pemilihan keputusan yang berdasarkan atas kriteria tertentu yang dimana proses ini meliputi dua atau lebih alternatif karena seandainya hanya ada satu alternatif tidak ada keputusan yang dapat diambil adalah pengertian dari pengambilan keputusan berdasarkan Kamus Besar Ilmu Pengetahuan. Penggunaan metode pengambilan keputusan pada perencanaan pengembangan bandar udara merupakan suatu metode yang baru dalam Teknik sipil hal inilah yang menjadikan penelitian ini menarik. Pada prosesnya terdapat banyak sekali model dalam pengambilan keputusan, beberapa yang di ambil dalam penelitian ini adalah pengambilan keputusan dengan model AHP (*Analytic Hierarchy Process*) dan pengambilan keputusan dengan model kombinasi AHP dan SAW (*Simple Additive Weighting*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemamparan uraian latar belakang yang ada, maka penulis menentukan perumusan masalah yang terjadi, diantaranya :

1. Bagaimana hasil perhitungan untuk keputusan dalam pengembangan bandar udara menurut PM No. 39 Tahun 2019 ?
2. Bagaimana hasil perhitungan untuk keputusan dalam pengembangan bandar udara menurut teori pengambilan keputusan kombinasi AHP dan Saw?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan pada penelitian kali ini adalah :

1. Menguraikan hasil perhitungan berdasarkan PM No. 39 Tahun 2019 untuk menentukan keputusan dalam pengembangan bandar udara.
2. Menguraikan hasil perhitungan berdasarkan Teori pengambilan keputusan kombinasi AHP dan Saw untuk menentukan keputusan dalam pengembangan bandar udara.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang dijadikan objek penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan 2 teori pengambilan keputusan yaitu teori pengambilan keputusan metode AHP dan SAW yang mana pada analisis perhitungan dikombinasikan menjadi satu. Selain itu, akan dilakukan juga perhitungan berdasarkan PM No. 39 Tahun 2019 yang kemudian akan menjadi pertimbangan lain dalam hasil penelitian ini.
2. Lokasi penelitian dilakukan hanya pada tiga bandar udara yang berada di Provinsi Kalimantan Utara yaitu Bandara Juwata Internasional Tarakan, Bandara Tanjung Selor, dan Bandara Nunukan.
3. Terdapat dua sisi dalam perencanaan yaitu perencanaan dari sisi udara dan darat.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Perhitungan berdasarkan PM No 39 tahun 2019

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan berdasarkan PM No 39 Tahun 2019, Langkah-langkah dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

2.1.1 Kebutuhan Pengembangan Sisi Darat

a. Peramalan Peningkatan Penumpang Pesawat

Peramalan peningkatan penumpang pesawat menggunakan analisa regresi linier, regresi polynomial, dan eksponensial. Dari ketiga tipe metode tersebut dicoba untuk meramalkan peningkatan jumlah penumpang, lalu setiap metode dievaluasi dengan menggunakan pendekatan untuk mengatur kesalahan peramalan dan dipilih yang memiliki tingkat kesalahan *Mean Square Error* (MSE) terkecil. Hal ini dilakukan untuk mencari metode yang paling tepat dan memiliki kesalahan terkecil untuk dijadikan acua peramalan. Kemudian dilakukan peramalan peningkatan jumlah penumpang dengan metode regresi yang telah dipilih.

b. Indikasi Awal Kebutuhan Terminal Penumpang

Perhitungan indikasi awal didasarkan pada kondisi penumpang jam puncak serta kondisi eksisting fasilitas terminal penumpang. Sebuah terminal penumpang sudah harus dikembangkan jika nilai IAP4 melebihi 0,75 atau 75 % maka fasilitas tersebut sudah harus dikembangkan.

2.1.2 Kebutuhan Pengembangan Sisi Udara

a. Peramalan Peningkatan Pergerakan Pesawat

Peramalan peningkatan pergerakan penumpang pesawat menggunakan analisa regresi linier, regresi polynomial, dan eksponensial. Dari ketiga tipe metode tersebut dicoba untuk meramalkan peningkatan jumlah penumpang, lalu setiap metode dievaluasi dengan menggunakan pendekatan untuk mengatur kesalahan peramalan dan dipilih yang memiliki tingkat kesalahan *Mean Square Error* (MSE) terkecil. Hal ini dilakukan untuk mencari metode yang paling tepat dan memiliki kesalahan terkecil untuk dijadikan acua peramalan. Kemudian dilakukan peramalan peningkatan jumlah penumpang dengan metode regresi yang telah dipilih.

b. Evaluasi Kapasitas Landas Pacu Eksisting

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan angka kapasitas landas pacu tahunan adalah sebagai berikut :

1. Mengelompokkan jenis pesawat sesuai dengan berat lepas landas maksimum atau MTOW yang dimiliki pesawat

2. Menghitung persentase jumlah tiap kelas pesawat dalam satu minggu
3. Menghitung *Mix Index*, dengan rumus

$$Mix\ Index = C + 3 D \quad (1)$$

4. Membandingkan ASV hasil perhitungan dengan jumlah pergerakan pesawat yang ada.

Jika angka tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan ASV hasil perhitungan maka landas pacu yang ada saat ini masih mampu melayani total pergerakan pesawat yang ada sehingga tidak perlu dilakukan pengembangan.

2.2. Analisis Pehitungan Metode AHP-SAW

Penelitian ini menggunakan 2 tahap metode analisis data yang pertama adalah metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) dipakai untuk menganalisis perhitungan pada kuisisioner Perbandingan berpasangan dan metode SAW (*Simple Additive Weighting*) dipakai untuk menganalisis perhitungan pada kuisisioner Skala Kecocokan Setiap Alternatif.

2.2.1. Metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Tahap pertama adalah mengidentifikasikan tujuan lalu membuat kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan. Langkah selanjutnya adalah membuat matriks perbandingan berpasangan. Setelah diperoleh matriks perbandingan berpasangan pada setiap kriteria, selanjutnya dilakukan standarisasi/normalisasi matriks, yang didapatkan dengan membagi nilai masukan untuk seriap kriteria (C1,C2,C3,C4) dibagi dengan total penjumlahan seluruh kolom kriteria masing-masing, bobot prioritas diperoleh dari penjumlahan kriteria pada baris kriteria yang dibagi dengan jumlah kriteria. Sebagai hasilnya, didapatkan kriteria yang paling penting sampai dengan kriteria yang kurang penting. Untuk menghitung CI dan CR, terlebih dahulu mencari nilai λ_{max} , yang didapat dengan cara penjumlahan dari perkalian antara total kriteria dengan bobot prioritas yang ada.

1. Untuk menghitung CI dan CR diketahui :
Menentukan Nilai CR (*Consistency Ratio*) :

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Dengan :

CR = *Consistency Ratio*
RI = *Random Index*
Nilai CR $\leq 0,1$ (Diterima)

Lalu dihitung lah terlebih dahulu nilai *Consistency Index (CI)* sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Dengan :

CI = *Consistency Index*
 λ_{max} = Nilai eigen terbesar dari matrix berordo n

Random Index (RI) diperoleh dari table berikut :

Tabel 1 Random Index (RI)

N	RI	N	RI
1	0,00	6	1,24
2	0,00	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,9	9	1,46
5	1,12	10	1,49

Sumber : Saaty, 1980

Catatan :

N = matriks order

R.I = Indeks Inkonsistensi Random n = 10

Kemudian dihitung nilai CR untuk menentukan apakah data dianggap konsisten atau sebaliknya. Nilai RI didapatkan melalui table RI yang ada pada pembahasan sebelumnya.

2.2.2. Metode SAW (Simple Additive Weighting)

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan SAW untuk menentukan fasilitas dari sisi darat maupun sisi udara yang paling tinggi prioritasnya untuk dikembangkan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membuat Tabel Matriks Keputusan : Tabel matriks keputusan dibuat dengan nilai linguistik variabel
2. Membuat Matriks Normalisasi Keputusan : Nilai linguistik variabel dari setiap kriteria kemudian digantikan dengan nilai kecocokan untuk setiap alternatif
3. Membuat Matriks Normalisasi Keputusan Berbobot : matriks normalisasi keputusan berbobot tercantum dalam tabel karena setiap kriteria merupakan keuntungan, maka nilai bobot setiap kriteria diperoleh dari perhitungan rumus berikut :

Jika j adalah keuntungan (*benefit*) :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (4)$$

Dan jika j adalah kerugian (*cost*) :

$$r_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (5)$$

4. Perhitungan Nilai Akhir Untuk Setiap Alternatif : untuk nilai akhir dari setiap alternatif didapatkan dengan menggunakan rumus di bawah ini

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij} \quad (6)$$

Dimana V_i adalah nilai akhir dari alternatif, w_i adalah bobot yang telah ditentukan, dan r_{ij} adalah matriks yang dinormalisasi. Karena setiap kriteria mencari keuntungan, maka pembagi dari setiap kriteria mengambil nilai maksimum yaitu 5. Kemudian hasil penjumlahan terendah dari nilai akhir pada alternatif-alternatif dalam matriks normalisasi berbobot akan digunakan sebagai kriteria alternatif yang akan dikembangkan.

5. Pemilihan Alternatif Prioritas Terbaik : Dari perhitungan skor pada matriks normalisasi terbobot dari segi keuntungan dan kerugian menunjukkan jika bobot tertinggi pada matriks normalisasi terbobot keuntungan berarti fasilitas tersebut tidak perlu dilakukan perkembangan. Sedangkan, bobot tertinggi pada matriks normalisasi terbobot kerugian menunjukkan jika fasilitas tersebut perlu untuk dikembangkan. Hasil daripada penelitian ini kemudian di rekapitulasi atau dirangkum sesuai dengan lokasi Bandar Udara masing-masing.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil

Narasumber atau responden dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga pihak yaitu, pihak dari Bandar Udara Internasional Juwata Tarakan, pihak dari Bandar Udara Nunukan dan pihak dari Bandar Udara Tanjung Selor. Total responden adalah 14 narasumber.

3.2. Fasilitas Bandara Sisi Darat dan Sisi Udara

Untuk data fasilitas bandara sisi darat maupun sisi udara diperoleh dari PM No 39 Tahun 2019, berikut daftar fasilitas tersebut :

Tabel 2 Fasilitas Sisi Darat Bandara

No	Nama Fasilitas	Alternatif
1	Bangunan Terminal Penumpang	A1
2	Jalan Masuk / Access Road	A2
3	Tempat Parkir Kendaraan	A3
4	Marka dan Rambu Sisi Darat	A4

Sumber : PM No 39 Tahun 2019

Tabel 3 Fasilitas Sisi Udara Bandara

No	Nama Fasilitas	Alternatif
1	Landas Pacu/Runway	A5
2	Runway Strip, Runway End Safety Area, Stopway, Clearway	A6
3	Landas Hubung/Taxiway	A7
4	Landas Parkir/Apron	A8
5	Marka dan Rambu Lalu Lintas	A9
6	Approach Light	A10
Peralatan Bantu Pendaratan Visual		
7	PAPI/A-PAPI	A11
8	Sequence Flashing Light	A12
9	Runway Threshold Identification Light/RTIL	A13
10	Runway Lead In Light	A14
11	Runway Edge Light	A15
12	Runway End Light	A16
13	Threshold Light	A17
14	Turning Area Light	A18
15	Taxiway Edge Light	A19
16	Taxiway Apron Light	A20
17	Runway Centerline Light	A21
18	Taxiway Centerline Light	A22
19	Stop Bar Light	A23
20	Stop Way Light	A24
21	Runway Guard Light	A25
22	Runway Touchdown Zone Light	A26
23	Rapid Exit Taxiway Light	A27
24	Taxi Guidance Sign	A28
25	Wind Direction Indicator	A29
26	Aeodrome Beacon	A30
27	Aircraft Docking Guidance System/ADGS	A31
28	Sirine	A32
29	Control System	A33
30	Helicopter Approach Path Indicator/HAPI	A34
31	Helicopter Beacon	A35
32	Touchdown and lif-off Area Lighting System/TLOF	A36
33	Constant Current Regulator/CCR	A37
Peralatan Kelistrikan Bandar Udara		
1. Peralatan Sistem Catu Daya		
34	Generator Set	A38
35	Uninterruptible Power Supply/UPS	A39

Lanjutan **Tabel 3** Fasilitas Sisi Udara Bandara

No	Nama Fasilitas	Alternatif
36	Renewable Energy Plant	A40
2. Peralatan Jaringan Distribusi Kelistrikan		
37	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah	A41
38	Jaringan Distribusi Tegangan Rendah	A42
3. Peralatan Elektrikal		
39	Peralatan Sistem Pengamanan Kelistrikan Bandar Udara	A43
40	Sistem Penangkal Petir	A44
4. Peralatan Pencahayaan Bandar Udara		
41	Sistem Penerangan Dalam Gedung	A45
42	Sistem Penerangan Luar Gedung	A46
Peralatan Mekanikal Bandar Udara		
43	Air Conditioning System	A13
44	Conveyor	A14
45	Weight Scale	A15
46	Elevator	A16
47	Escalator	A17
48	Travelator	A18
49	Garbarata/Aviobridge	A19
1. Pencegahan Kebakaran		
50	Pompa Fire Fighting System	A20
51	Sistem Hidran/Hydran Pilar dan Hydran Box	A21
52	Sistem Sprinkler	A22
53	Alat Pemadam Kebakaran Api Ringan/APAR	A23
Peralatan Pemeliharaan Bandar Udara		
54	Wheel Tractor & Rotary Mower	A58
55	Ridding Mower	A59
56	Pick Up	A60
57	Water Tank Car	A61
58	Runway Sweeper	A62
59	Rubber Deposit Removal	A63
60	Dump Truck	A64
61	Mini Vibrating Roller	A65
62	Tandem Roller	A66
63	Hand Stamper	A67
64	Jack Hammer	A68
65	Mini Excavator Back Hoe	A69
66	Workshop Equipment	A70
67	Maintenance Crane	A71
68	Mobile Crane	A72
69	Scissor Lift	A73
70	Maintenance Gondola	A74
71	Ambulance	A75
Peralatan Sistem Informasi dan Informatika Bandar Udara		
72	Flight Information Display System/FIDS	A76
73	Public Address System/PAS	A77

Lanjutan **Tabel 3** Fasilitas Sisi Udara Bandara

No	Nama Fasilitas	Alternatif
74	Private Automatic Branch Exchange/PABX	A78
75	Building Automatic System/BAS	A79
76	Fire Alarm System	A80
77	Master Clock	A81
78	Check-In System	A82
Peralatan Pelayanan Darat Pesawat (GSE) dan Kendraan Operasional yang Beroperasi di Sisi Udara		
1. Motorized		
79	Towbarless Tractor/TBT	A83
80	Aircraft Towing Tractor/ATT	A84
81	Baggage Towing Tractor/BTT	A85
82	Conveyor Belt Loader/CBL	A86
83	Lower, Upper & Main Deck Loader/DL	A87
84	Passenger Boarding Stairs/PBS	A88
85	Lavatory Service Unit/LSU	A89
86	Water Service Unit/WSU	A90
87	Air Conditioning Unit/ACU	A91
88	Ground Power Unit/APU	A92
89	Apron Passenger Bus/APB	A93
90	Air Starting Unit/ASU	A94
91	Incapacitated Passenger Loading Vehicle/IPL	A95
92	High Lift Catering Truck/HCT	A96
93	Cargo Transporter Loader/CTL	A97
94	Aircraft Cleaning Equipment	A98
95	Pallet Conveyor Handling System	A99
96	Refueling De-refueling Truck/RDT	A100
97	Fuel Hydrant Dispenser Truck/HDT	A101
98	Ground Power Unit/GPU	A102
99	Forklit for Loading Aircraft Lower Deck/FLT	A103
100	Heli Dollies/HDL	A104
101	Kendaraan yang Beroperasi di Sisi Udara	A105
102	Ground Support System	A106
2. Non Motorized		
103	Baggage Cart/BC	A107
104	Container Dollies/CDL	A108
105	Pallet Dollies/PDL	A109
106	Towed Passenger Stairs/TPS	A110
107	Aircraft Towing Bar/ATB	A111
108	Aircraft Tail Jack/ATJ	A112

Lanjutan **Tabel 3** Fasilitas Sisi Udara Bandara

No	Nama Fasilitas	Alternatif
109	Aircraft Wheel Cok	A113
110	Passenger Wheel Chair	A114
Utilitas Bandar Udara		
111	Air Bersih/Water Supply System	A115
112	Plumbing and Piping System	A116
113	Sewage Treatment Plant	A117
114	Water Treatment Plant	A118
115	Incenerator	A119
116	Peralatan Depot Pengisian Pesawat Udara	A120
117	Peralatan Non Mekanikal dan Elektrikal	A121

Sumber : PM No 39 Tahun 2019

3.3. Perhitungan Berdasarkan PM No 39 tahun 2019

1. Kebutuhan Pengembangan Sisi Darat

a. Peramalan Peningkatan Penumpang Pesawat

Jumlah peningkatan pesawat ini digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas terminal penumpang. Dari ketiga bentuk fungsi peramalan peningkatan penumpang didapatkan fungsi dalam table di bawah ini :

Tabel 4 Hasil Perhitungan Regresi dan MSE Penumpang Pesawat

No	Type	Persamaan regresi	R ²	MSE
1	Linear	62772x + 565411	0,8811	31899871499
2	Polinomial	-7925,7x ² + 149954x + 391046	0,971	10340233470
3	Eksponensial	584506e ^{0,0758x}	0,8255	7565984447398

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa jenis regresi polinomial memiliki nilai MSE paling kecil diantara metode regresi lainnya. Kemudian dilakukan peramalan peningkatan jumlah penumpang dengan metode regresi polinomial sehingga menghasilkan sebagai berikut :

Tabel 5 Hasil Peramalan Total Pergerakan Penumpang Sampai Tahun Rencana

No	Tahun Ke-	Datang	Berangkat	Total
1	2019	536751	544791	1081542
2	2020	522715	526492	1049208
3	2021	501204	499818	1001022
4	2022	472217	464768	936984
5	2023	435754	421343	857096

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

b. Indikasi Awal Kebutuhan Terminal Penumpang

Perhitungan indikasi awal didasarkan pada kondisi penumpang jam puncak serta kondisi eksisting fasilitas terminal penumpang. Sebuah terminal penumpang sudah harus dikembangkan jika nilai IAP4 melebihi 0,75 atau 75% maka fasilitas tersebut sudah harus dikembangkan. Adapun evaluasi terhadap terminal penumpang eksisting disajikan pada tabel berikut :

Tabel 6 Evaluasi Terminal Penumpang Eksisting

Tahun	2019	2020	2021	2025	2027
Jumlah Penumpang Datang	536751	522715	501204	472217	435754
Jumlah Penumpang Berangkat	544791	526492	499818	464768	421343
Total Penumpang Domestik	1081542	1049208	1001022	9369984	857096
Faktor Penggali	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045
Penumpang Jam Puncak	4867	4721	4505	4216	3857
Kebutuhan Terminal Domestik (M ²)	82738	80264	76578	71679	65568
Luas Terminal Saat ini (M ²)	2532	2532	2532	2532	2532
Pemanfaatan Terminal Domestik (Maks 75 %)	3268	3170	3024	2831	2590

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat secara jelas bahwa IAP4 > 75 % maka dapat disimpulkan bahwa terminal penumpang harus dikembangkan.

2. Kebutuhan Pengembangan Sisi Udara

a. Peramalan Peningkatan Pergerakan Pesawat

Jumlah peningkatan pergerakan pesawat digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas landas pacu (runway). Dari ketiga bentuk fungsi peramalan peningkatan pergerakan pesawat didapatkan fungsi regresi linear memiliki nilai MSE paling kecil diantara metode regresi lainnya. Kemudian dilakukan peramalan peningkatan pergerakan pesawat dengan metode regresi linear sehingga menghasilkan sebagai berikut :

Tabel 7 Hasil Peramalan Total Pergerakan Pesawat Sampai Tahun Rencana

No	Tahun Ke-	Datang	Berangkat	Total
1	2018	15550	15550	31100
2	2023	24695	24695	49390
3	2028	33540	33540	67080
4	2030	37138	37138	74276
5	2035	46133	46133	92266

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

b. Evaluasi Kapasitas Landas Pacu Eksisting

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan angka kapasitas landas pacu tahunan adalah sebagai berikut :

- 1) Mengelompokan jenis pesawat sesuai dengan berat lepas landas maksimum atau MTOW yang dimiliki pesawat
- 2) Menghitung persentase jumlah tiap kelas pesawat dalam satu minggu.

Tabel 8 Persentase Jumlah Tiap Kelas Pesawat

Kelas Pesawat	MTOW (Kg)	%
A	<6750	0
B		
C	6750-150000	100
D	150000	0

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

- 3) Menghitung Mix Index, dengan rumus :

$$= C + 3 D$$

$$= 100 + 3 (0)$$

$$= 100$$

Dengan nilai Mix Index = 100 maka diperoleh nilai volume pelayanan tahunan (ASV) 210.000 pergerakan.

- 4) Membandingkan ASV hasil perhitungan dengan jumlah pergerakan pesawat yang ada.

Tabel 9 Pergerakan Pesawat

Tahun	Datang	Berangkat	Total	ASV	Kapasitas
2018	15550	15550	31100	210000	0,148095
2023	24695	24695	49390	210000	0,235189
2028	33540	33540	67080	210000	0,319428
2030	37138	37138	74276	210000	0,353694
2035	46133	46133	92266	210000	0,439361

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa pada tahun 2035 jumlah pergerakan pesawat yang ada diperkirakan sebesar 92266. Angka tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan ASV hasil perhitungan. Jadi, landas pacu yang ada saat ini masih mampu melayani total pergerakan pesawat yang ada. Dari perhitungan ketiga bandara dihasilkan keputusan yang sama.

3.4. Analisis Perhitungan Metode AHP-SAW

Perhitungan ini menggunakan 2 tahap metode analisis data yang pertama adalah metode AHP untuk menganalisis perhitungan pada kuisioner Perbandingan berpasangan dan metode SAW untuk menganalisis perhitungan pada kuisioner Skala Kecocokan Setiap Alternatif.

3.4.1. Metode AHP (Analytic Hierarchy Process)

Tahap pertama adalah membuat matriks perbandingan berpasangan dengan cara pemberian skala pengukuran kepentingan untuk mendapatkan matriks perbandingan berpasangan berikut adalah perhitungan salah satu hasil kuisioner yang digunakan pada Bandar Udara Juwata Tarakan :

Tabel 10 Matriks Perbandingan Berpasangan Dari Setiap Kriteria

KRITERIA	C1	C2	C3	C4
C1	1	1	0,1111	0,3333
C2	1	1	0,1111	0,2
C3	9	9	1	1
C4	3	5	1	1
TOTAL	14	16	2,222	2,5333

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Setelah diperoleh matriks perbandingan berpasangan pada setiap kriteria, selanjutnya dilakukan standarisasi / normalisasi matriks, yang didapatkan dengan membagi nilai masukan untuk setiap kriteria dibagi dengan total penjumlahan seluruh kolom kriteria masing-masing, Bobot prioritas diperoleh dari penjumlahan kriteria pada baris kriteria dibagi dengan jumlah kriteria $n = 4$. Sebagai hasilnya, didapatkan kriteria yang paling penting sampai dengan kriteria yang kurang penting,

Tabel 11 Matriks Perbandingan Standarisasi Berpasangan Dari Setiap Kriteria

	C1	C2	C3	C4	TOTAL	BOBOT PRIORITAS
C1	0,071	0,063	0,05	0,132	0,316	0,079
C2	0,071	0,063	0,05	0,079	0,263	0,066
C3	0,643	0,563	0,45	0,395	2,050	0,513
C4	0,214	0,313	0,45	0,395	1,372	0,343

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Untuk menghitung CI dan CR, terlebih dahulu mencari nilai λ_{max} yang didapat dengan cara penjumlahan dari perkalian antara total criteria dengan bobot prioritas yang ada pada sehingga diperoleh hasil 4,163.

Untuk Menghitung CI dan CR diketahui :

Jumlah Kriteria (n) = 4

$\lambda_{max} = 4,163$

Lalu dihitung lah nilai CI sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,163 - 4}{4 - 1} = 0,054$$

Kemudian dihitung nilai CR untuk menentukan apakah data dianggap konsisten atau sebaliknya. Nilai RI didapatkan melalui tabel RI yang ada pada pembahasan sebelumnya.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,054}{0,9} = 0,061$$

Karena nilai CR yaitu 0,061 yang mana lebih kecil daripada 0,10 (10%) maka matriks pada tabel dianggap sudah konsisten. Lalu dibuatlah tabel untuk ranking tingkat kepentingan dari setiap kriteria yang ada.

Tabel 12 Ranking Tingkat Kepentingan Dari Setiap Kriteria

NO	KRITERIA	BOBOT PRIORITAS	PERSENTASE
1	C1 = Ketersediaan Fasilitas	0,0789	7,89 %
2	C2 = Kondisi dari Fasilitas	0,0657	6,57 %
3	C3 = Pengaruh terhadap jam operasional	0,5125	51,25 %
4	C4 = Biaya pengembangan	0,3429	34,29 %

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kriteria yang dianggap prioritas atau paling penting pada Bandar Udara Juwata Internasional adalah kriteria pengaruh terhadap jam operasional sedangkan yang kecil pengaruhnya adalah kriteria kondisi dari fasilitas. Lalu dilakukan langkah perhitungan yang sama untuk bandar udara lainnya didapatkan hasil untuk kriteria yang dianggap prioritas atau paling penting pada Bandar Udara Nunukan adalah biaya pengembangan sedangkan yang kecil pengaruhnya adalah ketersediaan fasilitas. lalu, Kriteria yang dianggap prioritas atau paling penting pada Bandar Udara Tanjung Harapan adalah biaya pengembangan sedangkan yang kecil pengaruhnya adalah ketersediaan fasilitas.

3.4.2. Metode SAW (Simple Additive Weighting)

Perhitungan SAW untuk menentukan fasilitas dari sisi darat maupun sisi udara yang paling tinggi prioritasnya untuk dikembangkan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

- 1) Membuat Tabel Matriks Keputusan : Tabel matriks keputusan dibuat dengan nilai linguistik variabel seperti pada tabel berikut :

Tabel 13 Matriks Keputusan Fasilitas Sisi Darat

No	Alternatif	C1	C2	C3	C4
1	Bangunan Terminal Penumpang (A1)	Cukup	Baik	Baik	Cukup
2	Jalan Masuk/access road (A2)	Baik	Baik	Baik	Baik
3	Tempat Parkir Kendaraan	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik

No	Alternatif	C1	C2	C3	C4
	(A3)				
4	Marka dan rambu sisi darat (A4)	Baik	Baik	Baik	Baik

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

- 2) Membuat Matriks Normalisasi Keputusan : Nilai linguistik variabel dari setiap kriteria kemudian digantikan dengan nilai kecocokan untuk setiap alternatif

Tabel 14 Matriks Normalisasi Keputusan Bandara Juwata Tarakan

Alternatif/Kriteria	C1	C2	C3	C4
A1	3	4	4	4
A2	4	4	4	4
...				
A120	4	4	4	4
A121	4	4	4	4
Pembagi	5	5	5	5

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

- 3) Membuat matriks normalisasi keputusan berbobot, 4) perhitungan nilai akhir untuk setiap alternatif. Berikut tabel matriks normalisasi keputusan terbobot keuntungan dan kerugian :

Tabel 15 Matriks Normalisasi Keputusan Terbobot (Keuntungan)

Biaya (B)/Keuntungan(K)	K	K	K	K	TOTAL
Kepentingan	0,0789	0,0657	0,5125	0,3429	
Alternatif/Kriteria	C1	C2	C3	C4	
A1	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7156
A2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8000
...					
A121	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2000
Pembagi	5	5	5	5	

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

Berikut Matriks Normalisasi keputusan terbobot kerugian pada pengembangan fasilitas bandar udara Juwata Tarakan dapat dilihat pada Tabel 16 di bawah ini:

Tabel 16 Matriks Normalisasi Keputusan Terbobot (Kerugian)

Biaya (B)/Kerugian(K)	K	K	K	K	TOTAL
Kepentingan	0,0789	0,0657	0,5125	0,3429	
Alternatif/Kriteria	C1	C2	C3	C4	
A1	0,3333	0,25	0,25	0,3333	0,2851
A2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2500
...					
A120	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2500
A121	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2500
Pembagi	1	1	1	1	

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021

- 5) Pemilihan Alternatif prioritas terbaik: Dari perhitungan untuk bandar udara Juwata Tarakan fasilitas sisi darat yang tidak perlu dilakukan perkembangan adalah tempat parkir kendaraan dengan nilai 0,9314 lalu untuk fasilitas udara adalah PAPI/A-PAPI dengan nilai 1. Sedangkan, fasilitas yang perlu dikembangkan yaitu pada fasilitas darat adalah Bangunan terminal penumpang dengan nilai 0,2851 lalu untuk fasilitas udara yang paling banyak dibagikan peralatan bantu pendaratan visual dengan nilai 1. Lalu dilakukan langkah perhitungan yang sama untuk

bandara lain dan didapatkan hasil yaitu bahwa untuk bandara Nunukan A3 yang merupakan fasilitas tempat parkir kendaraan merupakan fasilitas sisi darat yang perlu dikembangkan dengan nilai bobot 0,2749. Sedangkan untuk fasilitas Incapacitated Passenger Loading Vehicle/IPL merupakan fasilitas sisi udara yang perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 0,9031. Lalu, untuk bandara Tanjung Selor berdasarkan nilai rerata pada tabel matriks normalisasi keputusan keuntungan yaitu 0,7048 dimana nilai ini mendekati angka 1 yang mana merupakan bobot terbesar pada normalisasi keuntungan maka fasilitas sisi darat belum ada yang perlu untuk dikembangkan. Sedangkan jika hasil sebelumnya mendekati angka 0,2 yang merupakan bobot terendah maka fasilitas tersebut perlu untuk dikembangkan, lalu untuk fasilitas sisi udara bahwa fasilitas kendaraan yang beroperasi di sisi udara merupakan fasilitas sisi udara yang tidak perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 1 sedangkan fasilitas peralatan pelayanan darat pesawat (GSE) dan kendaraan operasional yang beroperasi di sisi udara merupakan fasilitas sisi udara yang paling banyak perlu dikembangkan dengan nilai bobot 1.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) hasil perhitungan pengembangan bandar udara berdasarkan PM No 39 Tahun 2019 menunjukkan bahwa untuk ketiga bandara masing-masing Fasilitas terminal penumpangnya harus dikembangkan dikarenakan nilai IAP4 > 75 %, sedangkan fasilitas sisi udara yaitu Fasilitas landas pacu/runway masih mampu melayani total pergerakan yang ada sehingga tidak perlu dilakukan pengembangan.
- 2) Hasil perhitungan pengembangan bandar udara berdasarkan teori pengambilan keputusan AHP-SAW menunjukkan bahwa :
 - a. Bandar Udara Juwata Tarakan fasilitas bangunan terminal penumpang adalah fasilitas yang perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 0,2851 untuk sisi darat sedangkan fasilitas bantu peralatan visual adalah fasilitas yang perlu dikembangkan dengan nilai bobot 1 untuk sisi udara.
 - b. Bandar Udara Nunukan fasilitas tempat parkir kendaraan merupakan fasilitas sisi darat yang perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 0,2749 dari sisi darat sedangkan fasilitas Incapacitated Passenger Loading Vehicle/IPL merupakan fasilitas sisi udara yang perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 0,9031 dari sisi udara.
 - c. Bandar Udara Tanjung Harapan untuk fasilitas sisi darat belum ada yang perlu untuk dikembangkan sedangkan fasilitas Peralatan Pelayanan Darat Pesawat (GSE) dan kendaraan operasional yang beroperasi di sisi udara merupakan fasilitas sisi udara yang paling banyak yang perlu untuk dikembangkan dengan nilai bobot 1.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak Bandar Udara Juwata Tarakan, pihak Bandar Udara Tanjung Harapan, dan pihak Bandar Udara Nunukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, M. D.(2016). *Transportasi Multimoda sebuah pemodelan kebutuhan transportasi multimoda*.
- Bongga, J. D. (2009). *Tugas Akhir Bandar Udara Internasional di Yogyakarta*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Frans, J. H., Sulistio, H., & Wicaksono, A. (2014). *Kajian Kapasitas, Pelayanan dan Strategi Pengembangan Bandar Udara El Tari Kupang*. 5(2), 44-53

-
- Haryanto, I. & Wiryanto (2015). *Studi Kasus Perencanaan Sistem Teknik Transportasi Udara di Indonesia*. Yogyakarta:Gadjah Mada University Press.
- Kafiar, R. P., Palenewen, S. C., & Jansen, F. (2019). *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Stevanus Rumbewas di Kota Serui Kabupaten Kepulauan Yapen*. 7(1), 15-26
- Maharani, D. (2017). *Pemilihan Strategi Kebijakan Transportasi di Bandar Lampung Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*. Lampung:Universitas Lampung.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2019 Tentang Tataatnan Kebandarudaraan Nasional*. Jakarta: Kemenhub.
- Oleng, A. P., Jansen, F., & Manoppo, M. (2017). *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Sultan Babulah Kota Ternate Provinsi Maluku Utara*. 5(6), 373-382.
- Rohandi, M., Tulili, M. Y., & Jassin, M. R. T. (2017). *Sistem Pendukung Keputusan Dalam Penentuan Prioritas Pengembangan Kawasan Bawah Laut*. 6(4), 423-429.
- Wirasurijaya, L. (2019) Perbedaan ICAO dan FAA. Diakses pada 5 juli 2020, dari <https://laluwirasurijaya.blogspot.com/2019/10/perbedaan-icao-dan-faa.html>
- Wiyono, A., Isfanovi, H., & Pratama, A. G. (2016). *Kajian Konsep Kebijakan Infrastruktur Strategis Untuk Pengendali Banjir Jakarta (Studi Kasus Giant Sea Wall dan Multi Purpose Deep Tunnel)*. 23(1), 51-62.
- Zevanya, E. L., Pandey, S. V., & Timboeleng, J. A. (2019). *Perencanaan Pengembangan Pada Bandar Udara Abdul Rachman Saleh Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur*. 7(7), 869-876.