

PEMANFAATAN DATA SATELIT UNTUK ANALISIS POTENSI GENANGAN DAN DAMPAK KERUSAKAN AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT (APPLICATION OF SATELITE DATA TO ANALYZE INUNDATION POTENTIAL AND THE IMPACT OF SEA LEVEL RISE)

Nanin Anggraini^{*,**}, Bambang Trisakti^{*}, dan Tri Edhi Budhi Soesilo^{**})

^{*}) Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

^{**}) Program Studi Kajian Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia
e-mail: nanin_rain@yahoo.com

ABSTRACT

Increasing of ocean water volume caused sea level rise (SLR) that threatens the existence of small islands and coastal areas, such as North Jakarta. Besides the SLR, North Jakarta is also threatened by land subsidence. This study aims to predict the height of SLR in 2030 and to analyze the impact of SLR on the coastal areas of North Jakarta. The total height of SLR in 2030 was predicted using tidal data, land subsidence data, and SLR prediction by B2 scenario from the *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Potential inundation area due to SLR was estimated using *Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission* (DEM SRTM) X-C band with spatsial resolution 30 m. The damage was analyzed by doing the overlay between the inundation areas with the land use information extracted from QuickBird data. The result shows that the SLR predictions in 2030 are 2.88 m caused by the tide, 2.28 m caused by the land subsidence, and 1.29 m caused by the B2 scenario IPCC. The total height of SLR prediction is 6.45 m. The potential damages of land use are dominated by urban area (1045 ha) and industrial area (563 ha). The most inundated areas are located in Penjaringan sub-district for urban (523 ha) and in Cilincing sub-district for industrial area (311 ha).

Keywords: *DEM SRTM X-C band, Sea level rise, Land subsidence, B2 SRES IPCC scenario, QuickBird*

ABSTRAK

Meningkatnya volume air laut menyebabkan kenaikan muka air laut yang mengancam keberadaan pulau-pulau kecil dan wilayah pesisir seperti pesisir Jakarta Utara. Selain karena kenaikan muka air laut, Jakarta Utara juga terancam oleh fenomena penurunan permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kenaikan muka air laut pada tahun 2030 dan dampaknya terhadap wilayah pesisir. Prediksi total tinggi muka air laut diperoleh berdasarkan data pasang surut (pasut), penurunan permukaan tanah, dan kenaikan muka air laut skenario B2 dari IPCC. Wilayah pesisir yang berpotensi tergenang karena kenaikan muka air laut diprediksi dengan data DEM SRTM X-C resolusi spasial 30 m. Analisis dampak kerusakan dilakukan dengan cara *overlay* antara potensi genangan dengan penggunaan lahan dari data QuickBird. Hasil memperlihatkan bahwa, prediksi total tinggi muka air laut tahun 2030 akibat pasut adalah 2,88 m, penurunan permukaan tanah 2,28 m, dan skenario IPCC 1,29 m, sehingga tinggi muka air laut rencana adalah 6,45 m. Jenis penggunaan lahan yang berpotensi rusak akibat tergenang didominasi oleh permukiman sebesar 1045 ha dan industri 563 ha. Permukiman yang berpotensi tergenang paling luas berada di Kecamatan Penjaringan dengan luas 523 ha dan wilayah industri berada di Kecamatan Cilincing dengan luas 171 ha.

Kata kunci: *DEM SRTM X-C band, Kenaikan muka air laut, Penurunan permukaan tanah, skenario B2 SRES IPCC, QuickBird*

1 PENDAHULUAN

Pada tahun 1990, IPCC memperkirakan akan terjadi peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK-dengan menggunakan skenario bisnis) sehingga dunia akan lebih hangat 3,30 °C pada akhir abad berikutnya dengan kisaran ketidakpastian 2,2–4,90 °C. Hulme (1999) menyatakan peningkatan suhu dunia (*global warming*) menyebabkan terjadinya pencairan lapisan es di daerah kutub sehingga volume air laut meningkat. IPCC mencatat bahwa kenaikan muka air laut dunia meningkat selama abad 20 dengan rata-rata peningkatan 1,7±0,5 mm per tahun (Chust et al., 2009).

IPCC (2000) melalui *Special Report on Emission Scenarios* (SRES) merumuskan satu set skenario emisi di atmosfer yang secara tidak langsung akan menyebabkan terjadinya kenaikan muka air laut. Skenario ini mencakup berbagai faktor yang akan mempengaruhi kondisi emisi di masa depan, yaitu dari faktor demografi, serta perkembangan ekonomi dan teknologi. Skenario mencakup perkembangan masa depan dengan berbagai kondisi yang dapat mempengaruhi sumber penyebab GRK seperti dari alternatif pemakaian sumber energi dan perubahan lahan. Peningkatan emisi di atmosfer akan mempengaruhi kondisi suhu di permukaan bumi sehingga lapisan es yang berada di daerah kutub akan mencair dan menambah volume air laut dunia. Meningkatnya volume air laut dunia mengancam keberadaan pulau-pulau kecil dan wilayah pesisir yang landai.

DKI Jakarta yang berbatasan dengan Teluk Jakarta memiliki potensi terkena bencana yang diakibatkan oleh kenaikan muka air laut. Wilayah Jakarta Utara memiliki bentuk topografi yang relatif rendah dan datar sehingga wilayah pesisir ini menjadi langganan banjir (rob) akibat kenaikan muka air laut seperti yang terjadi pada Bulan November 2011. Banjir rob telah merendam pertigaan Jalan RE

Martadinata, pintu air pasar ikan, dan perumahan nelayan Angke, dimana ketinggian air di Jalan RE Martadinata mencapai 85 cm. Hasil pemantauan alat pengukur di pelabuhan Tanjung Priok, ketinggian muka air laut meningkat dari 180 cm naik menjadi 228 cm. Akibat kenaikan ini, Pantai Carnaval dan Pantai Marina Ancol terendam hingga mencapai 25 cm (www.investigasiduta.info.com). Selain akibat dari fenomena kenaikan muka air laut dunia, banjir rob di Jakarta Utara diperparah dengan adanya penurunan permukaan tanah. Faktor yang paling banyak mendominasi penurunan permukaan tanah di Jakarta adalah pengambilan air tanah yang berlebihan, semakin meningkatnya bangunan baik industri ataupun permukiman, serta akibat konsolidasi alami tanah aluvial (Abidin et al., 2011).

Abidin et al. (2011) melakukan penelitian dengan menggunakan beberapa metode, yaitu dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dan *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR). Penelitian dilakukan di DKI Jakarta pada periode 1982-2010. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, secara umum laju penurunan permukaan tanah bervariasi di berbagai tempat dengan laju 1-15 cm/tahun dan di lokasi tertentu mencapai 20-28 cm/tahun. Penurunan permukaan tanah di wilayah pesisir Jakarta Utara dilakukan pada periode Juni 2006-Februari 2007 menggunakan metode InSAR dan diketahui laju penurunan permukaan tanah di wilayah tersebut adalah 12 cm/tahun.

Fenomena penurunan permukaan tanah dan kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Jakarta Utara mengakibatkan banjir rob semakin sering terjadi yang berdampak besar pada kerusakan lingkungan, seperti pada permukiman, industri, dan persediaan air tanah segar dari pesisir akuifer. Oleh karena itu diperlukan adanya perencanaan pembangunan berbasis pada mitigasi bencana. Salah satunya adalah mengetahui tinggi muka air laut serta

dampak yang disebabkan oleh peristiwa tersebut. Tinggi muka air laut, distribusi genangan serta dampak yang ditimbulkan dapat diprediksi dan dievaluasi dengan menggunakan data penginderaan jauh satelit resolusi spasial tinggi dan DEM.

DEM adalah model digital dari ketinggian (topografi) suatu wilayah permukaan bumi, dimana setiap pikselnya mempunyai informasi titik koordinat (XY) dan ketinggian (Z). Pemanfaatan DEM untuk pemetaan genangan air yang diakibatkan oleh berbagai bencana telah dilakukan oleh banyak peneliti, seperti: pemetaan daerah resiko kenaikan muka air laut (Bachtiar dan Novico, 2012; Dasanto, 2010; Julzarika, 2010), dan pemetaan daerah resiko banjir (Riyanto, 2009; Yulianto et al., 2009; Rosytha, 2011). Analisis dampak kerusakan akibat terjadinya genangan air dapat di evaluasi dengan memper-timbangkan kondisi penutup lahan yang diturunkan dengan menggunakan data satelit resolusi spasial sangat tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kenaikan muka air laut pada tahun 2030 dan potensi dampak kerusakan penggunaan lahan yang mungkin terjadi di wilayah pesisir. Dengan mengetahui tinggi kenaikan muka air dan potensi kerusakan yang akan ditimbulkan, maka diharapkan pembangunan di wilayah pesisir akan mempertimbangkan aspek bencana sehingga kerugian dapat dikurangi.

2 METODE

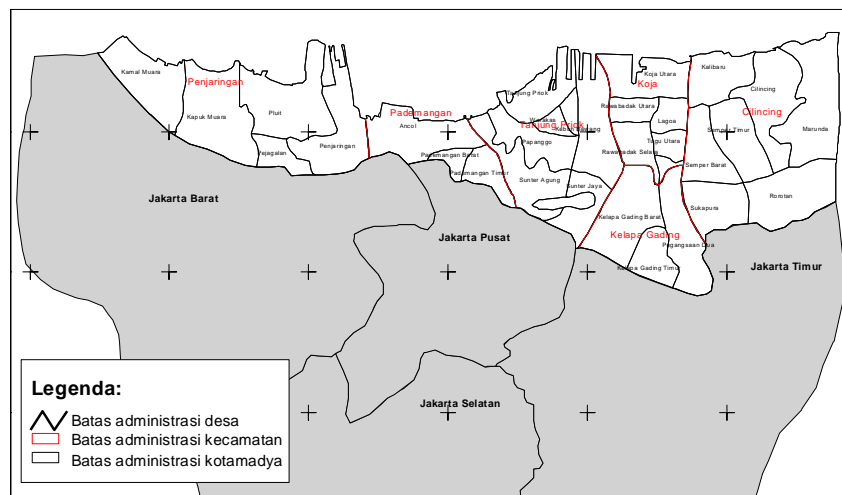
2.1 Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah wilayah pesisir Jakarta Utara yang terletak antara 06°10'00" Lintang Selatan dan 106°20'00" Bujur Timur dengan luas 146,66 km². Wilayah pesisir ini membentang dari Barat ke Timur sepanjang ±35 km dan menjorok ke darat sejauh 4-10 km (BPS, 2011). Daerah kajian terdiri dari enam kecamatan, yaitu Penjaringan, Pademangan, Tanjung Priok, Koja, Kelapa Gading, dan Cilincing seperti dapat dilihat pada Gambar 2-1.

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

- Mozaik citra satelit QuickBird perekaman 15 Februari dan 13 Juni 2010 resolusi spasial 0,6 m.
- DEM SRTM X-C perekaman tahun 2000 dengan resolusi spasial 30 m.
- Data pasut hasil pengukuran periode 1984-2004 dari Bakosurtanal.
- Data laju penurunan permukaan tanah periode Juni 2006 - Februari 2007 hasil penelitian Abidin *et al.* (2011).
- Data kenaikan muka air laut berdasarkan skenario B2 SRES IPCC tahun 2000.

Batas wilayah administrasi (kelurahan dan kecamatan) wilayah Jakarta Utara.



Gambar 2-1: Lokasi penelitian

2.2 Metode Pengolahan Data

Alur penelitian diperlihatkan pada Gambar 2-2, dimana tahapan kegiatan terdiri dari pemetaan daerah potensi genangan dan analisis dampak kerusakan akibat genangan.

2.2.1 Pemetaan daerah genangan

Pembangunan perlu memperhatikan dampak terburuk yang dapat terjadi sehingga diperlukan adanya perencanaan, salah satunya dengan memperhitungkan faktor kenaikan muka air laut rencana. Tinggi muka air laut rencana adalah tinggi muka air laut dari hasil penggabungan tinggi muka air laut antara variabel pasut, skenario B2, dan penurunan permukaan tanah dimana semua variabel dianggap terjadi pada waktu yang bersamaan. Prediksi total kenaikan muka air laut (i_1) tahun 2030 untuk parameter pasut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-1):

$$(i_1) = \frac{(2030-x)}{18.61} * \Delta h \quad (2-1)$$

Prediksi total kenaikan muka air laut akibat parameter skenario B2 dan penurunan permukaan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2) dan (2-3). Persamaan (2-4) digunakan untuk menghitung prediksi total kenaikan muka air laut rencana.

$$(i_2) = (2030-x) * \text{skenario B2} \quad (2-2)$$

$$(i_3) = (2030-x) * \Delta L \quad (2-3)$$

$$(i_4) = \Sigma (i_1, i_2, i_3) \quad (2-4)$$

Keterangan:

- i_1 : prediksi total kenaikan muka air laut parameter pasut
- i_2 : prediksi total kenaikan muka air laut parameter B2
- i_3 : prediksi total kenaikan muka air laut parameter penurunan permukaan tanah
- i_4 : prediksi total kenaikan muka air laut rencana

x : tahun perolehan data

18.61 : periode pasut

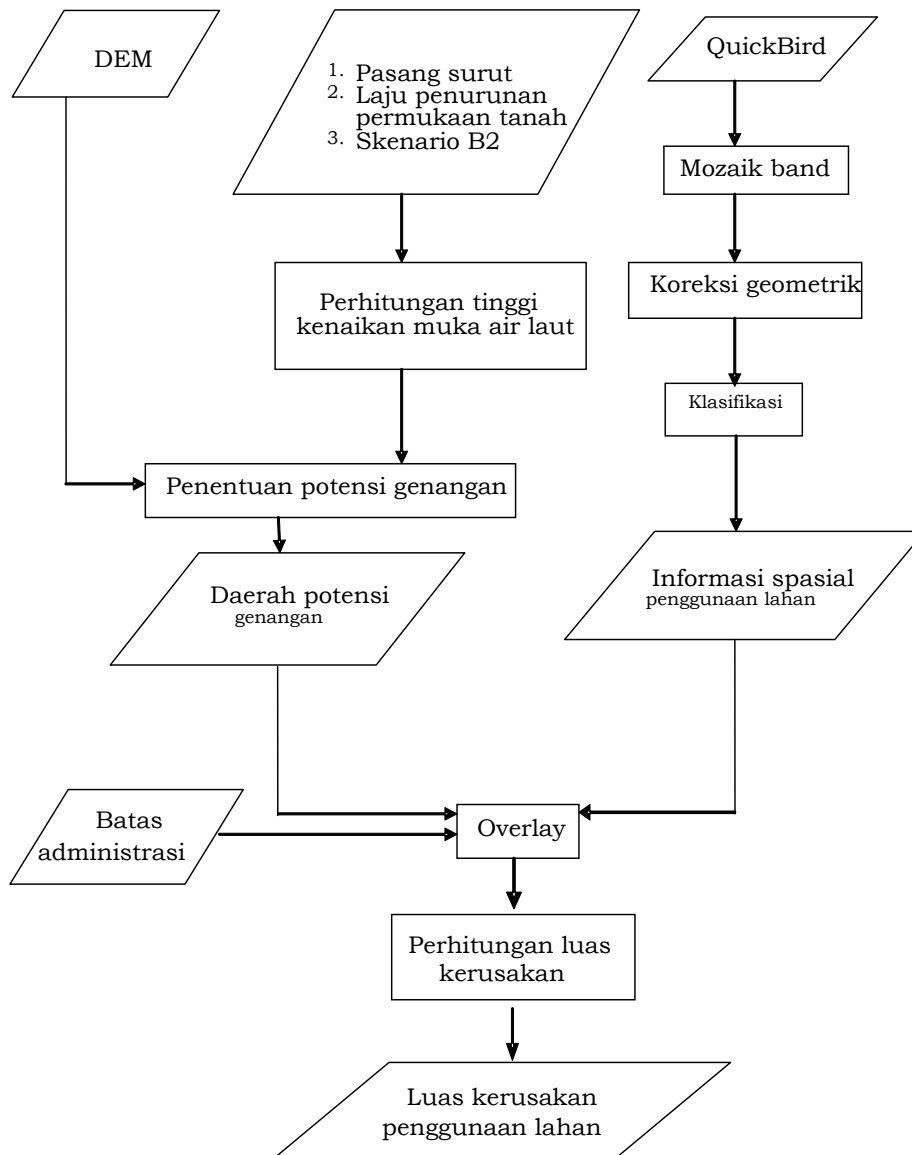
Δh : perubahan kenaikan tinggi pasut

ΔL : laju penurunan permukaan tanah.

Selanjutnya, pemetaan potensi genangan dilakukan dengan memetakan besar prediksi kenaikan muka air laut pada data DEM sehingga diperoleh lokasi pesisir yang memiliki ketinggian sama dengan kenaikan muka air laut tersebut. Titik ketinggian yang berada di dekat garis pantai dan dalam batas wilayah pesisir tersebut yang kemudian digunakan sebagai batas jauh genangan. Proses deliniasi antara titik ketinggian dilakukan untuk memperoleh poligon potensi genangan akibat terjadinya kenaikan muka air laut.

2.2.2 Analisis dampak kerusakan

Analisis dampak kerusakan diperoleh dari hasil *overlay* antara poligon genangan dengan informasi spasial penggunaan lahan. Langkah awal pada pembuatan informasi spasial penggunaan lahan adalah dengan melakukan koreksi geometrik dan mozaik pada citra QuickBird hasil perekaman tanggal 15 Februari dan 13 Juni 2010 sehingga menjadi data citra yang siap olah. Informasi spasial penggunaan lahan diperoleh dengan menggunakan metode interpretasi dan klasifikasi visual *on screen digitation* pada mozaik citra QuickBird. Proses digitasi dilakukan dengan mengacu pada SNI 7645:2010 (BSN, 2010) tentang klasifikasi penutup lahan. Hasil deliniasi berupa poligon kelas penggunaan lahan dengan format *shape file*. Informasi kerusakan penggunaan lahan diperoleh melalui proses *overlay* antara informasi spasial penggunaan lahan dengan poligon genangan. Penggunaan lahan yang berada pada poligon genangan dihitung sebagai kerusakan lingkungan.



Gambar 2-2: Flowchart penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Potensi Genangan

Prediksi kenaikan muka air laut pada kegiatan ini diasumsikan sebagai prediksi pada kondisi statis dan tidak adaantisipasi (pembangunan tanggul, *breaker water*, dan lain-lain) akan terjadinya kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut dapat dilihat dari kondisi pasut, tsunami, gelombang badai, gelombang (*wave set-up*), dan dampak pemanasan global (Triatmodjo, 1999). Selain variabel tersebut, penurunan permukaan tanah juga perlu mendapatkan perhatian mengingat dampak gabungan antara penurunan

permukaan tanah dengan kenaikan muka air laut sangat besar terutama bagi permukiman, industri, pertanian, perikanan, dan persediaan air tanah segar dari pesisir akuifer (Abidin *et al.*, 2011).

Prediksi tinggi kenaikan muka air laut berdasarkan pasut diperoleh dari analisis data pasut pada periode 1984-2004. Periode tersebut telah melampaui periode satu kali pasut (18,61 tahun) dan diperoleh rata-rata tinggi pasut 2,05 m. Hal ini berarti bahwa dalam satu periode pasut (18,61 tahun) terjadi kenaikan pasut sebesar 2,05 m, sehingga dengan menggunakan persamaan 2-1

maka diprediksi total tinggi muka air laut akibat pasut untuk tahun 2030 adalah 2,88 m. Wilayah yang berpotensi tergenang berdasarkan parameter pasut diperlihatkan pada Gambar 3-1.

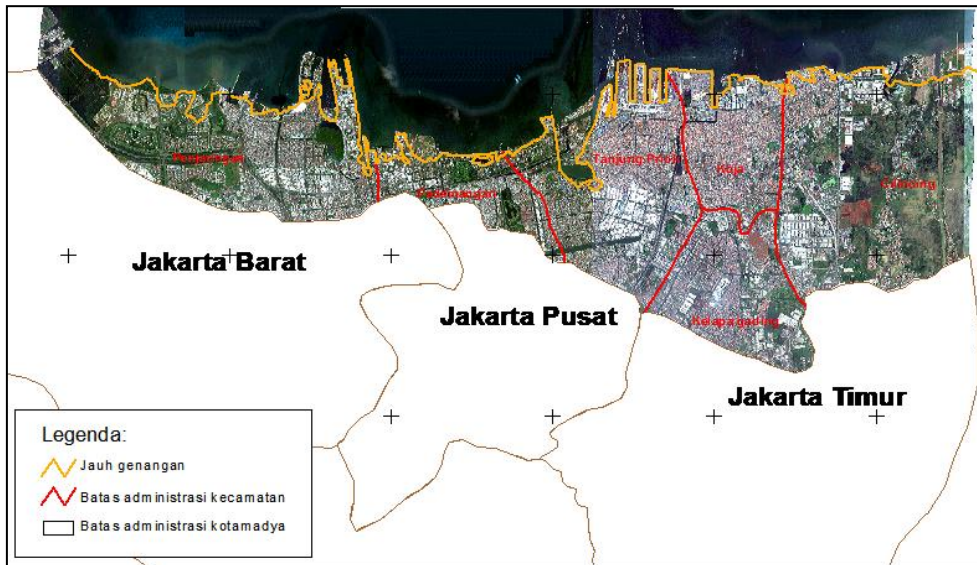
Parameter berikutnya adalah penurunan permukaan tanah yang saat ini terjadi di DKI Jakarta. Penurunan permukaan tanah memicu meningkatnya permukaan air laut sehingga menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke daratan. Berdasarkan hasil penelitian Abidin *et al.* (2011) laju penurunan permukaan tanah di Jakarta Utara adalah sebesar 0,12 m per tahun. Sehingga berdasarkan persamaan (2-2) maka penurunan permukaan tanah 0,12 m per tahun berpotensi untuk menyebabkan total kenaikan muka air laut setinggi 2,28 m pada tahun 2030. Distribusi genangan yang disebabkan oleh penurunan permukaan tanah dapat dilihat pada Gambar 3-2.

Selain akibat pasut dan fenomena penurunan permukaan tanah, parameter ketiga adalah adanya peningkatan suhu dunia juga memberikan kontribusi yang besar pada kenaikan muka air laut. Lembaga IPCC melalui *Special Report on Emission Scenarios* (SRES) merumuskan satu set skenario emisi di atmosfer yang secara tidak langsung akan menyebabkan terjadinya kenaikan paras muka air laut. Skenario ini mencakup berbagai faktor yang akan mempengaruhi kondisi penyerab dan penyebab emisi GRK di masa depan, yaitu dari faktor demografi, perkembangan ekonomi, teknologi, pemakaian sumber energi dan perubahan lahan. Skenario mencakup Skenario tersebut terbagi menjadi enam, yaitu A1T, A1B, A1F1, A2, B1, dan B2.

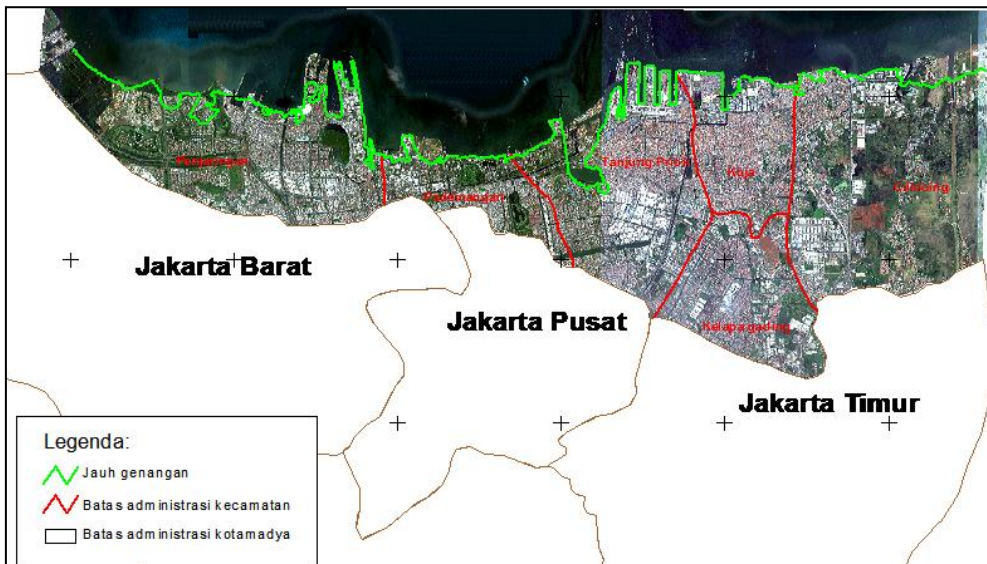
Penelitian ini menggunakan skenario B2 karena lebih sesuai

digunakan pada wilayah Jakarta Utara karena lebih bersifat lokal dibandingkan skenario lainnya. Skenario ini menyatakan bahwa meningkatnya suhu sebesar 2,4°C akan menyebabkan peningkatan paras muka air laut 0,20-0,43 m setiap 10 tahun, maka berdasarkan persamaan (2-3) prediksi total kenaikan muka air laut pada tahun 2030 adalah 1,29 m. Wilayah Jakarta Utara yang berpotensi tergenang akibat parameter skenario B2 disajikan pada Gambar 3-3.

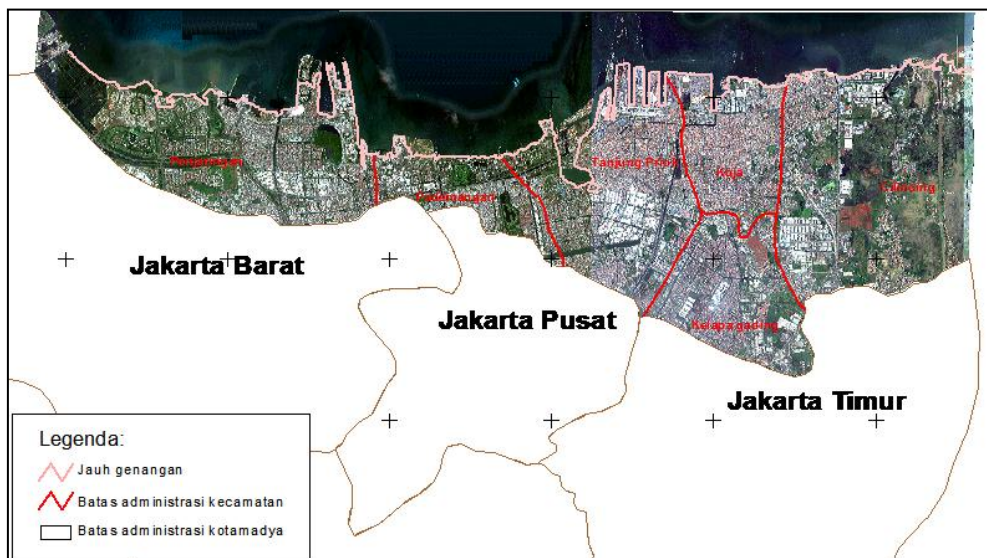
Kenaikan muka air laut rencana sebagai hasil gabungan antara pasut, skenario B2, dan penurunan permukaan tanah di Jakarta Utara adalah 6,45 m. Tingginya muka air tersebut akan menggenangi wilayah pesisir bahkan dapat menjangkau daratan di luar batas pesisir seperti yang ditunjukkan pada garis kuning pada Gambar 3-4. Genangan tidak hanya menggenangi wilayah pesisir tetapi telah menjangkau wilayah yang lebih jauh. Melalui interpretasi visual, genangan paling jauh (melampaui batas pesisir) terjadi di Kecamatan Penjaringan yang meliputi Kelurahan Kamal Muara, Kapuk Muara, Pluit, Pejagalan, dan Penjaringan, Kelurahan Ancol Kecamatan Pademangan; Kelurahan Papanggo Kecamatan Tanjung Priok; dan Kecamatan Cilincing yang meliputi Kelurahan Kalibaru, Cilincing, dan Marunda. Jangkauan genangan yang semakin jauh ke arah daratan disebabkan oleh ketinggian wilayah Jakarta Utara rendah hanya berkisar 0-2 m dpl dan tidak adanya penahan arus gelombang seperti bangunan tanggul atau hutan mangrove. Wilayah Jakarta Utara yang landai dan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan daya lingkungan telah menyebabkan genangan akibat kenaikan muka air laut semakin ke arah daratan.



Gambar 3-1: Informasi spasial prediksi jauh genangan tahun 2030 berdasarkan tinggi pasut



Gambar 3-2: Informasi spasial prediksi jauh genangan tahun 2030 berdasarkan penurunan permukaan tanah



Gambar 3-3: Informasi spasial prediksi jauh genangan tahun 2030 berdasarkan skenario B2



Gambar 3-4: Informasi spasial prediksi jauh genangan tahun 2030 berdasarkan tinggi muka air rencana

3.2 Potensi Dampak Genangan

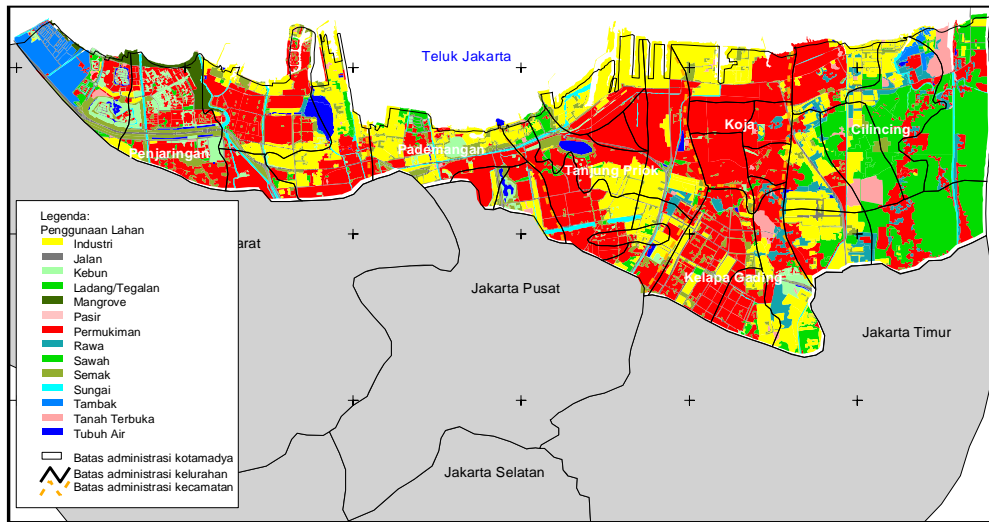
Adanya genangan akibat banjir rob berdampak pada kerusakan lingkungan di wilayah pesisir. Jakarta Utara telah mengalami pembangunan yang sangat pesat, hal ini ditunjukkan dengan bervariasinya penggunaan lahan di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil analisis visual data citra satelit Quick-Bird, penggunaan lahan di Jakarta Utara didominasi oleh permukiman dan industri. Hasil delinasi citra satelit QuickBird berupa informasi spasial penggunaan lahan dapat memberikan informasi luas penggunaan lahan di wilayah tersebut. Penggunaan lahan permukiman mendominasi seluas 5178 ha dan industri 2878 ha. Penggunaan lahan permukiman paling luas berada di Kecamatan Penjaringan, yaitu 1344 ha dan Tanjung Priok seluas 1134 ha. Untuk kawasan industri paling luas berada di Kecamatan Tanjung Priok dan Cilincing, sedangkan untuk areal persawahan paling luas berada di Kecamatan Cilincing. Informasi spasial dan luas penggunaan lahan Jakarta Utara dapat dilihat pada Gambar 3-5 dan 3-6.

Dengan mengetahui kondisi penggunaan lahan di Jakarta Utara, maka dapat diprediksikan luas kerusakan lahan akibat adanya genangan. Pada dasarnya potensi kerusakan memerlukan

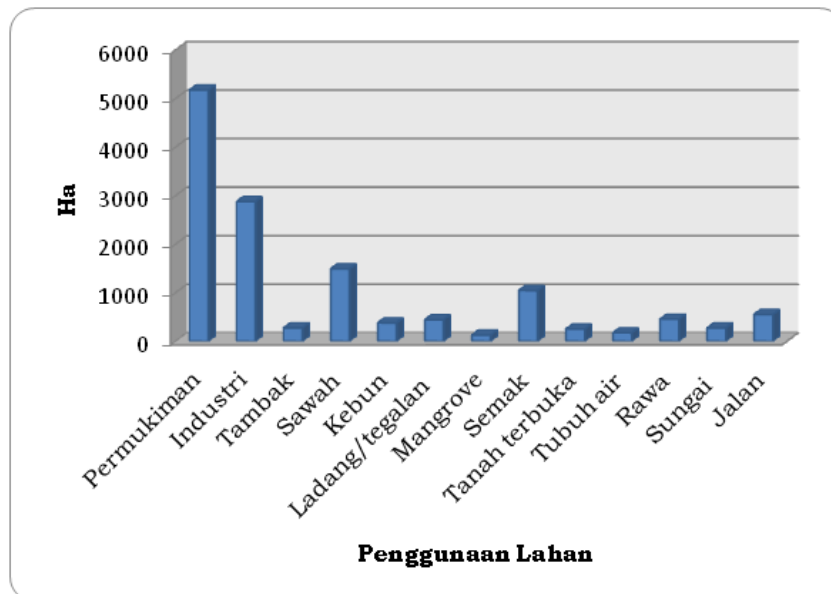
penggabungan antara data potensi genangan dan penggunaan lahan pada tahun yang sama, tetapi karena tidak diperolehnya rencana penggunaan lahan tahun 2030, maka dilakukan asumsi bahwa penggunaan lahan tidak berubah selama periode 2010-2030. Luas kerusakan lahan yang diperoleh dari hasil penggabungan antara prediksi jauh genangan tahun 2030 dengan informasi spasial penggunaan lahan tahun 2010 diperlihatkan pada Gambar 3-7. Genangan berpotensi terjadi di Kecamatan Penjaringan, Pademangan, Tanjung Priok, Cilincing, dan Koja. Penggunaan lahan yang paling banyak tergenang adalah permukiman dan industri dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya. Permukiman berpotensi tergenang hingga mencapai luas 1045 ha dan kawasan industri seluas 563 ha. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi masyarakat serta pelaku industri. Selain permukiman dan industri, penggunaan lahan yang mengalami kerugian akibat genangan adalah tambak, sawah, dan kebun (Gambar 3-8). Penggunaan lahan permukiman paling luas tergenang akibat kenaikan muka air laut rencana berada di Kecamatan Penjaringan dengan luas 523 ha dan di Kecamatan Cilincing 311 ha. Kawasan industri yang berpotensi tergenang berada di Kecamatan Cilincing yang mencapai luas

171 ha dan di Kecamatan Pademangan dengan luas 152 ha. Luas penggunaan

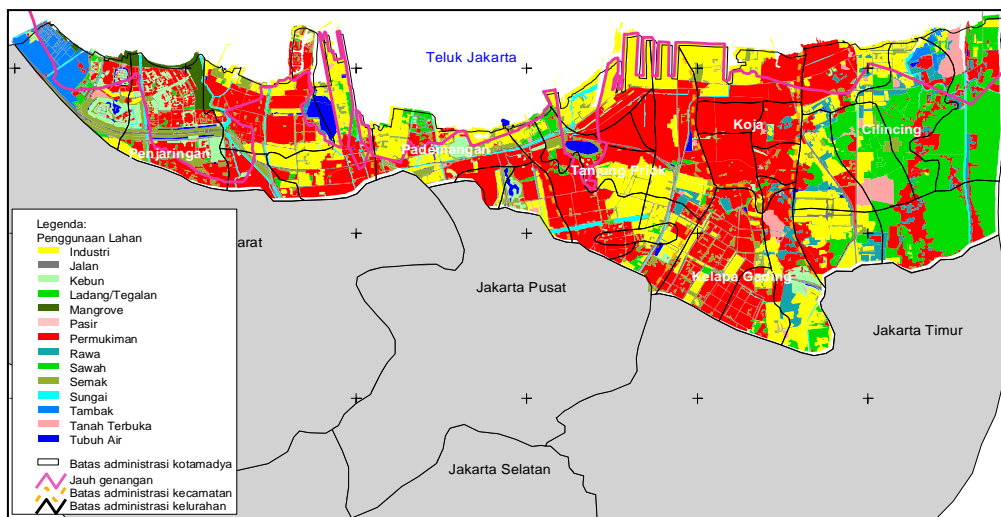
lahan yang tergenang per kecamatan dapat dilihat pada Gambar 3-9.



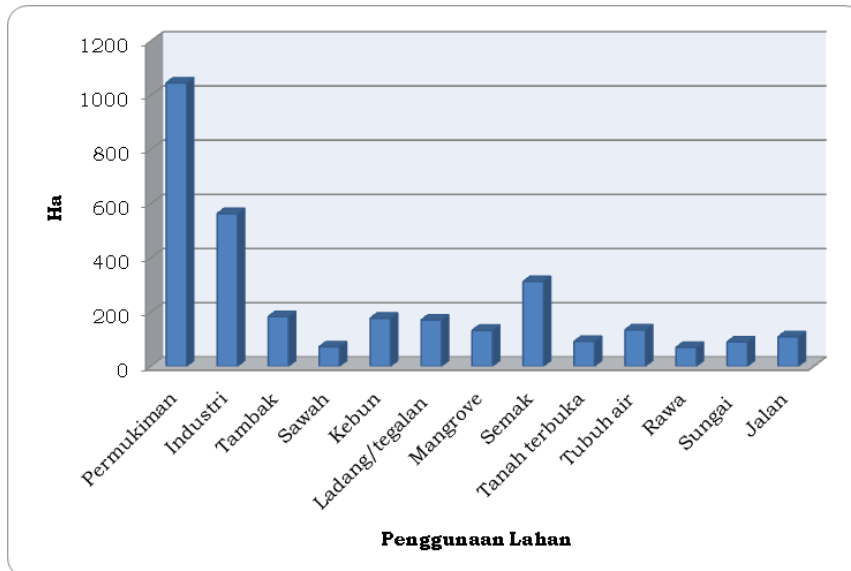
Gambar 3-5: Informasi spasial penggunaan lahan Jakarta Utara tahun 2010



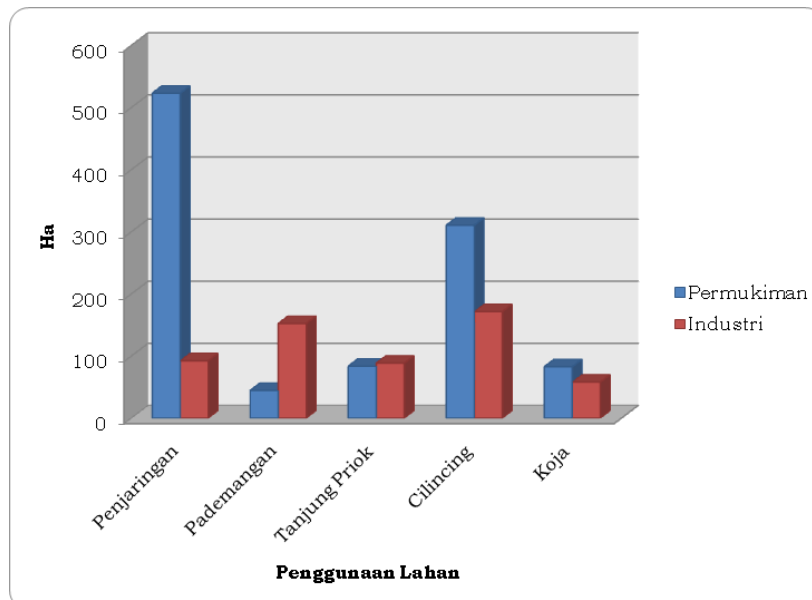
Gambar 3-6: Luas penggunaan lahan Jakarta Utara tahun 2010



Gambar 3-7: Informasi spasial penggunaan lahan tahun 2010 yang tergenang.



Gambar 3-8: Luas penggunaan lahan tahun 2010 yang tergenang



Gambar 3-9: Luas penggunaan lahan tahun 2010 yang tergenang pada setiap kecamatan

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan DEM SRTM X-C band dan QuickBird untuk menganalisis potensi genangan dan dampaknya karena kenaikan muka air laut, beberapa hasil yang diperoleh adalah:

- Prediksi tinggi muka air laut untuk tahun 2030 akibat pasut adalah 2,88 m, penurunan permukaan tanah 2,28 m, dan skenario IPCC 1,29 m sehingga tinggi muka air laut rencana adalah 6,45 m.
- Kenaikan muka air laut mengakibatkan terjadinya potensi genangan pada wilayah permukiman dan industri di Kecamatan Penjaringan, Pademangan, Tanjung Priok, Cilincing, dan Koja. Permukiman berpotensi tergenang hingga mencapai luas 1045 ha dan kawasan industri seluas 563 ha.
- Penggunaan lahan permukiman paling luas tergenang akibat kenaikan muka air laut rencana berada pada Kecamatan Penjaringan dengan luas 523 ha dan Kecamatan Cilincing 311

ha. Kawasan industri yang berpotensi tergenang berada di Kecamatan Cilincing yang mencapai luas 171 ha dan di Kecamatan Pademangan dengan luas 152 ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terima kasih kepada Atriyon Julzarika dan Silvia atas bantuan, dukungan data, serta informasi untuk pembuatan karya tulis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Dony Kushardono, M.Eng. atas segala masukan dan koreksinya.

DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, H.Z., Andreas H, Gumilar I, Fukuda Y., Pohan Y.E., and T. Deguchi, 2011, "Land Subsidence of Jakarta (Indonesia) and its Relation with Urban Development", *Nat. Hazards*. Vol.59, pp.1753-1771.
- Bachtiar, H. dan F. Novico, 2012, "Analisis Spasial Potensi Bahaya Daerah Pantai Terhadap Perubahan Iklim (Studi Kasus: Pulau Bali)", *Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air*.
- BPS, 2011, *Jakarta Utara dalam angka*. BPS Kota Administrasi Jakarta Utara. ISBN: 0215-4153.
- BSN, 2010. *Klasifikasi penutup lahan*.
- Chust, G., Borja A., Liria P., Galparsoro I., Marcos M., and A. Caballero, 2009, "Human Impact Overwhelm The Effects of Sea-Level Rise on Basque Coastal Habitats (N Spain) Between 1954 and 2004", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol.84.
- Dasanto, B.D., 2010, "Penilaian Dampak Kenaikan Muka Air Laut pada Wilayah Pantai: Studi Kasus Kabupaten Indramayu", *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, Vol. 5 No. 2 pp.43-53.
- Hulme, M., Mitchel J., Ingram W., Lowe J., Johns T., and M.N.D. Viner, 1999, "Climate Change Scenarios for Global Impacts Studies", *Global Environmental Change*, Vol.9.
- IPCC, 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*, The Press Syndicate of The University of Cambridge. United Kingdom.
- Julzarika, A., 2010, *Pemodelan 3D Kota Semarang Terhadap Kenaikan Muka Air Laut dengan Citra Satelit SPOT 5*, Lib. UGM.
- Riyanto, I., 2009. *Pemetaan Daerah Potensi Banjir dengan Segmentasi Data Digital Elevation Model Studi Kasus: DAS Ciliwung di DKI Jakarta, 2007*, Tesis. UI.
- R2osytha, A., 2011, *Studi Analisa Banjir dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan SIG di Kabupaten Bojonegoro*, Thesis. ITS. Surabaya.
- Triatmodjo, B., 2008, *Teknik Pantai*. Beta Offset, ISBN: 979-8541-05-7.
- Yulianto, F., Marfai M.A., Parwati, dan Suwarsono, 2009, "Model Simulasi Luapan Banjir Sungai Ciliwung di Wilayah Kampung Melayu-Bukit Duri Jakarta", *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, Vol. 6, pp. 43-53.