

DAMPAK PENURUNAN TANAH DAN KENAIKAN MUKA LAUT TERHADAP LUASAN GENANGAN ROB DI SEMARANG

Sutomo Kahar¹, Purwanto², dan Wahyu Krisna Hidajat³

¹ Jurusan Teknik Geodesi, FT UNDIP Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

² Ketua Prodi Magister Ilmu Lingkungan UNDIP

³ Jurusan Teknik Geologi, FT UNDIP Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

ABSTRAK

Kota Semarang sebagai salah satu kota besar di Indonesia, memiliki panjang garis pantai ± 21 km dan secara topografi terbagi menjadi dua wilayah yaitu Semarang bagian atas dan Semarang bagian bawah. Semarang bagian bawah lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah Aluvial yang lunak sehingga terus mengalami pemampatan. Kondisi tersebut mengakibatkan kota Semarang bagian bawah berpeluang besar mengalami dampak lingkungan disebabkan penurunan tanah, salah satu dampaknya adalah banjir pasang laut atau rob. Rob merupakan fenomena yang menarik yaitu banjir terjadi tanpa adanya hujan. Berdasarkan kenyataan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai penurunan tanah dan prediksi penurunan tanah di Semarang bagian bawah. Penelitian ini menggunakan data pengukuran titik-titik tinggi tanah kota Semarang dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2010. Berdasarkan serial data tinggi berbasis Digital Elevasi Model (DEM)/model permukaan digital dan perilaku muka laut, kemudian dianalisis menjadi model matematis berupa peta digital yang akan digunakan sebagai dasar untuk prediksi genangan rob yang setiap saat terjadi sepanjang tahun. Hasil akhir penelitian ini berupa Peta Digital tahun 2010 dan Peta prediksi penyebaran rob yang merupakan hasil overlay/pertampalan analisis perilaku penurunan tanah dan analisis perilaku muka laut di Kota Semarang bagian bawah.

Kata kunci: penurunan tanah, perilaku kenaikan muka laut, genangan rob dan model permukaan digital.

PENDAHULUAN

Berbagai potensi bencana alam yang terdapat di kota Semarang adalah banjir, rob, tanah longsor dan *land subsidence*. Banjir terjadi sering disebabkan intensitas hujan yang tinggi dibarengi dengan sistem drainase yang kurang memadai, rob terjadi akibat air pasang yang melampaui daerah pantai, Sedangkan penurunan tanah (*Land subsidence*) merupakan bahaya alam yang semakin besar di Kota Semarang yang bervariasi dengan rata-rata penurunan tertinggi 14.7 cm/th (Marfai, 2003). Terjadinya rob dan penurunan permukaan tanah tidak terlepas dari sejarah kota Semarang, dimana kota Semarang adalah kota pantai yang terus berkembang dari tahun ke tahun akibat adanya sedimentasi atau endapan alluvial di muara sungai yang meluas di sepanjang pantai Semarang. Banjir rob adalah genangan air pada bagian daratan pantai yang terjadi pada saat air laut pasang. Banjir rob menggenangi bagian daratan pantai atau tempat yang lebih rendah dari muka air laut. Beberapa literatur mengulas bahwa

fenomena banjir rob kawasan pantai Semarang merupakan akibat dari beberapa peristiwa berikut:

- 1) Perubahan penggunaan lahan di wilayah pantai: lahan tambak, rawa dan sawah yang dulu secara alami dapat menampung pasang air laut telah berubah menjadi lahan permukiman, kawasan industri dan pemanfaatan lainnya dengan cara menguruk tambak, rawa dan sawah sehingga air pasang laut tidak tertampung lagi kemudian menggenangi kawasan yang lebih rendah lainnya (Bappeda Pemkot Semarang, 2000).
- 2) Penurunan muka tanah di kawasan pantai.
- 3) Penurunan permukaan air tanah sebagai akibat dari penggunaan air tanah yang berlebihan dan *recharge* air tanah pada kawasan konservasi yang buruk.
- 4) Kenaikan muka air laut (*sea level rise*) sebagai efek pemanasan global.

Antara tahun 1990 hingga tahun 2100 akan terjadi kenaikan suhu rerata permukaan bumi sebesar 1,4 °C - 5,8 C. Pemanasan

Global ini akan menyebabkan perubahan iklim bumi dan kenaikan muka air laut (Sea Level Rise – SLR) sekitar 1,00 M pada tahun 2100 (Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC – Working Group 2, 2001).

METODOLOGI

Materi yang dikaji dalam penelitian ini meliputi data penurunan tanah di Kota Semarang dan data pasang surut di pantai Semarang.

Data utama yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Penurunan Tanah tahun 2000 – sampai dengan tahun 2010.
2. Data pasang surut pantai Semarang setiap jam, hari, bulan, dari bulan Januari – Desember tahun 2010.

Pengambilan data pasang surut bertujuan untuk mengetahui kedudukan muka laut tahun 2010 diperairan Kota Semarang sebagai referensi tinggi. Data pasang surut yang dikumpulkan merupakan data sekunder.

Data tersebut antara lain adalah :

1. Data pasang surut harian di perairan Semarang di bulan Januari sampai dengan Desember 2010, setiap jam selama 29 hari setiap bulan yang di dapat dari P.T. Pelabuhan Indonesia III Semarang (Pelindo III). Data tersebut dianalisa dengan metoda *Admiralty* dan hasil akhirnya akan diketahui komponen-komponen pembangkit pasut di perairan Semarang yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai MSL, LLWL, HHWL dan tipe pasang surut tahun 2010.
2. MSL (*mean sea level*) atau muka laut rerata tahun 2010 diperairan pantai Semarang sebagai referensi tinggi (0,00 meter) Kota Semarang, kemudian di referensikan terhadap hasil pengukuran sipat datar antara Palem Pasut dan B.M. Pasut milik Bakosurtanal dipelabuhan IV Pelindo III Semarang , sehingga B.M. Pasut diketahui tingginya terhadap MSL.
3. B.M. Pasut terhadap MSL yang telah diketahui tingginya kemudian digunakan untuk menghitung tinggi titik-titik tetap (BM) Kota Semarang bagian bawah tahun 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang Surut

Dari analisis *Admiralty* untuk data pasang surut perairan Semarang tahun 2010, maka dapat diketahui tipe pasang surut di perairan

Semarang adalah tipe campuran condong ke harian tunggal karena rata-rata nilai F untuk pasut Semarang adalah 2,1 hal ini berarti diperairan Semarang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari.

Dari analisa data pasut bulan Januari – Desember 2010, dapat ditentukan nilai MSL dan nilai MSL pada tahun 2010 adalah sebesar 1.1999 meter, LLW sebesar 0,5791 meter dan HHWL sebesar 1.8149 meter .

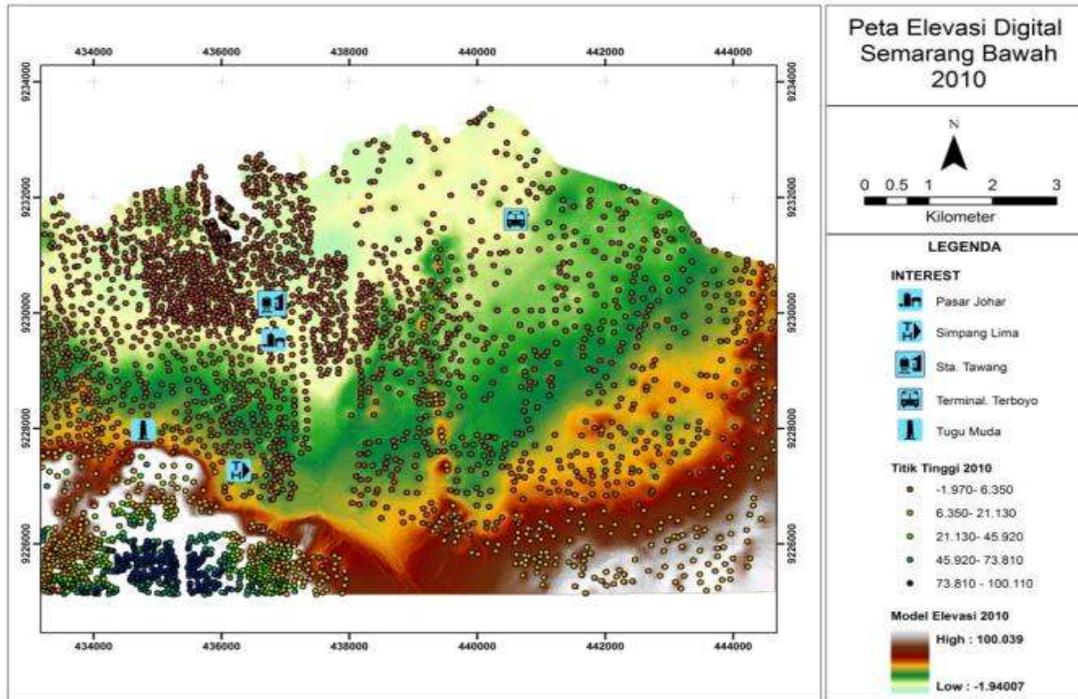
Tinggi Titik Tetap (BM) Kota Semarang

Tinggi BM (*Bench Mark*) Kota Semarang direferensikan terhadap MSL yang berada di perairan pantai Semarang, tepatnya diikatkan pada Stasiun BM Pasut Pelindo III di pelabuhan Tanjung Mas Semarang milik BAKOSURTANAL. Setelah diukur dan dikoreksi dengan koreksi tinggi Orthometrik dapat ditentukan ketinggian masing-masing BM.Kota Semarang,

Tabel 1. Ketinggian Divinitif BM Kota Semarang Bagian Bawah

| No | Nama Titik | Ketinggian BM (m+msl) | Keterangan |
|----|---------------|-----------------------|---|
| 1 | BM PASUT | 0,9076 | Ketinggian BM berdasarkan MSL Tahun 2010 (MSL Tahun 2010 = 1,1999 meter) |
| 2 | BM DED 004 | 1,7531 | |
| 3 | BM 7 TPKS | 1,0326 | |
| 4 | BM 6 TPKS | 1,2936 | |
| 5 | BM 1 SPP II-I | 2,8956 | |
| 6 | MP75 | 1,0066 | |
| 7 | BM MP 66 | 0,5311 | |
| 8 | Pipa besi | 1,8346 | |
| 9 | BM K | 0,9614 | |
| 10 | Baut Jemb | 1,7049 | |
| 11 | BM BKT | 3,9207 | |
| 12 | Pipa TELK | 1,8647 | |
| 13 | DTK 173 | 2,7632 | |
| 14 | DTK 174 | 7,6150 | |
| 15 | DTK 333 | 4,6120 | |
| 16 | BTS KEC | 4,4500 | |
| 17 | DTK 002 | 3,7375 | |
| 18 | BM MP 69 | 4,9953 | |
| 19 | TTG 446 | 4,6044 | |
| 20 | DISTAM 20 | 5,5028 | |
| 21 | DTK 19 | 6,1238 | |
| 22 | BM LG7 | 3,2311 | |
| 23 | BM7 surip | 3,7995 | |
| 24 | DTK 370 | 1,7158 | |
| 25 | DKTR 01 | 1,1221 | |
| 26 | BM Jem | 3,8365 | |
| 27 | BM Art | 0,7312 | |
| 28 | MP 74 | 2,7952 | |
| 29 | BM 3A | 1,4662 | |
| 30 | Kopya NI. 5 | 1,4943 | |
| 31 | BM MP 86 | 3,3015 | |
| 32 | BM BPN | 2,1550 | |
| 33 | BM DKTR 7 | 2,2570 | |
| 34 | BM MP74 | 2,7952 | |
| 35 | BM 5 | 1,1012 | |
| 36 | BM KEC | 2,2348 | |
| 37 | BM15 | 1,9858 | |
| 38 | Kopyani 8 | 1,2938 | |

Peta Elevasi Dijital 2000

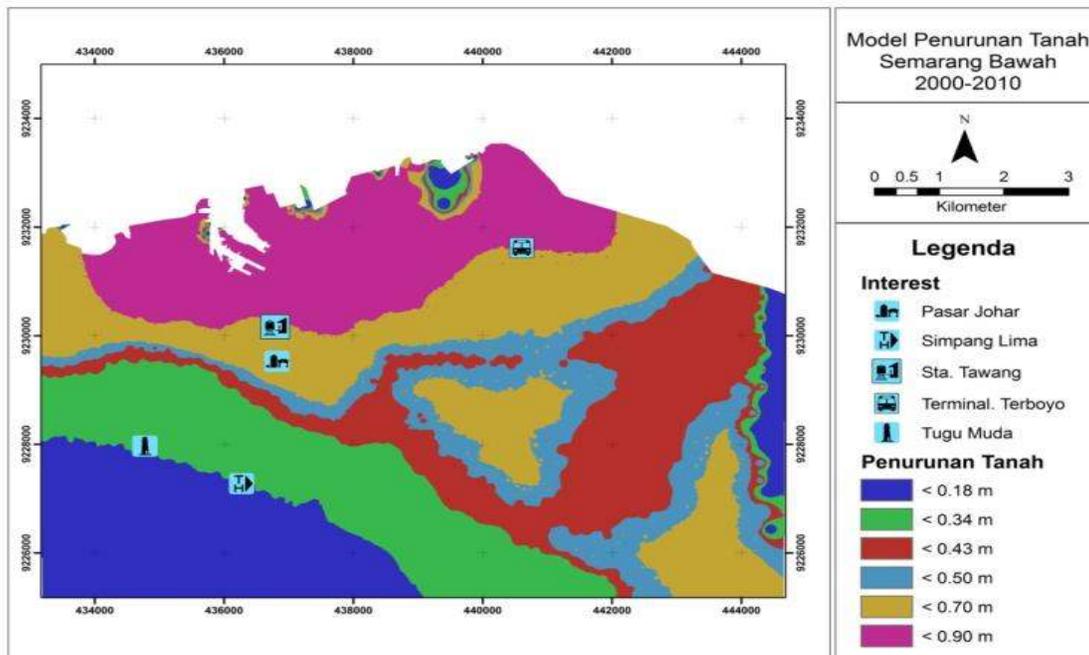


Gambar 1. Titik Tinggi 2010 dan DEM yang dihasilkan

Area Penurunan Tanah

Nilai penurunan tanah pada area studi diperoleh dari selisih tinggi antara piksel penyusun DEM tahun 2000 dan piksel

penyusun DEM tahun 2010. Hasil dari selisih tersebut berupa area penurunan pada wilayah studi



Gambar 2. Area Penurunan Tanah pada Periode 2000 - 2010

Tabel 2. Luas Penurunan Tanah

| No. | Penurunan (m) | Luas (Km ²) |
|-----|---------------|-------------------------|
| 1 | < 0.18 | 13.7124 |
| 2 | < 0.34 | 13.7591 |
| 3 | < 0.43 | 13.7432 |
| 4 | < 0.5 | 9.5422 |
| 5 | < 0.7 | 17.3864 |
| 6 | < 0.9 | 14.2247 |

Kenaikan Muka Laut

Menurut Wirakusumah dan Lubis (2002) sejak tahun 1950 sampai tahun 2003 diduga akan terjadi kenaikan muka laut sebesar 39 cm di perairan Semarang akaibat pemanasan global . Hal ini berarti kenaikan muka laut di Semarang mencapai 7,36 mm/ tahun. Menurut Tim Penelitian ITB (1990) dalam Abdurachim (2002) kenaikan muka air laut di Semarang mencapai 9,27 mm/ tahun.

Kemudian menurut Manurung et al.(2008) kenaikan muka air laut di Semarang mencapai 6 mm/ tahun. Dalam makalahnya yang ditulis oleh Anindya Wirasatriya, Agus Hartoko, Suripin dengan topik "Study Of Sea Level Rise As A Base For Rob Problem solving In Costal region Of Semarang City", diistimasikan kenaikan muka laut di perairan Semarang sebesar 2,65mm/th. Sedangkan berdasarkan penelitian Aditya (2003) dari mulai tahun 1991 hingga tahun 1997 muka air laut rata-rata pertahunnya di Semarang mengalami kenaikan berkisar 1,5 – 6,7 cm. Akan tetapi pada tahun berikutnya sampai tahun 2005 permukaan air laut justru mengalami penurunan sebesar 1,31 – 39,9 cm, hal ini diduga karena factor penurunan tanah belum diperhitungkan dalam perhitungan kenaikan muka laut. Berdasarkan hasil pemantauan BAKOSURTANAL terhadap stasiun pasut Semarang dari tahun 1984 – 2002, menyebutkan bahwa pantai Semarang mengalami kenaikan muka air laut sebesar 8.0 mm/tahun. Dari analisis data data tersebut diatas, dalam peneliti ini kenaikan muka laut menggunakan asumsi 2(dua) data yang dianggap mewakili pridiksi kenaikan muka laut di Semarang, yaitu kenaikan minimum 2mm/th dan kenaikan maksimum 9mm/th.

Analisis Luasan Genangan Rob

Analisis luasan genangan rob dilakukan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang rawan terkena genangan rob serta untuk mengetahui seberapa besar luas daerah

tergenang rob. Analisis yang dilakukan nantinya juga digunakan untuk mengetahui *trend* luasan genangan rob dari tahun ke tahun, dimana berdasarkan laju kenaikan muka air laut dan penurunan tanah dapat diasumsikan genangan rob akan terus bertambah. Analisis genangan rob, mencakup area Semarang bawah yang meliputi Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Timur, Kecamatan Semarang Tengah, Kecamatan Semarang Selatan, Kecamatan Gayamsari, Kecamatan Genuk, dan Kecamatan Pedurungan.

Adapun luas dari daerah dari setiap kecamatan yang di teliti pada daerah Semarang, ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Luas Setiap Kecamatan Daerah Penelitian

| No. | Kecamatan | Luas (m ²) |
|---------------|------------------|------------------------|
| 1 | Genuk | 23.753.700 |
| 2 | Semarang Utara | 11.393.200 |
| 3 | Semarang Selatan | 6.164.330 |
| 4 | Pedurungan | 14.318.600 |
| 5 | Semarang Timur | 5.615.540 |
| 6 | Gayamsari | 6.565.620 |
| 7 | Semarang Tengah | 5.300.120 |
| 8 | Semarang Barat | 3.632.650 |
| Jumlah | | 76.743.760 |

Sumber: Peta Topografi Tahun 2000

Tabel 3 menunjukkan jumlah area penelitian yaitu sebesar 76.743.760 m², sedangkan untuk analisa luasan dari genangan rob dilakukan menggunakan bantuan *software ArcGIS 9.3*, melalui *tools surface analysis* khususnya *cut/fill*. *Tools* tersebut digunakan untuk menghitung luasan total dari genangan rob setiap tahunnya. Pada Analisis ini juga dapat dihitung volume genangan rob, dengan asumsi ketinggian permukaan rob memiliki ketinggian yang sama di semua daerah.

Table 4. Luas Genangan Rob

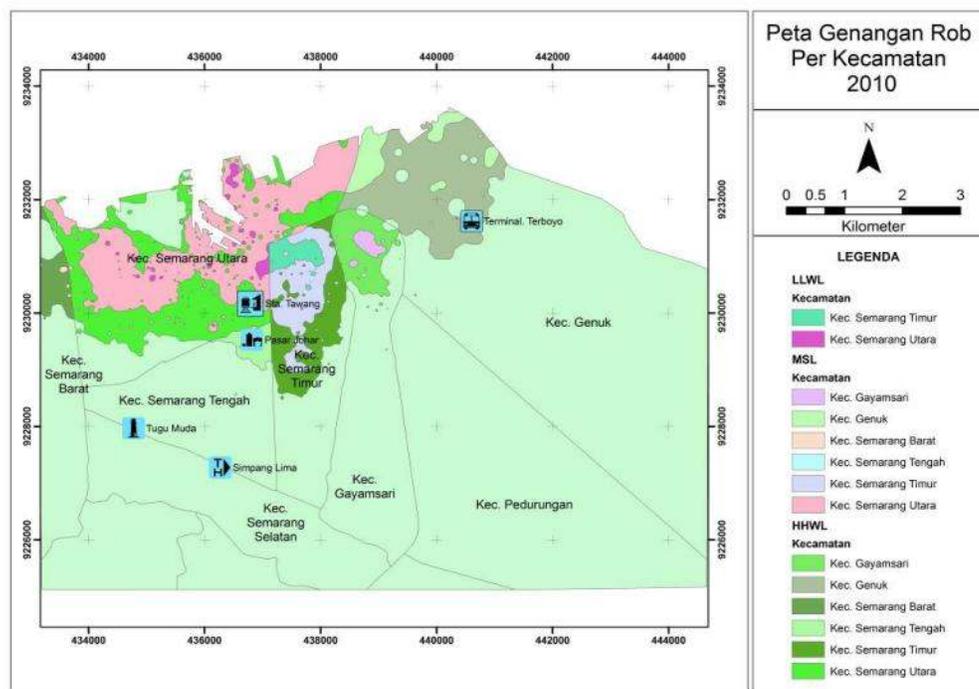
| Tahun | Luas Total (km ²) | | | |
|-------------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
| LLWL | 0.5998 | 4.9389 | 12.8136 | 18.3299 |
| MSL | 8.0556 | 15.5842 | 19.2111 | 21.8645 |
| HHWL | 18.9029 | 21.5258 | 24.6122 | 29.6866 |

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada tahun 2010, area penelitian yang terendam genangan rob dengan nilai persentase lebih dari 20 % dari total luas seluruh wilayah penelitian. Dari hasil perhitungan pada tabel 4. menunjukkan bahwa dari tahun ketahun luas area genangan rob akan semakin meluas dan dapat disimpulkan bahwa dengan

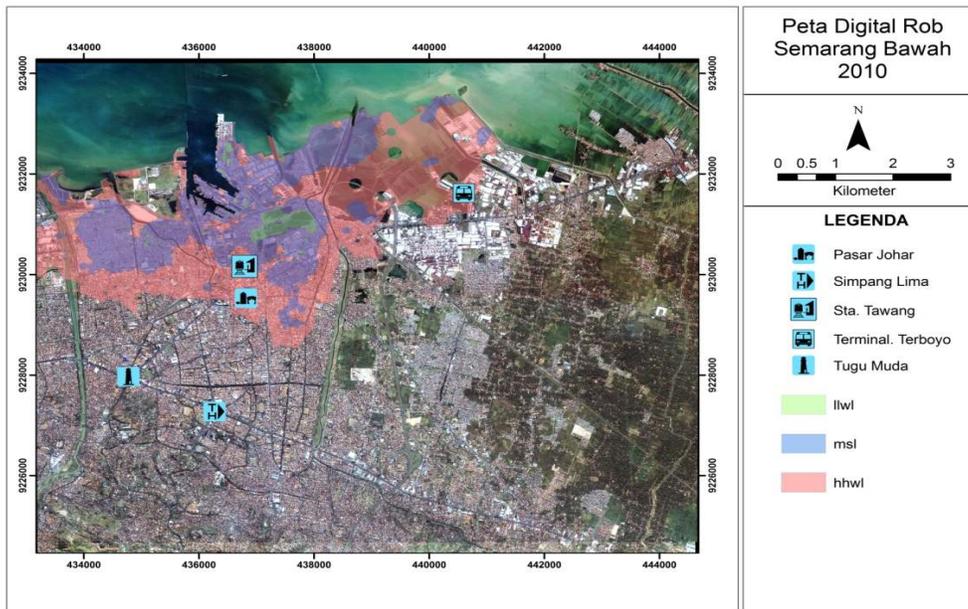
bertambahnya penurunan tanah serta kenaikan muka air laut maka akan menambah luas genangan rob di Semarang . Tabel5, merupakan table pridiksi luas genangan rob dari tahun 2010- tahun 2025 per kecamatan dan gambar 3.4 dan 5. merupakan peta genangan rob HHWL tahun 2010 dan 2025 dengan kenaikan muka laut 9mm/tahun.

Table 5. Luas Genangan HHWL

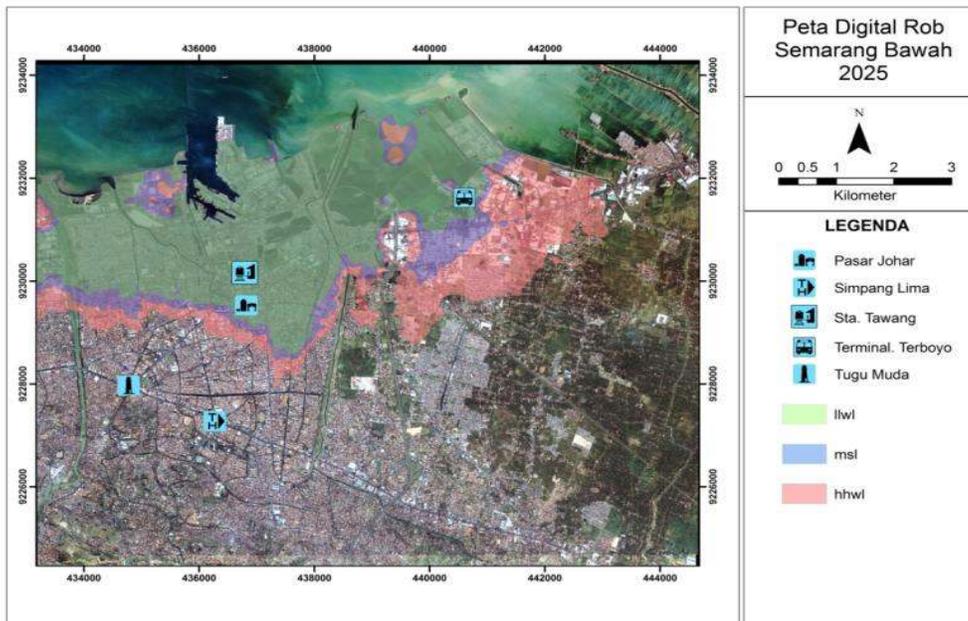
| Kecamatan | Luas genangan HHWL (m ²) | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------|------------|------------|
| | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
| Kec. Gayamsari | 1.163.847 | 1.401.612 | 1.542.590 | 1.854.402 |
| Kec. Genuk | 4.357.387 | 5.566.695 | 7.171.152 | 10.434.344 |
| Kec. Pedurungan | 0 | 3.880.453 | 171.179.1 | 770.348.4 |
| Kec. Semarang Barat | 515.976.3 | 673.277.1 | 820.099.5 | 1.067.107 |
| Kec. Semarang Selatan | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kec. Semarang Tengah | 411.700.6 | 539.386.1 | 694.596.8 | 969.153.8 |
| Kec. Semarang Timur | 3.105.436 | 3.325.205 | 3.514.041 | 3.714.731 |
| Kec. Semarang Utara | 9.332.417 | 9.997.066 | 10.676.292 | 10.855.119 |



Gambar 3. Peta Genangan Rob Per Kecamatan 2010



Gambar 4. Peta Dijital Rob 2010



Gambar 5. Peta Dijital Rob 2015

Validasi Model Genangan

Validasi model genangan rob dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari model genangan yang dihasilkan. Validasi dilakukan dengan membandingkan luasan genangan rob hasil pemodelan, dengan genangan rob eksisting (sebenarnya). Sebaran genangan rob dihasilkan dari pemetaan titik-titik

genangan rob di seluruh daerah penelitian. Pengukuran genangan rob dilakukan berdasarkan kondisi banjir sebenarnya di lapangan menggunakan *GPS handheld*, untuk menentukan posisi (x,y) dari tanggal 10 sampai dengan 20 November 2010, di mana pada tanggal tanggal tersebut terjadi pasang tertinggi pada akhir tahun 2010. Data posisi

titik-titik genangan rob yang terkumpul, selanjutnya dilakukan delineasi sebaran genangan rob eksisting. Hasil delineasi luasan genangan rob eksisting tahun 2010, selanjutnya di *overlay* dengan model genangan rob tahun 2010. Validasi model genangan dilakukan melalui perhitungan simpangan persentase antara kedua luasan

tersebut, menggunakan persamaan sebagai berikut.

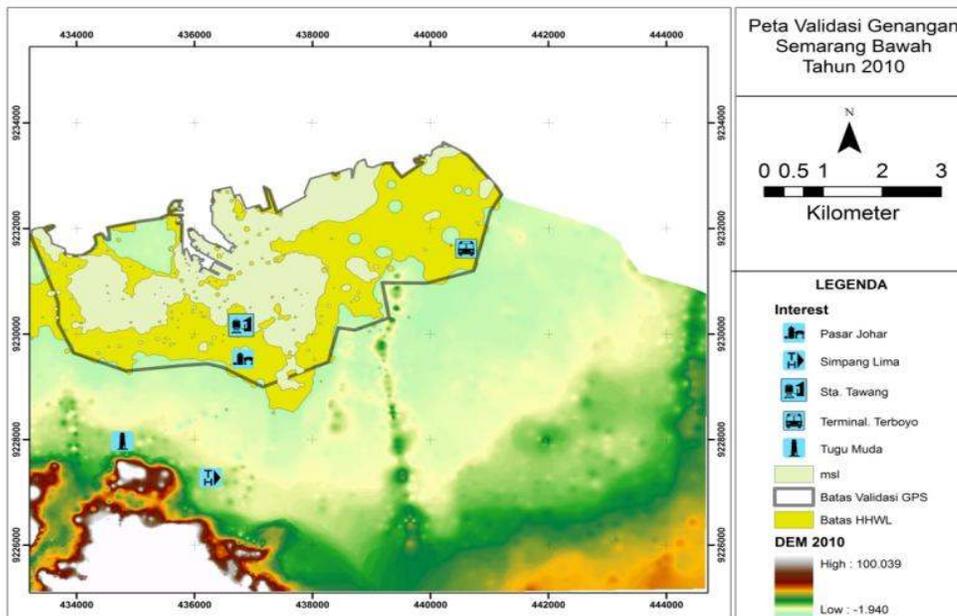
$$PK = \frac{SL}{Le} \times 100\% \dots \dots \dots (4.10)$$

dimana:

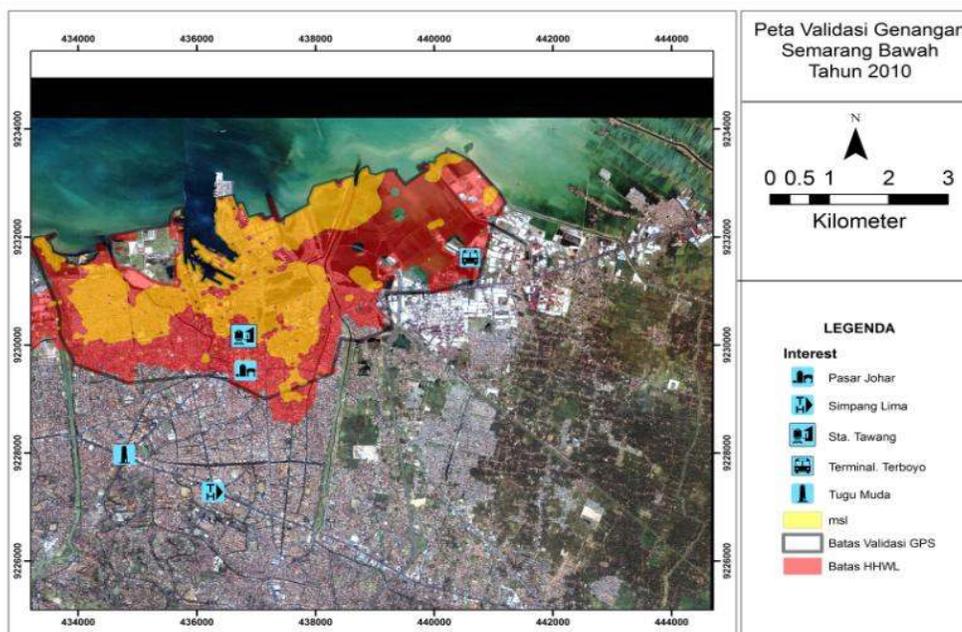
PK = Persentase Kebenaran (%)

SL = Luas Model

Le = Luas Eksisting



Gambar 6. Peta Validasi Genangan Rob 2010



Gambar 7. Peta Validasi Genangan Rob 2010

**Hasil Perhitungan Luas menggunakan
Software ArcGIS 9.3, didapat hasil:**

1. Luas Model Genangan Rob 1.890,290 m²
2. Luas Genangan Rob Eksisting 1.994.740 m²
3. Prosentase Kebenaran Genangan Rob 94.75%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metoda Model permukaan digital disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil beda tinggi titik titik tanah pada Peta digital tahun 2000 dan tahun 2010 bisa diperoleh nilai penurunan tanah setiap titik untuk wilayah Semarang bagian bawah sebesar 1,0cm sampai dengan 9,0cm / tahun dalam kurun waktu tahun 2000 sampai dengan tahun 2010. Oleh karena itu tinggi tanah suatu wilayah secara periodik sebaiknya diukur terhadap muka laut setempat terutama untuk wilayah wilayah pesisir yang kondisi geologinya berupa tanah sedimen alluvial di karenakan wilayah tersebut rawan terhadap perubahan dinamis dari penurunan tanah yang setiap saat berubah khususnya Kota Semarang bagian bawah.
2. Penggunaan Peta digital Kota Semarang tahun 2010 yang dikombinasikan dengan data ketinggian muka laut tahun 2010, dapat diperoleh Peta genangan rob dengan tingkat ketelitian 94,75 % . Peta digital tahun 2010 ini bisa dijadikan sumber informasi yang akurat untuk kepentingan yang luas antara lain sebagai sumber informasi lingkungan hidup, informasi bencana , informasi tata ruang dan sebagai dasar Pemerintah Daerah Kodya Semarang didalam mengambil keputusan mengatasi dampak lingkungan akibat genangan rob serta pola penyebarannya.
3. Laju penurunan tanah dan kenaikan muka laut yang berakibat meluasnya genangan rob bisa diprediksi untuk tahun mendatang bila tidak ada alih fungsi lahan dan tidak dilakukan pembangunan fisik di kawasan pesisir Semarang. Perkembangan jangkauan banjir Rob akan meningkat seiring dengan laju penurunan tanah, bila laju penurunan tanah dan kenaikan muka laut diasumsikan liniair setiap tahunnya, maka diperkirakan luas Rob di kota Semarang pada tahun 2025 akan mencapai 2.800 Hektar. Luas genangan ini

akan merendam sebagian besar kawasan Semarang Utara yang didominasi oleh Aktivitas Pelabuhan, Industri dan Pemukiman.

SARAN

Data penurunan tanah sebaiknya dimonitor secara spasial maupun temporal bila akan digunakan untuk melakukan prediksi dalam kurun waktu yang panjang. Penurunan tanah akan mengalami percepatan, perlambatan atau konstan tergantung kebijakan Pemerintah Daerah dan masyarakat di dalam memanfaatkan potensi lahannya. Percepatan penurunan tanah dapat diakibatkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan atau karena pembebanan bangunan yang melewati daya dukung tanah. Sebaliknya perlambatan penurunan tanah bisa dilakukan bila Pemerintah Daerah dalam kebijakan peraturan dan tindakannya secara tegas mengatur izin exploitasi air tanah dan izin bangunan sebagai penyebab utama penurunan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., A.Jones dan J.Kahar [2002]: *Survei Dengan GPS*. Cetakan Ke-2, PT Pradya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., S.Sutisna,T.Padmasari, K.J. Villanueva, J.Kahar [2005]: *Geodetic Datum of Indonesian Maritime Boundaries: Status and Probloem*. Marine Geodesy 28, hal. 291-304.
- Abidin, H.Z.[2009]: *Studying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetic Methods*. Australia : *Facing the Challenges – Building the Capacity*
- Anzenhofer, M., Th. Gruber, Ch. Reighber, and M. Rentsch, [2005]: *Global Sea Level Analysis Based On Altimeter Data*. <http://earth.esa.int>.
- BAPPEDA, Semarang, [2000]: *Profil Wilayah Pantai Dan Laut Kota Semarang*. BAPPEDA, Semarang.
- Colo20. [2000]: *GIS in Depth*, Departemen of Geography University of Colorado.
- Crippen Internasional Ltd Consulting Engineers North Vancouver Canada. 1983. *Central Java Irigation System Inventory Progamme Final Report, Vol 3, Surveying and Mapping*. Semarang.

- Frits, I. [2010]: *Analisis Perilaku Pasang Surut Air Laut Untuk Prediksi Rob Daerah Semarang*. Semarang: Program Studi Teknik Geodesi: UNDIP.
- Hamdani, R.D.A. [2004]: *Deformasi Vertikal Permukaan Tanah Dan Korelasinya Dengan Penurunan Permukaan Air Tanah*. Disertasi Doktor, ITB.
- Kahar, J. U. Purworaharjo. [2008]: *Geodesi*. Penerbit ITB, Bandung .
- Kahar, J. [2007]: *Teknik Kuadrat Terkecil*. Penerbit ITB, Bandung.
- Khrisnasari, A. [2007]: *Kajian Kerentanan Terhadap Kenaikan Muka Laut di Jakarta Utara*. Bandung: Program Studi Oseanografi, ITB.
- Lennon, G.W. [1974]: *Mean Sea Level as a Reference for Geocentric Levelling Dalam Abbr. Proc. of Int. Symp on Problems Related to the Redefinition Of North American Geodetic Networks*. The Canadian Surveyor, Vol 28. No.3, hal 524-530.
- Manurung, P.J. Ananto, S Barlianto, S Handayani, RM. Sorongan, Suprijadi, E. Riyanti, T. Wismadi, D. Pangastuti [2008]: *Prediksi Pasang Surut 2008*, Bakosurtanal.
- Marfai, M. A. [2003]: *"GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in a Waterfront City Case study : Semarang City, Central Java, Indonesia."* Master Science in Geo-Information Science and Earth Observation, Natural Hazard Studies specialization.
- Marfai, M.A. and L.King, [2007]: *Monitoring Land Subsidence in Semarang, Indonesia*, Environ Geol [2007]: 53, hal 651-659.
- Prasetyo, Y. [2009]: *Aplikasi PS INSAR untuk studi penurunan muka tanah di Kota Semarang*. FIT ISI. Semarang
- Prahasta, E. [2001]. *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Informatika.
- Punbandono, & Djunarsjah, E. [2005]: *Survei Hidrografi*, Refika Aditama, Bandung
- Purwanto, T.H. [2009]: *3D-Analytz DEM (Digital Elevation Model)*.
- Rufaida, N. H. [2008]: *Perbandingan Metode Least Square (Program World Tides dan Program TIFA) Dengan Metode Admiralty Dalam Analisis Pasang Surut*. Bandung: Program Studi Oseanografi, ITB.
- SNI, 19-6988(2004). *Jaring Kontrol Vertikal dengan Metoda Sipat Datar*
- Suciati, P. [2007]: *Studi Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Muka Laut, Penurunan Muka Tanah, dan Banjir di Jakarta Utara*. Bandung: Program Studi Oseanografi, ITB.
- Suprayogi, A. [2008]. *Diktat kuliah Model Permukaan Dijital*. Prodi. Geodesi. F.T. UNDIP.
- Sutisna, S. dan Manurung [2002]: *Penataan Perubahan Permukaan Laut Akibat Global Warming dan Dampaknya Terhadap Pesisir dan Pulau – Pulau Kecil*.
- Torge, W. [1989]: *Gravimetry*. Walter de Gruyter, Berlin and New York .
- Villanue, K.J. [1981]: *Pengantar ke dalam Astronomi Geodesi*. Departemen Geodesi, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, ITB.
- Vanicek, P. & E. Krakiwsky, [1986]: *Geodesy, The Concepts*, 2nd edition North Holland Amsterdam and New York.
- Wirastriya, Anindya, Agus Hartoko, dan Suripin. [2006]: *Kajian Kenaikan Muka laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang*. Semarang: FPIK dan Teknik Sipil. UNDIP.