

KAJIAN PEMANFAATAN DEM SRTM & GOOGLE EARTH UNTUK PARAMETER PENILAIAN POTENSI KERUGIAN EKONOMI AKIBAT BANJIR ROB

Arief L Nugraha, Hani'ah *)

Abstract

Tidal flood is a significant threat for the economic growth rate in the city of Semarang. The threat mitigation requires planning, thereby reducing the impact of the losses. The availability of global data with free access can provide solutions in disaster management, the data are SRTM DEM and Google Earth. With both of these data can be mapped potential economic losses caused by tidal flooding.

With the techniques of remote sensing and GIS to handle the SRTM DEM data and Google Earth, the techniques can be generated maps and models of tidal inundation area maps woke up in the city of Semarang. Analysis of potential economic losses can be calculated by doing an overlay of the two maps generated.

The results achieved from this study is SRTM DEM and Google Earth can able to produce thematic maps of situational tidal flood disaster so that it can be used as a parameter value calculation of the potential economic losses. This study also obtain the result that the area of land affected by the tidal flood an area of 8339.31 hectares and the number of buildings reaching 78 299 pieces, which the district that has the highest impact on the tidal flood that North Semarang.

Key words : DEM SRTM, Google Earth, Tidal Flood, Potential Economic Losses

Pendahuluan

Sebagai kota besar di Propinsi Jawa Tengah, Semarang menjadi pusat perekonomian di Propinsi ini. Namun laju perekonomian di Semarang mempunyai beberapa kendala. Salah satu kendala tersebut adalah banjir rob. Banyak opini muncul mengenai penyebab banjir rob tersebut. Salah satunya adalah kenaikan muka laut akibat global warming. Tetapi juga ada faktor lain yang menyebabkan genangan rob makin meluas. Penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) juga mempunyai peran dalam perluasan genangan rob tersebut. Selain itu kota Semarang bagian utara (Semarang Bawah) juga merupakan muara dari beberapa sungai. Sungai-sungai tersebut umumnya landai sehingga kadang berperan sebagai jalur masuk (inlet) dari air laut ke daratan.

Dampak negatif dari peristiwa genangan rob akan semakin terasa dengan adanya perubahan wilayah pesisir menjadi daerah pemukiman. Pada masa yang akan datang dampak genangan rob diprediksikan akan semakin besar dengan asumsi faktor kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah meningkat secara konstan (Gumilar, dkk., 2009). Penanggulangan permasalahan genangan rob di kota Semarang membutuhkan suatu gagasan penyelesaian yang efisien serta tepat sasaran yang salah satunya adalah memodelkan daerah genangan rob secara akurat. Prediksi yang akurat membutuhkan data yang akurat, baik data perilaku pasang surut air laut maupun data penurunan tanah.

Dengan karakteristik teknik penginderaan jauh yang semakin baik dan berkembang, dan data yang relatif *up to date* memungkinkan dilakukan berbagai analisa permasalahan mengenai banjir rob di Semarang. Dengan ketersediaan data dari Google Earth (GE) dan SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) yang

relatif tidak memerlukan biaya untuk mendapatkannya, memudahkan kita dalam melakukan pemetaan dan berbagai pemodelan untuk mendapatkan peta prediksi daerah genangan rob dengan teknik SIG (sistem informasi geografis).

Dengan penggabungan data dan aplikasi SIG dari Google Earth yang dapat dijadikan acuan eksisting situasi kota Semarang, dan data SRTM yang dapat dijadikan pemodelan genangan rob, memungkinkan untuk dilakukan analisis perhitungan potensi kerugian akibat genangan rob sehingga dapat dijadikan acuan pengambilan keputusan terkait banjir rob di kota Semarang.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan permasalahan dari kota Semarang adalah Bagaimana mengukur potensi kerugian ekonomi dari banjir rob kota Semarang dengan menggunakan ketersediaan data dari Google Earth dan SRTM melalui proses SIG ? Dalam kajian ini diharapkan memberikan manfaat untuk menjawab permasalahan Kota Semarang sehingga dapat dijadikan acuan bagi para *stakeholder* terutama dalam bidang perekonomian untuk rencana bisnis terkait banjir rob ini. Dan bagi masyarakat terutama yang berada pada wilayah Semarang Bawah, dapat memperhitungkan sendiri dampak kerugian ekonomi terkait dengan kejadian banjir rob kota Semarang. Untuk kajian teknik penggunaan dapat memberikan solusi lain dalam pemodelan peta genangan banjir rob untuk skala regional, dan penggunaan GE dapat memberikan kedetailan situasi kawasan terbangun di Kota Semarang sehingga dapat melakukan pemetaan kawasan-kawasan terbangun. Hasil overlay peta genangan banjir rob dan peta kawasan terbangun dapat dijadikan parameter untuk menghitung besaran nilai kerugian potensi ekonomi terkait kawasan terbangun secara fisik yang dapat terlihat dari GE.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Landasan Teori

Penyebab Banjir Rob.

Kenaikan muka air laut merupakan suatu fenomena naiknya permukaan laut yang diakibatkan oleh berbagai faktor yang kompleks. Perubahan ini bisa jadi merupakan pertanda awal dari efek pemanasan global terhadap kenaikan muka air laut.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa Semarang juga mengalamai kenaikan muka air laut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wirasatriya, menyebutkan bahwa Semarang mengalami kenaikan muka air laut sebesar 2,65 mm/tahun. Berdasarkan hasil pemantauan BAKOSURTANAL terhadap stasiun pasut Semarang dari tahun 1984 - 2002, menyebutkan bahwa Semarang mengalami kenaikan muka air laut sebesar 8 mm/tahun (Wirasatriya, 2005).

Kenaikan muka laut yang diduga menjadi salah satu penyebab genangan rob di Semarang merupakan suatu permasalahan yang sangat sulit untuk dipecahkan. Sampai sekarang pun angka pasti mengenai kenaikan muka laut di Semarang masih belum jelas karena dari beberapa penelitian ternyata menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Adanya kesimpangsiuran data tersebut diduga karena *time series* data pasang surut yang digunakan untuk menentukan kenaikan muka laut di Semarang tersebut hanya dalam kurun waktu yang singkat yaitu < 18,6 tahun. Selain itu diduga karena faktor penurunan muka tanah yang belum diperhitungkan dalam penghitungan kenaikan muka laut.

Penurunan muka tanah merupakan salah satu deformasi vertikal kerak bumi sebagai konsekuensi dari pergerakan dinamik dari kerak bumi. Terdapat berbagai tipe penurunan muka tanah, sebagai contohnya di Jakarta terdapat empat tipe penurunan muka tanah, yaitu penurunan muka tanah akibat ekstraksi air tanah, penurunan muka tanah akibat beban dari konstruksi/bangunan, penurunan muka tanah akibat konsolidasi alami tanah alluvial, dan penurunan muka tanah akibat aktivitas tektonik.

Secara nyata penurunan muka tanah tidak dapat dirasakan secara langsung, tetapi akibat yang dihasilkan dapat terlihat secara nyata pada bangunan-bangunan di atas lahan yang terjadi penurunan muka tanah.

Fenomena penurunan muka tanah di Semarang bukanlah merupakan suatu hal yang baru. Khusus untuk stasiun pasang surut di daerah Semarang, menurut PELINDO III cabang Tanjung Emas berdasarkan hasil pengukuran beda tinggi yang telah dilakukan stasiun tersebut telah mengalami penurunan sebesar 1,033 m atau 5,165 cm/tahun dari tahun 1985 hingga tahun 2005. Berdasarkan hasil pengamatan GPS juga menunjukkan penurunan muka tanah di daerah sekitar pelabuhan mengalami penurunan 6 - 9 cm /tahun (Gumilar, dkk., 2009).

DEM (*Digital Elevation Models*).

DEM adalah salah satu tipe dari *Digital Terrain Model*, perekaman gambaran topografi atau geomorfometrik dari permukaan bumi atau permukaan lain dalam format digital. DEM merekam ketinggian dalam format raster. Oleh karena itu, dalam DEM suatu area biasanya dibagi ke dalam *rectangular pixels* dan data elevasi disimpan dalam tiap pixel tersebut. Sehingga data DEM merupakan sampel permukaan tinggi dalam bentuk raster.

Beberapa metoda umum yang biasa digunakan untuk menurunkan DEM (Julzarika, 2009) adalah :

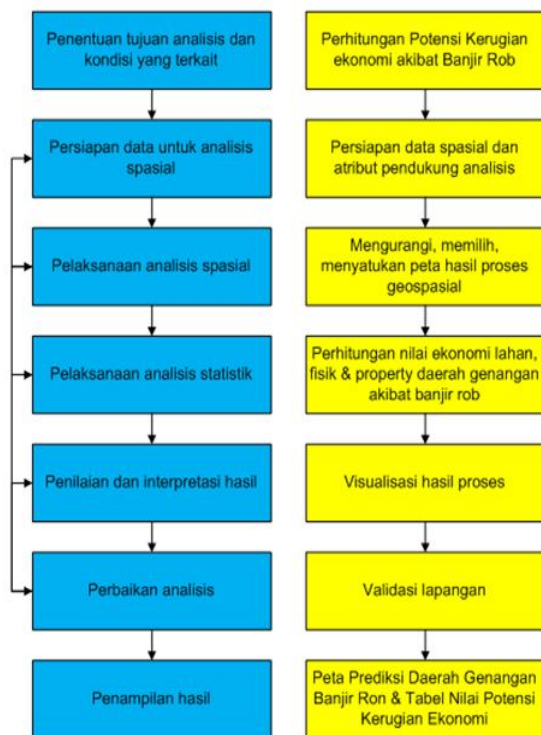
1. Melakukan interpolasi, yaitu melakukan interpolasi terhadap titik ketinggian (dimana titik berisi informasi ketinggian Z dan koordinat XY) atau interpolasi terhadap garis kontur untuk menghasilkan DEM.
2. Penurunan DEM menggunakan citra stereo, yaitu menggunakan 2 atau lebih citra yang diperoleh dari sudut pandang yang berbeda.
3. Radar Interferometri (InSAR). Teknik dimana data dari sensor radar dari satelit penginderaan jauh (contoh: ERS, JERS-1, RadarSAT dan PALSAR-ALOS) digunakan untuk memetakan ketinggian (topografi) dari permukaan bumi. Dua citra radar yang meliputi wilayah yang sama di permukaan bumi dan direkam dalam waktu yang bersamaan, dikombinasikan untuk membentuk interferogram. Lingkaran warna (*fringes*) yang terdapat pada interferogram memperlihatkan ketinggian permukaan bumi, ketinggian akan berubah dengan drastis pada lingkaran warna yang berdekatan.

Kualitas DEM dilihat dari seberapa akurat elevasi tiap pixel (keakuratan absolut) dan seberapa akurat morfologi yang ditampilkan (keakuratan relatif). Beberapa faktor yang berperan penting dalam penentuan kualitas DEM (Li, dkk., 2005), yaitu:

1. Kekasaran atau morfologi dataran yang diteliti.
2. Kepadatan contoh atau sampel (metode pengumpulan data).
3. Resolusi grid (ukuran pixel).
4. Algoritma interpolasi.
5. Resolusi vertikal.
6. Analisis algoritma dataran.

Pendekatan Dan Metodologi

Dalam kajian ini, pendekatan yang dipakai untuk menghasilkan tujuan yang diharapkan adalah dengan menggunakan proses geospasial dengan data dasar menggunakan DEM SRTM dan citra dari Google Earth. Proses geospasial itu sendiri merupakan proses SIG yang unik untuk pengolahan data spasial untuk menganalisis keruangan dalam data spasial dengan segala atribut yang diberikan pada data spasial tersebut. Pendekatan konseptual proses analisis geospasial dengan kajian masalah ini dapat dijelaskan dengan bagan tersebut pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Analisis Spasial : Pendekatan konseptual dengan kajian permasalahan

Problema yang menjadi kendala dari konseptual tersebut adalah terjadinya beberapa tipe kesalahan dalam pengumpulan data informasi, yaitu diantaranya : kesalahan dalam perhitungan, klasifikasi dan kategorisasi, lokalisasi data, dan input data. Untuk itu, pemilihan data dasar mutlak menjadi perhatian dalam melakukan kajian dengan proses geospasial. Bila kesalahan tereliminir, tentunya hasil yang didapat menjadi lebih baik sehingga dapat dipertanggungjawabkan keandalannya.

Dari kajian ini mungkin menimbulkan pertanyaan mengapa menggunakan data dasar DEM SRTM dan citra Google Earth. Bahwasannya DEM SRTM dan citra Google Earth merupakan sumber data global yang secara gratis dapat dipakai untuk berbagai keperluan (Iswanto & Aditya, 2009). Keuntungan lain dari kedua data dasar tersebut terkait proses geospasial, yaitu :

1. Mudah didapat dengan hanya mengakses internet.
2. Ketelitian kedua data tersebut dapat dipertanggungjawabkan dan ketelitian data tersebut juga dapat ditingkatkan dengan teknik penginderaan jauh.
3. Adanya updating data yang secara kontinyu dari produsen data tersebut.
4. Tipe kedua data dapat diolah dengan software SIG pada umumnya.

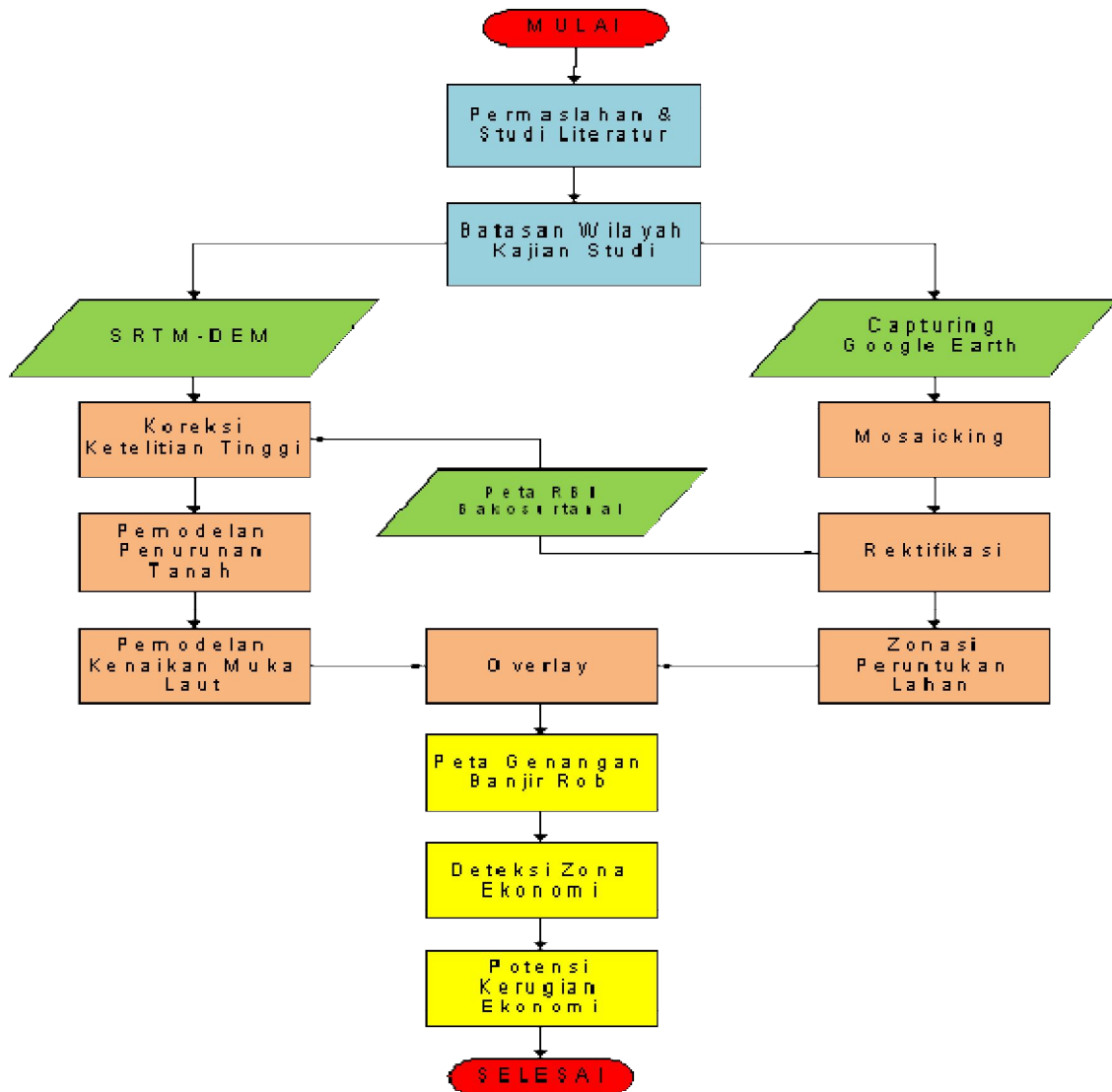
Dengan keuntungan tersebut, kajian permasalahan ini dapat dicapai dengan baik.

Kemudian untuk menunjang kajian permasalahan ini, alat dan bahan yang perlu disiapkan diantaranya sebagai berikut :

- a. Alat
 - Komputer
 - Internet
 - Software Google Earth (freeware)
 - Software Global Mapper
 - Software ArcGIS
- b. Bahan
 - DEM SRTM
 - Peta RBI Bakosurtanal
 - Data Penurunan Tanah dari Dinas ESDM
 - Data Pasang Surut dari PT. Pelabuhan Indonesia
 - Peta Zonasi Nilai Tanah

Tahapan-tahapan dalam kajian untuk mendapatkan potensi kerugian ekonomi akibat banjir rob secara proses geospasial dapat didekatkan dengan metodologi sesuai dengan gambar 2 dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Dengan perumusan masalah dilakukan studi literatur dari tema yang diusung pada perumusan masalah.
2. Dilakukan penentuan wilayah kajian, dalam hal ini adalah kota Semarang Bawah yang merupakan kawasan yang sering terkena dampak banjir rob.
3. Dari DEM SRTM dilakukan uji ketelitian ketinggian dengan acuan peta RBI kemudian dilakukan koreksi sampai menghasilkan akurasi yang kecil terhadap peta RBI tersebut.
4. Dari hasil diatas, dilakukan pemodelan penurunan tanah yang terjadi pada wilayah kajian.
5. Kemudian dilakukan juga pemodelan kenaikan muka laut berdasarkan pasang tertinggi dari data pasang surut.



Gambar 2 Diagram Alir Kajian Penelitian

- Pemrosesan DEM SRTM sampai dengan pemodelannya dilakukan dengan software Global Mapper.
6. Dilain bagian, dilakukan capturing data Google Earth pada wilayah kajian dengan mengambil data paling *up to date* dari layanan Google Earth.
 7. Dari hasil capturing tersebut kemudian dilakukan Mosaicking, yang bertujuan menggabungkan hasil capturing tersebut.
 8. Lakukan rektifikasi dari hasil mosaicking tersebut dengan acuan peta RBI.
Proses mosaicking dan rektifikasi dapat dilakukan pada software Stitch Maps.
 9. Setelah didapat peta yang terektifikasi, dilakukan digitasi zonasi peruntukan lahan pada peta tersebut. Zonasi tersebut dikelompokkan menjadi pemukiman, lahan produktif, lahan non produktif, dan kawasan perekonomian.
 10. Peta Mosaicking dan hasil zonasi tersebut kemudian dilakukan overlay dengan pemodelan dari DEM SRTM tersebut, sehingga dihasilkan peta genangan banjir Rob.
 11. Dari peta tersebut dilakukan deteksi zona-zona yang berkaitan dengan ekonomi seperti pada zonasi peruntukan lahan untuk diambil posisi geografis dan luasan dari dampak genangan banjir rob.
Dari zonasi tersebut dilakukan inventarisasi lahan dan properti fisik diatas lahan yang terkena dampak banjir rob sesuai dengan peta prediksi genangan banjir rob.
 12. Dengan menggunakan data dasar penilaian ekonomi seperti peta zona nilai tanah, dasar penilaian property dilakukan pembentukan basis data inventarisasi dari zona ekonomi yang terkena dampak banjir rob, yang selanjutnya dari parameter-parameter tersebut dapat terhitung besaran potensi kerugiannya.

Hasil & Pembahasan

Pengolahan Model Genangan Banjir Rob.

Pemodelan genangan banjir rob dilakukan untuk mengetahui ancaman dari banjir rob yang menggenangi wilayah Kota Semarang. Parameter dalam membentuk genangan banjir rob diantaranya menggunakan DEM SRTM, peta penurunan tanah, dan nilai Higher High Water Level (HHWL) dari pengolahan data pasang surut. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menghasilkan genangan banjir rob untuk periode tahun tertentu pada penelitian ini, dapat dijelaskan seperti pada gambar 3 dengan detail penjelasan sebagai berikut :

1. Pengolahan DEM (Digital Elevation Model) menggunakan SRTM

Pengolahan SRTM dilakukan dengan mengkoreksi dengan peta RBI skala 1:25.000 untuk mendapatkan ketelitian tinggi yang diharapkan sehingga dapat dibentuk DEM topografi seperti pada gambar 4. Hasil yang diperoleh dari pengolahan SRTM tersebut bahwa-sannya penggunaan data DEM SRTM memiliki ketelitian tinggi yang cukup untuk dibuat peta topografi untuk dilebih kecil dari skala 1 : 25.000 karena akurasi yang didapat dari SRTM-DEM kurang lebih berkisar antara 6 – 20 meter, sehingga dalam proses koreksi ketelitian pada SRTM-DEM dilakukan sampai mendapatkan akurasi dibawah 10 meter dengan tingkat kepercayaan 95%.

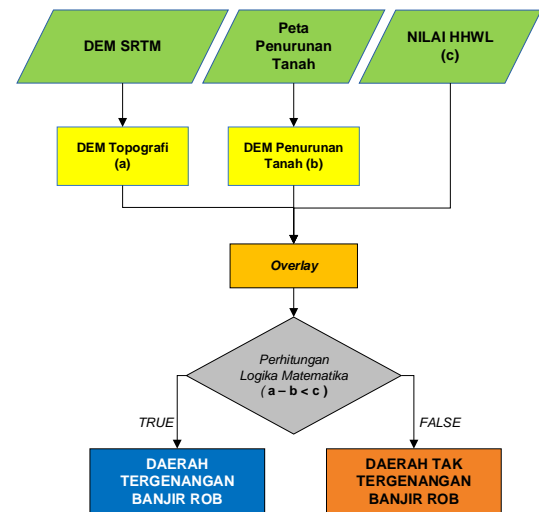
2. Pengolahan DEM percepatan penurunan tanah
Sama dengan pengolahan DEM topografi, peta sumber percepatan penurunan tanah dibentuk menjadi DEM penurunan tanah dengan menggunakan perangkat spasial analisis dari ArcGIS menggunakan teknik interpolasi kriging.

3. *Overlay*

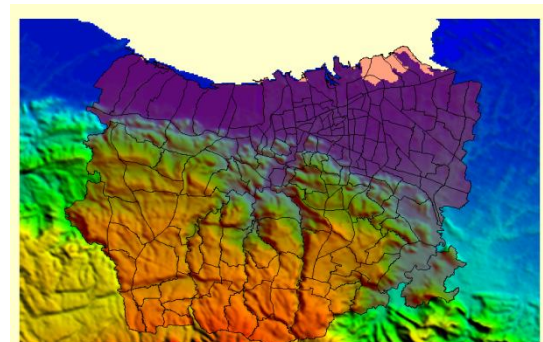
Proses *overlay* ini dilakukan dengan tujuan menggabungkan dua data DEM yang diolah sebelumnya. Dari penggabungan kedua DEM tersebut, dilakukan perbandingan ketinggian dengan nilai HHWL yang diperoleh dari pengolahan data pasang surut yang telah dibahas sebelumnya. Dua data DEM tersebut dapat digabungkan karena data dasar kedua DEM tersebut yaitu peta topografi dan peta percepatan penurunan tanah memiliki sistem proyeksi dan sistem koordinat yang sama yaitu UTM WGS 1984 Zona 49 Selatan, serta referensi titik ketinggian yang sama yaitu Titik Tetap Tinggi (TTG) 449 Bakosurtanal. *Overlay* dari ketiga data tersebut didasarkan atas logika matematika yang telah ditentukan.

4. Analisis spasial dengan logika matematika
Selanjutnya dengan logika matematis dari hubungan DEM topografi dikurangi dengan DEM besar percepatan penurunan tanah dalam suatu waktu dibandingkan dengan nilai HHWL pada waktu tersebut untuk menyatakan kondisi genangan banjir rob. Penggunaan logika tersebut dilakukan dengan perangkat spasial analisis dari ArcGIS pada fungsi logika matematika yaitu *Less Than*. dimana logika ini menyimpulkan bahwa bila logika tersebut bernilai 1 (*true*) maka dapat

dikatakan daerah tersebut tergenang oleh banjir rob dengan asumsi daerah tersebut mempunyai ketinggian topografi yang terkoreksi dengan nilai penurunan tanah, lebih rendah dari nilai HHWL, bila sebaliknya maka daerah tersebut tidak tergenang. Dari pemodelan tersebut maka akan dihasilkan genangan banjir rob pada periode waktu tertentu seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 3. Tahapan proses pemodelan banjir rob



Gambar 4. DEM SRTM yang telah dikoreksi



Gambar 5. Peta Pemodelan Genangan Banjir Rob

Pemetaan Kawasan Terbangun & Zona Ekonomi. Pemanfaatan Google Earth pada proses pemetaan ini diawali dengan proses rektifikasi dari hasil *capturing* dan *mosaicking* citra Google Earth sehingga hasil pemetaan memiliki georeferensi yang benar. Hasil

pemetaan tersebut dapat disajikan seperti pada gambar 6. Proses selanjutnya, melakukan digitasi terhadap kawasan terbangun, dimana kawasan tersebut berarti memiliki nilai fisik yang dapat diketahui dengan jelas pada citra Google Earth, seperti terlihat pada gambar 7. Dari pemetaan tersebut, maka dapat terlihat zona-zona ekonomi yang ada di kota Semarang.



Gambar 6. Citra Google Earth yang telah dikoreksi



Gambar 7. Peta Kawasan-kawasan terbangun

Pemetaan Potensi Kerugian Ekonomi.

Dengan melakukan overlay dari pemodelan genangan banjir rob dan peta kawasan terbangun dapat terpetakan kawasan-kawasan mana saja yang terancam oleh banjir rob, seperti yang tersajikan dalam gambar 8. Hasil ini menjadi parameter untuk perhitungan potensi kerugian ekonomi banjir rob. Parameter yang dapat disajikan dari hasil pemetaan ini adalah jumlah luasan tanah dan jumlah bangunan-bangunan yang terdampak genangan banjir rob.

Hasil yang diperoleh dari pemetaan ini yaitu bahwasannya genangan banjir rob dari pemodelan banjir rob tahun 2015 memberikan ancaman pada 9 (sembilan) kecamatan di kota Semarang yaitu Kecamatan Semarang Utara, Semarang Timur, Semarang Tengah, Tugu, Semarang Barat, Semarang Selatan, Pedurungan, Gayamsari, dan Genuk. Total luasan yang tergenang banjir rob yaitu sebesar 8.339,31 hektar. Kemudian untuk jumlah bangunan yang terdampak banjir rob sejumlah 78.299 bangunan. Dari hasil tersebut dapat terlihat jelas besarnya potensi kerugian yang disebabkan oleh banjir rob.

Dari kalkulasi keseluruhan hasil diatas bahwasannya ancaman yang paling luas yang tergenang oleh banjir rob yaitu kecamatan Semarang Utara yang tergenang 99,79% wilayahnya terendam banjir rob. Kemudian untuk jumlah bangunan yang tergenang di kecamatan tersebut yaitu 11.352 bangunan atau luas bangunan 306,99 hektar. Seperti diketahui bahwa di kecamatan Semarang Utara terdapat sarana perekonomian yang cukup vital yaitu diantaranya Pelabuhan Tanjung Emas dan Stasiun Tawang, dimana sarana tersebut merupakan sarana transportasi utama kota Semarang sebagai jalur transportasi perorangan maupun perdagangan.

Dari hasil tersebut terdapat dua parameter potensi kerugian ekonomi yaitu luas tanah dan jumlah bangunan ataupun luas bangunan dapat digunakan untuk perhitungan potensi kerugian ekonomi secara fisik akibat banjir rob. Secara kasar, pada tahun 2012 rata-rata harga tanah berdasarkan zona nilai tanah dari Bappeko Semarang yaitu terendah Rp. 48.000,00 per meter maka dapat diperoleh kerugian akibat banjir rob di Semarang Utara pada kawasan terbangun hampir mencapai 144 Miliar rupiah. Hal tersebut menjadi bukti bahwasannya genangan banjir rob kota Semarang memberikan nilai potensi kerugian ekonomi secara fisik yang cukup besar sehingga perlunya dilakukan penanggulangan banjir rob untuk mengurangi dampak kerugian tersebut.



Gambar 8. Peta kawasan terbangun yang terdampak genangan banjir rob

Kesimpulan

Dari keseluruhan proses kajian diatas dapat disimpulkan, yaitu sebagai berikut :

1. Peran teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan SIG semakin nyata untuk penanganan bencana alam dan untuk berbagai analisis lainnya.
2. Kemampuan data penginderaan jauh yang gratis seperti DEM SRTM dan Google Earth memberikan solusi untuk sarana pembuatan peta terdampak banjir rob sehingga dapat menjadi parameter untuk penanganan banjir rob di kota Semarang
3. Potensi kerugian ekonomi di kota Semarang akibat banjir rob hasil dari pemanfaatan DEM SRTM dan citra Google Earth yaitu total luasan

yang terendam banjir rob seluas 8.339,31 hektar dan jumlah bangunan mencapai 78.299 buah, dimana kecamatan yang memiliki dampak tertinggi terhadap banjir rob yaitu Semarang Utara.

4. Pentingnya pembuatan peta sebagai pusat informasi aktual dalam deteksi dan penanganan bencana alam walaupun hanya menggunakan data yang secara *free* dapat diunduh.

Daftar Pustaka

1. Gumilar, I., Abidin H.Z., Andres, H., Mahendra, A.D., Sidiq, T.P., & Gamal, M. 2009. Studi Potensi Kerugian Ekonomi (*Economic Losses*) Akibat Penurunan Muka Tanah. *Prosiding Seminar Nasional FIT ISI 2009*. Teknik Geodesi UNDIP. Semarang
2. Iswanto, F & Aditya, T. 2009. Pemanfaatan Basisdata Spasial dan Google Earth untuk Visualisasi Kadaster 3D. *Prosiding Seminar Nasional FIT ISI 2009*. Teknik Geodesi UNDIP. Semarang
3. Julzarika, A. 2009. Pemodelan 3D Kota Semarang Terhadap Kenaikan Muka Air Laut Dengan Citra Satelit Spot5. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Geodesi FT UGM Yogyakarta*. Teknik Geodesi FT UGM. Yogyakarta
4. Li, Z., Zhu, Q., and Gold, C., 2005. *Digital Terrain Modeling Principles and Methodology*. CRC Press. Florida. USA
5. Wirasatriya, A. 2005. Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang. *Tesis*. Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Air. Pascasarjana UNDIP. Semarang

