

## PERENCANAAN PENGEMBANGAN BANDAR UDARA GAMARMALAMO DI KABUPATEN HALMAHERA UTARA PROVINSI MALUKU UTARA

Gabriella Trifianny Tompodung

Mecky Manoppo, Freddy Jansen

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [gabytompodung@gmail.com](mailto:gabytompodung@gmail.com)

### ABSTRAK

*Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara sedang membenahi dan meningkatkan sarana infrastruktur terutama di ibukota kabupaten yaitu Tobelo. Kabupaten Halmahera Utara memiliki kekayaan alam dan pusat pariwisata yang dapat memajukan perekonomian dan pembangunan dalam segala sektor di daerah tersebut. Bandar Udara Gamarmalamo terletak di kecamatan Galela dan tergolong sebagai bandara kelas III dengan jenis pesawat yang beroperasi ATR 72-500, sehingga perlu untuk ditingkatkan kemampuan pelayanannya agar dapat memenuhi permintaan masyarakat serta ikut menunjang perkembangan di daerah Kabupaten Halmahera Utara.*

*Perencanaan dan pengembangan suatu lapangan terbang harus memperkirakan arus lalu lintas dimasa yang akan datang. Untuk itu penelitian dilakukan dengan pengambilan data dari pihak terkait. Dengan menganalisa data lima tahun jumlah penumpang, pesawat dan bagasi menggunakan analisa regresi, dapat diramalkan arus lalu lintas dimasa yang akan datang sehingga pengembangan bandar udara dianggap perlu dilakukan atau tidak. Berdasarkan data primer yang diperoleh dari bandara seperti data klimatologi, data karakteristik pesawat, data tanah, keadaan topografi dan data eksisting bandara digunakan sebagai acuan untuk merencanakan pengembangan bandar udara. Untuk pengembangan bandar udara Gamarmalamo yang akan direncanakan adalah runway, taxiway, apron, terminal penumpang, gudang dan area parkir kendaraan.*

*Berdasarkan hasil analisa peramalan dari data lima tahun pesawat, penumpang dan bagasi dapat diketahui bahwa perlu dilakukan perencanaan pengembangan untuk Bandar Udara Gamarmalamo. Dan berdasarkan hasil perhitungan yang mengacu pada standar Internasional Civil Aviation organization (ICAO) dengan pesawat rencana Boeing 737-800 NG maka dibutuhkan panjang landasan 2.745 meter, lebar total landasan 60 meter dan jarak antara sumbu landasan pacu dan sumbu landasan hubung adalah 175 meter, lebar total taxiway 25 meter dengan tebal perkerasan lentur 81 Cm, luas apron  $136 \times 93 \text{ m} = 12.648 \text{ m}^2$ , tebal perkerasan rigid pada apron metode Federal Aviation Administration (FAA) = 34 Cm sedangkan dengan metode Portland Cemen Asosiation (PCA) = 31 Cm, luas terminal penumpang  $25.500 \text{ m}^2$ , luas gudang  $44 \text{ m}^2$  dan luas pelataran parkir  $4.320 \text{ m}^2$ .*

**Kata kunci:** *Kabupaten Halmahera Utara, Pengembangan Bandar Udara, Runway, Taxiway, Apron, Terminal Penumpang.*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kabupaten Halmahera Utara adalah Kabupaten di Provinsi Maluku Utara, yang terletak di bagian timur Indonesia. Ibu kota dari Kabupaten ini adalah Tobelo yang secara geografis terletak di antara  $1^{\circ}57'-2^{\circ}0'$  Lintang Utara dan  $128^{\circ}17'-128^{\circ}18'$  Bujur Timur dengan luas wilayah  $3.896,90 \text{ km}^2$  dengan populasi penduduk 187.104 jiwa (Badan Pusat Statistik Kabupaten Halmahera Utara 2017).

Kabupaten ini merupakan daerah kepulauan yang sangat kaya akan sumber daya alam dalam berbagai sektor yang dari tahun ke tahun semakin

meningkat sehingga dapat meningkatkan investasi dari segala aspek. Halmahera Utara juga memiliki begitu banyak sumber pusat pariwisata sehingga memiliki potensi yang sangat tinggi untuk berkembang lebih besar menjadi daerah yang lebih baik dan maju yang dapat menarik para wisatawan dari dalam dan luar negeri.

Pertumbuhan penduduk semakin meningkat dari tahun ke tahun, sejalan dengan itu, permintaan jasa transportasi udara semakin meningkat dari masyarakat. Agar dapat mempermudah dan mempercepat layanan transportasi di daerah tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan jasa transportasi udara khususnya di Bandar Udara Gamarmalamo yang

terletak di Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara, sehingga dapat meningkatkan potensi perkembangan Kabupaten ini menjadi daerah yang lebih baik.

**Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dikaji dari penelitian ini adalah bagaimana merencanakan perkembangan Bandar Udara Gamarmalamo di Halmahera Utara agar dapat didarati oleh pesawat yang lebih besar pada masa mendatang.

**Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini hanya terbatas pada perencanaan *runway*, *taxiway*, *exit taxiway*, *apron*, dan terminal area yang terdiri dari gedung terminal, gudang dan pelataran parkir dimana yang akan dihitung hanya luas yang dibutuhkan untuk masa yang akan datang sesuai dengan perencanaan pengembangannya. Analisa yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa teknis namun tidak termasuk perencanaan sistem drainase lapangan terbang dan struktur dari bangunan terminal.

**Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa data lima tahun terakhir jumlah pesawat, penumpang dan bagasi dengan menggunakan analisa regresi untuk mendapatkan hasil peramalan arus lalu lintas udara di tahun 2032 (*forecasting* 15 tahun).
2. Dapat memenuhi permintaan masyarakat akan kebutuhan jasa transportasi udara dengan merencanakan pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo untuk *runway*, *taxiway*, *apron* dan terminal area yang terdiri dari gedung terminal, gudang dan pelataran parkir dengan menggunakan pesawat rencana B 737-800 NG.

**Manfaat Penulisan**

Penelitian ini dapat menjadi masukan atau pertimbangan bagi pemerintah Kabupaten Halmahera Utara terutama pemerintah Kecamatan Galela sehingga kedepannya dapat bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat. Kiranya juga dapat memberikan informasi bagi para perencana dan kontraktor dalam hal pengembangan dan peningkatan Bandar Udara dimasa mendatang

**LANDASAN TEORI**

**Fungsi dan Peranan Lapangan Terbang**

Bandar Udara memiliki peranan dan fungsi yang penting dalam suatu sistem transportasi

karena dapat meningkatkan perkembangan dan kemajuan dari berbagai sektor di suatu daerah. Sistem lapangan terbang terbagi menjadi dua yaitu sisi udara (*air side*) dan sisi darat (*land side*). Adapun komponen-komponen dari kedua sistem lapangan terbang tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Runway (landas pacu)
- b. Taxiway (landas hubung)
- c. Apron (tempat parkir pesawat)
- d. Terminal Building (gedung terminal)
- e. Gudang
- f. Tower (Menara pengontrol )
- g. Fasilitas keselamatan (pemadam kebakaran)
- h. Utility (Fasilitas listrik, Telepon, Air, dan Bahan bakar).

**Klasifikasi Lapangan Terbang**

Dalam merencanakan suatu lapangan terbang ditetapkan standar-standar perencanaan oleh dua badan penerbangan internasional yaitu ICAO dan FAA yang merupakan badan penerbangan yang mengeluarkan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah lapangan terbang.

**Klasifikasi Menurut ICAO**

ICAO mengklasifikasikan suatu lapangan terbang dengan kode yang disebut *Aerodrome Reference Code* dengan mengkategorikan dalam dua elemen. Kode nomor 1 - 4 mengklasifikasikan panjang landas pacu minimum atau *Aerodrome Reference Field Length (ARFL)*. Sedangkan kode huruf A-F mengklasifikasikan lebar sayap pesawat (*wingspan*) dan jarak terluar pada roda pendaratan dengan ujung sayap.

Tabel 1 Klasifikasi lapangan terbang

Elemen 1		Elemen 2		
Kode Angka	ARFL	Kode Huruf	Wingspan	Jarak terluar roda pendaratan
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	800 m - < 1.200 m	B	15 m - < 24 m	4,5 m - < 6 m
3	1.200 m - < 1.800 m	C	24 m - < 36 m	6 m - < 9 m
4	≥ 1.800 m	D	36 m - < 52 m	9 m - < 14 m
		E	52 m - < 60 m	9m - < 14 m
		F	65 m - < 80 m	9 m - < 16 m

Sumber: ICAO, 2013.

**Klasifikasi Menurut FAA**

FAA mengklasifikasikan lapangan terbang dalam dua kategori yaitu :

- Pengangkutan udara (*air carrier*)
- Penerbangan umum (*General Aviation*)

**Konfigurasi Lapangan Terbang**

Konfigurasi lapangan terbang adalah jumlah dan arah (orientasi) dari landasan (*runway*) serta penempatan bangunan terminal termasuk

lapangan parkirnya yang berkaitan dengan landasan itu.

**Menentukan Panjang Runway**

Saat merencanakan runway, keadaan lingkungan lapangan terbang yang sangat berpengaruh adalah temperatur dan elevasi. Kebutuhan akan panjang runway untuk perencanaan bandar udara dari ICAO, ARFL (*Aero Reference Field Length*) adalah panjang landasan pacu minimum yang dibutuhkan pada kondisi standar yaitu:

- Elevasi muka laut = 0
- Kondisi standar atmosfer = 15°C = 59°F
- Tidak ada angin bertiup
- Kemiringan (slope) = 0%
- Maximum certificate take off weight

Dalam menentukan arah runway hal yang sangat penting diperhatikan adalah arah dan kecepatan angin.

Persyaratan ICAO, panjang landasan pacu yang diperlukan oleh pesawat rencana dalam muatan penuh harus dikoreksi terhadap elevasi, temperature dan slop pada daerah pengembangan setempat.

**Koreksi Terhadap Elevasi**

Menurut ICAO, ARFL bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300m (100ft) dihitung dari ketinggian muka laut. Maka koreksinya terhadap landasan adalah sebagai berikut:

$$L1 = L0 \times (1 + \frac{7}{100} \times \frac{H}{300}) \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- Lo = panjang landas pacu minimum pada kondisi standar (m)
- H = Elevasi (m)
- L1 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap elevasi (m)

**Koreksi terhadap Temperatur**

Menurut ICAO panjang landas pacu harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk kenaikan 1°C, sedangkan untuk setiap kenaikan 1.000 m dari muka laut rata-rata temperatur turun 6,5°C. Dengan dasar ini ICAO merekomendasikan hitungan koreksi temperatur sebagai berikut:

$$L2 = L1 \times [ 1 + 0,01 \times (T - 15) ] \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

- T = Temperatur
- H = Elevasi

L1 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap elevasi (m)

L2 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap temperatur (m)

**Koreksi Terhadap Slope**

Menurut ICAO bahwa setiap kenaikan slope 1% panjang landas pacu bertambah 10%. Sehingga dapat dihitung panjang landas pacu yang dibutuhkan oleh suatu pesawat rencana dengan menggunakan koreksi sebagai berikut:

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \text{slope}) \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

L3 = Panjang landasan yang dibutuhkan oleh pesawat rencana (m)

L2 = Panjang landasan setelah dikoreksi terhadap temperatur (m)

**Menentukan Lebar Landas Pacu**

Untuk menentukan lebar landas pacu dapat diambil sesuai persyaratan yang dikeluarkan ICAO.

Tabel 2. Lebar Perkerasan Landasan

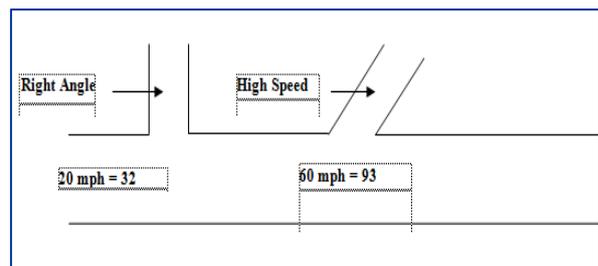
KODE ANGKA	Code Letter				
	A	B	C	D	E
1	18 m	18 m	18 m		
2	23 m	23 m	23 m		
3	30 m	30 m	30 m	45 m	
4			45 m	45 m	45 m

*Shouldes should be provided for a Runway where tha code letter is D or E, and tha runway width is less than 60 m. The Runway soulder should extend symmetrically on each side of the Runway so that the over all width of Runway and its shoulders is not less than 60 m.*

Sumber: ICAO, 2013

**Perencanaan Landas Hubung (Taxiway)**

Taxiway berfungsi sebagai jalan keluar masuk pesawat dari landas pacu ke bangunan terminal dan sebaliknya atau dari landas pacu ke hangar pemeliharaan.



Gambar 1. Exit taxiway  
Sumber: Basuki, 1984.

**Menentukan Lokasi Exit Taxiway**

Lokasi *exit taxiway* ditentukan berdasarkan jarak yang diperlukan pesawat sejak menentu *Threshold* sampai pesawat dengan kecepatan tertentu bisa memasuki taxiway.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi *exit taxiway* adalah sebagai berikut:

1. Jarak dari *Threshold* ke *touchdown*
2. Kecepatan waktu *touchdown*
3. Kecepatan awal sampai titik A
4. Jarak dari *touchdown* sampai titik A
5. Group desain pesawat

Untuk menentukan *exit taxiway* digunakan rumus sebagai berikut :

$$Distance\ to\ exit\ taxiway = Touchdown\ Distance + D.....(4)$$

dimana, Jarak *touchdown* = 300 m untuk pesawat group B, sedangkan untuk pesawat group C dan D adalah 450 m.

$$D = \frac{(S1)^2 - (S2)^2}{2a}.....(5)$$

dimana:

- S1 = *Touchdown speed* (m/s)
- S2 = *Initial Exit Speed* (m/s)
- a = *Perlambatan* (m/s<sup>2</sup>)

Hasil yang didapat pada perhitungan ini adalah berdasarkan kondisi pada standar sea level. Jarak yang didapat tersebut harus dikoreksi terhadap dua kondisi yaitu elevasi dan temperatur dengan rumus sebagai berikut: setiap kenaikan 300 m dari muka laut jarak harus ditambah 3%.

$$L1 = L0 (1 + 0,03 \times H/300).....(6)$$

Setiap kenaikan 6,5°C kondisi standar ( 15°C = 59°F ) jarak bertambah 1%

$$L2 = L1 ( 1 + 1\% \times (\frac{T_{ref} - T_0}{5,6}) ).....(7)$$

**Lebar Taxiway**

Lebar *taxiway* dan lebar *total taxiway* yang termasuk didalamnya bahu *taxiway* sesuai dengan syarat ICAO, ditunjukkan pada Tabel 3.

**Metode Perencanaan Perkerasan Landas Pacu**

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan material dengan kekuatan dan daya dukung yang berlainan.

Tabel 3 Lebar Taxiway

Code Letter	Taxiway Width
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m if the taxiway is intended to be used by aeroplane with a wheel base less than 18 m; 18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplane with a wheel base equal to or greater than 18 m;
D	18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplane with an outer main gear wheel span of less than 9 m; 23 m if the taxiway is intended to be used by aeroplane with an outer main gear wheel span equal to or greater than 9 m;
E	23 m
F	25 m

Sumber: ICAO, 2013

Perkerasan terdiri atas dua macam yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Structural*)
2. Perkerasan Kaku (*Rigid Structural*)

Dalam perencanaan digunakan grafik dari FAA, yang memerlukan data nilai CBR dari *subgrade* dan nilai CBR *sub base*, berat lepas landas dari pesawat rencana (MTOW) dan jumlah *annual departure* dari pesawat rencana serta pesawat-pesawat yang telah terkonversi.

Analisa *annual departure* dari pesawat rencana menggunakan konversi pesawat rencana:

$$\log R_1 = (\log R_2) \left( \frac{w_2}{w_1} \right).....(8)$$

dimana:

- R<sub>1</sub> = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana
- R<sub>2</sub> = *Annual departure* campuran yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat Rencana
- W<sub>1</sub> = Beban roda dari pesawat rencana
- W<sub>2</sub> = Beban roda dari pesawat yang ditanyakan

Untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan, digunakan grafik yang telah ditentukan FAA. Dari grafik yang akan dipakai, didapat total perkerasan (T) dan kebutuhan *surface coarse* untuk tebal *subbase coarse* didapat dari grafik yang sama. Sedangkan tebal *base coarse* didapat dengan mengurangkan tebal total dengan tebal *surface* dan *subbase*.

$$Tebal\ Base\ Coarse = T - (surface + subbase).....(9)$$

Untuk daerah non-kritis tebal *base* dan *subbase coarse* dipakai faktor pengali 0,9 dari tebal pada daerah kritis. Sedangkan *surface coarse* pada daerah non-kritis ditetapkan sesuai pada kurva. Pada daerah transisi lapisan *base coarse* direduksi sampai 0,7 dari tebal *base* pada daerah kritis, tapi *subbasenya* harus dipertebal sehingga permukaan satu dan lainnya seimbang.

**Apron**

Apron berfungsi sebagai tempat untuk menaikkan dan menurunkan penumpang dan barang, tempat pengisian bahan bakar, parkir pesawat dan juga tempat perawatan pesawat yang sifatnya ringan.

Faktor- faktor yang mempengaruhi ukuran apron:

- Jumlah *gate position*
- Ukuran *gate*
- Sistem dan tipe parkir pesawat
- *Wing tip clearance*
- *Clearance* antara pesawat yang diparkir dan yang sedang taxiing di apron
- Konfigurasi bangunan terminal
- Efek *jet blast* (semburan jet)
- Kebutuhan jalan untuk *gate position*.

Jumlah *gate position* yang diperlukan dipengaruhi oleh:

- Jumlah pesawat pada jam sibuk
- Jenis dan presentase pesawat terbang campuran
- Presentase pesawat yang tiba dan berangkat

Jumlah *gate position* dapat dipakai rumus sebagai berikut (Horonjeff, 1975):

$$G = \frac{V \times T}{U} \dots\dots\dots(10)$$

dimana:

- G = jumlah *gate position*
- V = volume rencana pesawat yang tiba dan berangkat
- U = faktor penggunaan (*utility factor*)

Untuk penggunaan secara mutual U = 0,6 – 0,8

Untuk penggunaan secara eksklusif = 0,5 - 0,6

*Gate occupancy time* untuk tiap pesawat berbeda. Untuk pesawat kecil tanpa pelayanan T = 10 menit, sedangkan untuk pesawat besar dengan pelayanan penuh T = 60 menit.

Untuk Through Flight (*little or no serving*) T = 20-30 menit, untuk turn around flight (*complete servicing*) T = 40-60 menit.

**Pengambilan harga T**

- Pesawat kelas A nilai T = 60 menit.
- B nilai T = 45 menit.
- C nilai T = 30 menit.
- D = E nilai T = 20 menit.

**Menghitung Ukuran Gate**

Untuk menghitung ukuran *gate* tergantung ukuran standart pesawat berdasarkan *wingspan*, *whell track*, *forward roll*, *wing tip clearance*.

Turning radius (r)

$$= \frac{1}{2} (\text{wingspan} + \text{whell track}) + \text{forward roll}$$

$$D = (2 \times r) + \text{wing tip clearance} \dots \dots(11)$$

**Menghitung Perkerasan Apron**

Dalam perencanaan menghitung perkerasan apron menggunakan dua metode yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan PCA (*Portland Cement Afiation*).

Langkah-langkah yang digunakan dalam perencanaan perkerasan ini adalah sebagai berikut:

1. Buatlah ramalan annual departure dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani oleh bandara itu. Bagi lapangan terbang yang telah beroperasi beberapa tahun ,ramalan di buat dengan memproyeksikan kecendrungan lalu lintas yang ada ke masa depan
2. Tentukan tipe roda pendaratan untuk setiap pesawat.
3. *Maximum take off weight* dari setiap pesawat.
4. Tentukan pesawat rencana dengan prosedur seperti di bawah ini:
  - Perkiraan harga k dari sub grade
  - Tentukan *Flexural strength* beton. Pengalaman menunjukkan bahwa beton dengan modulus keruntuhan 600-700 psi akan menghasilkan perkerasan yang paling ekonomis.
  - Gunakan data-data, *flexural strenght*, harga k, MTOW, dan ramalan *annual departure* untuk menentukan tebal slab yang dibutuhkan, yang dapat dengan memakai kurva rencana sesuai tipe pesawat yang diberikan oleh FAA.
  - Bandingkan ketebalan yang didapat untuk setiap pesawat dengan ramalan lalu lintas. Pesawat rencana adalah yang paling menghasilkan perkerasan yang paling tebal.
5. Konversikan semua model lalu lintas ke dalam pesawat rencana dengan *equivalent annual departure* dari pesawat-pesawat campuran tadi.

6. Tentukan *Wheel load* tiap tipe pesawat, 95% MTOW di topang oleh roda pendaratan bagi pesawat berbadan lebar MTOW di batasi sampai 300.000 lbs (136.100 kg) dengan dual tandem.
7. Gunakan rumus:

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } R_2) \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{1/2} \dots \dots (12)$$

8. Hitung total *equivalent annual departure*
9. Gunakan harga-harga: *Flexural strength*, harga K, MTOW pesawat rencana dengan *equivalent annual departure* total sebagai data untuk menghitung perkerasa kaku dengan menggunakan perkerasan rencana yang sesuai dengan tipe roda pesawat, ketebalan yang di dapat adalah ketebalan betonnya saja, di luar *sub base*. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis, sedang untuk daerah tidak kritis dapat di reduksi menjadi 0,9 T ( T = Tebal perkerasan).

Ketebalan yang didapat adalah ketebalan betonnya saja, diluar subbase. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis "T" dan untuk daerah non-kritis ketebalannya akan direduksi 10% menjadi 0,9 T.

**Perkerasan Beton dengan Joint (Sambungan)**

Joint dikategorikan berdasarkan fungsinya, yaitu joint yang berfungsi kembang disebut *expansion joint*, untuk susut disebut *contraction joint* serta untuk perhentian waktu cor disebut *construction joint*.

**Gedung Terminal**

Gedung terminal adalah tempat untuk memberikan pelayanan bagi penumpang maupun barang yang tiba dan berangkat. Oleh karena itu perlu disediakan ruang keberangkatan, ruang kedatangan, ruang tiket, dan lain-lain.

Tabel 4. Faktor pengali kebutuhan ruang gedung terminal

Fasilitas Ruangan	Kebutuhan ruangan 100 m <sup>2</sup> untuk setiap 100 penumpang pada jam sibuk
Tiket/check in	1,0
Pengambilan barang	1,0
Ruang tunggu penumpang	2,1
Ruang tunggu pengunjung	2,5
Bea cukai	3,0
Imigrasi	1,0
Restoran	2,0
Operasi airline	5,0
Total ruang domestic	25,0
Total ruang internasional	30,0

Sumber: Horonjeff , 1975.

**Perencanaan Gudang**

Fungsi utama dari gudang adalah tempat penumpang, barang dan paket-paket pos yang tiba maupun yang akan dikirim. Untuk perencanaan gudang standar yang dipakai adalah yang dikeluarkan oleh IATA yaitu 0,09m<sup>2</sup>/ton/tahun untuk pergerakan barang ekspor dan 0,1m<sup>2</sup>/ton/tahun untuk barang import.

Untuk menghitung luas dari gudang tersebut diambil angka 0,1m<sup>2</sup>/ton/tahun dikali dengan pos paket + barang.

**Perencanaan Area Parkir**

Untuk merencanakan luas parkir kendaraan, terlebih dahulu dihitung besarnya jumlah penumpang pada jam sibuk. Maka diperkirakan untuk 2 orang penumpang menggunakan 1 kendaraan. Sedangkan luas rata-rata parkir 1 kendaraan adalah (2,6 × 5,5) m

**Pemarkaan dan Perlampuan**

Bandara yang dilengkapi dengan fasilitas marka dan perlampuan berfungsi sebagai:

1. Informasi darat-udara yang diperlukan selama pendaratan.
2. Tanda-tanda visual yang berguna untuk lepas landas.
3. Tanda-tanda visual sebagai pedoman untuk *taxiing*.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Metode Penelitian**

Penelitian ini disusun dengan didukung oleh data atau informasi yang didapat berdasarkan:

- Study literatur : Membaca buku dan tulisan ilmiah yang berhubungan dengan penulisan ini.
- Data primer : Data yang diperoleh langsung dari hasil observasi penulis di lapangan.
- Data sekunder : Data yang diperoleh dari kantor instansi terkait yaitu BPS, BMKG dan Bandar Udara Gamarmalamo.

**Kriteria Perencanaan**

Perencanaan panjang landas pacu (*runway*), didasarkan pada data pesawat rencana dan dikoreksi terhadap faktor elevasi, slope dan temperatur. Peraturan dan persyaratan yang digunakan mengacu pada ICAO (*Internasional Civil Aviation Organization*).

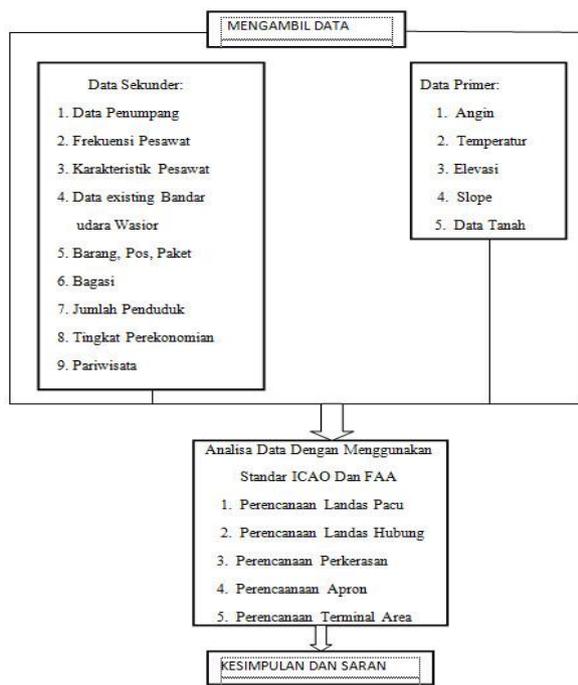
Perencanaan arah landas pacu didasarkan pada data angin. Dengan menggunakan *Wind Rosediagram* dapat diketahui arah mana yang

minimal 95% dari waktu yang ada, agar angin bertiup searah dengan arah tersebut.

Perencanaan *Taxiway*, didasarkan pada data pesawat rencana dan berpedoman pada syarat yang dikeluarkan oleh ICAO.

Perencanaan perkerasan (*flexibel pavement*), didasarkan pada data pesawat rencana dan data tanah., dan mengacu pada metode yang dikembangkan oleh FAA (*Federal Aviation Administration*).

**Bagan Alir Perencanaan**



Gambar 2. Bagan Alir

**Analisa Data**

Dari data yang diperoleh, kita dapat memperkirakan dikemudian hari bagaimana ramalan dan permintaan (*forecast and demand*) yang akan terjadi. Data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan metode statistik yang populer seperti analisa regresi. Dimana dengan menggunakan analisa regresi kita dapat meramalkan perkembangan arus lalulintas udara untuk masa yang akan datang. Pada dasarnya ramalan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. Ramalan jangka pendek sekitar 5 tahun
- b. Ramalan jangka menengah sekitar 10 tahun
- c. Ramalan jangka panjang sekitar 20 tahun

Dalam meramalkan atau memperkirakan arus lalu lintas udara dimasa datang kita dapat menggunakan perhitungan/analisa statistik yaitu *Analisa Trend (trend method)*. Analisa trend

adalah analisa yang meramalkan kecendrungan yang terjadi dari data-data yang ada saat ini. Dengan mengetahui kecendrungan data yang akan datang berdasarkan garis trend atau garis regresi.

Analisa trend yang akan digunakan pada perencanaan pengembangan ini adalah:

- a. Trend Linear
- b. Trend Eksponensial
- c. Trend Logaritma

**PEMBAHASAN**

**Kondisi Existing Bandar Udara Gamarmalamo**

**Data Umum**

Nama Kota : Galela  
 Nama Bandara : Gamarmalamo  
 Kelas Bandara : III (Tiga)  
 Pengelola : Ditjen Perhubungan Udara-Kementerian Perhubungan  
 Jam Operasional : 08.00–17.00 UTC, MON-SUN (06.00 - 16.00 WITA)  
 Kemampuan Operasi : ATR 72-500/600  
 Kordinat Lokasi : 01° 50' 12,482" LS 127° 47' 13,175" LT  
 Elevasi : 49 m DPL

**Sisi Udara**

Runway Area ( Daerah Landasan Pacu):  
 Panjang Runway : 1400 m  
 Lebar Runway : 30 m  
 Arah Landasan : 04 – 22  
**Taxiway:** 74 x 15  
**Apron:** 60m x 40m

**Analisa Arus Lalu Lintas Udara Tahunan**

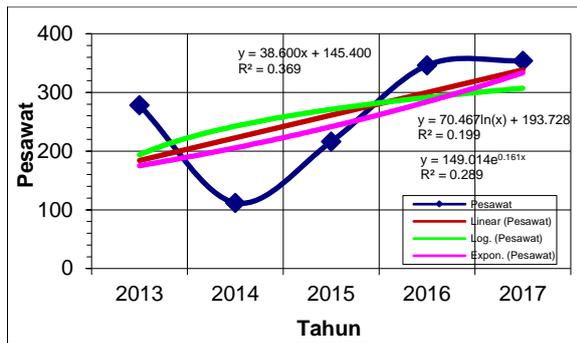
**Analisa Pesawat**

Data pergerakan pesawat yang tiba dan berangkat di Bandar Udara Gamarmalamo adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Data Pesawat Tahun 2013-2017

Tahun	Jumlah Pesawat		
	Tiba	Berangkat	Total
2013	139	139	278
2014	56	56	112
2015	108	108	216
2016	173	173	346
2017	177	177	354

Sumber : Kantor Bandar Udara Gamarmalamo



Gambar 3. Diagram Pergerakan Pesawat

Dari hasil analisa perhitungan regresi pesawat menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi linier* dengan  $r = 0,607$ , jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi linier.

Tabel 6. Ramalan Jumlah Pesawat

Tahun	X	Regresi Exponensial
2022	10	531,4
2027	15	724,4
2032	20	917,4

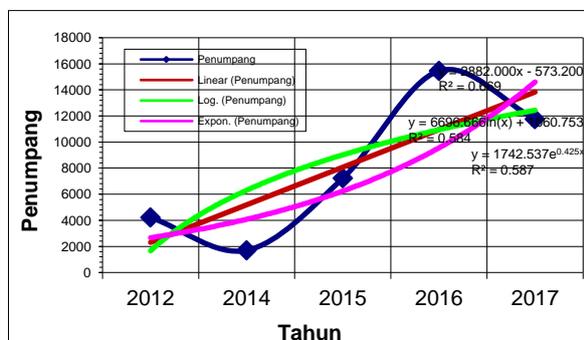
### Analisa Penumpang

Data-data penumpang yang datang dan berangkat di Bandar Udara Gamarmalamo adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Data Penumpang Tahun 2013-2017

Tahun	Jumlah Penumpang		
	Datang	Berangkat	Total
2013	1.953	2.268	4.221
2014	885	852	1.707
2015	3.865	3.360	7.225
2016	8.575	6.878	15.453
2017	6.875	4.883	11.758

Sumber: Kantor Bandar Udara Gamarmalamo



Gambar 4. Diagram Pergerakan Penumpang

Dari hasil analisa perhitungan regresi penumpang menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi linier*

dengan  $r = 0,818$ , jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi linier.

Tabel 8. Ramalan Jumlah Penumpang

Tahun	X	Regresi Linier
2022	10	28.246,8
2027	15	42.656,8
2032	20	57.066,8

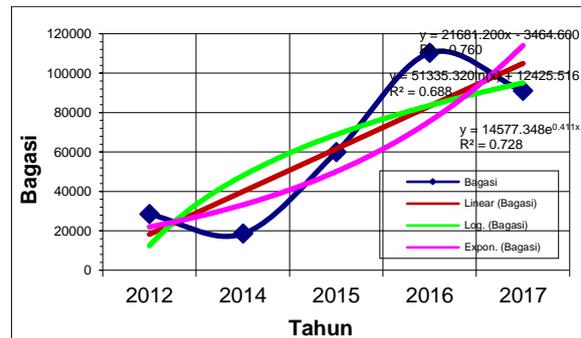
### Analisa Bagasi

Data bagasi yang masuk dan keluar pada Bandar Udara Gamarmalamo adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Data Bagasi Tahun 2013-2017

Tahun	Bagasi		
	Bongkar	Muat	Total
2013	13.589	14.777	28.367
2014	9.361	91.44	18.595
2015	33.698	26.181	59.879
2016	67.174	43.963	110.237
2017	54.045	36.862	90.907

Sumber: Kantor Bandar Udara Gamarmalamo



Gambar 5. Diagram Pergerakan Bagasi

Dari hasil analisa perhitungan regresi Bagasi menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi linier* dengan  $r = 0,872$ , jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi linier.

Tabel 10. Ramalan Jumlah Bagasi

Tahun	X	Regresi Logaritma
2022	10	213.347,4
2027	15	321.753,4
2032	20	430.159,4

### Perencanaan Runway

*Runway* adalah arah atau jalur landas perkerasan yang digunakan oleh pesawat pada saat *Landing* dan *Take off*. Landas pacu biasanya

dirancang berdasarkan pada karakteristik dari suatu pesawat rencana yang ditentukan.

### Arah Runway

Dalam merencanakan landas pacu (*Runway*) ada hal penting yang harus diperhatikan yaitu arah dan kecepatan angin. Untuk itu data angin disekitar bandar udara perlu diketahui kemudian dihitung atau dianalisa menggunakan *wind rose diagram* untuk mendapatkan presentase angin yang bertiup pada daerah yang ditinjau. Arah runway yang dimiliki oleh Bandar udara Gamarmalamo terletak pada arah 18 – 36.

Dari hasil analisa wind rose arah NW-SE memenuhi persyaratan ICAO yaitu harus memenuhi 95% atau lebih dari total waktu agar pesawat dapat *landing* dan *take off* dengan aman.

### Panjang Runway

Panjang *runway* bandar udara Gamarmalamo yang ada saat ini adalah 1400 m. Sesuai dengan *Aerodrome Refrence Code* yang dikeluarkan oleh ICAO (tabel 2.1 part 1 hal. 1-4) maka, pesawat rencana B737-800NG dengan kode 4C mempunyai nilai ARFL (*Aero Reference Field Lenght*) = 2.256 m dan wingspan 35,8 m.

Menurut ICAO panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur, elevasi dan slope atau kemiringan sesuai dengan kondisi bandar udara Gamarmalamo yang ada. Adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Pesawat rencana = Boeing B737-800NG Kode 4C (ICAO Part 1 hal. A 1-4)
- ARFL = 2.256 m
- Elevasi = 49 m
- Slope = 0.6%
- Temperature = 28,17°C

### Koreksi terhadap Elevasi

$$L1 = L0 \times \left( 1 + \frac{7}{100} \times \frac{H}{300} \right)$$

$$= 2256 \times \left( 1 + \frac{7}{100} \times \frac{49}{300} \right)$$

$$= 2.281,79 \text{ m}$$

### Koreksi terhadap Temperatur

$$L2 = L1 [1 + 0,01 (T_{ref} - (15 - 0,0065 H))]$$

$$= 2.281,79 [1 + 0,01(28,17 - (15 - 0,0065 \times 49))]$$

$$= 2.589,56 \text{ m}$$

### Koreksi terhadap Slope

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \text{slope})$$

$$= 2.589,56 \times (1 + 0,1 \times 0,6/1\%)$$

$$= 2.744,93 \text{ m} \approx \mathbf{2745 \text{ m}}$$

### Lebar runway

Untuk lebar runway yang direncanakan akan ditentukan berdasarkan pada kode huruf dan angka dari pesawat rencana, maka untuk pesawat rencana B737-800NG Sesuai dengan *Aerodrome Reference Code* yang dikeluarkan ICAO untuk ARFL > 1800m mempunyai kode huruf C dan kode angka 4, sehingga bandar udara Gamarmalamo dalam pengembangannya memerlukan lebar runway, bahu landasan, kemiringan bahu dan kemiringan melintang sebagai berikut:

- Lebar runway = 45 m
- Bahu landasan = 7,5 m
- Lebar total runway = 60 m
- Kemiringan melintang = 1,5%
- Kemiringan bahu = 2,5%

### Menentukan Lebar Exit Taxiway

Untuk menentukan *exit taxiway* digunakan rumus sebagai berikut:

$$Distance \text{ to Exit taxiway} = Touchdown \text{ Distance} + D$$

dimana Jarak Touchdown 300 m untuk pesawat group I, sedangkan untuk pesawat group II dan III adalah 450 m. (Basuki, 1986)

$$D = \frac{(S_1)^2 - (S_2)^2}{2a}$$

dimana:

- $S_1$  = Touchdown speed (m/s)
- $S_2$  = Initial Exit Speed (m/s)
- $a$  = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

### Data Perhitungan

Pesawat rencana **B737-800NG** termasuk dalam pesawat group C (Jansen, 2007), dengan

- $S_1$  = 222 km/jam = 62 m/det
- $S_2$  = 32 km/jam = 9 m/dt
- $a$  = 1,5 m/dt<sup>2</sup> = 2,25 m/dt
- Jarak touchdown = 450 m

$$D = \frac{62^2 - 9^2}{2 \times 1,5} = 1.254,34 \text{ m}$$

$$Distance \text{ to Exit Taxiway} = 450 \text{ m} + 1.254,34 \text{ m}$$

$$= 1704 \text{ m} \rightarrow L_0$$

Jarak ini ( $L_0$ ) dihitung berdasarkan kondisi standart *sea level*, lokasi *exit taxiway* setelah dikoreksi adalah sebagai berikut:

### Koreksi terhadap Elevasi

Syarat ICAO yaitu setiap kenaikan 300 m dari muka air laut jarak harus bertambah 3 %

$$\begin{aligned}
 L_1 &= L_0 \left( 1 + 3\% \times \frac{h}{300} \right) \\
 &= 1704 \left( 1 + 3\% \times \frac{49}{300} \right) \\
 &= 1.712,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Koreksi terhadap Temperature**

Syarat ICAO yaitu setiap kenaikan 5,6° C diukur dari 15° C, jarak bertambah 1%.

$$\begin{aligned}
 L_2 &= L_1 \times \left\{ 1 + 1\% \times \left( \frac{T_{ref} - T_0}{5,6} \right) \right\} \\
 &= 1.712,34 \times \left\{ 1 + 1\% \times \left( \frac{28,17 - 15}{5,6} \right) \right\} \\
 &= 1.752,61 \text{ m} \approx \mathbf{1.753 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Jadi jarak dari *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* dengan pesawat rencana B737-800NG adalah **1.753 m**, dari arah *runway 22*.

**Lebar Taxiway**

Bandar udara Gamarmalamo mempunyai kode C. Lebar *taxiway* dan lebar *total taxiway* termasuk *shoulder* sesuai dengan yang ditetapkan ICAO (Basuki, 1986) adalah sebagai berikut:

Lebar *taxiway* = 15 m

Lebar *total taxiway* dan *shoulder* = 25 m

Jarak minimum antara landasan pacu dan landas hubung dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Jrt = 0,5 \times (LS + W_1)$$

dimana:

LS = lebar *strip area* total

W<sub>1</sub> = lebar *wingspan* pesawat rencana.

Tabel 11. Lebar *Runway Strip*

Kode Angka	Jenis Pendekat	Lebar Runway Strip
1	Instrument	150 m
2	Instrument	150 m
<b>3 dan 4</b>	<b>Instrument</b>	<b>300 m</b>

(Sumber: Basuki, 1984)

Dari tabel tersebut diperoleh *runway strip* untuk lapangan terbang dengan kode angka 4 untuk jenis pendekat *instrument* adalah 150 m dengan lebar total 300m. maka klasifikasi bandara kode angka 4 lebar total 300 m dan W<sub>1</sub> = 35,8 m.

$$\begin{aligned}
 Jrt &= 0,5 \times (LS + W_1) \\
 &= 0,5 \times (300 + 35,8) \\
 &= \mathbf{167,9 \text{ m} \approx 175 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

**Perencanaan Fillet**

*Fillet* merupakan pelebaran sebelah dalam pada *intersection* dari dua atau lebih pada *traffic way*, misalnya *runway*, *taxiway*, dan *apron*. Persyaratan dari ICAO bahwa radius *fillet* tidak boleh lebih kecil dari lebar *taxiway*. Sedangkan FAA mensyaratkan bahwa radius *fillet* antara *runway* dan *taxiway* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 12. Radius *fillet* pada pertemuan *runway* dengan *taxiway*

Angle of Intersection	Radius of Fillet			
	Small airport serving general aviation aircraft		Large airport serving transport category aircraft	
	(m)	(ft)	(m)	(ft)
0 - 45°	7.5	15	22.5	75
45 - 135°	15.0	50	30.0	100
More than 135°	60.0	200	60.0	200

Sumber: Khana S. K and Aurora, 1979.

**Hasil Pengembangan**

Tabel 13. berikut memperlihatkan hasil pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo di Kabupaten Halmahera Utara.

Tabel 13. Hasil Pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo Kab.Halmahera Utara

Nama Fasilitas Bandara	Existing Bandara Sebelum Pengembangan	Existing Bandara Sesudah Pengembangan
<i>Runway</i>	Panjang: 1.400 m Lebar : 30 m	Panjang: 2.745 m Lebar : 45 m
<i>Taxiway</i>	Panjang: 75 m Lebar : 15 m	Panjang: 175 m Lebar : 25 m
<i>Apron</i>	Panjang: 60 m Lebar : 40 m Luas :2.400 m <sup>2</sup>	Panjang: 136 m Lebar : 93 m Luas : 12.648 m <sup>2</sup>
Gedung Terminal	Luas :240 m <sup>2</sup>	Panjang: 300 m Lebar : 85 m Luas :25.500 m <sup>2</sup>
Gudang	-	Panjang: 11 m Lebar : 4 m Luas : 44 m <sup>2</sup>
Pelataran Parkir	Luas : 1.176 m <sup>2</sup>	Panjang: 90 m Lebar : 48 m Luas : 4.320 m <sup>2</sup>
Perkerasan	<b>P.LENTUR</b> Surface= 10cm Base Course= 41 cm Sub Base= 30cm	<b>P.KAKU</b> (Untuk apron) Diambil metode FAA: 34 cm Tebal Sub Base= 30 cm Slab beton= 5 x 5

Sumber: Hasil Penelitian (2018)

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Dari analisa regresi menggunakan data pesawat, penumpang dan bagasi di lima tahun terakhir, didapatkan peramalan (*forecasting*) arus lalu lintas udara untuk 15 tahun yaitu pada tahun 2032, dan bahwa perlu dilakukan pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo di Kabupaten Halmahera Utara.
2. Untuk perencanaan pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo:
  - Arah dari landasan pacu Bandar Udara Gamarmalamo dengan azimuth 04 - 22 telah memenuhi syarat ICAO yaitu minimal 95 % arah angin dominan yang bertiup pada daerah tersebut.
  - Maskapai penerbangan yang dapat beroperasi di Bandara Gamarmalamo setelah pengembangan adalah Garuda Indonesia (B737-800NG) dan Wings Air (ATR72-500/600)

### Saran

1. Berdasarkan survey langsung di lokasi bandar udara, pesawat yang beroperasi dan fasilitas pendukung di Bandar Udara Gamarmalamo

belum cukup memadai untuk menampung pengguna jasa transportasi karena semakin meningkatnya kebutuhan jasa transportasi udara dari masyarakat, untuk itu perlu diadakan perencanaan pengembangan di Bandar Udara Gamarmalamo di Kabupaten Halmahera Utara.

2. Berdasarkan perencanaan pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo, pada tahun-tahun yang akan datang akan terjadi peningkatan volume penumpang. Untuk itu pemerintah daerah perlu mengantisipasinya dengan memasukkan pesawat yang lebih besar yaitu pesawat BOEING 737 – 800 NG, dan mengundang maskapai penerbangan lainnya yang memiliki pesawat dengan ARFL 2256 meter, untuk dapat beroperasi di Bandar Udara ini.
3. Pemerintah daerah kiranya giat melakukan promosi ke berbagai daerah agar banyak wisatawan yang hendak berkunjung ke Kabupaten Halmahera Utara, sehingga dapat berdampak langsung pada peningkatan frekuensi penerbangan dan dapat menopang dan membantu dalam hal kemajuan daerah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Government Civil Aviation Safety Authority. 2012. *Manual of Standards Part 139- Aerodromes. Version 1,8*. Canberra.
- Basuki, H. 1986. *Merancang Merencana Lapangan Terbang*. Alumni, Bandung
- Boeing Commercial Airplanes. 2013. *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Boeing Website.
- Federal Aviation Administration. 2011. *Airfield Standards. Second Edition*.
- Feriska Apriana, Freddy Jansen, dan Lintong Elisabeth, 2017. *Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (345-356) ISSN: 2337-6732
- Horonjeff, R. 1975. *Planning and Design of Airport. Second Edition*. New York Mac Graw – Hill Book Company.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 1983. *Aerodromes Design Manual Pavements. Part 3. 2<sup>nd</sup> Edition*.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 1999. *Aerodromes-Annex 14 International Standards & Recommended Practices. 3<sup>rd</sup> Edition*. Canada.

- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2004. *Aerodromes - Annex 14 International Standards & Recommended Practices. Volume I. 4<sup>th</sup> Edition.*
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2013. *Aerodromes- Annex 14 International Standards & Recommended Practicies. Volume I. 6<sup>th</sup> Edition.*
- Jansen Freddy, 2007. *Pelengkap Kuliah Lapangan Terbang.* Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Jansen Freddy, 2011. *Kapasitas Landas Pacu Bandar Udara Sam Ratulangi Manado.* Jurnal Ilmiah Media, Fakultas Teknik Unsrat Manado.
- Kantor Bandar Udara Gamarmalamo. 2018. *Data Lalu Lintas Udara Tahun 2010-2017 dan Data Teknis.* Kabupaten Halmahera Utara.
- Kantor BMKG Stasiun Meteorologi Gamarmalamo Kelas III Galela. 2018. *Data Angin dan Data Temperatur Tahun 2013-2017.* Kabupaten Halmahera Utara.
- Kantor BPS Kabupaten Halmahera Utara. 2018. *Kabupaten Halmahera Utara Dalam Angka 2017.* Kabupaten Halmahera Utara
- Khana,S. K. & Aurora,M.G. 1979. *Airport Planning and Design. 3<sup>rd</sup> Edition.* India, New Chand & Bross.
- Neufert, Ermst. 2002. *Data Arsitek Jilid 2 Edisi 33.* Jakarta: Erlangga
- Olong, Adechrystie P., Freddy Jansen, dan Mecky Manoppo, 2017. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Sultan Babullah Kota Ternate Provinsi Maluku Utara.* Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (373-382) ISSN: 2337-6732
- Pongsipulung L. Irwanto, Freddy Jansen, Audie L. E. Rumayar 2015. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Wasior Di Kabupaten Teluk Wondana Provinsi Papua Barat.* Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.12 Desember 2015 (835-846) ISSN: 2337-6732
- Sandhyavritri Ari, dan Hendra Taufik, 2005. *Teknik Lapangan Terbang 1 (Teori Dasar).* Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru
- Sinaga, Lewi Anatasia, Freddy Jansen, A. L. E. Rumayar, Lintong Elisabeth, 2014. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara di Kabupaten Nabire.* Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.7, November 2014 (359-366) ISSN: 2337-6732
- Taula, Aprilian Dora, Freddy Jansen, A. L. E. Rumayar, 2017. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Kasiguncu Kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah.* Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.5 Juli 2017 (273-283) ISSN: 2337-6732
- Tulungen B. B., Freddy Jansen, Mecky Manoppo. 2016. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Melonguane Kabupaten Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara.* Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1 Januari 2016 (1-12) ISSN: 2337-6732.
- Wardhani, S.H. 1992. *Airport Engineering.* Civil Engineering Gajah Mada University.
- Yoder, E.J, Wiczack, M.W/Awiley-Interscience Publication; 1975. *Principles Of Pavement Design.* Canada.