

ANALISIS *OBSTACLE* PADA KAWASAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PASCA PERPANJANGAN LANDAS PACU DI BANDAR UDARA BETOAMبارI BAUBAU

Irsyadul Ibad Al Ghozali¹, Wiwid Suryono², Ranatika Purwayudhaningsari³

^{1,2}Program Studi D3 Teknik Bangunan Dan Landasan, Politeknik Penerbangan Surabaya

³Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: irsyadul842@gmail.com

Abstrak

Keselamatan penerbangan merupakan prioritas utama dalam transportasi udara, dengan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) sebagai elemen krusial yang wajib dipantau secara berkelanjutan. Perpanjangan landas pacu di Bandar Udara Betoambari Baubau meningkatkan kapasitas operasional, namun berpotensi menimbulkan *obstacle* baru. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis potensi *obstacle* pasca perpanjangan landas pacu, serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan PR 21 Tahun 2023 dan PM 55 Tahun 2023. Metode penelitian meliputi survei lapangan menggunakan SNDWAY SW-600a, pemodelan 2D dan 3D, serta visualisasi spasial di Google Earth Pro. Data ketinggian objek dibandingkan dengan batas maksimum pada tiap permukaan imajiner KKOP. Hasil menunjukkan adanya vegetasi dan bangunan yang melebihi batas ketinggian di beberapa zona KKOP, sehingga dapat dikategorikan sebagai *obstacle*. Temuan ini menegaskan pentingnya evaluasi rutin KKOP setiap terjadi perubahan infrastruktur bandar udara. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis bagi pengelola bandar udara dan regulator dalam mitigasi risiko keselamatan penerbangan.

Kata Kunci: *Obstacle*, Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan, Landas Pacu, Bandar Udara Betoambari, Pemodelan 3D

Abstract

Aviation safety is a top priority in air transportation, with the Aerodrome Safety Operation Area (KKOP) being a crucial element that must be continuously monitored. The runway extension at Betoambari Airport, Baubau, increases operational capacity but also poses the potential emergence of new obstacles. This study aims to identify and analyze potential obstacles after the runway extension and evaluate their compliance with PR 21 of 2023 and PM 55 of 2023. The research method includes field surveys using an SNDWAY SW-600a, 2D and 3D modeling, and spatial visualization in Google Earth Pro. Object height data were compared with the maximum allowable limits for each imaginary surface of the KKOP. The results show the presence of vegetation and buildings exceeding height limits in several KKOP zones, thereby categorized as obstacles. These findings highlight the importance of regular KKOP evaluations whenever airport infrastructure changes occur. This study provides technical recommendations for airport operators and regulators to mitigate aviation safety risks.

Keywords: *Obstacle, Aviation Safety Zone, Runway Extension, Betoambari Airport, 3D Spatial Modeling*

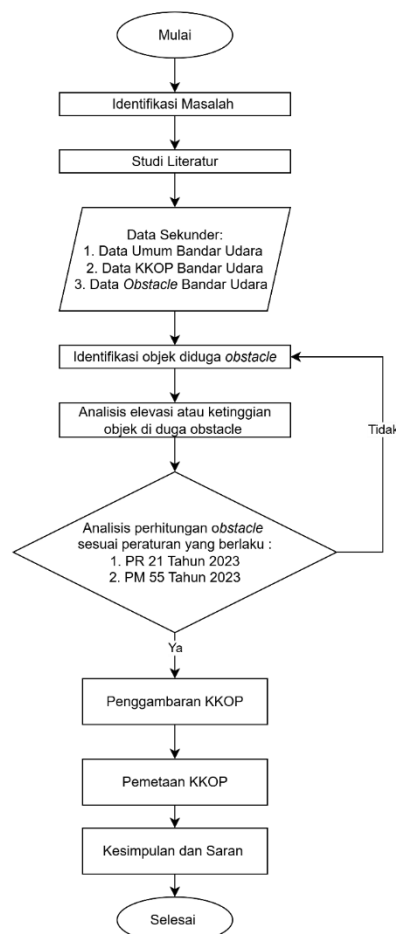
PENDAHULUAN

Bandar Udara Betoambari merupakan Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) kelas 3 yang berlokasi di Kelurahan Kato-bengke, Kecamatan Betoambari, Kota Baubau, Provinsi Sulawesi Tenggara. Berdasarkan dokumen *Aerodrome Manual* tahun 2024, posisi Bandar Udara Betoambari Baubau dalam sistem koordinat *WGS84* adalah $005^{\circ}29'13,0''\text{S}$ dan $122^{\circ}34'10,0''\text{E}$, dengan elevasi 100 ft (± 30 m MSL). Seiring perkembangan, Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Betoambari telah meningkatkan fasilitas, khususnya pada sisi udara guna mendukung efisiensi operasional. Pada awal 2024 dilaksanakan proyek perpanjangan landas pacu sepanjang 210 m ke arah *runway* 04, sehingga dimensi landas pacu berubah dari 1.800×30 m menjadi 2.010×30 m, hal ini juga guna menunjang *critical aircraft* berjenis Airbus 320-200. Maka, menjadikan Bandar Udara Betoambari memiliki Klasifikasi Kode Referensi IVC dan Klasifikasi Landas Pacu *Non-Instrument IVC*.

Peningkatan infrastruktur di sekitar bandara, baik fasilitas maupun vegetasi, berpotensi menimbulkan *obstacle* jika ketinggiannya melebihi batas yang diizinkan. Berdasarkan Rencana Induk Bandar Udara Betoambari KP 285 Tahun 2015 teridentifikasi 47 titik *obstacle*, sedangkan *Aerodrome Manual* 2024 teridentifikasi 20 titik *obstacle* di berbagai kawasan. Kondisi ini memerlukan analisis untuk mengidentifikasi *obstacle* baru yang belum terdaftar pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP), khususnya pasca perpanjangan landas pacu. Penelitian ini dirumuskan untuk mengidentifikasi, menganalisis, serta memetakan lokasi *obstacle* terhadap KKOP Bandar Udara Betoambari guna mendukung keselamatan operasional penerbangan.

METODE

Dalam melakukan penelitian guna dalam analisa pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan ini maka disusun diagram alur penelitian sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini deskriptif analisis menjadi metode pilihan yang digunakan untuk mendeskripsikan, menggambarkan, menjelaskan, dan menganalisis suatu fenomena di Bandar Udara Betoambari Baubau dengan berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Metode analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis *obstacle* yang bisa mengancam keselamatan operasi penerbangan di Bandar Udara Betoambari Baubau dan selanjutnya akan dianalisis dengan bantuan *software* berupa AutoCAD, Sketchup, Global Mapper Pro dan Google Earth Pro. Selain itu untuk menentukan

ukuran ketinggian suatu objek *obstacle* penulis menggunakan alat SNDWAY SW-600a. Identifikasi masalah dilakukan melalui observasi lapangan terhadap objek diduga *obstacle* yang ada di sekitar Bandar Udara Betoambari Baubau. Dalam proses observasi ditemukan 10 objek diduga *obstacle* pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara Betoambari Baubau. Identifikasi ini juga mencakup kedalam kondisi perubahan yang mungkin dapat menjadi penyebab munculnya *obstacle* baru, seperti perkembangan bandar udara pasca perpanjangan landas pacu, infrastruktur disekitarnya dan vegetasi tumbuh yang tidak terkendali.

Teknik analisis data ini digunakan sebagai proses identifikasi, pengukuran dan pengevaluasian terhadap keberadaan objek diduga *obstacle* yang berpotensi dapat memengaruhi aspek keselamatan operasi penerbangan di Bandar Udara Betoambari Baubau. Proses ini juga digunakan untuk memudahkan dalam penyusunan data yang telah diambil dari hasil observasi lapangan selama pelaksanaan *On the Job Training* untuk dapat dicantumkan secara sistematis. Hasil dari observasi lapangan kemudian dilakukan analisis perhitungan sesuai dengan regulasi yang berlaku dan dilakukan analisis terhadap koordinat, elevasi, hingga jarak objek *obstacle* terhadap *runway*. Apabila dalam proses analisis perhitungan terdapat objek yang diduga sebagai *obstacle* tidak melebihi batas ketinggian maksimal yang telah diijinkan maka objek tersebut bukan termasuk kedalam *obstacle* dan apabila objek yang diduga sebagai *obstacle* tersebut melebihi batas ketinggian yang diijinkan maka selanjutnya akan dilakukan pendataan, penggambaran dan pemetaan objek *obstacle*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi dan Analisis *Obstacle* Baru Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Dalam melakukan analisis terhadap keberadaan *obstacle* baru di Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara Betoambari Baubau, sebelumnya akan dilakukan pengamatan terhadap kondisi eksisting dan kondisi pada saat ini terkait keberadaan *obstacle* pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan. Dari hasil identifikasi objek yang diduga sebagai *obstacle* sebagai berikut:

Pengumpulan Data

a. Koordinat Geografis

Koordinat geografis tiap masing-masing *Threshold* landas pacu di Bandar Udara Betoambari Baubau, disajikan kedalam tabel sebagai berikut :

Tabel 1 Koordinat *Threshold* Pasca Perpanjangan Landas Pacu

Runway	Koordinat WGS 84		Koordinat UTM	
	Lintang	Bujur	X	Y
<i>Threshold</i> 04	05°29' 37.13"S	122°33' 47.85"E	451626 .55372 766627	9392750.6 18334185
<i>Threshold</i> 22	05°28' 47.52"S	122°34' 30.56"E	452939 .64079 68733	9394274.9 10940573

b. Elevasi

Elevasi pada masing-masing *Threshold* di Bandar Udara Betoambari Baubau yang ditunjukkan dalam satuan *Mean Sea Level (MSL)* dan *Aerodrome Elevation System (AES)*, disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2 Elevasi *Threshold* Pasca Perpanjangan Landas Pacu

Runway	Elevasi		
	ft	MSL (m)	AES (m)
Threshold 04	98	29,87	0,00
Threshold 22	100	30,48	0,61

c. Beda Tinggi Landas Pacu

Perbedaan elevasi pada *Threshold* landas pacu di Bandar Udara Betoambari menunjukkan bahwa adanya variasi ketinggian landasan yang signifikan setelah dilakukan perpanjangan landas pacu, sehingga kondisi ini perlu dirumuskan secara sistematis melalui rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi (h)} &= \text{Elevasi } \textit{Threshold max} - \text{Elevasi } \textit{Threshold min} \\ &= 30,48 \text{ m} - 29,87 \text{ m} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ambang (H)} &= \text{Beda tinggi landas pacu (h)} : 2 \\ &= 0,61 : 2 \\ &= 0,305 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \text{Beda tinggi landas pacu (h)} - \text{Tinggi ambang landas pacu (H)} \\ &= 0,61 - 0,305 \\ &= 0,305 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan ditemukan sebanyak 6 *obstacle* yang diantaranya adalah pohon asam, pohon kapuk 1, pohon kapuk 3, rumah, *tower* BTS 1, dan *tower* BTS 2. Sesuai dengan regulasi yang berlaku yakni PR 21 Tahun 2023 dan PM 55 Tahun 2023 maka objek yang diduga sebagai *obstacle* yang terletak di Kawasan

Kemungkinan Bahaya Kecelakaan pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)} = \text{Jarak} \times \text{Kemiringan (1.6\%)}$$

$$\text{Jarak} = \text{Jarak objek dari ujung } \textit{Threshold} - \text{Jarak dari ujung landas pacu (} \textit{Threshold} \text{)}$$

$$\text{Beda tinggi muka tanah} = \text{Elevasi muka tanah objek} - \text{Elevasi landas pacu terendah}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan ketinggian} &= ((\text{Tinggi objek (m)} \text{ AGL} + \text{Beda tinggi muka tanah}) - (\text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)})) \end{aligned}$$

Dari rumus yang telah diuraikan maka objek yang diduga sebagai *obstacle yang terletak* di Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan dapat dihitung sebagai berikut:

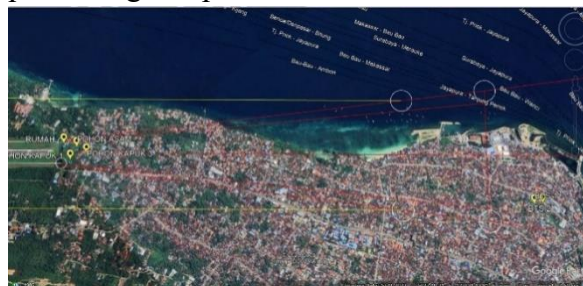
Pohon Asam

$$\begin{aligned} \text{Koordinat WGS 84} &= 5^{\circ}28'43.1''\text{S}, \\ &122^{\circ}34'33.5''\text{E} \end{aligned}$$

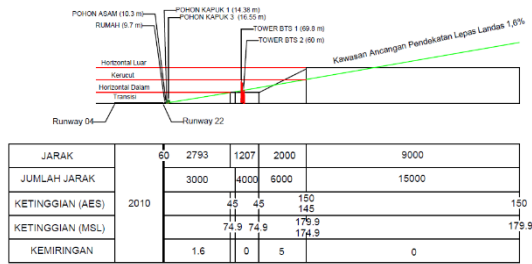
$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \text{Jarak objek dari ujung } \textit{Threshold} - \text{Jarak dari ujung landas pacu (} \textit{Threshold} \text{)} \\ &= 163,52 \text{ m} - 60 \text{ m} \\ &= 103,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi muka tanah} &= 27 \text{ m} - 29,87 \text{ m} \\ &= -2,87 \text{ m AES} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= (10,93 \text{ m AGL} - 2,87 \text{ m}) - (103,52 \text{ m} \times 1,6\%) \\ &= 8,06 \text{ m AGL} - 1,65 \text{ m} \\ &6,41 \text{ m AES} \\ &\textcolor{red}{(Obstacle)} \end{aligned}$$

Pohon Kapuk 1		Tower BTS 1	
Koordinat	= 5°28'46"S,	Koordinat	= 5°27'32.08"S,
WGS 84	122°34'34.9"E	WGS 84	122°35'51.12"E
Jarak	= Jarak objek dari ujung <i>Threshold</i> – Jarak dari ujung landas pacu (<i>Threshold</i>)	Jarak	= Jarak objek dari ujung <i>Threshold</i> – Jarak dari ujung landas pacu (<i>Threshold</i>)
	= 141,9 m – 60 m		= 3393 m – 60 m
	= 81,9 m		= 3333 m
Beda tinggi	= 27 m – 29,87 m	Beda tinggi	= 38 m – 29,87 m
muka tanah	= - 2,87 m <i>AES</i>	muka tanah	= 8,13 m <i>AES</i>
Kelebihan	= (14,38 m <i>AGL</i> - 2,87	Kelebihan	= (69,8 m <i>AGL</i> + 8,13 m)
ketinggian	m) – (81,9 m x 1,6%)	ketinggian	= (3333 m x 1,6%)
	= 11,51 m – 1,31 m		= 77,93 m – 53,328 m
	= 10,2 m <i>AES</i>		= 24,602 m <i>AES</i> (<i>Obstacle</i>)
	(<i>Obstacle</i>)		
Pohon Kapuk 3		Tower BTS 2	
Koordinat	= 5°28'46"S,	Koordinat	= 5°27'30.32"S,
WGS 84	122°34'34.9"E	WGS 84	122°35'52.31"E
Jarak	= Jarak objek dari ujung <i>Threshold</i> – Jarak dari ujung landas pacu (<i>Threshold</i>)	Jarak	= Jarak objek dari ujung <i>Threshold</i> – Jarak dari ujung landas pacu (<i>Threshold</i>)
	= 234,21 m – 60 m		= 3457 m – 60 m
	= 174,21		= 3397 m
Beda tinggi	= 29 m – 29,87 m	Beda tinggi	= 25 m – 29,87 m
muka tanah	= - 0,87 m <i>AES</i>	muka tanah	= - 4,87 m <i>AES</i>
Kelebihan	= (16,55 m <i>AGL</i> - 0,87 m)	Kelebihan	= (60 m <i>AGL</i> - 4,87 m) –
ketinggian	– (174,21 m x 1,6%)	ketinggian	(3397 m x 1,6%)
	= 15,68 m – 2,78 m		= 55,13 m – 54,352 m
	= 12,9 m <i>AES</i> (<i>Obstacle</i>)		= 0,778 m <i>AES</i>
			(<i>Obstacle</i>)
Rumah		Berdasarkan hasil analisis perhitungan terhadap objek-objek yang berada di Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan, teridentifikasi sebanyak 6 objek yang memiliki ketinggian melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan dan diijinkan dalam regulasi penerbangan sipil.	
Koordinat	= 5°28'46"S,		
WGS 84	122°34'34.9"E		
Jarak	= Jarak objek dari ujung <i>Threshold</i> – Jarak dari ujung landas pacu (<i>Threshold</i>)		
	= 82,94 m – 60 m		
	= 22,94 m		
Beda tinggi	= 28 m – 29,87 m		
muka tanah	= - 1,87 m <i>AES</i>		
Kelebihan	= (9,7 m <i>AGL</i> - 1,87 m) –		
ketinggian	(22,94 m x 1,6%)		
	= 7,83 m – 0,36 m		
	= 0,36 m <i>AES</i> (<i>Obstacle</i>)		



Gambar 2 Pemetaan Objek *Obstacle* Pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan



Gambar 3 Potongan Memanjang Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

Gambar 2 dan 3 merupakan hasil pemetaan pada Google Earth Pro dan potongan memanjang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) yang menggambarkan zona keselamatan di sekitar runway 22, khususnya pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan sisi pendekatan dan lepas landas. Kawasan Ancangan Pendekatan Lepas Landas dilengkapi dengan permukaan miring dengan kemiringan 1,6%. Dengan memperlihatkan elevasi, jarak, dan kemiringan tiap segmen pada gambar potongan ini menilai objek *obstacle* secara jelas yang memiliki kelebihan ketinggian.

b. Kawasan di Bawah Permukaan Transisi

Identifikasi pada Kawasan Permukaan Transisi ditemukan sebanyak 2 *obstacle* diantaranya adalah pohon kapuk 2 dan masjid. Sesuai dengan regulasi yang berlaku yakni PR 21 Tahun 2023 dan PM 55 Tahun 2023 maka objek yang diduga sebagai *obstacle* yang terletak di Bawah Kawasan Permukaan Transisi pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)} &= \text{Jarak} \times \text{Kemiringan} \\ &= \text{Jarak objek dari side strip/ujung permukaan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi muka tanah} &= \text{Elevasi muka tanah objek} - \text{Elevasi landas pacu terendah} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= ((\text{Tinggi objek (m) AGL} + \text{Beda tinggi muka tanah}) - (\text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)})) \end{aligned}$$

Dari rumus yang telah diuraikan maka dapat dihitung sebagai berikut:

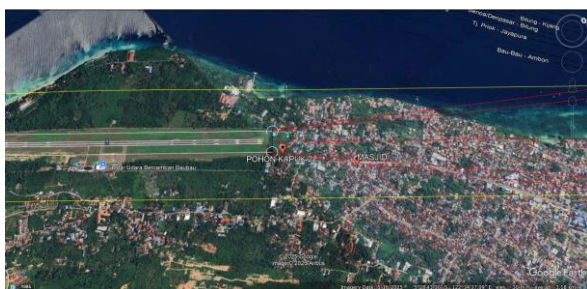
Pohon Kapuk 2

$$\begin{aligned} \text{Koordinat WGS 84} &= 5^{\circ}28'46.6''\text{S}, 122^{\circ}34'35.9''\text{E} \\ \text{Jarak} &= 157,9 \text{ m} \\ \text{Beda tinggi muka tanah} &= 30 \text{ m} - 29,87 \text{ m} = 0,13 \text{ m AES} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= (15,55 \text{ m AGL} + 0,13 \text{ m}) - (157,9 \text{ m} \times 14,3\%) \\ &= 15,68 \text{ m} - 22,57 \text{ m} - 6,89 \text{ m AES (Bukan Obstacle)} \end{aligned}$$

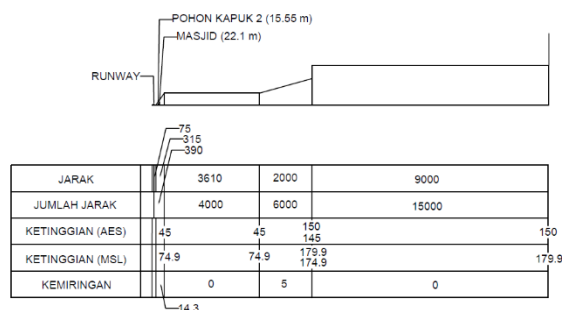
Masjid

$$\begin{aligned} \text{Koordinat WGS 84} &= 5^{\circ}28'46.6''\text{S}, 122^{\circ}34'35.9''\text{E} \\ \text{Jarak} &= 636,9 \text{ m} \\ \text{Beda tinggi muka tanah} &= 36 \text{ m} - 29,87 \text{ m} = 6,13 \text{ m AES} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= (22,1 \text{ m AGL} + 6,13 \text{ m}) - (636,9 \text{ m} \times 14,3\%) \\ &= 28,23 \text{ m} - 91,07 \text{ m} - 62,84 \text{ m AES (Bukan Obstacle)} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan terhadap objek-objek yang berada di Kawasan di Bawah Permukaan Transisi, teridentifikasi 2 objek tidak dapat dikatakan sebagai *obstacle* karena ketinggiannya tidak melebihi batas maksimum yang telah diijinkan.



Gambar 4 Pemetaan Objek bukan *Obstacle* Pada Kawasan di Bawah Permukaan Transisi



Gambar 5 Potongan Melintang Kawasan di Bawah Permukaan Transisi

Gambar 4 dan 5 merupakan hasil pemetaan pada Google Earth Pro dan potongan melintang pada permukaan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dari sisi *runway* ke arah luar bandar udara. Data yang ditampilkan mencakup jarak horizontal, elevasi (*AES* dan *MSL*), serta kemiringan permukaan KKOP. Dari gambar potongan tersebut dibagi menjadi beberapa segmen berdasarkan jarak dari *runway*, dengan perubahan ketinggian secara bertahap sesuai kemiringan yang ditetapkan yakni 14,3%. Objek vegetasi tumbuh dan masjid yang disebutkan dengan ketinggian masing-masing 15.55 m dan 22.1 m dapat dikatakan aman karena objek tersebut tidak melebihi ketinggian yang telah ditetapkan.

c. Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam

Identifikasi pada Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam ditemukan sebanyak 2 *obstacle* diantaranya adalah tiang BTS dan *Tower* BTS 3. Sesuai dengan regulasi yang berlaku yakni PR 21 Tahun 2023

dan PM 55 Tahun 2023 maka objek yang diduga sebagai *obstacle* yang terletak di Bawah Kawasan Permukaan Horizontal Dalam pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)} &= 45 + H \\ H &= \text{Beda tinggi landas pacu} : 2 \\ \text{Beda tinggi muka tanah} &= \text{Elevasi muka tanah objek} - \text{Elevasi landas pacu terendah} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= ((\text{Tinggi objek (m) AGL} + \text{Beda tinggi muka tanah}) - \text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)}) \end{aligned}$$

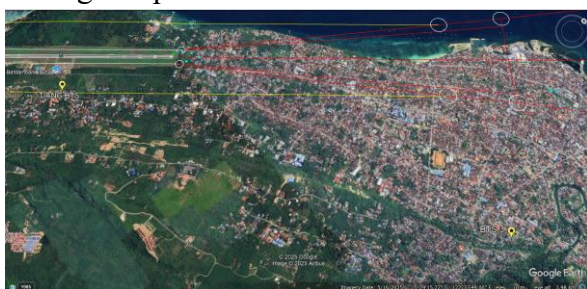
Dari rumus yang telah diuraikan maka objek yang diduga sebagai *obstacle* di Bawah Kawasan Permukaan Horizontal Dalam dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tiang BTS} \\ \text{Koordinat WGS 84} &= 5^{\circ}29'18.91''\text{S}, 122^{\circ}34'20.47''\text{E} \\ \text{Batas ketinggian yang diizinkan (maks)} &= 45 + H \\ &= 45 + 0,305 \text{ m} \\ &= 45,305 \text{ m AES} \\ \text{Beda tinggi muka tanah} &= 53 \text{ m} - 29,87 \text{ m} \\ &= 23,13 \text{ m AES} \\ \text{Kelebihan ketinggian} &= (18,4 \text{ m AGL} + 23,13 \text{ m}) - 45,305 \text{ m} \\ &= 41,53 \text{ m} - 45,305 \text{ m} \\ &= - 3,775 \text{ m AES (Bukan Obstacle)} \end{aligned}$$

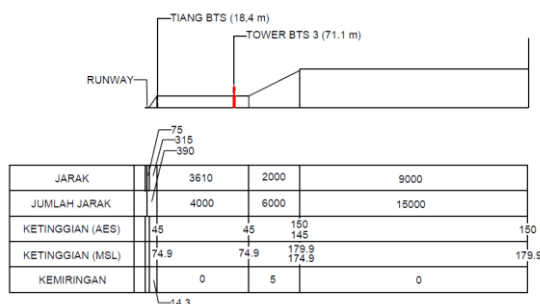
Tower BTS 3

Koordinat	=	5°28'13.91"S,
WGS 84	=	122°36'11.87"E
Batas	=	45 + H
ketinggian	=	45 + 0,305 m
yang	=	45,305 m AES
diizinkan		
(maks)		
Beda tinggi	=	44 m – 29,87 m
muka tanah	=	14,13 m AES
Kelebihan	=	(71,1 m AGL + 14,13
ketinggian	=	m) – 45,305 m
	=	85,23 m – 45,305 m
	=	39,925 m AES
		(Obstacle)

Berdasarkan hasil analisis perhitungan terhadap objek-objek yang berada di Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam, teridentifikasi sebanyak 1 objek yang memiliki ketinggian melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan dan diijinkan serta 1 objek tidak dapat dikatakan sebagai *obstacle* karena ketinggiannya tidak melebihi batas maksimum yang telah diijinkan dalam regulasi penerbangan sipil.



Gambar 6 Pemetaan Objek *Obstacle* Pada Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam



Gambar 7 Potongan Melintang Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam

Gambar 6 dan 7 merupakan hasil pemetaan pada Google Earth Pro dan potongan melintang pada Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam, digunakan untuk mengevaluasi apakah *Tower Bts 3* dengan tinggi 39,925 m termasuk *obstacle* yang melanggar batas ketinggian. Permukaan batas ketinggian meningkat secara bertahap dari *runway* ke arah luar hingga jarak 15.000 meter. *Tower Bts 3* tampak melampaui batas permukaan KKOP. *Obstacle* seperti ini berpotensi membahayakan keselamatan penerbangan jika berada dalam zona kendali ketinggian. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi lanjutan.

Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, telah dilakukan proses analisis dan perhitungan secara menyeluruh terhadap setiap objek yang teridentifikasi sebagai *obstacle*. Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah dan disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses klasifikasi serta penarikan kesimpulan terhadap potensi gangguan terhadap keselamatan dan operasional penerbangan sebagai berikut:

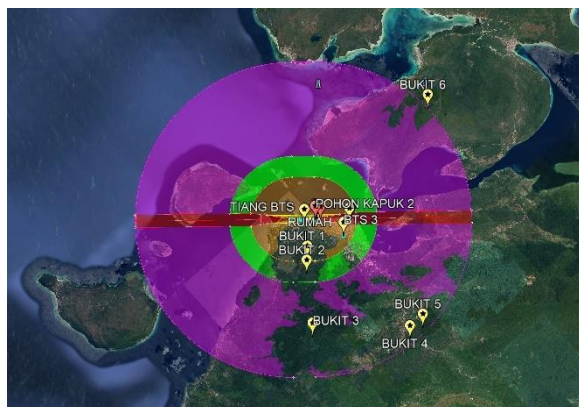
Tabel 3 Data Hasil Perhitungan *Obstacle* terbaru Bandar Udara Betoambari Baubau

NO	NAMA OBJEK	KOORDINAT #GS#				ELEVASI	KETINGGIAN OBJEK (m)	KELEBIHAN KETINGGIAN (m)	KLASIFIKASI KAWASAN			
		LINTANG SELATAN	BUJUR TIMUR	MSL (m)	AES (m)							
1	RUMAH	5	28	44.85	122	34	30.91	28	-1.87	0.36	KKBK	
2	POHON KAPUK 1	5	28	46	122	34	34.9	27	-2.87	14.38	KKBK	
3	POHON KAPUK 3	5	28	42.3	122	34	36.1	29	-0.87	16.55	12.9	KKBK
4	POHON ASAM	5	28	43.1	122	34	33.5	27	-2.87	10.93	6.41	KKBK
5	TOWER BTS 1	5	27	32.08	122	35	51.12	38	8.13	69.8	24.602	KKBK
6	TOWER BTS 2	5	27	30.32	122	35	52.31	25	-4.87	60	0.778	KKBK
7	TOWER BTS 3	5	28	13.91	122	36	11.87	44	14.13	71.1	39.935	KPHD

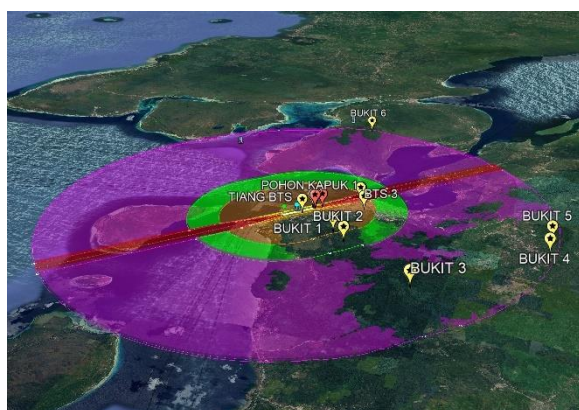
KETERANGAN :
KKBK : Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan
KPHD : Kawasan Permukaan Horizontal Dalam

2. Penggambaran dan Pemetaan Objek *Obstacle* Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

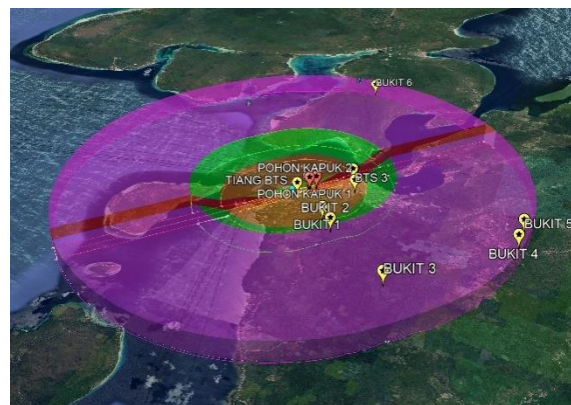
Penggambaran dan pemetaan *obstacle* pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dilakukan dengan memanfaatkan beberapa perangkat lunak seperti AutoCAD sebagai desain 2 dimensi, Sketchup sebagai desain 3 dimensi, Global Mapper, dan Google Earth Pro. Proses ini mencakup serangkaian tahapan sistematis yang bertujuan untuk menghasilkan representasi spasial yang akurat sebagai dasar analisis potensi gangguan terhadap keselamatan penerbangan. Pada proses penggambaran dan pemetaan batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) secara 3 dimensi, teridentifikasi kontur permukaan tanah yang melampaui bidang batas yang telah ditetapkan.



Gambar 8 Tampilan tampak atas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan 3D



Gambar 9 Tampilan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan 3D



Gambar 10 Tampilan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan 3 dimensi skala diperbesar

Kondisi tersebut dikategorikan sebagai *obstacle* yang dapat berpotensi mengganggu keselamatan operasi penerbangan. Berdasarkan hasil analisis terhadap ketinggian kontur tanah sekitar maka ditemukan 6 bukit yang memenuhi kriteria sebagai *obstacle* dan selanjutnya dilakukan kajian lebih lanjut terhadap masing-masing objek tersebut yakni sebagai berikut:

- a. *Obstacle* Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam

Bukit 1	
Koordinat	= 5°30'27.10"S
WGS 84	122°35'51.98"E
Batas	= 45 + H
ketinggian	= 45 + 0,305 m
yang diizinkan	= 45,305 m
(maks)	
Beda tinggi	= 300 m – 29,87 m
muka tanah	= 270.13 m
Kelebihan	= 270,13 m – 45,305 m
ketinggian	= 224,8 m AES (<i>Obstacle</i>)

b. *Obstacle* Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut

BUKIT 2

Koordinat = 5°30'56.79"S
WGS 84 122°36'23.41"E
 Batas = 45 + (Jarak objek ke ujung *Threshold* – 4000) x 5 %
 ketinggian yang diizinkan (maks) = 45 + (5280 m - 4000 m) x 5 %
 = 109 m
 Beda tinggi = 299 m – 29,87 m
 muka tanah = 269,13 m
 Kelebihan = 269,13 m – 109 m
 ketinggian = 160,13 m *AES (Obstacle)*

c. *Obstacle* Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Luar

BUKIT 3

Koordinat = 5°32'51.32"S
WGS 84 122°39'1.28"E
 Batas = 150 + H
 ketinggian yang diizinkan (maks) = 150 + 0,305 m
 = 150,305 m
 Beda tinggi = 401 m – 29,87 m
 muka tanah = 371,13 m
 Kelebihan = 371,13 m – 150,305
 ketinggian = 220,8 m *AES (Obstacle)*

BUKIT 4

Koordinat = 5°29'11.64"S
WGS 84 122°42'27.05"E
 Batas = 150 + H
 ketinggian yang diizinkan (maks) = 150 + 0,305 m
 = 150,305 m
 Beda tinggi = 445 m – 29,87 m
 muka tanah = 415,13 m
 Kelebihan = 415,13 m – 150,305 m
 ketinggian = 264,8 m *AES (Obstacle)*

BUKIT 5

Koordinat = 5°28'17.93"S
WGS 84 122°42'26.10"E
 Batas = 150 + H
 ketinggian yang diizinkan (maks) = 150 + 0,305 m
 = 150,305 m
 Beda tinggi = 513 m – 29,87 m
 muka tanah = 483,13 m
 Kelebihan = 483,13 m – 150,305 m
 ketinggian = 332,8 m *AES (Obstacle)*

BUKIT 6

Koordinat = 5°20'38.43"S
WGS 84 122°34'8.10"E
 Batas = 150 + H
 ketinggian yang diizinkan (maks) = 150 + 0,305 m
 = 150,305 m
 Beda tinggi = 366 m – 29,87 m
 muka tanah = 336,13 m
 Kelebihan = 336,13 m – 150,305 m
 ketinggian = 185,8 m *AES (Obstacle)*

Berdasarkan hasil dari visualisasi 3 dimensi pada Google Earth telah dilakukan proses analisis dan perhitungan secara menyeluruh terhadap setiap objek yang teridentifikasi sebagai *obstacle*. Seluruh data yang diperoleh telah diolah dan disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses klasifikasi serta penarikan kesimpulan terhadap potensi gangguan terhadap keselamatan dan operasional penerbangan sebagai berikut :

Tabel 4 Data Temuan *Obstacle* melalui visualisasi 3 dimensi

KAWASAN												
NO	NAMA OBJEK	KOORDINAT #WGS 84						ELEVASI		KETINGGIAN OBJEK (m)	KELEBIHAN KETINGGIAN (m)	KLASIFIKASI KAWASAN
		LINTANG SELATAN			BUJUR TIMUR							
		°	'	"	°	'	"	MSL (m)	AES (m)			
1	BUKIT 1	5	30	27.1	122	35	51.98	300	270.13	300	224.8	KPHD
2	BUKIT 2	5	30	57	122	36	23.4	299	269.13	299	160.13	KPKRC
3	BUKIT 3	5	32	51.3	122	39	1.3	401	371.13	401	220.8	KPHL
4	BUKIT 4	5	29	11.6	122	42	27.1	445	415.13	445	264.8	KPHL
5	BUKIT 5	5	28	17.93	122	42	26.1	513	483.13	513	332.8	KPHL
6	BUKIT 6	5	20	38.43	122	34	8.1	366	336.13	366	185.8	KPHL

KETERANGAN :
 KPHD : Kawasan di bawah Permukaan Horizontal Dalam
 KPKRC : Kawasan di bawah Permukaan Kerucut
 KPHL : Kawasan di bawah Permukaan Horizontal Luar

Ucapan Terima Kasih

Dalam proses penyusunan karya tulis ini, penulis memperoleh banyak dukungan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan kemudahan-Nya sehingga penulisan ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua tercinta atas doa dan dukungan yang tak pernah henti, serta kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan. Tak lupa, penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan TBL 7 atas kebersamaan, ide, dan bantuan yang turut mendukung kelancaran pelaksanaan tugas ini.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Kesimpulan disusun berdasarkan rumusan masalah yang ada. Sehingga penulis menyampaikan beberapa poin, sebagai berikut:

1. Tahapan analisis ini diawali dengan mengidentifikasi ketinggian objek-objek yang diduga berpotensi menjadi *obstacle* setelah pelaksanaan perpanjangan landas pacu sepanjang 210 meter ke arah *runway* 04. Selanjutnya, dilakukan analisis perhitungan untuk membandingkan ketinggian objek tersebut dengan batas ketinggian maksimum yang diperbolehkan pada masing-masing Kawasan di dalam area Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).
2. Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis objek yang diduga *obstacle* pada area Kawasan Keselamatan Operasi

Penerbangan di Bandar Udara Betoambari.

- a. Ditemukan 7 objek dari survei lapangan yang dapat dikategorikan sebagai *obstacle*, terdiri dari:
 1. 6 *Obstacle* pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan,
 2. 1 *Obstacle* pada Kawasan di bawah Permukaan Horizontal Dalam.Sementara itu, 3 objek lainnya tidak termasuk *obstacle*.
- b. Ditemukan 6 objek dari visualisasi secara 3 dimensi pada Google Earth yang dapat dikategorikan sebagai *obstacle*, terdiri dari:
 1. 1 *Obstacle* pada Kawasan di bawah Permukaan Horizontal Dalam
 2. 1 *Obstacle* pada Kawasan di bawah Permukaan Kerucut
 3. 4 *Obstacle* pada Kawasan di bawah Permukaan Horizontal Luar
3. Proses penggambaran dan pemetaan dilakukan melalui input batas-batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) serta *plotting* koordinat objek-objek yang telah ditetapkan sebagai *obstacle*. Visualisasi hasil penggambaran dan pemetaan disajikan dalam bentuk dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D).

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan, penulis menyampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan dan peningkatan keselamatan operasional, sebagai berikut:

1. *Monitoring* rutin terhadap potensi *obstacle* di KKOP perlu dilakukan setiap tahun, khususnya pasca perpanjangan landas pacu. Data *obstacle* termasuk dengan *obstacle chart* juga perlu diperbarui secara berkala untuk memastikan kesesuaian dengan regulasi ketinggian yang berlaku.
2. Pihak bandar udara disarankan segera mengajukan pelaporan terkait *obstacle* baru ke Direktorat Jenderal Perhubungan Udara agar tercantum dalam dokumen *Aerodrome Manual* dan *Aerodrome Information Publication* secara sah.
3. Sesuai Pasal 210 UU No. 1 Tahun 2009 yang berbunyi “Setiap orang dilarang berada di daerah tertentu di bandar udara, membuat halangan (*obstacle*), dan/atau melakukan kegiatan lain di kawasan keselamatan operasi penerbangan yang dapat membahayakan keselamatan dan keamanan penerbangan, kecuali memperoleh izin dari otoritas bandar udara”. Hal ini menegaskan larangan terhadap aktivitas berbahaya di kawasan keselamatan operasi penerbangan. Namun, agar larangan tersebut dipatuhi dan tidak disalahartikan, sangat penting dilakukan sosialisasi secara rutin kepada masyarakat di sekitar bandar udara.
4. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan proses penggambaran dan pemetaan dalam bentuk model 3 dimensi dengan konsep yang lebih komprehensif, guna memperoleh representasi spasial yang lebih akurat serta mendukung identifikasi dan analisis *obstacle* secara lebih efektif di kawasan keselamatan operasi penerbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. F., Mansyur, U., & Syahbandar, M. Y. (2024). Arahan Pengendalian Pemanfaatan Ruang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Dalam Rencana Pembangunan Bandar Udara Di Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perencanaan Wilayah dan Kota*, 1(1), 1–12.
- Fitriani, N. A., Pirwana, A., & Rijaluddin, A. (2021). Pemanfaatan Open Source Google Earth Untuk Perencanaan Jalan Kabupaten Majalengka. *Seminar Teknologi Majalengka: Kebangkitan Nasional Digital Era Industri 4.0: STIMA 5.0 2021, Majalengka, 21 Mei 2021* (pp.219-226). Majalengka, Indonesia: Universitas Majalengka
- Kementerian Perhubungan. (2023). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 55 Tahun 2023 tentang Tata Cara dan Prosedur Penetapan Lokasi Bandar Udara dan Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter*. Jakarta, Indonesia.
- Kementerian Perhubungan. (2023). *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor Pr 21 Tahun 2023 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual Of Standard CASR Part 139) Volume I Aerodrome Daratan*. Jakarta, Indonesia.
- Prayogi, R. S., Fatimah, S., & Rozi, F. (2022). Analisis Obstacle pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Di Bandar Udara Sultan Muhammad Salahuddin Bima. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan*, 6, 1–8.
<https://doi.org/10.46491/snitp.v6i1.1460>
- Rumata NA. Pola Pemanfaatan Lahan Di Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandar Udara Sultan Hasanuddin, Makassar. *Losari J.Ars Kot Man [Internet]*. 2020 Jan.10 [cited 2025Jul.18];5(1):23 -5.

- Saraswati, M., Winiasri, L., & Wulandari, N. S. (2021). Analisa Area Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Akibat Perubahan Panjang Runway pada Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa Besar. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 5(1), 30-36.
- Satryawan, K. M., Wasito, B., & Rozi, F. (2023). Analisis Obstacle Baru Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara Umu Meheng Kunda Waingapu. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 7, 47–56. <https://doi.org/10.46491/approach.v7i1.1817>
- Sinaga, O., Suprayogi, A., & Nugraha, A. L. (2020). Analisis 3D Modelling Untuk Deteksi Obstacle Zona Kkop Bandara Adi Soemarmo. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 217–226. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26166>
- Sobatnu, F., Irawan, F. A., & Salim A. (2017). Identifikasi dan Pemetaan Morfologi Daerah Aliran Sungai Martapura Menggunakan Teknologi GIS. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 1(2), 45-52. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v1i2.432>
- Utami, T. W. (2017). Pemodelan Mean Sea Level (MSL) Di Kota Semarang Dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Deret Fourier. *Seminar Nasional Publikasi Hasil-Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat: Implementasi Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Untuk Peningkatan Kekayaan Intelektual: Prosiding Seminar Nasional dan International 2017, Semarang, 30 September 2017* (388-393). Semarang, Indonesia: Universitas Muhammadiyah Semarang.