

PEMANFAATAN LIDAR UNTUK EVALUASI KETINGGIAN BANGUNAN DI KAWASAN JALAN PANDANARAN, SEMARANG

Aisah Hajar, Arwan Putra Wijaya, Nurhadi Bashit^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
 Email : aisahhajar26@gmail.com

ABSTRAK

Kota Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia setelah Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung. Kota Semarang terus mengalami perkembangan dan pembangunan kota. Perkembangan dan pembangunan kota yang terjadi menyebabkan berdirinya bangunan gedung secara pesat. Oleh karena itu, pembangunan di Kota Semarang membutuhkan pengontrolan terhadap kesesuaian penataan ruang yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah. Penataan ruang merupakan suatu sistem perencanaan dan pemanfaatan ruang yang perlu dikendalikan dalam proses pengembangan suatu kawasan.

Penelitian ini berfokus pada tinggi bangunan gedung di kawasan Jalan Pandanaran Kota Semarang, dengan melakukan evaluasi terhadap Peraturan Daerah (Perda) Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008. Penelitian ini menggunakan pendekatan data DEM LiDAR untuk memperoleh tinggi bangunan secara aktual.

Tinggi bangunan yang melebihi ketentuan dari Peraturan Daerah (Perda) Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008 dianggap sebagai bangunan melanggar. Pelanggaran tersebut terjadi pada 3 bangunan gedung, yaitu Bank Panin, Louis Keinne Hotel, dan Menara Suara Merdeka. Nilai pelanggaran yang terjadi untuk ketinggian bangunan di Kawasan Jalan Pandanaran sebesar 2,65 %. Maka nilai kesesuaian hasil evaluasi tinggi bangunan tersebut mencapai dari 97,35 %.

Kata Kunci : Ketinggian Bangunan, Penataan Ruang Kawasan , DEM LiDAR, Pandanaran

ABSTRACT

Semarang is the capital city of Central Java province as well as fifth largest metropolitan city in Indonesia after Jakarta, Surabaya, Medan and Bandung. Semarang city continues to develop in terms of development of the city. Developments of the city that occurred, led to the establishment of buildings rapidly. Therefore, developments in Semarang city requires control the suitability of spatial arrangement set by Local Government. Spatial arrangement is a system of planning and utilization of space that needs to be controlled in the process of development of a region.

This research focuses on the height of the buildings in the area of Pandanaran Street Semarang, by conducting an evaluation of the City Regulations (Perda) Semarang City, Number 14 of 2011 and Ministry of Transport Regulation Number KM 35 of 2008. This research using DEM LiDAR data approach to obtain the actual height of the building.

The height of the building who exceeding the provision City Regulations (Perda) Semarang City, Number 14 of 2011 and Ministry of Transport Regulation Number KM 35 of 2008 is considered a violating building. The violation occure in 3 buildings which is, Panin Bank, Louis Keinne Hotel and the building Suara Merdeka Tower. The value of violations that occurred for the height of buildings in the Pandanaran Road area amount 2,65%. Then the value of the high valuation of the building reached 97,35%.

Key Words: Building Heights, DEM LiDAR , Spatial Planning Region, Pandanaran

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Kota Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia setelah Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung. Kota Semarang terus mengalami perkembangan dan pembangunan kota. Perkembangan dan pembangunan kota yang terjadi menyebabkan berdirinya bangunan gedung secara pesat. Menurut Undang-Undang No. 28 Tahun 2002 bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas atau di dalam tanah atau air yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Sebuah artikel Okezone News yang ditulis oleh Arif Purniawan berjudul "Gedung Tinggi di Pandanaran Mulai Disorot", menandakan bahwa pada kenyataannya masih terdapat pelanggaran terhadap penataan ruang yang telah ditetapkan. Pada artikel tersebut Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika (Dishubkominfo) Provinsi Jawa Tengah yang menilai keberadaan gedung bertingkat di Jalan Pandanaran. yang melebihi ketentuan akan mengganggu penerbangan di Bandara Ahmad Yani (Purniawan, 2012). Oleh karena itu, pembangunan kawasan tersebut membutuhkan pengontrolan terhadap kesesuaian penataan ruang yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis memilih Jalan Pandanaran sebagai lokasi dalam penelitian ini.

Penataan ruang kawasan Jalan Pandanaran telah diatur dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang, namun masih mungkin terjadi pelanggaran pembangunan terhadap penataan ruang kawasan tersebut. Pelanggaran pembangunan dapat diketahui dengan melakukan evaluasi penataan ruang suatu kawasan. Evaluasi tersebut harus berpedoman pada Peraturan Daerah (Perda) Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) di Sekitar Bandar Udara Ahmad Yani Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah.

Pembangunan gedung harus mempertimbangkan kebijakan RTRW Kota Semarang pada Peraturan Daerah (Perda) Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 untuk mengarahkan pembangunan dengan memanfaatkan ruang wilayah secara berdaya guna, berhasil guna, serasi, selaras, seimbang, dan berkelanjutan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan pertahanan keamanan Kota Semarang dan Permenhub No KM 35 Tahun 2008 yang merupakan peraturan yang menjamin Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) di Bandar Udara dan

sekitarnya. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) di sekitar Bandar Udara diukur dan ditentukan dengan bertitik tolak pada Rencana Induk Bandar Udara.

Kedua peraturan tersebut sebagai acuan perhitungan dalam perencanaan ketinggian maksimal bangunan gedung secara teknis, sedangkan materi evaluasi untuk mendapatkan tinggi bangunan secara aktual di kawasan Jalan Pandanaran menggunakan data LiDAR.

Data LiDAR efektif digunakan dalam menentukan tinggi bangunan, terutama pada bangunan gedung yang sangat tinggi yang tidak dapat diukur dengan alat ukur ketinggian karena keterbatasan pergerakan vertikal alat. Kerapatan dan akurasi elevasi data LiDAR sebesar 15-20 cm, sehingga ketinggian bangunan dapat dihitung dengan akurasi tinggi (Atmaja, 2015). Selain itu, LiDAR mampu memberikan hasil yang baik untuk penataan ruang kawasan baik skala kecil maupun besar. Oleh karena itu, penulis mengambil judul Pemanfaatan Data LiDAR untuk Evaluasi Ketinggian Bangunan Di Kawasan Jalan Pandanaran, Semarang.

I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memanfaatkan data LiDAR untuk mengetahui ketinggian bangunan?
2. Bagaimana hasil ketelitian tinggi pada data LiDAR?
3. Bagaimana hasil kesesuaian ketinggian bangunan Kawasan Jalan Pandanaran terhadap Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008?

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tinggi bangunan menggunakan data LiDAR dengan DEM dan *Algoritma Macro Terrasolid*.
2. Membandingkan ketelitian tinggi pada data LiDAR menggunakan perbandingan beda tinggi dari data LiDAR dengan data waterpass.
3. Mengevaluasi ketinggian bangunan di Kawasan Jalan Pandanaran terhadap Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008.

I.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mengevaluasi ketinggian bangunan dengan memanfaatkan data LiDAR.
2. Penelitian ini dapat menentukan kesesuaian tinggi bangunan suatu kawasan terhadap Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008 di kawasan Jalan Pandanaran.

3. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik bagi para pembaca tentang ketinggian maksimal bangunan yang diperbolehkan sesuai Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008 di kawasan Jalan Pandanaran.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini difokuskan dalam melakukan evaluasi tata ruang wilayah yang menitik beratkan pada ketinggian bangunan dengan memanfaatkan data LiDAR.

1. Area penelitian ini adalah kawasan Jalan Pandanaran, Semarang dengan panjang kawasan penelitian $\pm 1,5$ kilometer. Gedung yang akan diteliti ketinggiannya adalah gedung yang memiliki persil tanah berhadapan langsung dengan Jalan Pandanaran.



Gambar.1. Jalan Pandanaran, Semarang (Google maps, 2017)

2. Data yang digunakan adalah data *.LAS LiDAR dan ortofoto tahun 2014, Peraturan Daerah Nomor 14 Tahun 2011 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008.
3. Alat yang digunakan adalah *total station (TS)* Nikon Nivo 2C seri C050733 dan *waterpass* Digital seri 4210028 dan 4210044.
4. Software yang digunakan adalah *Software ArcGis* lisensi 10.4 *Software Global Mapper* *Software AutoCad* 2010 *Software Microstation V8i* dan *Software Terrasolid*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. LiDAR

II.1.1. Sistem LiDAR

Light Detection and Ranging (LiDAR) adalah perangkat atau sistem yang sering digunakan pada aktivitas-aktivitas survei, pengukuran, atau pengamatan yang menggunakan teknik atau metode penginderaan jauh (*remote sensing*) aktif dengan cahaya optis dalam bentuk pulsa-pulsa sinar laser untuk mengukur jarak-jarak terhadap objek-objek permukaan bumi dengan kerapatan dan akurasi yang tinggi. LiDAR adalah salah satu teknologi penginderaan jauh yang sangat berpotensi untuk

membantu banyak bidang/aplikasi terkait penyediaan basis data geospasial (Prahasta, 2015).

Pengumpulan data LiDAR menggunakan sensor yang dipasang pada wahana pesawat, sensor tersebut mampu menembakkan gelombang aktif ke permukaan bumi, dimana gelombang tersebut akan kembali setelah mengenai objek-objek di permukaan bumi. Setiap objek-objek yang memantulkan gelombang tersebut akan menghasilkan titik-titik dengan nilai koordinat x, y dan z yang direkam secara kontinu menggunakan komputer (Johnson, 2009). Data LiDAR dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan *Digital Terrain Model (DTM)* dan *Digital Surface Model (DSM)*.

II.1.2. Prinsip Kerja LiDAR

Pada prinsip kerjanya, sistem LiDAR mengkombinasikan sebuah sinar laser yang sempit dengan sebuah sub-sistem penerima (*receiver*). Laser ini menghasilkan pulsa-pulsa optik yang akan dikirimkan dan kemudian dipantulkan kembali oleh objek-objek permukaan bumi hingga akhirnya dapat diterima kembali oleh sub-sistem penerimanya. Sub-sistem penerima ini kemudian mengukur, secara akurat, waktu perjalanan pulsa dari awal hingga akhirnya diterima kembali. Berjalannya pulsa-pulsa tersebut pada kecepatan cahayanya, sub-sistem penerimanya dapat mengindera pulsa-pulsa yang kembali (*returns*) sebelum pulsa-pulsa berikutnya dikirimkan menuju objek-objek. Nilai kecepatan gelombang cahaya telah diketahui, maka nilai waktu perjalanan pulsa-pulsa yang bersangkutan dapat dikonversikan menjadi nilai-nilai jarak pengukuran. (Prahasta,2015).

II.2 Konsep Dasar DEM, DTM dan DSM

Digital Elevation Model (DEM) merupakan model permukaan bumi yang merepresentasikan permukaan topografi yang mempunyai data ketinggian permukaan tanah. DEM terbentuk dari kumpulan *array* titik-titik tinggi *ground point* dari *point clouds*. DEM merupakan suatu file atau database yang menampilkan titik-titik ketinggian dari suatu permukaan (Jensen, 2007). Menurut, Jensen (2007), membedakan DEM menjadi dua, yaitu: DSM dan DTM.

1. *Digital Terrain Model (DTM)*
DTM memiliki informasi ketinggian permukaan tanah (*bareearth surface*) tanpa terpengaruh oleh vegetasi atau objek buatan manusia lainnya. DTM disertai fitur-fitur tambahan yang memberikan representasi permukaan topografi yang lebih baik, contohnya *breakline* dari punggung bukit atau aliran air dan sungai. DTM mampu memodelkan relief secara lebih realistis atau sesuai dengan kenyataan.
2. *Digital Surface Model (DSM)*
DSM merupakan representasi permukaan bumi yang memuat lebih banyak informasi

termasuk objek yang berada di atas permukaan bumi seperti vegetasi, gedung, dan fitur lainnya.

II.3 Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Rencana Tata Ruang Wilayah yang selanjutnya disingkat RTRW disusun secara nasional, regional dan lokal. RTRW disusun secara nasional disebut RTRW Nasional, yang dijabarkan kedalam RTRW Provinsi, dan RTRW tersebut dijabarkan kedalam RTRW Kota. RTRW Nasional adalah arahan kebijakan dan strategi pemanfaatan ruang wilayah negara yang dijadikan acuan untuk perencanaan jangka panjang. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota disingkat RTRWK disebut juga sebagai *Urban Planning* atau *Urban Land use Plan* dalam bahasa Inggrisnya adalah dokumen rencana tata ruang wilayah kota yang dikukuhkan dengan Peraturan Daerah (Irman, 2015).

Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota bertujuan untuk mewujudkan rencana tata ruang wilayah kota yang sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Ruang lingkup Peraturan Menteri ini memuat ketentuan teknis muatan rencana tata ruang wilayah kota serta proses dan prosedur penyusunan rencana tata ruang wilayah kota (Irman, 2015)

II.4 Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011

Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031. Kebijakan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang (RTRWK Semarang) ditetapkan untuk mengarahkan pembangunan dengan memanfaatkan ruang wilayah secara berdaya guna, berhasil guna, serasi, selaras, seimbang, dan berkelanjutan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan pertahanan keamanan kota Semarang. Tujuan dari penataan ruang tersebut adalah terwujudnya Kota Semarang sebagai pusat perdagangan dan jasa berskala internasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan. Kebijakan penataan ruang dilakukan melalui kebijakan dan strategi pengembangan struktur ruang, kebijakan dan strategi pengembangan pola ruang dan kebijakan dan strategi pengembangan kawasan strategis.

II.5 Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang

Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang merupakan peraturan yang dijalankan oleh Dinas Tata Ruang Kota Semarang untuk menentukan tinggi maksimal sebuah bangunan. Menurut Kepala Seksi Pengendalian Tata Ruang, Ibu Fransiska Luis Marina perhitungan maksimal tinggi bangunan yang diperbolehkan harus mempertimbangkan KKOP.

Referensi tinggi titik yang digunakan juga mengarah pada referensi titik tinggi KKOP.

II.6 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Sekitar Bandar Udara Ahmad Yani di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Titik referensi bandar udara terletak pada koordinat geografis 6°58'38.007"LS dan 110°22'51.709" BT.

Peraturan tersebut merupakan peraturan yang menjamin Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara dan sekitarnya. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di sekitar Bandar Udara diukur dan ditentukan dengan bertitik tolak pada Rencana Induk Bandar Udara.

II.7 Ortofoto

Ortofoto adalah reproduksi foto yang telah dikoreksi pada kesalahan oleh kemiringan pesawat, relief, serta distorsi lensa. Ortofoto dibentuk berdasarkan foto stereo dengan proses rektifikasi diferensial sehingga gambaran obyek pada foto tersebut posisinya benar sesuai dengan proyeksi ortogonal. Rektifikasi diferensial adalah proses pergeseran letak gambar oleh kesendengan fotografik dan relief. Tujuan rektifikasi adalah menghapus efek kesendengan sumbu dan menghasilkan ekuivalen foto tegak. Ortofoto berbeda dengan foto yang direktifikasi, karena dalam rektifikasi hanya kesalahan oleh kemiringan pesawat saja yang dikoreksi. Rektifikasi diferensial melakukan pemotretan kembali atas foto aslinya (Paine, 1981 dalam Wanfebrianta, 2009).

II.8 Pengukuran Beda Tinggi Antara Dua Buah Titik

Jarak bidik optimum alat penyipat datar berkisar antara 40-60 m, sehingga apabila dua buah titik yang akan diukur beda tingginya cukup dekat dan relatif datar, maka pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan. Apabila alat didirikan diantara dua buah rambu, maka diantara dua buah rambu dinamakan *slag* yang terdiri dari bidikan ke rambu muka dan rambu belakan. Selain garis bidik atau benang tengah (BT), pada umumnya teropong dilengkapi dengan benang stadia yaitu benang atas (BA) dan benang bawah (BB). Selain untuk pengukuran jarak optis, pembacaan BA dan BB juga untuk kontrol pembacaan benang tengah dimana seharusnya pembacaan BT seperti rumus berikut :

$$BT = \frac{1}{2} x(BA + BB).....(II.1)$$

Apabila jarak antara dua buah titik yang akan diukur beda tingginya relatif jauh, maka dilakukan pengukuran berantai atau sipat datar memanjang (*differential levelling*) (Basuki, 2011).

II.9 Tachimetri

Detail objek adalah segala objek yang ada di lapangan, baik yang bersifat alamiah seperti sungai, lembah, bukit, dan rawa, maupun hasil budaya manusia seperti jalan, jembatan, gedung, lapangan, selokan, dan batas kepemilikan tanah. Pada pengukuran titik detail kali ini, perhitungan jarak dan beda tinggi dilakukan dengan metode *tachimetri*. Metode *tachimetri* merupakan metode yang digunakan untuk mengukur beda tinggi dan jarak datar yang dilakukan dengan cara tidak langsung karena yang diukur adalah sudut miring atau sudut zenith dan jarak optis (Basuki, 2011). Sebelum dimulai pengukuran, terlebih dahulu dibuat sketsa yang berisi perencanaan kode tiap detail baik detail planimetris maupun detail *spotheight*.

II.10 Root Mean Square Error (RMSE)

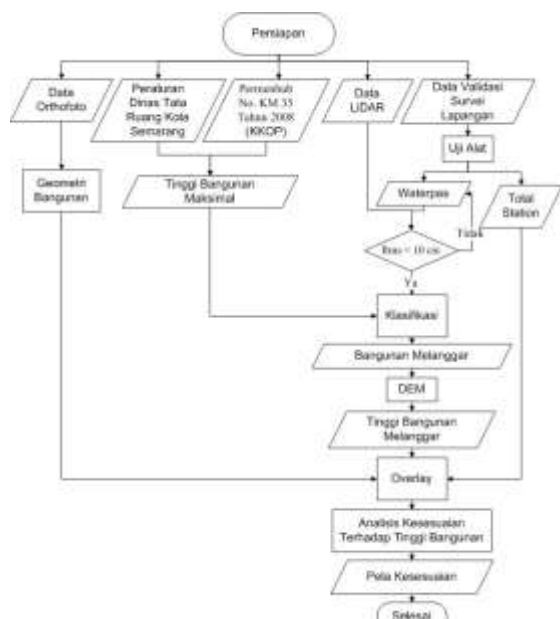
Setiap pengukuran pasti tidak lepas dari kesalahan. Begitu juga dalam proses pengolahan data ukuran, yaitu proses registrasi yang juga tidak lepas dari kesalahan. Besarnya nilai kesalahan tersebut ditunjukkan dengan nilai RMSE (*root mean square error*). RMSE adalah suatu nilai perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai hasil ukuran (Soeta'at, 1994). Kesalahan baku didefinisikan sebagai akar dari jumlah kuadrat residual. Rumus menghitung RMSE disajikan pada persamaan II.2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (R - R_1)^2}{n}} \dots\dots\dots (II.2)$$

Keterangan:

- RMS : *Root Mean Square Error*
- R : Nilai yang dianggap benar
- R1 : Nilai hasil ukuran
- N : Banyak ukuran yang digunakan

III. Metodologi Penelitian



Gambar.2. Diagram alir penelitian

III.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan, sebagai berikut :

1. Pengolahan data LiDAR
Pengolahan data LiDAR untuk mendapatkan hasil ketinggian bangunan aktual di lapangan. Data LiDAR dihasilkan dengan melakukan klasifikasi terhadap data *point clouds* LiDAR dengan menggunakan *software Terrasolid*. Klasifikasi dilakukan secara otomatis dan manual. Klasifikasi otomatis dilakukan dengan membagi jutaan data *point clouds* secara otomatis ke dalam layer ground dan non ground dengan algoritma *macro*. Klasifikasi manual dilakukan untuk mengklasifikasikan titik-titik yang belum terklasifikasikan dengan benar.
2. Analisis tinggi bangunan maksimal
Analisis tinggi bangunan maksimal, yaitu proses analisis tinggi bangunan maksimal untuk mendapatkan hasil ketinggian bangunan maksimal pada area studi. Area studi di bagi atas dua kawasan KKOP, Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam dan Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut yang memiliki maksimal tinggi bangunan berturut-turut adalah 45 m dan 150 m. Pada Gambar 3 terlihat bahwa Jalan Pandanaran berada diantara kedua kawasan tersebut dan letak titik referensinya yaitu titik landasan 31.



Gambar.3. KKOP Kota Semarang

3. Deteksi bangunan melanggar
Bangunan yang melanggar dapat dideteksi menggunakan algoritma *macro* dengan klasifikasi tambahan yaitu *classify by height from ground*. Proses klasifikasi dengan kelas tersebut dilakukan dua kali. Pertama, dengan menggunakan parameter minimal *height* 42.45 meter untuk Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam Kedua, dengan menggunakan parameter minimal *height* 42.45 meter untuk Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut menggunakan parameter minimal *height* 147.45.
4. Pembentukan DEM

Proses pembentukan DEM yang terdiri atas DSM dan DTM yang dilakukan menggunakan *software Global Mapper*. Proses DSM dibentuk dari kumpulan *point clouds* yang belum terklasifikasi dan berada pada satu kelas yaitu kelas *default*. Pada proses DTM dibentuk dari kumpulan *point clouds* yang sudah terklasifikasi pada kelas *ground*.

5. Perhitungan tinggi bangunan
Ketinggian bangunan yang melanggar dapat diketahui dengan melakukan proses lebih lanjut dengan menggunakan *software global mapper*. Data DEM LiDAR tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan tinggi bangunan secara matematis, yaitu dengan mengurangi nilai ketinggian dari DSM dengan DTM seperti rumus berikut:

$$\text{Ketinggian Bangunan (NDSM)} = \text{DSM} - \text{DTM} \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

6. Validasi
Proses validasi pada penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama validasi ketelitian terhadap data LiDAR yang digunakan dan tahap kedua validasi hasil penelitian.

7. Uji ketelitian
Pengukuran waterpass pada penelitian ini menggunakan 15 titik uji validasi dengan jumlah nilai ukuran sebanyak 37 ukuran, selanjutnya akan dihitung ketelitian dari 15 titik validasi pengukuran waterpass terhadap data LiDAR yang ditunjukkan dengan nilai RMSE.

8. Perhitungan kesesuaian
Kesesuaian tinggi bangunan dari hasil rencana dan kenyataan di lapangan dihitung menggunakan persentase kesesuaian. Rumus menghitung nilai kesesuaian disajikan pada persamaan III.2 berikut :

$$\% \text{ Sesuai} = 100\% - \frac{BM}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{III.2})$$

Keterangan :

BM = jumlah bangunan yang melanggar

N = jumlah keseluruhan bangunan

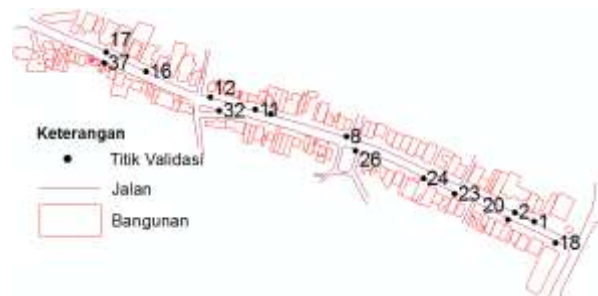
Perhitungan tingkat kesesuaian tinggi bangunan yang melanggar ditunjukkan dalam bentuk persentase kesesuaian dengan membandingkan jumlah bangunan yang melanggar terhadap total keseluruhan bangunan pada kawasan tersebut.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan analisis ketelitian tinggi data LiDAR

Data LiDAR yang diperoleh dilakukan uji ketelitian dengan melakukan pengukuran di beberapa titik yang tersebar sepanjang Jalan Pandanaran dengan alat ukur waterpass dan didukung dengan interpretasi menggunakan data ortofoto. Beda tinggi

titik ukuran tersebut dibandingkan dengan beda tinggi titik yang sama pada data LiDAR seperti pada *Tabel.1*. Hasil kedua beda tinggi tersebut dianalisis secara statistik.



Gambar.4. Persebaran Titik
Tabel.1. Beda tinggi hasil ukuran

No	Id Titik		dh WP (m)	dh LiDAR (m)	Selisih (m)
	Dari	Ke			
1	1	2	0,006	0,024	0,018
2	2	8	0,440	0,469	0,029
3	8	10	0,226	0,222	0,004
4	10	11	0,050	0,034	0,016
5	11	12	0,022	0,041	0,018
6	12	16	0,267	0,239	0,027
7	16	17	0,051	0,022	0,030
8	18	20	0,068	0,069	0,001
No	Id Titik		dh WP (m)	dh LiDAR (m)	Selisih (m)
	Dari	Ke			
9	20	23	0,191	0,172	0,019
10	23	24	0,111	0,108	0,003
11	24	26	0,033	0,030	0,003
12	26	27	0,060	0,051	0,009
13	27	32	0,216	0,303	0,087
14	32	33	0,039	0,094	0,056
15	33	37	0,311	0,393	0,082



Gambar.5. Grafik beda tinggi

Hasil perhitungan selisih beda tinggi antara kedua variabel tersebut terdapat perbedaan yang besar pada titik 27 dan 32 sebesar 0,0868 meter. Hal tersebut dapat disebabkan oleh pemilihan titik yang kurang baik sebab pada lokasi tersebut *point clouds* yang tersebar sedikit dan memiliki variasi nilai

ketinggian yang tinggi sehingga nilai tinggi terinterpolasi lebih kasar. Namun tingkat kesalahan tersebut masih dapat ditoleransikan dari nilai RMSE-nya. Nilai RMSE tersebut sebesar 0,0375 meter. Artinya akurasi dari hasil perbandingan kedua data tersebut bernilai 0,0375 meter dan memenuhi batas ketelitian yang telah ditentukan.

IV.2 Analisis Hasil Pembagian Kawasan pada KKOP

Jalan Pandanaran memiliki 113 bangunan yang berada diantara dua kawasan yaitu Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam dan Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut. Kedua kawasan tersebut memiliki maksimal ketinggian berturut-turut adalah 45 m dan 150 m dari titik referensi yaitu titik landasan 31. Namun, perbedaan tinggi pada titik referensi dan *ground* di kawasan Jalan Pandanaran sebesar 2,55 m maka tinggi maksimal pada kawasan tersebut secara berurutan menjadi 42,45 m dan 147,5 m.

Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam ditentukan oleh lingkaran dengan radius 4.000 m dari titik tengah setiap ujung Permukaan Utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan dan kawasan ini tidak termasuk Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas, serta Kawasan di Bawah Permukaan Transisi. Pada Gambar 6 ditunjukkan bangunan yang termasuk dalam Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam memiliki 62 bangunan atau sekitar 54,87 %. Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut ditentukan mulai dari tepi luar Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal dalam meluas ke luar dengan jarak mendatar 2.000 m. Pada Gambar 7 ditunjukkan bangunan yang termasuk dalam Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut memiliki 51 bangunan atau sekitar 45,13 %



Gambar.6. Zona Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam



Gambar.7, Zona Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut

IV.3 Hasil Bangunan yang Melanggar

Penelitian ini menghasilkan dua buah bangunan yang tingginya melanggar ketentuan yang berlaku. Kedua bangunan tersebut berada pada Kawasan Di Bawah Permukaan Horizontal Dalam yaitu Menara Suara Merdeka dan Bank Panin. Pada Tabel.2 dijelaskan selisih dari ketinggian bangunan yang diizinkan.

Tabel.2. Selisih tinggi bangunan yang diizinkan

Nama Bangunan	Tinggi Bangunan (m)	Tinggi Maksimal (m)	Selisih (m)
Bank Panin	43	42,45	0,55
Menara Suara Merdeka	68,2	42,45	25,75

Kedua bangunan tersebut berada pada Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam yang memiliki ketentuan tinggi maksimal sebesar 42,45 meter. Hasil perhitungan tinggi bangunan dengan menggunakan data LiDAR terhadap maksimal tinggi sesuai ketentuan yang berlaku maka pada bangunan Bank Panin tinggi bangunan yang melebihi sebesar 0,55 meter dan pada bangunan Menara Suara Merdeka sebesar 25,75 meter.

IV.4 Analisis hasil validasi existing bangunan yang melanggar pada data LiDAR

Analisis ini membandingkan hasil tinggi bangunan yang diperoleh pada penelitian ini dengan objek yang ada di lapangan. Uji validasi ini bertujuan untuk mengetahui ketelitian hasil dari penelitian ini terhadap kenyataan di lapangan. Pada Tabel.3 menunjukkan tinggi bangunan dari data LiDAR dan di lapangan dengan menggunakan *total station*.

Tabel .3. Tinggi bangunan dari data LiDAR

Nama Bangunan	Tinggi Bangunan TS (m)	Tinggi Bangunan LiDAR (m)	Selisih Tinggi Bangunan (m)
Bank Panin	42,954	43	0,046
Menara Suara Merdeka	68,166	68,2	0,034

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya Kawasan Jalan Pandanaran memiliki kesesuaian yang tinggi terhadap peraturan yang ditetapkan dalam rencana tata ruang kawasan sebesar 97,35% dengan nilai penyimpangan sebesar 2,65 %.

Data ketinggian bangunan yang di peroleh dari hasil pengukuran di lapangan diasumsikan sebagai variabel yang lebih mendekati kebenaran dengan nilai RMSE sebesar 0,0406 meter.

IV.5 Analisis hasil validasi existing bangunan Louis Kienne Hotel

Hasil pengukuran yang dilakukan pada Louis Kienne Hotel memiliki tinggi ukuran sebesar 60,713 m. Penelitian ini menggunakan data LiDAR pada tahun 2014 sehingga pada saat itu Louis Kienne Hotel masih dalam proses pembangunan dengan tinggi 10 m.

Berdasarkan hasil pengukuran tinggi di lapangan maka Loius Keinne Hotel termasuk dalam Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam yang memiliki ketentuan tinggi maksimal sebesar 42,45 meter. Oleh karena itu bangunan Loius Keinne Hotel juga termasuk dalam bangunan yang melanggar dengan selisih bangunan yang melewati batas sebesar 18,263 m.\



(a) 2014 (b) 2017

Gambar.8. Loius Kienne Hotel

IV.6 Analisis Tingkat Keseuaian

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terdapat 3 bangunan pada Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam yang melanggar ketentuan maksimal tinggi Bangunan terhadap Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008. Ketiga bangunan tersebut adalah Bank Panin, Louis Keinne Hotel, dan Menara Suara Merdeka.

$$\% \text{ Sesuai} = 100\% - \left(\frac{BM}{N} \times 100\% \right)$$

$$\% \text{ Sesuai} = 97,35\%$$



Gambar.9. Peta 3D Kesesuaian Tinggi Bangunan Kawasan Jalan Pandanaran Kota Semarang

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Data LiDAR yang sudah terklasifikasi dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tinggi bangunan menggunakan rumus matematis dengan melakukan pengurangan antara DSM dan DTM yang hasilnya berupa NDSM. Nilai NDSM tersebut merupakan nilai ketinggian bangunan. Data LiDAR dapat juga dimanfaatkan untuk mengevaluasi bangunan yang memiliki tinggi melebihi batas yang diperbolehkan dengan menggunakan algoritma *macro by height from* pada *software terrasolid* terhadap parameter yang ditentukan. Hasilnya berupa *point clouds* yang sudah terklasifikasi pada kelas *building* yang memiliki tinggi melebihi parameter yang ditentukan. Hasil perhitungan RMSE tinggi bangunan LiDAR terhadap *total station* sebesar 0.0406 meter sehingga data LiDAR akan lebih efektif digunakan untuk mengukur tinggi bangunan dengan mempertimbangkan kemampuan pergerakan vertikal teropong *total station* yang terbatas.

2. Hasil perhitungan RMSE beda tinggi waterpass dengan LiDAR tersebut dapat dilihat bahwa hasil tingkat kesalahan yang didapat sebesar 0,0375 meter. Artinya akurasi dari hasil perbandingan kedua data tersebut bernilai 0,0375 meter dan memenuhi batas ketelitian yang telah ditentukan.
- Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terjadi penyimpangan sebesar 2,65 % untuk nilai ketinggian bangunan di Kawasan Jalan Pandanaran. Penyimpangan tersebut terjadi pada 3 bangunan Kawasan di Bawah Permukaan Horizontal Dalam. Ketiga bangunan tersebut adalah Bank Panin, Louis Keinne Hotel, dan Menara Suara Merdeka. Nilai kesesuaian hasil evaluasi tinggi bangunan tersebut terhadap Peraturan Dinas Tata Ruang Kota Semarang dan Permenhub No. KM 35 Tahun 2008 mencapai dari 97,35 %. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya Kawasan Jalan Pandanaran memiliki kesesuaian yang tinggi terhadap peraturan yang ditetapkan dalam rencana tata ruang kawasan.

V.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir, berikut saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya :

1. Diperlukan persiapan yang matang baik dari segi materi pengetahuan, persiapan dan perencanaan agar penelitian yang dilaksanakan yang sesuai harapan.
2. Untuk melakukan evaluasi akan lebih baik jika menggunakan data yang *update* sehingga hasilnya lebih aktual.
3. Untuk penelitian selanjutnya, dalam penentuan titik di lapangan perlu memperhatikan persebaran *point clouds* LiDAR terlebih dahulu tidak hanya interpretasi dari ortofoto.
4. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan aspek Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dan aspek Koefisien Lantai Bangunan (KLB).

Daftar Pustaka

- Atmaja, Alfian Adi. 2015. Skripsi. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Basuki, Slamet. 2012. *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Jensen, J. R. 2007. *Remote Sensing of the Environment : An earth resource perspective*. 2nd Prentice-Hall series in Geographic Information Science, USA.
- Johnson, L. E. 2009. *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*. Florida: CRC Press.
- Kota Semarang. Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031. Lembaran Daerah Kota Semarang Tahun 2011, No. 14. Sekretaris Daerah Kota Semarang. Semarang.
- Prahasta, Eddy. 2015. *Pengolahan Data Sistem LiDAR*. Bandung : Informatika
- Soeta'at. 1994. *Fotogrametri Analitik*, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Republik Indonesia. 2002. Undang-Undang No.28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002, No. 134. Sekretaris Negara. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2008. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2008 tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan di Sekitar Bandar Udara Ahmad Yani di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Kementerian Perhubungan. Jakarta.

Pustaka dari internet :

- Irman, Joy. 2015. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota*. <http://www.penataanruang.com/rtrw-kota.html>. Diakses pada 20 Mei 2017.
- Purniawan, Arif. 2012. *Gedung Tinggi di Pandanaran Mulai Disorot*. <https://news.okezone.com/read/2012/06/21/512/651095/gedung-tinggi-di-pandanaran-mulai-disorot>. Diakses pada 10 April 2017
- Wanfebrianta, Willy. 2009. *Konsep Orthofoto Digital*. <https://karamoy.wordpress.com/2009/05/18/konsep-orthofoto-digital/>. Diakses pada 10 April 2017