

**ANALISIS 3D MODELLING UNTUK DETEKSI OBSTACLE ZONA KKOP BANDARA ADI SOEMARMO**

Olivia Sinaga\*), Andri Suprayogi, Arief Laila Nugraha

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email: [oliviasinaga@student.undip.ac.id](mailto:oliviasinaga@student.undip.ac.id)\*

**ABSTRAK**

Transportasi udara menjadi pilihan bagi banyak masyarakat Indonesia untuk melakukan perjalanan karena efisiensi waktu perjalanan dan beberapa maskapai yang saat ini sudah menyediakan harga yang terjangkau. Bandar udara atau bandara adalah salah satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi keselamatan dalam aktivitas transportasi udara. Bandara Adi Soemarmo adalah satu dari banyak bandara yang mengalami pembangunan yang sangat pesat, selain itu wilayah Bandara Adi Soemarmo yang berada ditengah pemukiman menjadi alasan pentingnya memperhatikan peraturan tentang Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP). Kementerian Perhubungan mengatur peraturan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dengan tujuan menjamin keselamatan penumpang dan juga masyarakat yang bermukim pada daerah sekitar bandara yang memiliki tingkat bahaya yang tinggi. Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan Bandara Adi Soemarmo dibuat dalam bentuk 3 dimensi sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017. Model 3D dibangun dengan menggunakan perangkat SketchUp. *Obstacle* atau halangan adalah bangunan yang memiliki ketinggian diatas ketinggian maksimal bangunan pada peraturan KKOP. Nilai ketinggian maksimal didapatkan dengan proses *raster math* antara model 3 dimensi zona KKOP dan model 3 dimensi DEM. Bangunan yang memiliki ketinggian diatas ambang batas maksimal dimodelkan menjadi 3 dimensi dengan menggunakan perangkat lunak SketchUp. Penelitian ini menghasilkan peta model 3 dimensi zona KKOP Bandara Adi Soemarmo dan *obstacle*. Zona dibangun dengan ketinggian yang didasarkan pada titik landasan 26. Zona KKOP mencakup 6 Kabupaten dan 1 Kota diantaranya Kabupaten Boyolali, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Klaten, Kabupaten Semarang, Kabupaten Sragen, Kabupaten Sukoharjo dan Kota Surakarta. Jumlah *obstacle* yang masuk dalam zona KKOP Bandara Adi Soemarmo berjumlah 51 *obstacle*. 51 *obstacle* tersebut diantaranya SUTET, tower telekomunikasi dan cerobong.

**Kata Kunci :** Bandara Adi Soemarmo, KKOP, Model 3D, *Obstacle*

**ABSTRACT**

*Air transportation has become the choice for many Indonesians to travel because of the efficiency of travel time and several airlines that currently provide affordable prices. Airport is one of several factors that influence safety in air transportation activities. Adi Soemarmo Airport is one of the many airports that have experienced very rapid development, besides that the Adi Soemarmo Airport area, which is in the middle of settlements, is the reason for the importance of paying attention to regulations on the Aviation Operational Safety Area (KKOP). The Ministry of Transportation regulates Aviation Operational Safety Area regulations with the aim of ensuring the safety of passengers and also the people who live in areas around airports that have a high level of danger. The Adi Soemarmo Aviation Airport Operational Safety Area is made in 3 dimensions in accordance with Minister of Transportation Decree No. 408 in 2017. The 3D model was built using the SketchUp tool. Obstacle is a building that has a height above the maximum height of the building in KKOP regulations. The maximum height value is obtained by the raster math process between the 3 dimensional model of the KKOP zone and the 3 dimensional model of DEM. Buildings that have a height above the maximum threshold are modeled into 3 dimensions using SketchUp software. This study produced a 3-dimensional model map of the KKOP zone at Adi Soemarmo Airport and the obstacle. The zone was built with a height based on the runway 26. The KKOP Zone covers 6 Regencies and 1 City including Boyolali Regency, Karanganyar Regency, Klaten Regency, Semarang Regency, Sragen Regency, Sukoharjo Regency and Surakarta City. The number of obstacles included in the KKOP zone at Adi Soemarmo Airport is 51 obstacles. 51 of them are SUTET, telecommunication towers and chimneys.*

**Keywords:** *Adi Soemarmo Airport, KKOP, 3D model, obstacle*

\*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Transportasi udara menjadi pilihan bagi banyak masyarakat Indonesia untuk melakukan perjalanannya. Disamping hanya memerlukan waktu yang singkat, pilihan maskapai dengan harga yang terjangkau saat ini juga menjadi faktor yang membuat transportasi udara menjadi pilihan. Seperti di Bandar Udara Adi Sumarmo yang memiliki predikat bandara internasional di Indonesia. Bandara ini memiliki jalur penerbangan tidak hanya kedalam negeri, namun juga melayani keluar negeri.

Bandara Adi Soemarmo memiliki jumlah penumpang 3,225 juta orang pada tahun 2017. Hal ini membuktikan bahwa masyarakat sangat membutuhkan jasa transportasi udara ini. Selain itu saat ini banyak sekali kejadian kecelakaan dengan menggunakan transportasi udara ini, padahal sebagian besar masyarakat lebih memilih menggunakan transportasi udara karena menghemat waktu. Karena keterbutuhan yang meningkat, sangat penting untuk tiap-tiap Bandar udara memperhatikan area Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) untuk menjamin keselamatan penumpang dan warga yang tinggal disekitar bandara demi mencegah terjadinya kecelakaan.

Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan Bab I Pasal 1 ayat 42, Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan adalah wilayah daratan dan/atau perairan serta ruang udara di sekitar bandar udara yang digunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan. Saat ini, di Indonesia karena semakin berkurangnya lahan yang dapat digunakan untuk pemukiman membuat masyarakat Indonesia cenderung meninggikan tempat tinggal mereka. Tidak hanya itu, dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, menyebabkan kebutuhan manusia dalam berkomunikasi semakin tinggi, oleh sebab itu semakin banyaknya menara pemancar. Bangunan tinggi seperti ruko, apartemen, serta menara pemancar atau sutet perlu diperhatikan terlebih lagi yang berada dalam Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan. Masalah yang sering timbul dalam kawasan bandara adalah adanya halangan (*obstacle*) yang mengganggu penerbangan yang dalam hal ini adalah benda-benda yang memiliki ketinggian melebihi zona tinggi yang telah ditentukan oleh pemerintah.

Studi tentang zona KKOP sering dilakukan seperti pada penelitian Laksawana dkk (2014) yang meneliti tentang KKOP Bandara Ahmad Yani Semarang dengan SIG, Susanti dkk (2015) yang membahas tentang visualisasi 3 dimensi zona KKOP Bandara Ngurah Rai dan Suryanto dkk (2011) yang meneliti tentang batas ketinggian maksimal di wilayah zona KKOP Bandara Ngurah Rai Bali dengan metode raster math. Oleh karena itu, pemantauan ketinggian halangan sangat diperlukan untuk meningkatkan keamanan bagi penumpang dan juga bagi masyarakat

yang bermukim di area KKOP serta karena bentuk muka tanah berbeda-beda maka membutuhkan model area KKOP yang sesuai dengan lapangan agar dapat mengetahui tinggi maksimum bangunan di area KKOP. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti mengusulkan judul penelitian “ Analisis 3D *Modelling* untuk Deteksi *Obstacle* Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo ”

**I.2 Perumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pemodelan 3 dimensi zona KKOP Bandara Adi Soemarmo?
2. Bagaimana analisis hasil *obstacle* terhadap model 3 dimensi zona KKOP yang dibangun?

**I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini yaitu :

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui tahapan membangun model 3 dimensi zona KKOP Bandara Adi Soemarmo.
2. Untuk mengetahui analisis hasil *obstacle* terhadap model 3 dimensi zona KKOP yang dibangun .
3. Untuk mengetahui persebaran *obstacle* yang terdapat di Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan serta lokasinya.
4. Untuk mengetahui model 3 dimensi batas ketinggian maksimal yang ada di wilayah Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan Bandara Adi Soemarmo dan kesesuaiannya dengan peraturan pemerintah.

B. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aspek keilmuan  
Penelitian ini berkontribusi dalam mengaplikasikan ilmu sistem informasi geografis khususnya dalam analisa model 3 dimensi.
2. Aspek rekayasa  
Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan pembangunan dan tata ruang di dalam wilayah zona KKOP Bandara Adi Soemarmo.

**I.4 Pembatasan Masalah**

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan Sistem Informasi Geografis dengan beberapa metode diantaranya *raster math* dan pemodelan 3 dimensi.
2. *Level of Detail* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah LOD 2 dengan menyesuaikan warna model dengan keadaan model dilapangan.

3. Data *obstacle* didapatkan dari PT Angkasa Pura II Bandara Adi Soemarmo, PT Indosat Tbk, Pemerintah Kabupaten Karanganyar, interpretasi citra di Google Earth serta pengukuran di lapangan.
4. Nilai ketinggian *obstacle* didapatkan dari pengukuran ketinggian menggunakan alat distometer. Nilai ketinggian adalah nilai pendekatan.
5. KKOP yang dikaji adalah KKOP berdasarkan tingkat ketinggian.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Bandara Adi Soemarmo**

Bandar Udara Adi Sumarmo (IATA: SOC, ICAO: WAHQ) adalah bandara Internasional yang terletak di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, Indonesia. Bandara ini terletak pada koordinat 07°30'58"LU 110°45'25"BT. Bandar udara Adi Sumarmo dulu bernama Pangkalan Udara (Lanud) Panasan, karena terletak di kawasan Panasan. Bandara ini dulu bernama Pangkalan Udara (Lanud) Panasan yang dibangun pertama kali pada tahun 1940 oleh Pemerintah Belanda sebagai lapangan terbang darurat. Pada tanggal 23 April 1974 bandara ini digunakan secara resmi untuk penerbangan komersial. Bandara Adi Soemarmo ditetapkan sebagai bandara internasional karena melayani penerbangan ke luar negeri seperti Kuala Lumpur. Bandara ini memiliki panjang landasan 2600 meter. Jumlah penumpang pada tahun 2011 adalah sebesar 1,195,812 orang dan pada tahun 2017 mengalami lonjakan menjadi 2,78 juta setahun (Praditya, 2018).

Sistem Koordinat Bandar Udara (*Aerodrome Coordinate System/ACS*) adalah sistem koordinat lokal pada bandar udara yang menggunakan sistem kartesius dengan referensi titik koordinat ( $X = + 20.000$  meter dan  $Y = + 20.000$  meter) yang terletak pada garis perpotongan sumbu X yang berimpit dengan salah satu garis sumbu landasan dan garis sumbu Y tegak lurus garis sumbu X yang terletak pada ujung landasan tersebut (yang diperkirakan tidak mengalami perubahan perpanjangan landasan). (Putra & Purba, 2009). Sistem elevasi bandar udara atau *Aerodrome Elevation System* (AES) menurut Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor SKEP/110/VI/2000 tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembuatan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara adalah sistem ketinggian lokal bandar udara dimana ambang batas landasan (ujung *over run*) terendah yang dipergunakan sebagai titik referensi terhadap ketinggian titik titik lainnya dengan besaran ketinggian ambang landasan terendah adalah 0,00 m AES.

**II.2 Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan Bandara Adi Soemarmo**

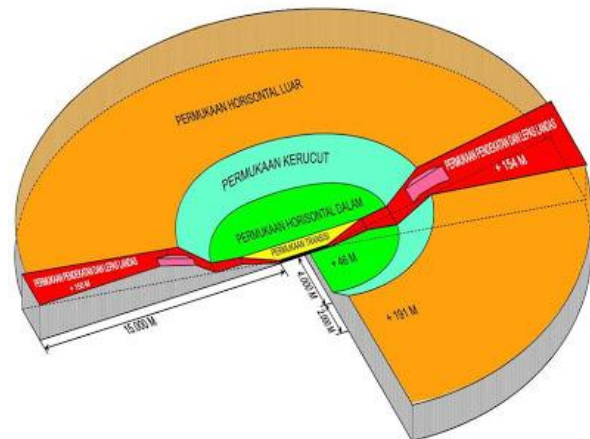
Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 tentang Batas Batas Keselamatan Operasi Penerbangan Di Sekitar Bandar Udara Adi

Sumarmo- Surakarta, batas-batas Keselamatan Operasi Penerbangan adalah batas batas kawasan dan ketinggian bangunan serta benda tumbuh di KKOP.

Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan Bandara Adi Soemarmo Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 tentang Rencana Induk Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah terdiri atas :

1. Kawasan Dibawah Permukaan Transisi (KDPT)
2. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan (KKBK)
3. Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas (KPLL)
4. Kawasan Horizontal Dalam (KHD)
5. Kawasan Permukaan Kerucut (KPK)
6. Kawasan Horizontal Luar (KHL)

Pembagian wilayah zona KKOP dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Ketentuan KKOP (Sena, 2008)

Penelitian ini menggunakan Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 sebagai dasar dalam membuat zona KKOP Bandara Adi Soemarmo. Titik pusat koordinat Bandara Adi Soemarmo seperti dijelaskan pada adalah landasan 26 dengan nilai ketinggian 114,754 meter diatas permukaan laut. Nilai ketinggian titik landasan 26 pada Keputusan Menteri Perhubungan No. 11 tahun 1991 Bab III Pasal 10 dan Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 memiliki perbedaan sejauh 1,8 meter. Penelitian ini menggunakan nilai ketinggian yang didapatkan dari peraturan yang paling terbaru yaitu Keputusan Menteri Perhubungan tahun 2017.

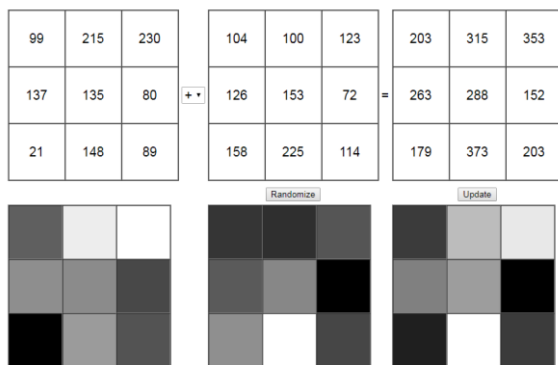
**II.3 Analisis Data Spasial**

Analisis spasial adalah suatu perspektif dalam geografi yang mencoba memahami proses pembentukan dan evolusi bentang lahan dan tempat (*places*) dengan referensi prinsip-prinsip universal dan *general* (Gomez & III, 2010). Sebagai sebuah metode, analisis spasial berusaha untuk membantu perencana dalam menganalisis kondisi permasalahan berdasarkan data dari wilayah yang menjadi sasaran. Konsep-

konsep yang paling mendasari sebuah analisis spasial adalah jarak, arah, dan hubungan. Kombinasi dari ketiganya mengenai suatu wilayah akan bervariasi sehingga membentuk perbedaan yang signifikan yang membedakan satu lokasi dengan yang lainnya. Dengan demikian jarak, arah, dan hubungan antara lokasi suatu objek dalam suatu wilayah dengan objek di wilayah yang lain akan memiliki perbedaan yang jelas. Dan ketiga hal tersebut merupakan hal yang selalu ada dalam sebuah analisis spasial dengan tahapan-tahapan tertentu tergantung dari sudut pandang perencana dalam memandang sebuah permasalahan analisis spasial.

Model data raster bertugas untuk menampilkan, menempatkan dan menyimpan konten data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau susunan piksel-piksel yang membentuk suatu grid (segi empat) (Adil, 2017). Piksel adalah sebuah titik elemen paling kecil pada citra satelit (Suwargana, 2013). Piksel memiliki nilai yang berbeda-beda pada tiap pikselnya. Pada data raster, ada beberapa contoh data seperti citra digital satelit seperti Landsat, Ikonos, Quickbird dan Spot. Data raster lainnya adalah citra radar dan model ketinggian digital seperti DEM dan DTM. Setiap piksel memiliki data atau informasi yang berbeda, misalnya mewakili nilai suhu dan nilai ketinggian.

Pengolahan analisis data raster menggunakan perhitungan matematika atau *raster math*. Pada analisis data raster, dibutuhkan minimal 2 data raster yang kemudian ditumpuk dan dilakukan operasi perhitungan seperti penjumlahan, pengurangan, pembagian dan perkalian. Hasil dari pengolahan *raster math* dari 2 data raster kemudian akan menghasilkan file raster yang baru seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Penjumlahan dua data raster

#### II.4 3D Modelling

3D atau 3 dimensi adalah sebuah objek/ ruang yang memiliki panjang, lebar dan tinggi yang memiliki bentuk. 3D tidak hanya digunakan dalam matematika dan fisika saja melainkan dibidang grafis, seni, animasi, komputer dan lain lain. Konsep tiga dimensi menunjukkan sebuah objek atau ruang memiliki geometris yang terdiri dari kedalaman, lebar dan tinggi. Sains modern yang sedang berkembang saat ini adalah menyajikan prinsip sains dalam model 3 dimensi (Permana, 2015). Istilah 3 dimensi dalam grafis komputer dengan cara menghilangkan

*stereoscopic* yang membuat efek 2 dimensi. Salah satu metode dalam penyajian informasi adalah dengan memodelkan informasi tersebut agar mudah dipahami.

*Extruded footprint* adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam pembuatan model 3 dimensi. Pada dasarnya, *extruded* atau ekstrusi berarti bangunan dibangun dengan “mendorong ke atas” *footprint* (poligon) (Meijers, 2009). Metode ini menggunakan citra sebagai *basemap* dalam pembuatan model awal bangunan. Bentuk dasar bangunan akan dibuat dalam bentuk poligon yang disesuaikan dengan citra yang digunakan sebagai *basemap*.

Data geospasial 3D bangunan dan infrastruktur wilayah kota dapat dikategorikan menjadi tiga bagian, yaitu data geospasial yang terdapat diatas permukaan bumi, di permukaan bumi dan di bawah permukaan bumi (Yanbing). Dalam pemodelan 3 dimensi ada beberapa tingkat detail seperti pada Gambar 3 (Biljecki, 2017) :

1. Levels of detail 0 (LOD0)
2. Levels of detail 1 (LOD1)
3. Levels of detail 2 (LOD2)
4. Levels of detail 3 (LOD3)
5. Levels of detail 4 (LOD4)



Gambar 2 Level detail dari obyek 3D (Biljecki, 2017)

*Level of detail* berguna untuk mengelaskan tingkat detail dalam pemodelan 3 dimensi. Pada LOD 0, bentuk berupa model 2 dimensi di permukaan lokasi obyek. Pada LOD 1 menampilkan model 3 dimensi paling sederhana yaitu bentuk bangun ruang dasar seperti tabung, kerucut, prisma dan limas. Di LOD 2, detail yang ditampilkan adalah sudah mulai diberikan warna dan menampilkan detail lain seperti atap. LOD 3 menampilkan detail detail kecil bangunan seperti bentuk pintu, dinding dan jendela. Dan pada LOD 4 menampilkan bentuk detail dari suatu objek, dan objek lain yang mengisinya.

#### II.5 DEM NASIONAL

DEM merupakan salah satu model ketinggian selain DSM (*Digital Surface Model*) dan DTM (*Digital Terrain Model*). Perbedaan DEM, DSM dan DTM adalah jika DEM menyajikan permukaan bumi saja, sedangkan DSM menyajikan permukaan bumi beserta tutupan lahannya dan DTM menyajikan permukaan bumi dan fitur alami seperti danau dan sungai tanpa penutup lahan. DEM Nasional adalah data DEM yang disediakan oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) dan dapat diunduh secara gratis. DEM Nasional mencakup wilayah Indonesia secara keseluruhan. Data DEM Nasional dibangun dari beberapa sumber data seperti IFSAR yang memiliki resolusi 5 m, TERRASAR-X yang memiliki resolusi 5 m dan ALOS PALSAR dengan resolusi 11,25 m

(sumber : <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>) . DEMNAS memiliki resolusi spasial sebesar 0,27-arcsecond dan menggunakan datum vertikal EGM2008.

**II.6 Google Earth Pro**

Menurut Wikipedia, Google Earth merupakan sebuah program *globe virtual* yang sebenarnya disebut Earth Viewer dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Nama Google Earth resmi digunakan pada tahun 2005 dan tersedia diberbagai computer pribadi seperti Microsoft Windows, Mac serta Linux. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D. Tersedia dalam tiga lisensi berbeda: Google Earth, sebuah versi gratis dengan kemampuan terbatas; Google Earth Plus, yang memiliki fitur tambahan; dan Google Earth Pro yang digunakan untuk penggunaan komersial.

**II.7 Google SketchUp**

SketchUp merupakan salah satu *software* yang mempunyai fungsi dalam desain grafis model 3 dimensi yang digunakan dan dirancang untuk para profesional di bidang teknik sipil, arsitektur, dalam pembuatan game, film, dan rancangan yang terkait didalamnya (sketchup.com). SketchUp merupakan salah satu produk buatan Google yang dapat diakses via online atau *download*. Untuk versi *download*, SketchUp memiliki versi berbayar dan gratis. SketchUp adalah *software* pemodelan 3 dimensi yang banyak digunakan saat ini karena *interface* nya yang simple dan menarik sehingga mudah digunakan oleh pemula. Sebuah fitur SketchUp adalah 3D Warehouse yang memungkinkan pengguna SketchUp mencari model yang dibuat oleh orang lain dan berkontribusi model.

Dalam pemodelan 3 dimensi pada google sketchup terdapat suatu metode yaitu *extruded footprint*. Pada konteks model 3 dimensi kota, *extrusion* artinya sebuah bangunan dibangun dengan “mengangkat keatas” *footprint* dari bangunan tersebut (Alenka Krek, 2009) . Teknik *Extruded Footprint* digunakan untuk secara digital membuat ulang bangunan kehidupan nyata dalam program Sketchup. Metode menangkap citra satelit dari gedung dan menetapkan gambar 2D ini sebagai *base* di Sketchup. Metode ini dinilai lebih mudah jika dibandingkan dengan metode *photo matching* karena metode ini tidak memerlukan foto gedung dari tiap sisi.

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi dari penelitian terletak di Bandara Adi Soemarmo, Ngemplak, Boyolali, Jawa Tengah. Koordinat geografis dari lokasi penelitian adalah 07° 30’ 48,619” Lintang Selatan dan 110° 46’ 07,039” Bujur Timur. Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP) Bandara Adi Soemarmo memiliki radius 15 km ditarik dari titik pusat landasan

dengan koordinat lokal x = 20.000 dan y = 20.000. Titik pusat landasan yang menjadi pusat acuan adalah titik landasan 26. Karena memiliki radius 15 km, KKOP Bandara Adi Soemarmo meliputi 1 kota yaitu Kota Surakarta dan 5 Kabupaten diantaranya Kabupaten Boyolali, Kabupaten Sragen, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Klaten dan Kabupaten Semarang.

**III.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

**III.2.1 Alat :**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop
2. *Software* :
  - a. Perangkat lunak pengolah SIG
  - b. Perangkat lunak pengolah model 3 dimensi
  - c. Perangkat lunak pemetaan
  - d. Perangkat lunak pengolah kata
  - e. Perangkat lunak pengolah angka
3. Leica Disto X310

**III.2.2 Bahan :**

Bahan yang digunakan dalam menunjang penelitian ini dapat dilihat dalam **Tabel 1**

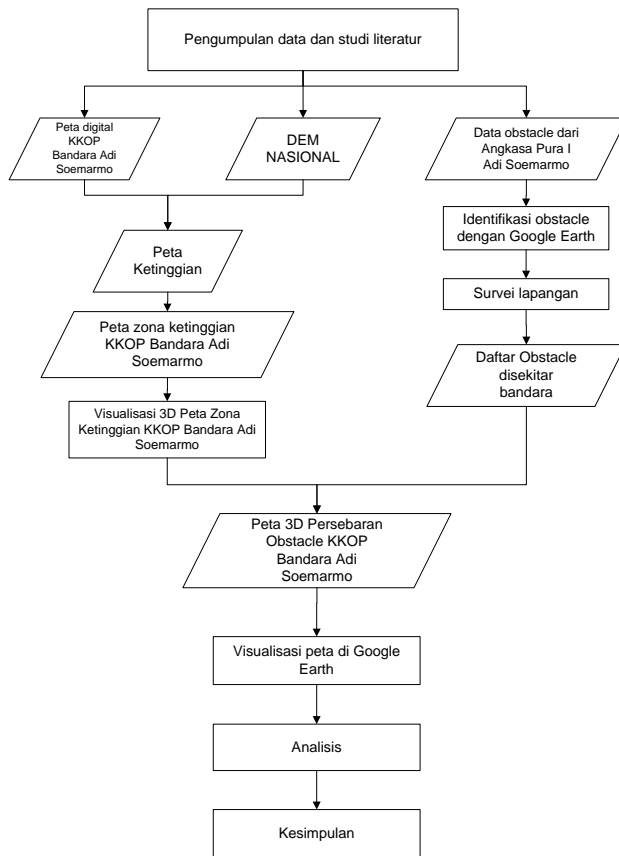
**Tabel 1** Data Penelitian

DATA	SUMBER	KETERANGAN
Peta digital Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan	PT Angkasa Pura I Bandara Adi Soemarmo	Format file : .dwg
Potongan memanjang dan melintang KKOP Bandara Adi Soemarmo	PT Angkasa Pura I Bandara Adi Soemarmo	Format file : .dwg
Lampiran II KP 408 Tahun 2017 Tentang Rencana Induk Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo	PT Angkasa Pura I Bandara Adi Soemarmo	Format file : .doc Tanggal pembuatan : 4 April 2017
Lampiran BA Inspeksi KKOP ( <i>Obstacle Control</i> )	PT Angkasa Pura I Bandara Adi Soemarmo	Format file : <i>print out</i> Tanggal pembuatan : 14 Juli 2017
Daftar BTS Jawa Tengah	PT Indosat Tbk	Format file : .xls Tanggal <i>updating</i> : 10 Mei 2019
Daftar BTS Kabupaten Karanganyar	Pemerintah Kab Karanganyar	Format file : .xls Tanggal <i>updating</i> : 2019
DEM Nasional	BIG	Format file : .Geotiff

		Sistem koordinat : Geografis Datum : EGM2008 Resolusi : 0,27- arcsecond Scene yang digunakan : 1. DEMNAS_1 408-61 2. DEMNAS_1 408-62 3. DEMNAS_1 408-33 4. DEMNAS_1 408-34
--	--	---

### III.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

## IV. Hasil dan Pembahasan

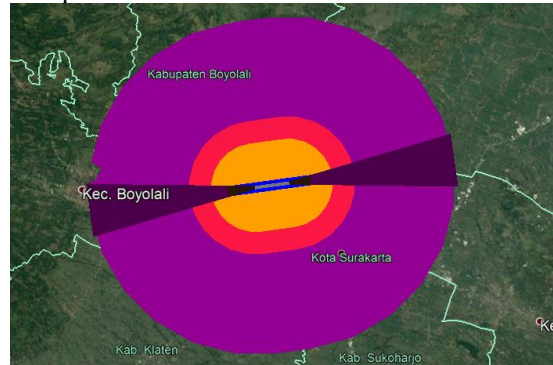
### IV.1 Hasil Pembuatan model 3D zona KKOP

Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo terdiri dari 6 zona seperti yang telah dijelaskan pada BAB II.3. Zona KKOP masing masing memiliki batas ketinggian yang berbeda beda.

#### IV.1.1 Visualisasi Zona KKOP

Zona KKOP dibuat dalam model 2 dimensi sesuai dengan peraturan yang ada dengan perangkat

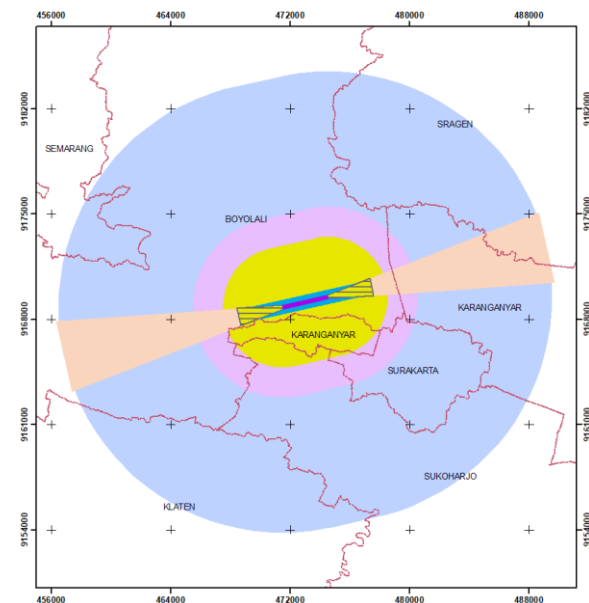
lunak ArcGIS. Radius kawasan zona KKOP adalah 15 kilometer dengan landasan 26 sebagai titik 0. Zona KKOP dibuat berdasarkan nilai ketinggian landasan 26 dimana nilai ketinggian landasan 26 berdasarkan DEM Nasional adalah 114,754 meter diatas permukaan laut. Zona KKOP yang telah dibuat model 3 dimensi kemudian di visualisasikan kedalam perangkat lunak *Google Earth*. Hasil visualisasi model 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 5.

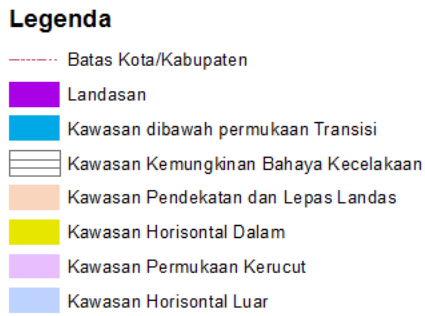


Gambar 5 Visualisasi zona KKOP di Google Earth

### IV.1.2 Analisis Sebaran Zona Berdasarkan Batas Administrasi

Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo melingkupi 6 kabupaten dan 1 kota diantaranya Kabupaten Boyolali, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Klaten, Kabupaten Semarang, Kabupaten Sragen, Kabupaten Sukoharjo dan Kota Surakarta. Luas keseluruhan Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo adalah sebesar 80.064 ha.





**Gambar 6** Peta Wilayah Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo

Luas setiap Kabupaten dan Kota yang masuk kedalam zona KKOP memiliki perbedaan. Sebagian besar zona KKOP masuk kedalam wilayah Kabupaten Boyolali dengan persentase 42% dari total keseluruhan zona dan luas wilayah 34.049 ha seperti yang terdapat pada **Tabel 2**. Wilayah yang luasnya paling sedikit masuk kedalam zona KKOP adalah Kabupaten Semarang dengan persentase 2% dari luas keseluruhan zona KKOP. Luas Kabupaten Semarang yang masuk kedalam zona KKOP adalah 1.545 ha. Kota Surakarta menjadi kota yang keseluruhan wilayahnya masuk kedalam zona KKOP. Luas Kota Surakarta adalah 4.623 ha dan seluruh wilayahnya masuk kedalam zona KKOP Bandara Adi Soemarmo.

**Tabel 2** Luas Zona KKOP tiap wilayah

Kabupaten/Kota	Luas (ha)
Boyolali	34.049
Karanganyar	10.229
Klaten	8.118
Kota Surakarta	4.623
Semarang	1.545
Sragen	9.746
Sukoharjo	11.754
Total Luas	80.064

**IV.1.3 Analisis Sebaran Zona Berdasarkan Ketinggian Topografi**

Peta zona ketinggian wilayah Bandara Adi Soemarmo dibuat dengan menggunakan data DEM Nasional yang didapatkan dari BIG. Ketinggian topografi wilayah Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo berkisar dari ketinggian 72 meter diatas permukaan laut hingga 462 meter diatas permukaan laut.

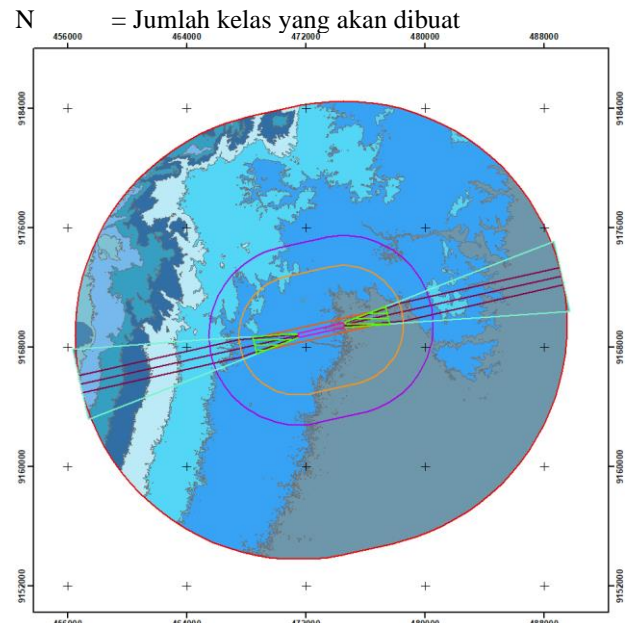
DEMNAS kemudian dikelaskan menjadi 9 kelas karena mempertimbangkan daerah penelitian yang relatif rata. Kelas ketinggian dibuat dengan metode *equal interval* dihitung dengan rumus :

$$Interval\ Ketinggian = \frac{X_{max} - X_{min}}{n} \dots\dots(I)$$

Keterangan :

Xmax = Nilai ketinggian tertinggi

Xmin = Nilai ketinggian terendah



**Gambar 7** Peta Zona Ketinggian

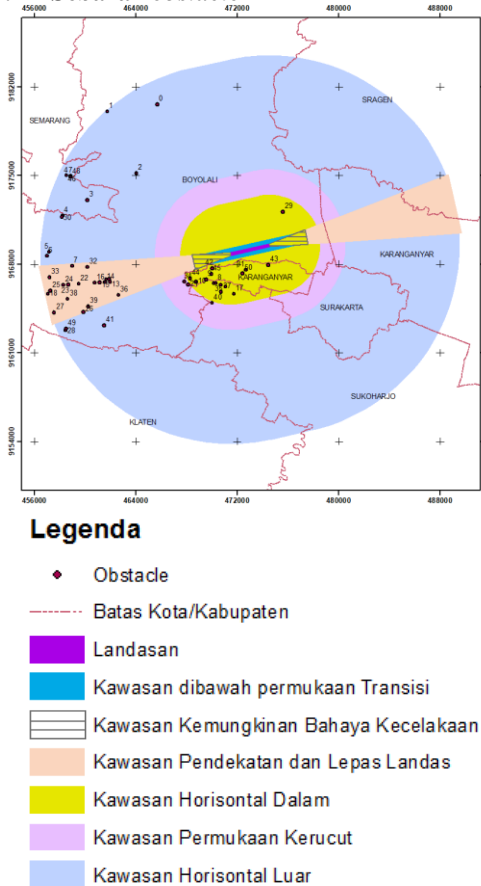
Kelas ketinggian yang masuk kedalam wilayah landasan seperti pada **Gambar 7** adalah kelas pertama dan kedua dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 159 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KDPT adalah kelas pertama dan kedua dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 159 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KHD adalah kelas pertama, kedua dan ketiga dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 202 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KPK adalah kelas pertama, kedua, ketiga dan keempat dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 202 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KHL adalah kelas pertama hingga kelas kesembilan dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 462 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KKBK adalah kelas pertama dan kedua dengan

interval ketinggian 72 mdpl hingga 159 mdpl. Kelas ketinggian yang masuk kedalam zona KPLL adalah kelas pertama hingga kesembilan dengan interval ketinggian 72 mdpl hingga 462 mdpl.

**IV.2 Obstacle**

*Obstacle* atau halangan adalah bangunan/benda tumbuh di bandar udara dan sekitarnya yang membahayakan atau diduga membahayakan keselamatan operasi penerbangan. Bangunan/ benda tumbuh yang dimaksudkan adalah benda bergerak yang didirikan atau dipasang oleh orang antara lain seperti gedung, menara, mesin derek, cerobong asap, gundukan tanah, pohon dan jaringan transmisi.

**IV.2.1 Sebaran *obstacle***



**Gambar 8** Peta sebaran *obstacle*

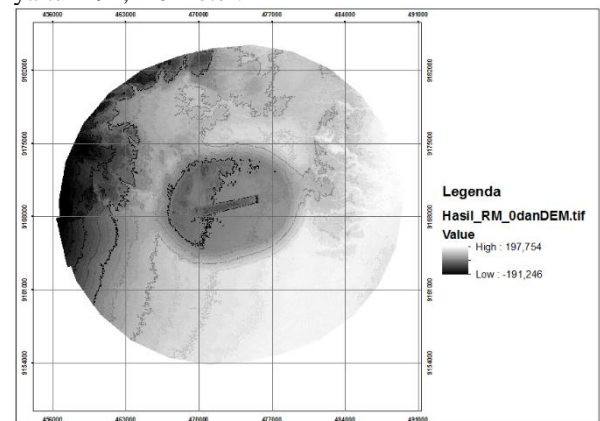
Peta persebaran *obstacle* pada zona KKOP Bandara Adi Soemarmo seperti pada **Gambar 8** menampilkan 51 *obstacle*. 15 buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Horizontal Dalam diantaranya adalah SUTET, tower telekomunikasi dan cerobong. 3 buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Permukaan Kerucut yang diantaranya adalah tower telekomunikasi dan SUTET. 19 buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas diantaranya adalah SUTET, menara masjid, dan tower telekomunikasi. 14 buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Horizontal Luar yang terdiri dari tower telekomunikasi dan SUTET.

Zona KKOP Bandara Adi Soemarmo mencakup 6 kabupaten dan 1 kota dimana tidak semua

wilayah memiliki *obstacle*. 6 dari 51 *obstacle* pada zona KKOP Bandara Adi Soemarmo masuk kedalam wilayah Kabupaten Semarang. 31 *obstacle* masuk kedalam Kabupaten Boyolali. 7 *obstacle* masuk kedalam Kabupaten Sukoharjo dan 7 *obstacle* masuk kedalam Kabupaten Karanganyar.

**IV.2.2 Model 3D *Obstacle***

Data bangunan bangunan tinggi sebelum dimodelkan menjadi model 3 dimensi perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan apakah bangunan tinggi tersebut masuk kedalam daftar *obstacle* zona KKOP Bandara Adi Soemarmo. Bangunan tinggi masuk kedalam *obstacle* jika nilai ketinggian bangunan melebihi batas ketinggian maksimal yang diperbolehkan. Batas ketinggian maksimal bangunan dipengaruhi oleh zona KKOP dan ketinggian topografi wilayah yang didapatkan dari DEMNAS. Tahapan yang harus dilakukan dalam membuat batas ketinggian maksimal adalah menghitung selisih antara zona KKOP Bandara Adi Soemarmo dalam bentuk *raster* dan DEMNAS dalam format *raster* dengan *tools raster math*. Hasil *raster math* memiliki batas ketinggian maksimal yaitu 197,754 meter dan terendah yaitu -191,246 meter.

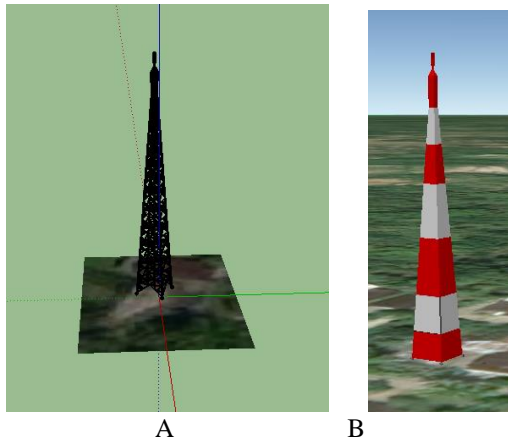


**Gambar 9** Hasil *Raster math*

Setiap titik bangunan tinggi yang berpotensi menjadi *obstacle* dimasukkan nilai hasil *raster math*. Nilai *raster math* yang adalah nilai batas ketinggian maksimal bangunan kemudian dibandingkan dengan ketinggian bangunan. Bangunan masuk kedalam daftar *obstacle* jika ketinggiannya melebihi batas ketinggian maksimal yang telah dihitung dengan *raster math*.

Bangunan tinggi yang sudah masuk kedalam daftar *obstacle* kemudian dimodelkan dengan perangkat lunak SketchUp. Model 3 dimensi yang dibangun kemudian di *export* kedalam Google Earth seperti pada **Gambar 10**.



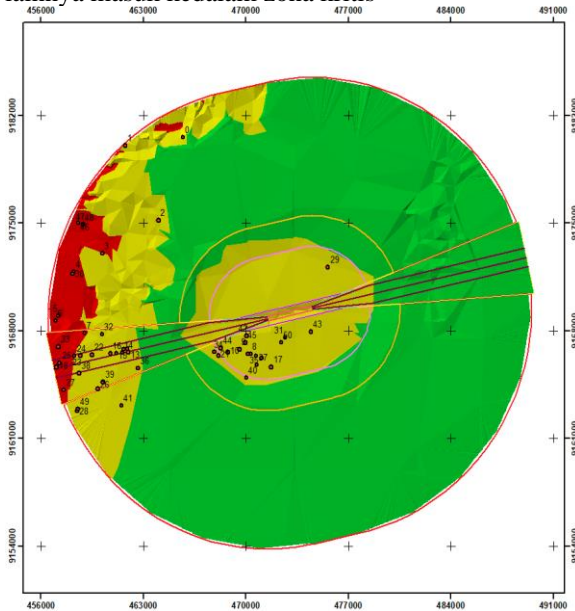


Gambar 10 (A) Model 3D *obstacle* di SketchUp ;  
(B) Model 3D *obstacle* di Google Earth

IV.2.3 Analisis Model 3D berdasarkan Kelas Bahaya

Hasil *raster math* yang sudah didapatkan seperti pada Gambar 9 kemudian dikelaskan menjadi 3 kelas tingkat bahaya menjadi kelas aman, kritis dan bahaya. Nilai ketinggian hasil *raster math* -191,246 meter hingga -60 meter kemudian dikelaskan kedalam kelas bahaya. Kelas kritis adalah nilai ketinggian hasil *raster math* dengan ketinggian -60 meter hingga 60 meter. Kelas aman adalah nilai ketinggian hasil *raster math* dengan interval ketinggian 60 meter hingga 197,754 meter.

*Obstacle* zona KKOP Bandara Adi Soemarmo berdasarkan kelas ketinggian pada menampilkan 15 *obstacle* berada dalam zona bahaya. 40 *obstacle* lainnya masuk kedalam zona kritis



Legenda

- Obstacle
- Landasan
- Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan
- Kawasan dibawah permukaan Transisi
- Kawasan Pendekatan dan Lepas Bandara
- Kawasan Horizontal Dalam
- Kawasan Permukaan Kerucut
- Kawasan Permukaan Horizontal Luar

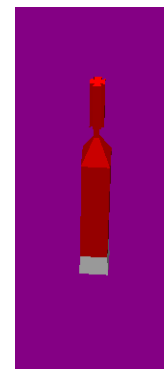
Nilai Batas Ketinggian

Elevation

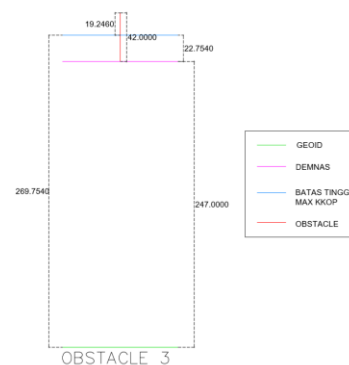
- Aman
- Kritis
- Bahaya

Gambar 11 Persebaran *obstacle* berdasarkan kelas ketinggian

*Obstacle* yang akan dimodelkan kemudian ditambahkan dengan ketinggian DEM titik *obstacle*. Hasil penampalan kemudian ditampilkan dengan zona KKOP. Titik 2 masuk kedalam kelas kritis. Model 3 dimensi *obstacle* titik 2 berada diatas zona kritis seperti Gambar 12 karena ketinggian DEM titik tersebut adalah 247 meter sedangkan ketinggian KKOP adalah 269,754 meter. Hasil *raster math* di titik 2 adalah 22,754 meter sedangkan ketinggian tower adalah 42 meter.



(a)



(b)

Gambar 12 Hasil Penampalan model 3D *obstacle* titik 2 (a) dan zona KKOP (b)

## V. Penutup

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan 3 dimensi zona KKOP dibuat berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 tentang Rencana Induk Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah dengan perangkat lunak SketchUp. Wilayah KKOP memiliki 6 zona yang mencakup 6 kabupaten dan 1 kota yaitu Kabupaten Boyolali, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Klaten, Kabupaten Semarang, Kabupaten Sragen, Kabupaten Sukoharjo dan Kota Surakarta. Kabupaten/Kota yang paling besar di zona KKOP Bandara Adi Soemarmo adalah Kabupaten Boyolali dengan 42% dari keseluruhan zona KKOP dan yang paling kecil adalah Kabupaten Semarang dengan 2% dari luas keseluruhan zona KKOP.
2. Hasil penelitian ini mendata ada 51 bangunan tinggi yang tidak sesuai dengan aturan ketinggian maksimal zona KKOP. 51 bangunan tersebut diantaranya adalah tiga puluh empat tower BTS, lima belas SUTET, satu menara masjid dan satu cerobong. Data *obstacle* selain dari PT Angkasa Pura I didapatkan dari interpretasi Google Earth, data pendukung dari PT Indosat, data dari pemerintah Kabupaten Karanganyar dan data tambahan dari validasi lapangan. Lima belas buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Horizontal Dalam, tiga buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Permukaan Kerucut, empat belas buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Horizontal Luar dan sembilan belas buah *obstacle* masuk kedalam Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas. Ketinggian titik *obstacle* paling tinggi berada di titik *obstacle* 7 dimana nilai ketinggian DEM di titik *obstacle* 7 adalah 460 meter dan ketinggian *obstacle* 7 adalah 55 meter. Ketinggian titik paling rendah adalah titik *obstacle* 30 dengan ketinggian DEM di titik *obstacle* 30 adalah 125 meter dengan ketinggian *obstacle* 30 sebesar 40 meter.

### V.2 Saran

Berdasarkan proses yang sudah dilakukan pada penelitian ini, agar penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan batas wilayah dapat dikaji lebih baik, maka penulis menyampaikan saran sebagai berikut :

1. Memilih lokasi bandara dengan topografi yang sangat curam karena sangat berpotensi adanya *obstacle*.
2. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan pengukuran ketinggian bangunan dapat menggunakan metode yang lebih teliti seperti total station dan UAV.

3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan *obstacle* yang dianalisa bukan hanya yang berbentuk bangunan saja, melainkan pohon yang ketinggiannya melebihi peraturan KKOP serta berada dilokasi dataran tinggi.
4. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan DSM yang teliti sehingga mempermudah dalam identifikasi *obstacle*.
5. Menggunakan perangkat lunak pemodelan 3 dimensi yang lain seperti 3Ds Max, Blender dan BIM.

### DAFTAR PUSTAKA :

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Penerbit ANDI. Retrieved from Staffsite.
- Alenka Krek, M. R. (2009). *Urban and Regional Data Management*. Slovenia: CRC Press.
- Biljecki, F. (2017). Level of detail in 3D city models. *PhD thesis TU Delf*.
- Meijers, H. L. (2009). Delft University of Technology (OTB—section GIS Technology). *Extruding building footprints to create topologically consistent 3D city models*.
- Permana, N. (2015). IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY PADA APLIKASI PROMOSI PROPERTY AGENT. *Widyatama Repositor*.
- Praditya, I. I. (2018, 1 13). *Bandara di Solo Catat Pertumbuhan Penumpang Tertinggi pada 2017*. Retrieved 5 21, 2018, from Liputan6: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3225237/bandara-di-solo-catat-pertumbuhan-penumpang-tertinggi-pada-2017>
- Putra, A. D., & Purba, A. (2009). Analisis Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan(KKOP) Bandar Udara Pekon Serai di Kabupaten Lampung Barat. *jurnal*.
- Sena, A. (2008, 5 3). *KAWASAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN (KKOP)*. Retrieved from Angkasa Sena: <http://angkasasena.blogspot.com/2008/05/kawasan-keselamatan-operasi-penerbangan.html>
- Suwargana, N. (2013). RESOLUSI SPASIAL, TEMPORAL DAN SPEKTRAL PADA CITRA SATELIT LANDSAT, SPOT DAN IKONOS. *Jurnal Ilmiah WIDYA*, 169.
- Yanbing, W. (n.d.). ON 3D GIS SPATIAL MODELING. *ISPRS Workshop on Updating Geo-spatial Databases with Imagery & The 5th ISPRS Workshop on DMGISs*.

### Peraturan Perundangan :

Keputusan Menteri Perhubungan No. 408 tahun 2017 tentang Rencana Induk Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah