

Visualisasi 3 Dimensi Tinggi Bangunan terhadap Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP)

Cut Sahda Nabila dan Yanto Budisusanto

Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: yanto_b@geodesy.its.ac.id.

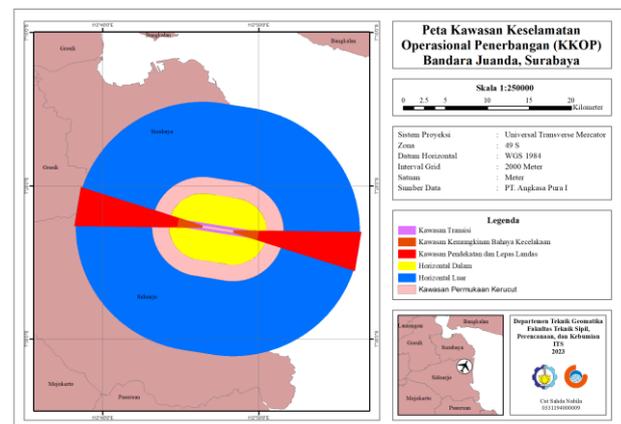
Abstrak—Keselamatan penerbangan adalah suatu keadaan yang mensyaratkan keselamatan dalam moda transportasi udara terpenuhi. Untuk mendukung terwujudnya keselamatan penerbangan di Indonesia, Pemerintah mengeluarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, yang salah satunya membahas tentang ruang udara bebas di sekitar bandara yang disebut dengan Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP). Berdasarkan peraturan tersebut, seharusnya tidak ada objek apapun dalam wilayah KKOP yang dapat membahayakan penerbangan. Namun, masih banyak ditemukan objek-objek yang terindikasi sebagai rintangan di dalam wilayah KKOP berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 bab 3. Di sekitar Bandara Juanda Surabaya, terdapat bangunan yang dianggap melebihi batas KKOP, yaitu gedung City of Tomorrow karena memiliki ketinggian 115 m di dalam radius 8 hingga 10 km. Perlu dibuat sebuah model visualisasi yang dapat menggambarkan ketinggian-ketinggian dari objek di sekitar bandara agar proses pendataan dan seleksi dapat dilakukan dengan akurat. Visualisasi 3 dimensi dari objek dapat ditampilkan secara lebih mudah teridentifikasi dan dapat terlihat lebih jelas ketika melebihi ketinggian KKOP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 30 bangunan yang melebihi batas ketinggian KKOP. Empat diantaranya berada di kawasan permukaan kerucut.

Kata Kunci—Visualisasi, 3 Dimensi, KKOP, Tinggi, Bangunan.

I. PENDAHULUAN

KESELAMATAN penerbangan adalah suatu keadaan yang mensyaratkan keselamatan dalam moda transportasi udara terpenuhi. Untuk mendukung terwujudnya keselamatan penerbangan di Indonesia, Pemerintah mengeluarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan. Berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 2009, KKOP adalah wilayah daratan dan/atau perairan serta ruang udara di sekitar bandar udara yang digunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan atau dengan kata lain, KKOP adalah wilayah bebas rintangan di sekitar bandara.

Berdasarkan hal tersebut, seharusnya tidak ada objek apapun, seperti bangunan atau menara dalam wilayah KKOP yang dapat membahayakan penerbangan, terutama jika ditinjau dari segi tingginya. Namun, masih banyak ditemukan objek-objek yang terindikasi sebagai rintangan di dalam wilayah KKOP. Pada tahun 2010, ditemukan pelanggaran oleh gedung City of Tomorrow terhadap KKOP Bandara Juanda karena memiliki ketinggian 115 m di dalam radius 8 hingga 10 km. Hal tersebut tidak sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 bab 3 pasal 16 karena di dalam radius 8 km, batas tinggi



Gambar 1. Peta KKOP Bandara Juanda.

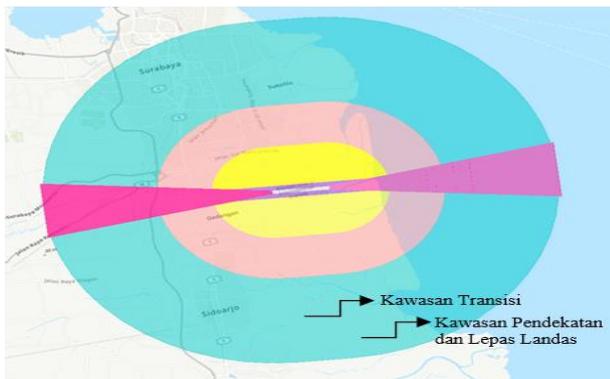
bangunan adalah 90 meter saja. Selain gedung tersebut, penelitian terkait batas aman KKOP juga pernah dilakukan dan ditemukan bahwa Masjid Ar-Ridho Sedati Sidoarjo terindikasi melebihi batas KKOP Bandara Juanda Surabaya [1].

Berdasarkan dua kasus tersebut, perlu dibuat sebuah model visualisasi yang dapat menggambarkan ketinggian-ketinggian dari objek di sekitar bandara agar proses pendataan dan seleksi dapat dilakukan dengan akurat. Visualisasi 3 dimensi dirasa tepat untuk menjawab hal tersebut. Hasil visualisasi akan menampilkan data fisik dari objek bangunan dan wilayah KKOP yang merupakan batas imajiner secara 3 dimensi. Penelitian ini secara spesifik menunjukkan model 3 dimensi dari KKOP Bandara Juanda dan bangunan di dalamnya serta menganalisa kemungkinan bangunan-bangunan yang tingginya melebihi batas KKOP Bandara Juanda. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi *stakeholder* terutama di sekitar wilayah bandara bahwa terdapat Batasan ruang yang harus dipahami agar keselamatan penerbangan terjamin. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan edukasi bahwa model dan visualisasi 3 dimensi dapat mempermudah pemahaman bagi masyarakat secara umum bahwa terdapat ruang di sekitar wilayah bandara yang harus dipatuhi.

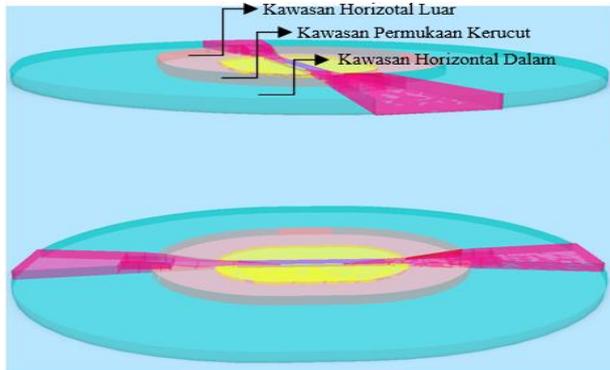
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1 berada pada rentang koordinat $7^{\circ} 14' 37.649''$ - $7^{\circ} 31' 0.256''$ LS dan $112^{\circ} 38' 15.31''$ - $112^{\circ} 56' 29.304''$ BT. Wilayah KKOP Bandara Juanda, Surabaya meliputi sebagian dari wilayah Surabaya, Sidoarjo, dan sedikit di wilayah Gresik. Wilayah KKOP Bandara Juanda.



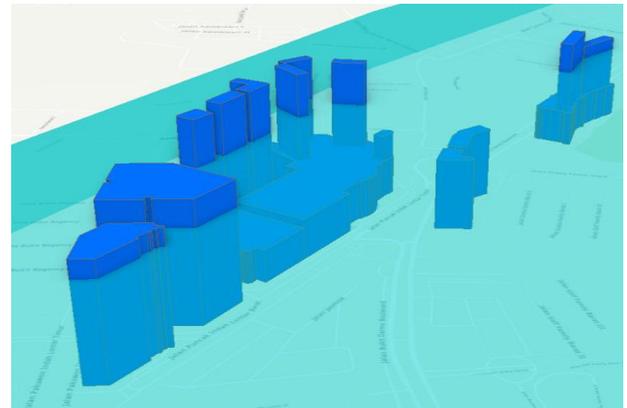
Gambar 2. Visualisasi 3 dimensi KKOP Bandara Juanda tampak atas.



Gambar 3. Pembagian wilayah KKOP.



Gambar 4. Bangunan di dalam wilayah KKOP.



Gambar 5. Overlay bangunan dengan KKOP.

B. Data dan Peralatan

1) Data

Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Peta KKOP Bandara Juanda Surabaya yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I.
- Data lokasi dan ketinggian bangunan di dalam wilayah KKOP Bandara Juanda yang diperoleh dari *Open Street Map* (OSM).
- Data *Digital Elevation Model* (DEM) di dalam wilayah KKOP yang diperoleh dari DEMNAS.

2) Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

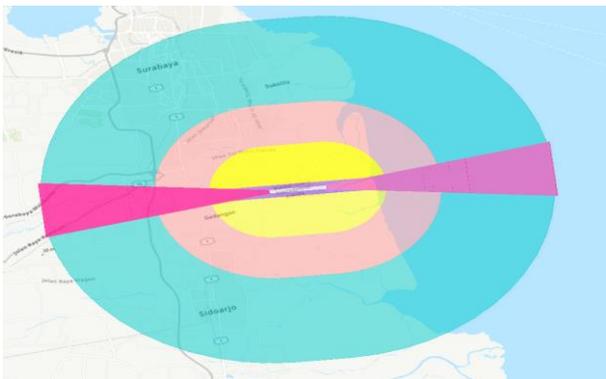
- Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan peta ini adalah laptop dengan *processor intel core i7*, RAM 8 GB, dan penyimpanan internal 500GB. Laptop beroperasi dengan sistem operasi *Windows 10 Pro*.
- Sistem aplikasi geografis untuk melakukan substraksi data raster dan visualisasi 3 dimensi.
- Sistem aplikasi Office 365 berupa Microsoft Word, Microsoft Excel, dan Microsoft Power Point untuk mendukung proses pengerjaan penelitian.

C. Tahapan Penelitian

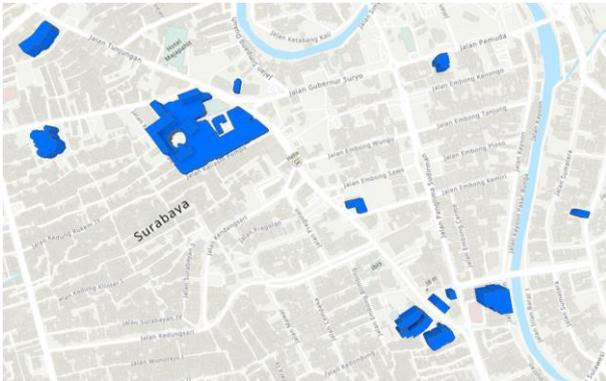
Lokasi dan dimensi KKOP didasarkan pada Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Sekitar Bandar Udara Juanda Surabaya yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I. Pembuatan model 3 dimensi KKOP diawali dengan membuat gambar dasar model KKOP berdasarkan sebaran titik koordinatnya. Konsep 3 dimensi menunjukkan sebuah objek atau ruang terdiri dari kedalaman, lebar, dan

tinggi [2]. Model 3 dimensi dibuat dengan menambahkan informasi ketinggian dan kemiringan pada gambar dasar dari peraturan yang sama. KKOP terdiri dari 5 wilayah, yaitu Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas, Kawasan Transisi, Kawasan Horizontal Dalam, Kawasan Permukaan Kerucut, dan Kawasan Horizontal Luar. Setiap kawasan diberi warna yang berbeda untuk mempermudah indentifikasi.

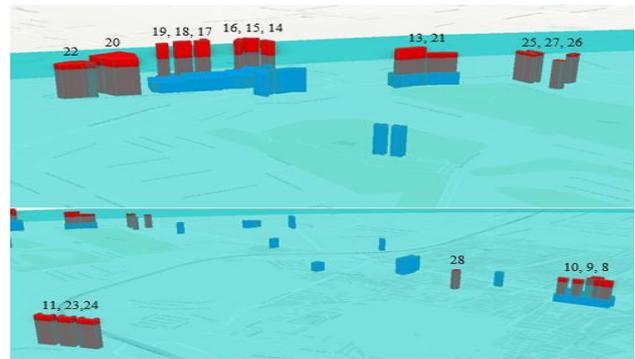
Informasi terkait bangunan di dalam KKOP diperoleh dari data *Open Street Map*. Bangunan di dalam wilayah KKOP ditunjukkan Gambar 4. Data tersebut berformat *polygon* 2 dimensi beratributkan nama dan ketinggian bangunan yang telah memiliki referensi geografis. Data terkait ketinggian bangunan di dalam KKOP juga didasarkan pada daftar *obstacle* Bandara Juanda milik PT. Angkasa Pura I tahun 2011 dan data milik *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* tahun 2023. Atribut ketinggian digunakan untuk membuat model 3 dimensi dari bangunan. Model 3 dimensi bangunan di dalam KKOP akan ditumpuk dengan model 3 dimensi KKOP dengan titik referensi yang sama, yaitu berdasarkan ketinggian di atas permukaan laut. Titik referensi KKOP berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 bab 3 pasal 11 ayat 2 adalah 2.77 meter di atas permukaan laut. Tinggi seluruh wilayah KKOP akan ditambah dengan tinggi titik referensi tersebut. Titik referensi bangunan di dalam KKOP didapatkan dari data DEM milik DEMNAS. Digital Elevation Model (DEM) adalah model digital dari topografi suatu wilayah permukaan bumi, dimana setiap pikselnya mempunyai informasi titik koordinat (XY) dan ketinggian (Z) [3]. Setiap bangunan yang ada di dalam KKOP akan ditambahkan dengan tinggi permukaan di bawahnya. Hasil visualisasi dari kedua model ini akan menunjukkan bentuk fisik bangunan-bangunan mana saja yang ketinggiannya melebihi batas KKOP.



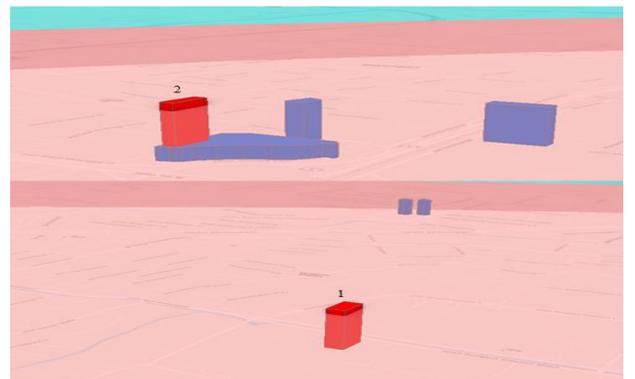
Gambar 6. Bangunan tidak terlihat jelas jika dilakukan Perbesaran.



Gambar 7. Penggunaan LOD 1 pada model.



Gambar 8. Bangunan melebihi batas tinggi di kawasan horizontal luar.



Gambar 9. Bangunan melebihi batas tinggi di kawasan permukaan kerucut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Visualisasi KKOP

KKOP berupa ruang khayal yang ada di sekitar bandara. Berdasarkan Kemenhub KM.5 Tahun 2004 bab 2 pasal 2 ayat 2, KKOP di sekitar bandara meliputi Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas seperti pada Gambar 2, serta Kawasan Transisi, Kawasan Horizontal Dalam, Kawasan Permukaan Kerucut, dan Kawasan Horizontal Luar yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas, terdapat 5 bagian dengan total jarak mendarat 14.930 meter dari permukaan utama dan ketinggian maksimum 150 meter yang diberi warna magenta. Kawasan Transisi berada di bagian kiri dan kanan permukaan utama dengan jarak mendarat 315 meter dan ketinggian maksimum 45 meter yang diberi warna ungu. Kawasan Horizontal Dalam memiliki jarak mendarat 4000 meter dari titik tengah permukaan utama dan ketinggian maksimum 45 meter yang diberi warna kuning. Kawasan Permukaan Kerucut memiliki jarak mendarat 2000 meter dari Kawasan Horizontal Dalam dan ketinggian maksimum 145 meter yang diberi warna merah muda. Kawasan Horizontal Luar memiliki jarak mendarat 15000 meter dari titik tengah permukaan utama dengan ketinggian maksimum 145 meter yang diberi warna biru.

B. Visualisasi Tinggi Bangunan

Berdasarkan daftar *obstacle* Bandara Juanda milik PT Angkasa Pura I tahun 2011 terdapat paling tidak 30 bangunan yang terindikasi sebagai *obstacle*. Menurut *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* tahun 2023, terdapat 13 bangunan tinggi baru yang didirikan di Indonesia. Jika diakumulasikan dengan keadaan sebenarnya, terdapat 97 bangunan yang berpotensi melebihi batas

ketinggian kawasan KKOP Bandara Juanda. Bangunan tersebut tersebar di Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Visualisasi 3 dimensi KKOP dan bangunan tinggi di dalamnya memudahkan identifikasi terjadinya ketidaksesuaian dengan peraturan yang berlaku. Terdapat 29 bangunan yang terindikasi melebihi batas ketinggian KKOP seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, empat diantaranya berada di Kawasan Permukaan Kerucut.

C. Pembahasan

Model 3 dimensi KKOP dan bangunan di dalamnya dibentuk secara terpisah. Perlu dilakukan *overlay* untuk mempermudah identifikasi bangunan-bangunan yang melebihi batas ketinggian KKOP. *Overlay* merupakan fungsionalitas yang menghasilkan layer data spasial baru, di mana layer tersebut merupakan hasil dari kombinasi minimal dua layer yang menjadi masukannya. *Overlay* bangunan dengan KKOP dapat dilihat pada Gambar 5. Penggunaan warna dan simbol dari kedua model juga perlu dipertimbangkan untuk mempermudah identifikasi. Model KKOP memiliki warna dengan *opacity* yang rendah sehingga memungkinkan pembaca untuk melihat bangunan-bangunan di dalamnya. *Opacity* berfungsi mengatur transparansi warna suatu objek. Semakin rendah *opacity* suatu warna, semakin transparan warnanya. Konsep ini dikenal juga sebagai konsep *cross-section*. Tampilan irisan atau penampang berguna karena memungkinkan pengguna untuk melihat geometri internal bangunan atau persil [4]. Tampilan ini pada umumnya digunakan untuk menunjukkan hubungan spasial antara objek-objek ruang 3 dimensi dalam satu bidang pada Kadaster 3 Dimensi [5]. Hal ini dapat diaplikasikan pada konsep visualisasi 3 dimensi tinggi bangunan di dalam KKOP untuk mempermudah pembaca dalam melihat bangunan di dalamnya. Visualisasi 3 dimensi sendiri merupakan bayangan dari objek di dunia nyata, yang

Tabel 1.
Bangunan Melebihi Batas Ketinggian KKOP

No	Nama	Tinggi (meter)	Pelanggaran
1	My Tower	105.814	Kawasan Permukaan Kerucut
2	City of Tomorrow	123.68	Kawasan Permukaan Kerucut
3	One East	156.016	Kawasan Horizontal Luar
4	One Galaxy	192.946	Kawasan Horizontal Luar
5	One Icon	223.901	Kawasan Horizontal Luar
6	Pakuwon Tower	197.401	Kawasan Horizontal Luar
7	Tunjungan Plaza 5	226.701	Kawasan Horizontal Luar
8	Voila Apartment	187.683	Kawasan Horizontal Luar
9	Skyloft Soho	187.683	Kawasan Horizontal Luar
10	The Via and Vue	172.683	Kawasan Horizontal Luar
11	Puncak CBD 1	175.512	Kawasan Horizontal Luar
12	Westown View	158.729	Kawasan Horizontal Luar
13	Adhiwangsa 1	202.039	Kawasan Horizontal Luar
14	The Ritz Mansion	221.124	Kawasan Horizontal Luar
15	Orchad Tower	221.124	Kawasan Horizontal Luar
16	Tanglin Tower	221.124	Kawasan Horizontal Luar
17	Benson Tower	229.124	Kawasan Horizontal Luar
18	Anderson Tower	229.124	Kawasan Horizontal Luar
19	La Viz Apartment	158.792	Kawasan Horizontal Luar
20	Waterplace Residence 1	185.814	Kawasan Horizontal Luar
21	Adhiwangsa 2	169.839	Kawasan Horizontal Luar
22	Waterplace Residence 2	171.238	Kawasan Horizontal Luar
23	Puncak CBD 2	174.181	Kawasan Horizontal Luar
24	Puncak CBD 3	172.263	Kawasan Horizontal Luar
25	Puncak Bukit Golf	160.007	Kawasan Horizontal Luar
26	Satoria Tower	156.437	Kawasan Horizontal Luar
27	Puri Matahari	145.964	Kawasan Horizontal Luar
28	Darmo Hill Apartment	146.896	Kawasan Horizontal Luar
29	BeSS Mansion	151.286	Kawasan Permukaan Kerucut
30	Gedung Avian Brands	125.037	Kawasan Permukaan Kerucut

disajikan dalam bentuk 3 dimensi agar memberikan kesan yang lebih nyata atau lebih mendekati keadaan sesungguhnya dibandingkan dengan 2 dimensi. Proses visualisasi dilakukan sedemikian rupa agar dihasilkan tampilan yang dapat menjelaskan informasi yang tidak dapat dijelaskan oleh visualisasi 2 dimensi salah satunya dengan mempertimbangkan pewarnaan pada model.

Pemilihan *opacity* yang rendah juga mempertimbangkan tantangan-tantangan dalam proses geovisualisasi, seperti manajemen halangan, hubungan spasial, orientasi, dan standarisasi kartografi [6]. Halangan sangat mempengaruhi persepsi pelihat pada visualisasi 3 dimensi. Hal ini terjadi ketika terdapat objek-objek tinggi di dalam model 3 dimensi. Rotasi kamera juga mempengaruhi bagaimana antar objek menghalangi satu sama lain. Pemilihan *opacity* yang rendah pada KKOP akan mereduksi kemungkinan-kemungkinan tersebut sehingga objek di dalam KKOP dapat terlihat dengan jelas [7].

Pemilihan *opacity* yang rendah pada KKOP juga membantu pelihat dalam memahami hubungan spasial antara KKOP dan objek di dalamnya [8]. Pembaca akan mengetahui posisi relatif setiap bangunan terhadap KKOP. Hal ini menjadi penting karena selain dapat menunjukkan pelanggaran dari setiap bangunan, mengetahui posisi relatif juga dapat mengedukasi pelihat untuk memahami bagaimana bentuk KKOP terutama di wilayah Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, dan Gresik. Hal ini karena pada dasarnya, KKOP merupakan garis hayal yang tidak terlihat.

Orientasi dan navigasi menjadi tantangan utama dan paling umum dalam visualisasi 3 dimensi. Pendefinisian dan standarisasi terkait orientasi dan navigasi dalam visualisasi 3

dimensi memang belum dilakukan sehingga pemahaman terkait arah pada visualisasi 3 dimensi berbeda di setiap pembaca. Untuk Pencahayaan menjadi salah satu cara untuk mengurangi hal tersebut. Pada penelitian ini, pemilihan *opacity* yang rendah akan memudahkan pembaca untuk melihat bangunan di dalam KKOP dan KKOP dari berbagai sisi sehingga orientasi dan navigasi pada visualisasi ini tidak akan mengganggu pembaca dalam memahami maksud dan tujuan Model.

Permodelan 3 dimensi dari bangunan dari KKOP ini juga menjawab tantangan-tantangan lain dalam geovisualisasi, yaitu interpretasi objek dan standarisasi kartografi. Pada umumnya, kepadatan dari objek 3 dimensi ini berbeda tergantung *interface* dari aplikasi yang digunakan. Dengan perspektif 3 dimensi, interpretasi objek terhadap batas tinggi KKOP akan berubah berdasarkan perbesaran tampilan *interface platform* visualisasi yang digunakan. Perbesaran ditunjukkan oleh Gambar 6. Dalam hal ini, bangunan yang melebihi batas peraturan tidak akan terlihat melebihi batas ketika dilakukan perkecilan tampilan *interface*. Hal ini akan menyebabkan ketidakakuratan hasil analisa ketinggian bangunan terhadap batas KKOP. Selain melalui penggunaan *opacity* yang rendah pada KKOP, hal tersebut dapat direduksi dengan melakukan simplifikasi pada bangunan di dalam KKOP baik itu dari warna dan bentuk untuk mengurangi kesalahan interpretasi yang dapat mempengaruhi informasi kepadatan bangunan.

Mempertahankan konsistensi bangunan di berbagai skala juga akan mereduksi kesalahan tersebut dengan cara melakukan generalisasi pada bangunan di dalam KKOP. Generalisasi yang dimaksud adalah pemilihan LOD pada bangunan-bangunan tersebut. Penggunaan LOD pada model

ditunjukkan Gambar 7. Hal tersebut juga selaras dengan model 3 dimensi bangunan yang hanya ditampilkan dalam Level of Detail (LOD) 1. *Level of detail* (LOD) merupakan tingkatan detail dalam visualisasi 3 dimensi sebuah informasi geografis [9]. Pada LOD 1, model berbentuk balok-balok yang terdiri dari bangunan prisma dengan struktur atap datar sehingga tidak menggambarkan bentuk sebenarnya [10]. Level ini pada umumnya digunakan untuk cakupan kota dan wilayah seperti pada proses visualisasi ini. LOD 1 dipilih karena selaras dengan luas cakupan wilayah studi dan mengurangi kesalahan kepadatan bangunan di dalam KKOP.

Pada visualisasi 3 dimensi, belum terdapat standarisasi warna, bentuk, hingga ukuran seperti pada 2 dimensi. Hal ini menimbulkan banyaknya penafsiran oleh pembaca. Pemilihan warna yang umum dan sama dengan visualisasi 2 dimensi pada umumnya dipilih untuk membiasakan pembaca dalam menafsirkan maksud dan tujuan dari model 3 dimensi ini. Warna dapat menjadi alat yang kuat untuk memperbaiki kedayagunaan dari sebuah tampilan informasi dalam keragaman bidang yang luas jika warna digunakan secara benar [11]. Pemberian warna merah pada bangunan yang melebihi batas ketinggian KKOP akan memudahkan pembaca dalam memahami dan menemukan bangunan tersebut diantara bangunan-bangunan lain yang tidak melebihi batas ketinggian KKOP. Bangunan yang tidak melebihi batas ketinggian diberi warna biru. Warna biru dipilih karena warnanya konsisten ketika dilakukan *overlay* dengan model 3 dimensi dari KKOP.

Berdasarkan visualisasi tersebut, didapatkan 30 bangunan yang tidak sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 bab III tentang Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan. Dari 30 bangunan yang ada, empat diantaranya berada di Kawasan Permukaan Kerucut sedangkan sisanya berada di Kawasan Horizontal Luar, seperti pada Tabel 1.

Secara umum, visualisasi KKOP dan bangunan di dalamnya direpresentasikan dalam bentuk *non-photorealistic* dimana visualisasi 3 dimensi tidak merepresentasikan seluruh keadaan sebenarnya dengan bentuk yang sama tetapi dengan fitur simbolik dan visual variabel yang representatif. Penggunaan visualisasi *non-photorealistic* ini dipilih karena data yang dimuat tidak sebanyak *photorealistic* visualization. Keterbatasan perangkat juga menjadi alasan pemilihan konsep visualisasi *non-photorealistic* karena lebih memudahkan pembuat untuk melakukan manipulasi untuk merepresentasikan objek di keadaan sebenarnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Model 3 dimensi dari KKOP Bandara Juanda dan objek di dalamnya bisa dibuat dengan melakukan *overlay* masing-masing model. Masing-masing model telah dibuat terlebih dahulu secara terpisah untuk mempermudah proses pengaturan informasi ketinggian. Model 3 dimensi tersebut dapat digunakan untuk menganalisa bangunan-bangunan yang tidak sesuai dengan aturan batas ketinggian KKOP Bandara Juanda dengan mempertimbangkan *visual variable*

yang ada, mulai dari warna hingga konsep visualisasi 3 dimensi yang digunakan. Model 3 dimensi yang berhasil digunakan untuk menganalisa tinggi bangunan di dalam KKOP dibuat dengan konsep *cross-section* dan pemilihan *opacity* yang rendah pada model KKOP untuk mempermudah pembaca dalam melihat bangunan di dalamnya. Berdasarkan visualisasi kedua model 3 dimensi tersebut, didapatkan 30 bangunan yang tidak sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM.5 tahun 2004 bab III tentang Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan yang sebagian besar berada di Kawasan Horizontal Luar seperti pada Gambar 8 dan terdapat empat bangunan yang berada di Kawasan Permukaan Kerucut yang ditunjukkan Gambar 9.

B. Saran

Saran yang diberikan yaitu: (1) Visualisasi bisa dilakukan pada objek tinggi lain di dalam KKOP, seperti menara masjid, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). (2) Visualisasi objek tinggi di dalam KKOP bisa ditingkatkan hingga pada LOD 2. (3) Konsep visualisasi *exploded view* bisa dikembangkan pada model 3 dimensi dari KKOP untuk mempermudah dalam melihat kawasan-kawasan KKOP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Angkasa Pura I dan seluruh kontributor OSM yang telah memberikan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. H. Handayani and R. Rahmawan, "Evaluasi ketinggian bangunan dalam rangka upaya menjaga zona KKOP Bandara Juanda (Studi kasus : Masjid Ar-Ridlo Sedati Sidoarjo)," *Geoid*, vol. 11, no. 1, p. 17, Aug. 2015, doi: 10.12962/j24423998.v11i1.1090.
- [2] W. Kwari and A. Kwari, *AutoCad 3 Dimensi Memakai Satuan Metrik*. Jakarta: Elex Media Komputindo, ISBN: 979-20-1569-8, 2000.
- [3] N. Anggraini, B. Trisakti, and T. E. B. Soesilo, "Pemanfaatan data satelit untuk analisis potensi genangan dan dampak kerusakan akibat kenaikan muka air laut (Application of satellite data to analyze inundation potential and the impact of sea level rise)," *J. Penginderaan Jauh dan Pengolah. Data Citra Digit.*, vol. 9, no. 2, pp. 140–150, 2012.
- [4] D. Shojaei, "3D Cadastral Visualisation: Understanding Users' Requirements," Department of Civil Engineering, University of Melbourne, Melbourne, 2014.
- [5] J. E. Stoter, "3D Cadastre," Department of Geo-information Processing, Delft University of Technology, Delft, 2004.
- [6] C. Wang, "3D Visualization of Cadastre: Assessing the Suitability of Visual Variables and Enhancement Techniques in the 3D Model of Condominium Property Units," Department of Sciences Géomatiques, Université Laval, Québec, Canada, 2015.
- [7] N. Elmqvist, U. Assarsson, and P. Tsigas, "Employing Dynamic Transparency for 3D Occlusion Management: Design Issues and Evaluation," in *Proceedings of the 11th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT)*, Rio de Janeiro, Brazil, Springer, 2007, pp. 532–545, doi: 10.1007/978-3-540-74796-3_54.
- [8] C. Furmanski, R. Azuma, and M. Daily, "Augmented-reality Visualizations Guided by Cognition: Perceptual Heuristics for Combining Visible and Obscured Information," in *Proceedings. International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Darmstadt, Germany, IEEE Comput. Soc, 2002, pp. 215–320, doi: 10.1109/ISMAR.2002.1115091.
- [9] F. Biljecki, "Level of Detail in 3d City Models," Department of Science in Geomatics, Delft University of Technology, Delft, 2017.
- [10] N. D. Sekeon, Y. D. Y. Rindengan, and R. Sengkey, "Perancangan SIG dalam pembuatan profil desa se-kecamatan Kawangkoan," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 49–59, 2016, doi:

<https://doi.org/10.35793/jtek.v5i1.11577>.

- [11] K. Mursch, T. Enk, H. J. Christen, E. Markakis, and J. Behnke-Mursch, "Venous intracranial haemodynamics in children undergoing operative treatment for the repair of craniosynostosis," *Child's Nerv. Syst.*, vol. 15, no. 2-3, pp. 110-116, Mar. 1999, doi: 10.1007/s003810050344.