

Kajian Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandar Udara Hang Nadim Berdasarkan KM 47 Tahun 2022

Study of the Hang Nadim Obstacle Limitation Surface Based on KM 47 of 2022

Riefanya Fajariani Y.¹, Djoko Priambodo¹, Ir. Guritno¹

¹ Program Studi Teknik Dirgantara, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia

*Email Korespondensi: riefanyafy@gmail.com

Abstract

As a vast archipelagic nation, Indonesia heavily relies on air connectivity. To ensure aviation safety, a thorough understanding of the Obstacle Limitation Surface (OLS) is crucial. However, this understanding is often hindered by a lack of optimal data visualization. The objective of this study is to visualize and analyze the OLS at Hang Nadim International Airport, including the identification of potential obstacles. This study employs a descriptive-quantitative method, utilizing software such as Google Earth, AutoCAD, and ArcGIS for spatial analysis. The analysis reveals that no obstacles were found penetrating the OLS boundaries. This finding indicates that the area surrounding Hang Nadim International Airport complies with the prevailing flight operation safety standards. In conclusion, the application of geospatial technology proves to be an effective method for evaluating and ensuring compliance with OLS regulations.

Keywords : *Obstacle Limitation Surface (OLS), Obstacle, Hang Nadim Airport, Spatial Analysis.*

Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan sangat bergantung pada konektivitas udara. Untuk menjamin keselamatan penerbangan, pemahaman mendalam terkait Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) sangatlah penting. Namun, pemahaman ini sering terhambat oleh kurangnya visualisasi data yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk memvisualisasikan dan menganalisis KKOP di Bandar Udara Hang Nadim, termasuk mengidentifikasi potensi hambatan (*obstacle*). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kuantitatif dengan bantuan perangkat lunak Google Earth, AutoCAD, dan ArcGIS untuk analisis spasial. Hasil analisis menunjukkan tidak ditemukan adanya *obstacle* yang melanggar batas KKOP. Temuan ini mengindikasikan bahwa area di sekitar Bandar Udara Hang Nadim telah memenuhi standar keselamatan operasi penerbangan yang berlaku. Sebagai kesimpulan, pemanfaatan teknologi geospasial terbukti efektif untuk melakukan evaluasi dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi KKOP.

Kata kunci : Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP), Hambatan (*Obstacle*), Bandar Udara Hang Nadim, Analisis Spasial.

A. Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan, Indonesia sangat bergantung pada konektivitas transportasi udara untuk mendukung pergerakan penumpang dan barang. Di antara berbagai bandar udara yang ada, Bandar Udara Internasional Hang Nadim di Batam memegang peranan vital berkat lokasinya yang strategis dan fasilitas *runway* terpanjang di Indonesia. Tingginya volume penumpang, yang mencapai 1,9 juta pada tahun 2024, menempatkan jaminan keselamatan penerbangan sebagai prioritas mutlak, yang salah satunya diatur melalui Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP). Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah potensi ketidaksesuaian antara Rencana Induk bandar udara yang ditetapkan melalui KM 47 Tahun 2022 dengan kondisi faktual di lapangan pada tahun 2025. Pembangunan yang pesat di sekitar Batam berisiko memunculkan hambatan (*obstacle*) baru yang tidak tercakup dalam rencana induk, diperparah oleh kurangnya visualisasi data KKOP yang detail sehingga menyulitkan pengawasan.

Masalah pengawasan dan pelanggaran KKOP bukanlah hal baru di Indonesia. Beberapa penelitian sebelumnya telah menyoroti isu ini, seperti studi oleh Wulan (2020) yang menemukan pelanggaran ketinggian bangunan di KKOP Bandar Udara SAMS Sepinggan, Balikpapan. Serupa dengan itu, penelitian oleh Pratiningsih et al. (2020) mengidentifikasi keberadaan SPBU di bawah kawasan bahaya di Bandar Udara Fatmawati Soekarno, Bengkulu. Meskipun studi-studi tersebut membuktikan adanya isu pelanggaran yang berulang, terdapat celah penelitian (*research gap*) karena belum ada kajian spesifik yang mengevaluasi KKOP Bandar Udara Hang Nadim pasca ditetapkannya Rencana Induk KM 47 Tahun 2022 untuk diverifikasi dengan kondisi lapangan terkini.

Landasan teoretis dan hukum penelitian ini mengacu pada Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan sebagai kerangka hukum utama yang mendefinisikan konsep keselamatan penerbangan dan KKOP. Sementara itu, kajian pustaka yang menjadi acuan teknis spesifik adalah Keputusan Menteri (KM) No. 47 Tahun 2022 tentang Rencana Induk Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam. Dokumen ini menjadi pedoman utama yang menetapkan batas-batas serta kriteria KKOP untuk tahap pengembangan akhir (*ultimate*) bandar udara yang dianalisis dalam penelitian ini.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memaparkan, memetakan, dan memvisualisasikan secara detail batas-batas KKOP Bandar Udara Internasional Hang Nadim sesuai Rencana Induk KM 47 Tahun 2022. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis potensi hambatan (*obstacle*) baru di sekitar kawasan

bandar udara guna mengevaluasi kesesuaian antara rencana induk dengan kondisi faktual demi menjamin keselamatan penerbangan.

B. Metode Penelitian

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada penetapan batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) di Bandar Udara Internasional Hang Nadim. Penetapan batas KKOP ini dilakukan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan penerbangan yang mengacu pada PM 55 Tahun 2023. Proses penelitian ini melibatkan pengukuran langsung terhadap objek di lapangan dan perhitungan matematis untuk mengevaluasi potensi bahaya fisik secara objektif.

Pengumpulan Data

- A. Data Primer : Data hasil survei dan perhitungan hambatan (*obstacle*) langsung di sekitar Bandar Udara Hang Nadim.
- B. Data Sekunder : Rencana Induk Bandar Udara Hang Nadim (Keputusan Menteri Nomor 47 Tahun 2022) dan Peta DEMNAS yang didapat dari Badan Geospasial Indonesia.

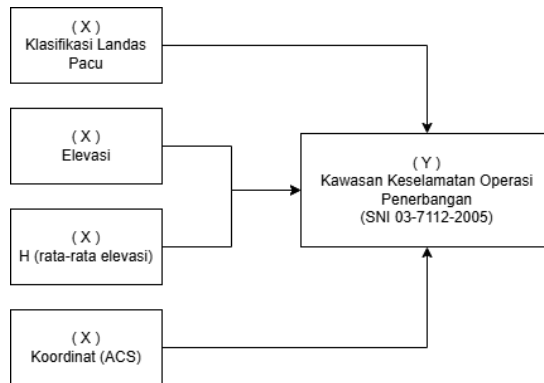
Pengolahan Data

- A. Penetapan Batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan, berdasarkan Rencana Induk Bandar Udara Hang Nadim dan SNI 03-7112-2005
- B. Perhitungan Ketinggian, dalam sistem Aerodrome Elevation System (AES), Mean Sea Level (MSL), dan Above Ground Level (AGL)
- C. Pengolahan Data DEMNAS, dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS sehingga dapat menghasilkan peta kontur Pulau Batam.
- D. Superposisi Batas KKOP dan Peta Kontur, untuk membandingkan ketinggian tanah dengan batas ketinggian yang diizinkan.

Alat dan Instrumen

- A. Alat yang Digunakan : Tongkat dan meteran untuk memperkirakan ketinggian hambatan (*Obstacle*) (Susanto, 2024).
- B. Perangkat Lunak : AutoCAD ArcGIS, dan Google Earth.

Variabel Penelitian



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 1 Variabel Penelitian

Analisis Data

- A. Analisis Spasial : Kepatuhan topografi di bawah Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan, dengan menggunakan teknik superposisi pada ArcGIS.
- B. Analisis Kuantitatif : Menaksir ketinggian hambatan (*Obstacle*) dengan menggunakan alat lalu dihitung menggunakan persamaan berikut (Susanto, 2024) :

$$\frac{X_2}{J_1} = \frac{X_1}{(J_1 + J_2)}$$

Keterangan :

X_1 = tinggi bangunan

X_2 = selisih tinggi mata pengukur dengan ujung bangunan

J_1 = Jarak antara pengukur dengan pipa

J_2 = Jarak antara pipa dengan bangunan

C. Hasil dan Pembahasan

Fasilitas Bandar Udara

Bandar Udara Internasional Hang Nadim dengan klasifikasi bandar udara 4E, instrumen presisi kategori I. Pada pembangunan tahap akhir (*ultimate*) bandar udara ini memiliki dua *runway*, yaitu satu landas pacu eksisting dan satu *runway* baru sejajar berjarak 635 m.

Runway eksisting (04L/22R) memiliki dimensi 4025 m x 45 m. Elevasi *runway* ini berada pada ketinggian $\pm 38,15$ meter di atas permukaan laut (msl) untuk ujung *runway* 04L dan $\pm 21,03$ msl untuk ujung *runway* 22R. Sementara itu, *runway* baru (04R/22L) memiliki

tertentu, dengan ketinggian untuk setiap titik pada permukaan utama diperhitungkan sama dengan ketinggian terdekat pada sumbu *runway*. (PM 55 Tahun 2023)

Pembuatan peta KKOP didasarkan pada tahap pengembangan akhir (*ultimate*) bandar udara. Hal ini bertujuan untuk menjamin keselamatan penerbangan secara maksimal. Selain itu bertujuan untuk memberikan kepastian hukum bagi pengembangan wilayah di sekitarnya dengan mencegah potensi halangan di masa depan.

Permukaan utama berada pada 60 m dari ujung *runway*. Berdasarkan ketentuan tersebut, spesifikasi dimensi total untuk permukaan utama di Bandar Udara Internasional Hang Nadim disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Spesifikasi Permukaan Utama

Uraian	Spesifikasi
<i>Runway Eksisting</i>	4145 m x 280 m
<i>Runway Baru</i>	3720 m x 280 m

Sumber : Peneliti (2025)

Aerodrome Coordinate System (ACS)

Sistem koordinat yang digunakan dalam analisis ini adalah *Aerodrome Coordinate System* (ACS), sesuai dengan ketentuan dalam PM 55 Tahun 2023. ACS merupakan sistem kartesius lokal yang titik referensinya berpusat pada salah satu ujung *runway*. Untuk Bandar Udara Internasional Hang Nadim, Rencana Induk bandar udara (KM No. 47 Tahun 2022) menetapkan bahwa titik referensi ACS ini terletak di ujung *runway* 22 (*eksisting*), dengan *azimuth* $41^{\circ} 37' 6,94''$ - $221^{\circ} 37' 6,94''$.

Aerodrome Elevation System (AES)

Sistem elevasi yang digunakan dalam analisis ini adalah *Aerodrome Elevation System* (AES) sesuai dengan ketentuan dalam PM 55 Tahun 2023. AES menggunakan elevasi ambang *runway* terendah sebagai titik referensi terhadap ketinggian titik-titik lainnya yaitu ujung *runway* 22R dengan besaran ketinggian ambang *runway* terendah adalah 0,00 m AES atau 21,03 msl.

Ketinggian Ambang Batas Landas Pacu Rata-Rata (H)

Perhitungan rata-rata ketinggian ambang *runway* merupakan beda tinggi antara dua ambang *runway* dibagi dua, hasilnya dibulatkan ke bawah. Membulatkan pembagian H ke bawah ini berguna untuk mengutamakan keselamatan penerbangan dan dianggap lebih menguntungkan karena memiliki ruang udara yang lebih luas sehingga memudahkan

pesawat untuk lepas landas, mendarat dan bermanuver. Saat di lokasi, ketinggian H ini tidak ada wujudnya sebab H hanyalah perhitungan imajiner.

Tabel 2 Nilai H pada *Runway* Eksisting

Ujung <i>Runway</i> 04L	38,15 mdpl / 17,12 AES
Ujung <i>Runway</i> 22R	21,03 mdpl / 0.00 AES
Rata-Rata Elevasi Ujung <i>Runway</i> (H)	$\frac{38,15 - 21,03}{2} = 8,56 \approx 8 \text{ m AES}$

Sumber : Peneliti (2025)

Tabel 3 Nilai H pada *Runway* Baru

Ujung <i>Runway</i> 04R	38 mdpl / 16,97 AES
Ujung <i>Runway</i> 22L	23 mdpl / 1,97 AES
Rata-Rata Elevasi Ujung <i>Runway</i> (H)	$\frac{38 - 23}{2} = 7,5 \approx 7 \text{ m AES}$

Sumber : Peneliti (2025)

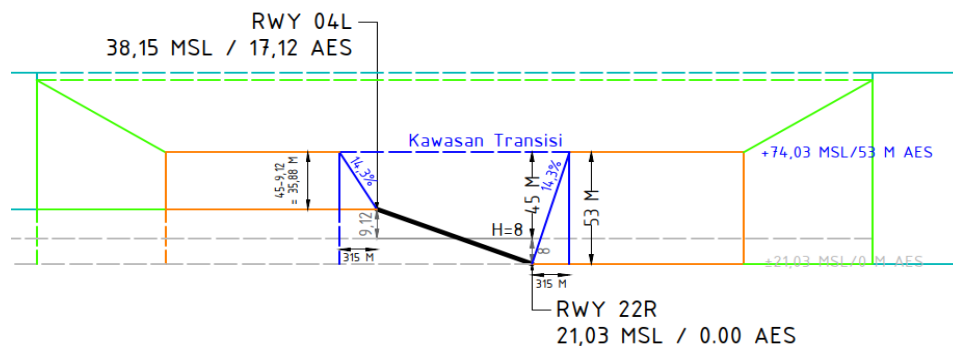
Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) terdiri dari beberapa zona, di mana setiap zona memiliki batasan dimensi dan ketinggian yang spesifik. Rincian untuk setiap zona tersebut adalah sebagai berikut :

- A. Kawasan Transisi : Memiliki kemiringan 14,3%, meluas keluar sampai jarak mendarat 315 m, sampai memotong permukaan horizontal dalam. Memiliki batas ketinggian sebagai berikut :

Tabel 4 Batas Ketinggian Kawasan Transisi

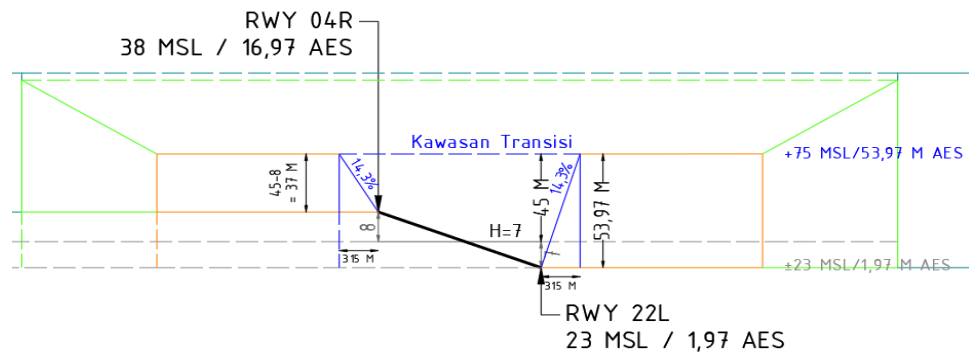
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	53 m AES / 74,03 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	53,97 m AES / 75 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 3 Potongan Nonskala Kawasan Transisi *Runway Eksisting*



Sumber : Peneliti (2025)

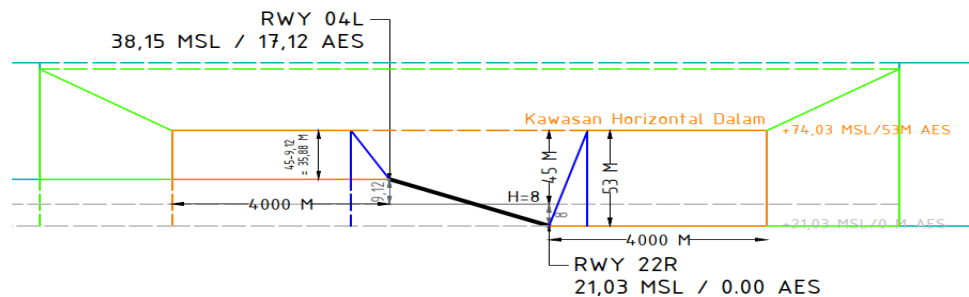
Gambar 4 Potongan Nonskala Kawasan Transisi *Runway* Baru

- B. Kawasan Horizontal Dalam : Dibatasi oleh lingkaran dengan radius 4000 m, dimulai dari titik tengah pada tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan. Memiliki batas ketinggian sebagai berikut :

Tabel 5 Batas Ketinggian Kawasan Horizontal Dalam

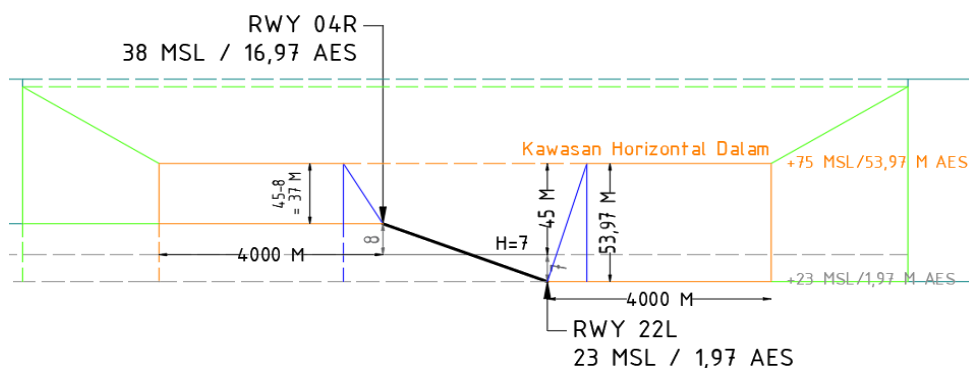
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	53 m AES / 74,03 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	53,97 m AES / 75 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 5 Potongan Nonskala Kawasan Horizontal Dalam *Runway Eksisting*



Sumber : Peneliti (2025)

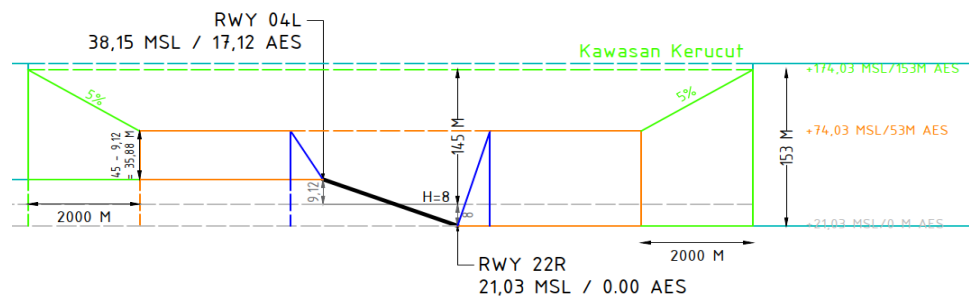
Gambar 6 Potongan Nonskala Kawasan Horizontal Dalam *Runway* Baru

- C. Kawasan Kerucut : Dibatasi dari tepi luar kawasan horizontal dalam, meluas dengan jarak mendatar 2000 m dengan kemiringan 5% ke arah atas dan keluar. Memiliki batasan ketinggian sebagai berikut :

Tabel 6 Batasan Ketinggian Kawasan Kerucut

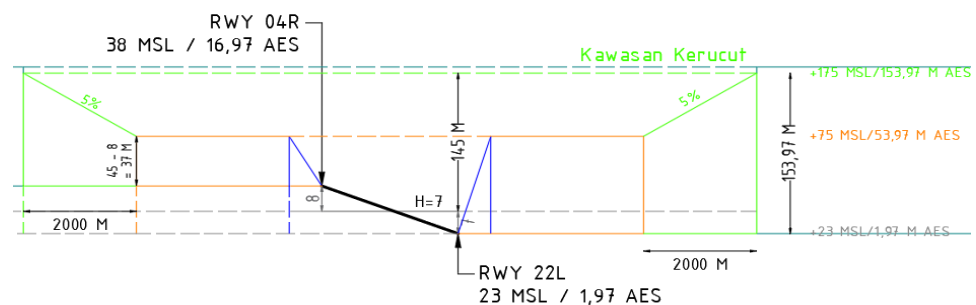
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	53 m AES / 74,03 msl sampai dengan 153 m AES / 175,03 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	53,97 m AES / 75 msl sampai dengan 153,97 m AES / 175 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 7 Potongan Nonskala Kawasan Kerucut *Runway Eksisting*



Sumber : Peneliti (2025)

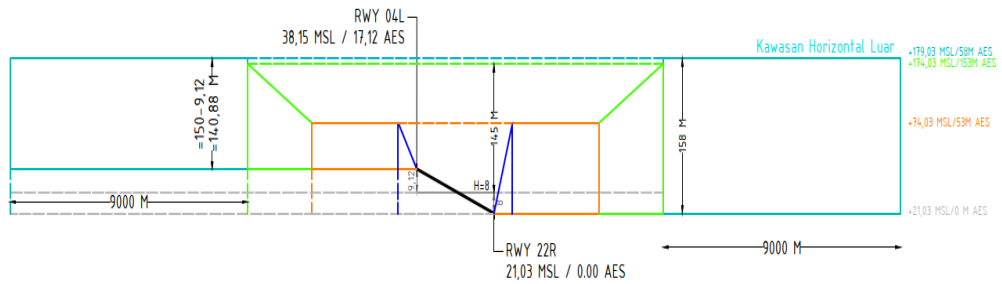
Gambar 8 Potongan Nonskala Kawasan Kerucut *Runway Baru*

- D. Kawasan Horizontal Luar : Dibatasi oleh lingkaran dengan radius 15.000 m dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan. Memiliki batas ketinggian sebagai berikut :

Tabel 7 Batas Ketinggian Kawasan Horizontal Luar

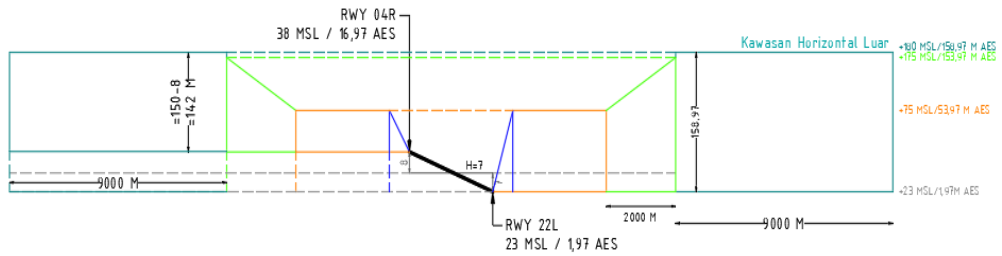
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	158 m AES / 179,03 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	158,97 m AES / 180 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 9 Potongan Nonskala Kawasan Horizontal Luar *Runway Eksisting*



Sumber : Peneliti (2025)

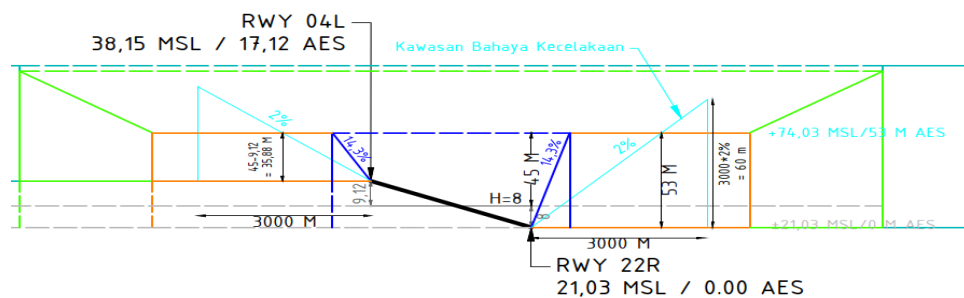
Gambar 10 Potongan Nonskala Kawasan Horizontal Luar *Runway Baru*

- E. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan : Dibatasi oleh jarak mendatar sejauh 3000 m dari ujung permukaan utama, dengan kemiringan 2% dengan lebar awal 300 m dan lebar akhir 1200 m. Ketinggian pada kawasan ini superposisi dengan kawasan horizontal dalam, sehingga memiliki batas ketinggian sebagai berikut :

Tabel 8 Batas Ketinggian Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

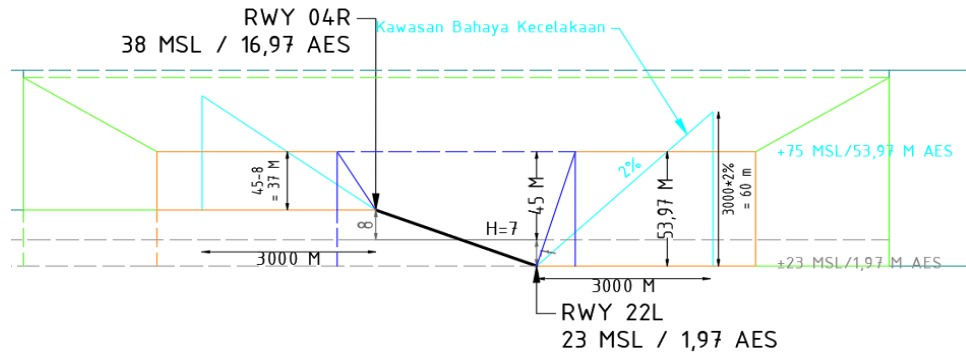
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	53 m AES / 74,03 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	53 m AES / 75 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 11 Potongan Nonskala Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan *Runway Eksisting*



Sumber : Peneliti (2025)

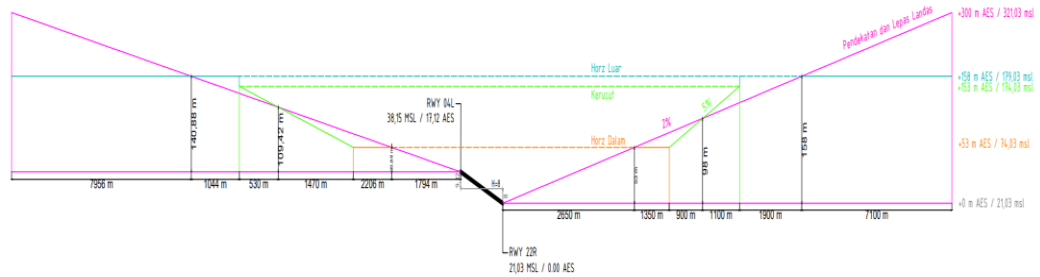
Gambar 12 Potongan Nonskala Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan *Runway* Baru

F. Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas : Dimulai pada 60 m dari ujung *Runway* dengan lebar awal 1.200 m. Kawasan ini membentang secara horizontal sejauh 15.000 m, melebar secara bertahap (divergensi 12% kemudian 15%) hingga mencapai lebar akhir 4.800 m. Ketinggian pada kawasan ini mengikuti ketinggian kawasan yang dilewatinya (superimpose), sehingga kawasan ini memiliki ketinggian sebagai berikut :

Tabel 9 Batas Ketinggian Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas

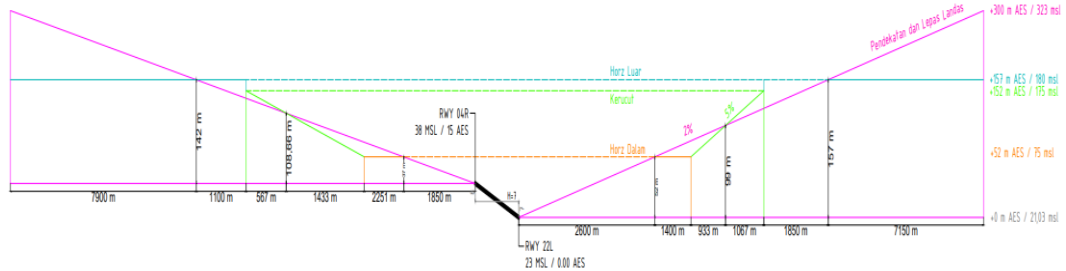
<i>Runway</i>	H (Rata-Rata)	Batas Ketinggian
<i>Eksisting</i> (04L/22R)	8 m AES	Tumpang tindih dengan Kawasan Horizontal Dalam
		53 m AES / 74,03 msl
		Tumpang tindih dengan Kawasan Kerucut
		04L : 126,54 m AES / 147,57 msl
		22R : 115,12 m AES / 136,15 msl
		Tumpang tindih dengan Kawasan Horizontal Luar
Baru (04R/22L)	7 m AES	158 m AES / 179,03 msl
		Tumpang tindih dengan Kawasan Horizontal Dalam
		53,97 m AES / 75 msl
		Tumpang tindih dengan Kawasan Kerucut
		04R : 125,63 m AES / 146,66 msl
		22L : 97,34 m AES / 118,37 msl
Baru (04R/22L)	7 m AES	Tumpang tindih dengan Kawasan Horizontal Luar
		158,97 m AES / 180 msl

Sumber : Peneliti (2025)



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 13 Potongan Nonskala Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas *Runway Eksisting*



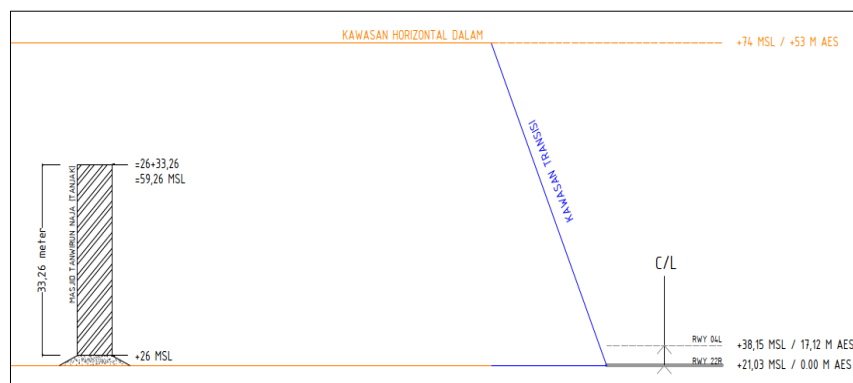
Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 14 Potongan Nonskala Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas *Runway Baru*

Identifikasi Hambatan (*Obstacle*)

Pada penelitian ini, peneliti mengambil 3 objek tertinggi di sekitar Pulau Batam untuk diperhitungkan ketinggiannya, diantaranya :

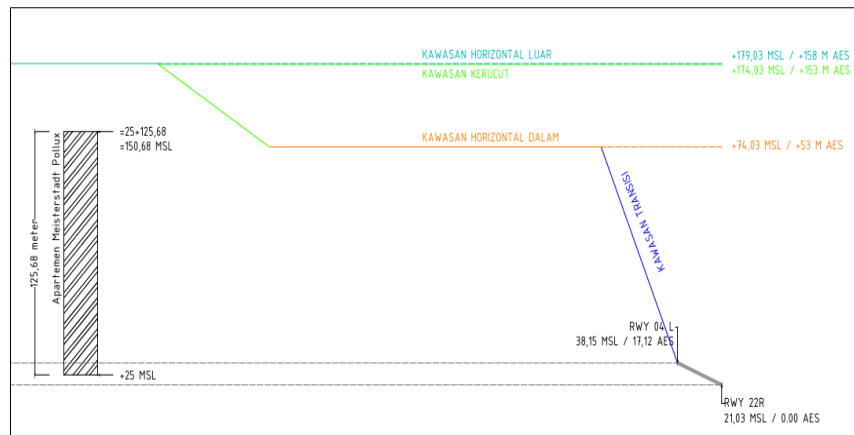
- A. Masjid Tanwirun Naja' : Masjid ini terletak pada Kawasan Horizontal Dalam dengan ketinggian 59,26 msl atau 33,26 m AGL berada pada koordinat ACS (X=17.758 m; Y=20.792 m). Ketinggian ini masih termasuk dalam batas aman kawasan.



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 15 Masjid Tanwirun Naja'

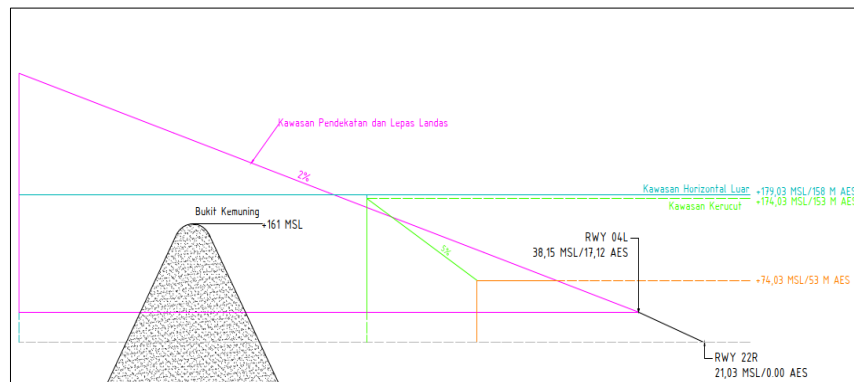
- B. Apartemen Meisterstadt Pollux : Apartemen ini terletak pada Kawasan Horizontal Luar dengan ketinggian 150,68 msl atau 125,68 m AGL berada pada koordinat ACS (X=12.486 m; Y=26.158 m). Ketinggian ini masih termasuk dalam batas aman kawasan.



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 16 Apartemen Meisterstadt Pollux

C. Bukit Kemuning : Bukit ini terletak pada Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas dengan ketinggian 162 msl berada pada koordinat ACS (X=6.103 m; Y=20.724 m).. Ketinggian ini masih termasuk dalam batas aman kawasan.



Sumber : Peneliti (2025)

Gambar 17 Bukit Kemuning

D. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Seluruh pengukuran elevasi harus mengacu pada satu titik referensi tunggal (*Aerodrome Elevation System/AES*) yang ditentukan dari ujung *runway* terendah. Berdasarkan pembahasan, telah ditetapkan batas ketinggian untuk setiap zona dalam Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan. Aturan yang berlaku adalah menggunakan batas ketinggian yang paling rendah, yaitu mengikuti ketinggian pada *runway* eksisting. Sehingga ketinggian pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di sekitar Bandar Udara Internasional Hang Nadim sebagai berikut :

Tabel 10 Batas Ketinggian Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Kawasan	Batas Ketinggian
---------	------------------

	<i>Aerodrome Elevation System / AES (m)</i>	<i>Mean Sea Level / MSL (m)</i>
Kawasan di Bawah Permukaan Transisi	53	74,03
Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam	53	74,03
Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut	53 sampai 153	74,03 sampai 174,03
Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Luar	158	179,03
Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan	53	74,03
Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas		
Superposisi Dengan Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam		
<i>Runway 04</i>	53	74,03
<i>Runway 22</i>	53	74,03
Superposisi Dengan Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut		
<i>Runway 04</i>	126,54	147,57
<i>Runway 22</i>	115,12	136,15
Superposisi Dengan Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Luar		
<i>Runway 04</i>	158	179,03
<i>Runway 22</i>	158	179,03

Sumber : Peneliti (2025)

Sedangkan terkait perhitungan tiga objek diduga hambatan (*obstacle*), dapat disimpulkan bahwa ketiganya tidak melebihi batas ketinggian yang telah ditentukan. Dengan demikian, keberadaan ketiga objek tersebut dinyatakan aman dan tidak menjadi hambatan (*obstacle*) bagi operasional penerbangan di sekitar Bandar Udara Hang Nadim, Batam.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dirumuskan beberapa saran strategis dan operasional untuk menjaga integritas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) Bandar Udara Hang Nadim. Pada tingkat kebijakan, pemanfaatan teknologi geospasial dan visualisasi detail dari penelitian ini dapat digunakan untuk memperkuat akurasi verifikasi pada aplikasi perizinan bangunan Pemerintah Daerah yang terintegrasi dengan kementerian terkait. Mengingat radius KKOP yang luas mencapai 15.000 m, hasil analisis spasial ini dapat membantu otoritas bandar udara dalam memberikan rekomendasi ketinggian yang lebih presisi bagi pengembang. Lebih lanjut, pada tingkat operasional, sangat penting untuk dilakukannya pemantauan dan pengawasan berkala oleh otoritas terkait terhadap setiap pembangunan baru maupun benda tumbuh seperti pepohonan. Sinergi antara kepastian regulasi dan pengawasan aktif di lapangan ini merupakan kunci untuk mencegah pelanggaran batas ketinggian dan menjamin keselamatan penerbangan jangka panjang.

E. Daftar Pustaka

Agung Pribadi. (2020). Fungsi Bola-Bola Di Kabel Sutet.

<https://origin.kompas.tv/feature/112162/fungsi-bola-bola-di-kabel-sutet>

Alfian. (2014). Analisis Batas Ketinggian Maksimum Bangunan Pada Kawasan Pendekatan Pendaratan Dan Lepas Landas Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II.

Aris. (2020, Juli 7). Bandara Hang Nadim, Bandara Kelas Utama di Indonesia.

batampos.co.id. <https://batampos.co.id/2020/07/07/bandara-hang-nadim-bandara-kelas-utama-di-indonesia/>

Darmawan. (2023, Maret 31). Clinometer: Alat Pengukur Sudut Elevasi untuk Berbagai Profesi. Darmasakti.com. <https://darmasakti.com/clinometer-alat-pengukur-sudut-elevasi-untuk-berbagai-profesi>

Geoportal BIG. (t.t.). Diambil 28 Maret 2025, dari <https://geoportal.big.go.id/#/>

Humas. (2023, April 3). Masjid Tanjak Jadi Pilihan Ngabuburit Warga Kota Batam. BP Batam. <https://bpbatam.go.id/masjid-tanjak-jadi-pilihan-ngabuburit-warga-kota-batam/>

ICAO. (2018). *Aerodromes: Aerodromes Design and Operations*. ICAO.

Ina-Geoportal. (t.t.). Diambil 13 Juli 2025, dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>

Iqbal, M., & Partono, J. (2018). Analisis Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan Di Sekitar Bandara Husein Sastranegara Bandung.

Just Indonesia Summit. (2019). Cara Sederhana Dalam Menghitung Zona UTM Indonesia. <https://kisahpendakiangunungraung.blogspot.com/2019/11/mencari-zona-utm-wilayah-indonesia.html>

Keputusan Menteri No. 47 Tentang Rencana Induk Bandar Udara Hang Nadim Batam. (2022).

Krisna Mukti Satryawan. (2023). Analisis Obstacle Baru Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Di Bandar Udara Umu Mehang Kunda Waingapu.

- Lailatul Maghfiroh, N. (2023). Sistem Informasi Geografis (SIG): Pengertian, Komponen, Analisis, dan Fungsi. Aku Pintar. <https://akupintar.id/info-pintar/-/blogs/sistem-informasi-geografis-sig-pengertian-komponen-analisis-dan-fungsi>
- Latar Belakang. (t.t.). BP Batam. Diambil 14 Juli 2025, dari <https://bpbatam.go.id/profil/latar-belakang/>
- Nunuk, P., Kuntjoro, M. B., & Sinaga, T. A. M. (2020). Analisa Kawasan Keselamatan Operasi Keselamatan Penerbangan Dalam Rangka Pengoperasian Dan Pengembangan Bandar Udara Fatmawati Soekarno Bengkulu. *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviati*, 13(03), 50–57. <https://doi.org/10.54147/langitbiru.v13i3.353>
- Pamuraharjo, H., Utami, S., Mustofa, Saptono, & Rohman, T. (2021). Sosialisasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) Langit Biru*, 2, 31–38. <https://doi.org/10.54147/jpkm.v2i01.451>
- Peraturan Menteri No 40 Tentang Penggunaan Balon Udara Pada Kegiatan Budaya Masyarakat. (2018).
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 55 Tentang Tata Cara dan Prosedur Penetapan Lokasi Bandara dan Tempat Pendaratan dan Lepas Landas Helikopter. (2023).
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 63 Tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 Tentang Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak. (2021).
- Persada, G. S. (2024, April 16). Memahami Peta Kontur: Panduan Lengkap untuk Pemula - Geo Survey Persada. <https://geosurveypersada.com/education/memahami-peta-kontur/>, <https://geosurveypersada.com/education/memahami-peta-kontur/>
- Prayogi, R. S., Fatimah, S., & Rozi, F. (2022). Analisis Obstacle Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Di Bandar Udara Sultan Muhammad Salahuddin Bima.

- Riau, B. P. S. P. K. (2023). Angkutan Udara—Jumlah Penumpang Datang Penerbangan Domestik Menurut Bandara—Tabel Statistik. <https://kepri.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTc1IzI=/angkutan-udara---jumlah-penumpang-datang-penerbangan-domestik-menurut-bandara--jiwa-.html>
- Salmaa. (2022, Juli 19). Variabel Penelitian: Pengertian, Macam-Macam, dan Cara Menentukannya. Penerbit Deepublish. <https://penerbitdeepublish.com/variabel-penelitian/>
- Sena, A. (2008, Sabtu, Mei). Angkasa Sena: Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (kkop). Angkasa Sena. <https://angkasasena.blogspot.com/2008/05/kawasan-keselamatan-operasi-penerbangan.html>
- Sinaga, O., Suprayogi, A., & Nugraha, A. L. (2020). Analisis 3d Modelling Untuk Deteksi Obstacle Zona Kkop Bandara Adi Soemarmo.
- SNI 03-7051-2004 Tentang Pemberian Tanda dan Pemasangan Lampu Halangan (Obstacle Light) di Sekitar Bandar Udara. (2004).
- SNI 03-7112-2005 Tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan. (2005).
- Susanto, A. (2024, Juni 4). Cara Menaksir Tinggi Pohon Pramuka. Pramuka-Ku. <https://pramukaku.com/cara-menaksir-tinggi-pohon-pramuka/>
- tarubali PUPRKIM Prov Bali. (2024, Februari 27). Konsep Dasar ArcGIS. Sistem Informasi Wilayah dan Tata Ruang Bali. <https://tarubali.baliprov.go.id/konsep-dasar-arcgis/>
- Udara, D. J. P. (t.t.). Bandar Udara: Hang Nadim. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Diambil 18 Juli 2025, dari <https://hubud.kemenhub.go.id/hubud/website/>
- Ujianto, B. T. (2016). Modul Ajar Dasar AutoCad 2016.
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan. (2009).
- What Is a Drone? | Built In.* (t.t.). Diambil 4 Agustus 2025, dari <https://builtin.com/drones>

Wulan, S. E. R. (2020). Penegakan Hukum Terhadap Pemilik Bangunan Yang Tidak Sesuai Dengan Pengaturan Mengenai Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Di Kota Balikpapan. 2.

Xmantana Lellot's. (2012, Juli 10). Clinometer.

<https://a2karim99.wordpress.com/pengukuran-2/pengukuran-kayu/clinometer/>

Yudiyo Utomo. (2015). Kajian Pemanfaatan Data Google Earth Pro Untuk Pemetaan Skala Besar, Guna Evaluasi Peta RBI.