



JURNAL PENDIDIKAN GEOGRAFI

## PERTAMBAHAN ESTIMASI KERUGIAN EKONOMI AKIBAT BANJIR DENGAN PENGARUH PENURUNAN TANAH DI JAKARTA

Nurul Yuhanafia<sup>1</sup>, Heri Andreas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB,

<sup>2</sup>Peneliti Kelompok Keahlian Geodesi, ITB

<sup>1</sup>[nurul.yoehanna@gmail.com](mailto:nurul.yoehanna@gmail.com), <sup>2</sup>[heri@gd.itb.ac.id](mailto:heri@gd.itb.ac.id)

### ABSTRACT

*The land subsidences contributed to the widespread inundation of floods that occurred in Jakarta. The purpose of this study is to calculate the increase in estimated economic losses due to floods that are affected by land subsidence. The main data used in this research is a Jakarta's flood map. Calculation of loss estimation is done by combining flood map with land use map, and then adjusted to economic exposure value. This calculation is made with the assumption that there is no dynamics changes in the study area except the topography. The result of the calculation study shows that between 2007 to 2027 predicted that there will be an increase in economic loss of 15 T, from 21 T to become 36 T economic losses in 2027. It is necessary to take precautionary measures to reduce the occurrence of land subsidence in order to reduce the amount of economic losses due to the flood disaster.*

**Keywords:** *Estimates of economic losses, flooding, land subsidence, impact of land subsidence*

### ABSTRAK

Penurunan tanah yang terjadi di Jakarta berkontribusi terhadap meluasnya genangan banjir yang terjadi di Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung adanya pertambahan estimasi kerugian ekonomi akibat banjir yang dipengaruhi oleh penurunan tanah. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta banjir DKI Jakarta. Perhitungan estimasi kerugian dilakukan dengan menggabungkan peta banjir dengan peta tata guna lahan, dan selanjutnya disesuaikan dengan nilai *economic exposure*. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa pada rentang waktu 10 tahun yaitu antara tahun 2007 hingga 2027 diprediksi terjadi pertambahan kerugian ekonomi sebesar 15 T, dari nilai kerugian yang semula adalah sekitar 21 T hingga menjadi 36 T pada tahun 2027. Peneliti merekomendasikan perlu dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi terjadinya penurunan tanah agar besarnya pertambahan kerugian ekonomi akibat bencana banjir dapat dikurangi.

**Kata kunci:** Estimasi kerugian ekonomi, banjir, penurunan tanah, dampak penurunan tanah.

### PENDAHULUAN

Setiap peristiwa bencana alam yang terjadi pasti akan memberi dampak yang sangat merugikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada suatu keadaan bencana, akan terjadi penurunan pada sektor penawaran dan akan menggeser kurva penawaran

sehingga permintaan akan tetap atau meningkat (Dacy, Kunreuther, 1969). Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya kenaikan harga-harga (hukum penawaran-permintaan), karena permintaantidak sebanding dengan ketersediaan barang yang ditawarkan. Kenaikan harga-harga ini akan semakin

merugikan dan menyusahkan bagi para korban bencana, sehingga untuk suatu dampak jangka panjang, bencana alam akan dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan perkembangannya.

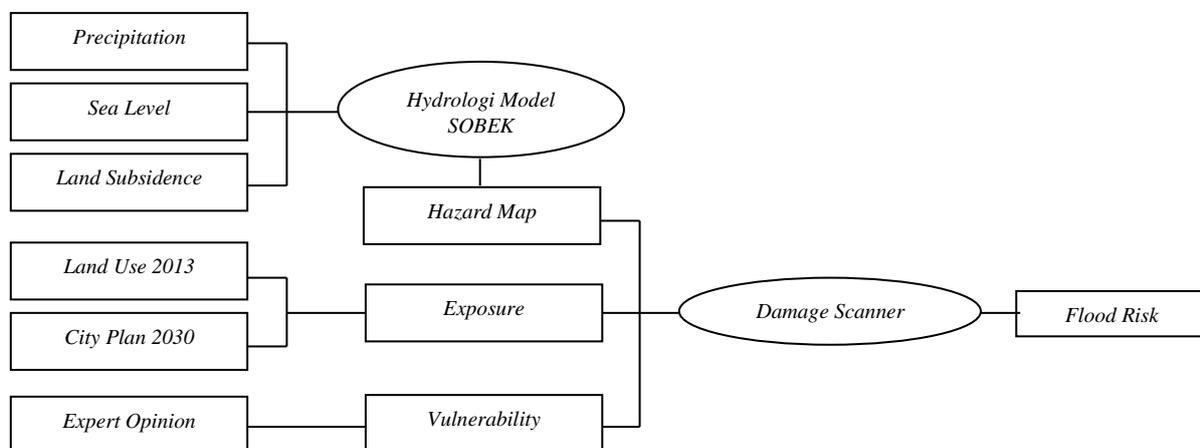
Kerugian secara langsung dari suatu bencana alam yang terjadi dapat dilihat dari banyaknya kerusakan dari bangunan-bangunan rumah tinggal, fasilitas umum, serta infrastruktur yang lain. Bencana alam juga berpengaruh terhadap ketersediaan tenaga kerja, stok kapital dan produktivitas (Gumilar,2013). Berkurangnya jumlah tenaga kerja tentu akan berdampak terhadap pertumbuhan ekonomi.

Fenomena banjir dan penurunan tanah merupakan fenomena alam di Jakarta yang terus terjadi, menimbulkan berbagai kerusakan dan kerugian serta membutuhkan penanganan yang serius. Penurunan tanah yang terus terjadi akan dapat merusak infrastruktur dan bangunan pada daerah tersebut. Bangunan gedung akan dapat mengalami retakan jika posisinya mengalami perbedaan penurunan, baik pada badan bangunan maupun pada pondasinya. Selain itu, penurunan tanah dapat menjadi pemicu terhadap peristiwa alam yang lain. Penurunan tanah yang terjadi di Jakarta dapat memperparah dan menjadi penyebab meluasnya banjir yang terjadi di

Jakarta.. Kerugian ekonomi yang disebabkan oleh perluasan banjir sebagai dampak dari penurunan tanah akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Perluasan banjir yang terjadi akan menyebabkan kerusakan pada area yang lebih luas dan menimpa individu yang semakin banyak.

Berbagai macam metode untuk melakukan perhitungan estimasi kerugian ekonomi untuk suatu bencana telah banyak dibahas dalam berbagai macam penelitian. Perhitungan estimasi kerugian ekonomi yang disebabkan oleh banjir di area Jakarta pada penelitian ini mengacu pada penelitian oleh Budiyo, 2016 yang telah disesuaikan dengan data yang digunakan dalam penelitian ini. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *damagescanner* Jakarta yang telah disesuaikan. *Damege scanner* ini adalah model *flood risk* sederhana untuk dapat memprediksi banjir di area Jakarta yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman.

Secara umum, input yang digunakan untuk pembuatan *damage scanner* ini antara lain adalah peta bencana (peta *hazard*) peta banjir, nilai *economic exposure* dan kurva kerentanan yang dibuat khusus untuk bencana banjir di Jakarta. Namun, penjabaran lebih lengkap adalah seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** *Damage scanner* Jakarta (Modifikasi dari Budiyo, 2016)

### METODE PENELITIAN

Perhitungan estimasi kerugian ekonomi akibat banjir di Jakarta membutuhkan *damage scanner* khusus Jakarta, sehingga input data yang diterima dibuat khusus untuk bencana banjir di Jakarta. Inputan yang digunakan dalam perhitungan estimasi kerugian ekonomi akibat banjir yang dipengaruhi oleh penurunan tanah adalah sebagai berikut:

#### Peta Hazard

Peta *hazard* merupakan peta bencana yang merupakan inputan utama dalam perhitungan yang dilakukan. Peta *hazard* yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta luasan area banjir dengan kedalaman banjirnya. Peta banjir tersebut dihasilkan dari pemodelan banjir dengan menggunakan perangkat lunak SOBEK. Pemodelan banjir dilakukan dengan suatu skenario kejadian banjir tahun 2007, dengan data-data berupa data geometri sungai, data curah hujan, data tata guna lahan, data meteorologi, serta data penurunan tanah untuk membuat DEM yang terkoreksi penurunan tanah.

Penggunaan DEM yang telah terkoreksi penurunan tanah akan menghasilkan area perluasan banjir yang berbeda-beda sesuai dengan DEM yang digunakan. Peta hasil pemodelan ini berjumlah enam buah, yaitu peta pemodelan banjir tahun 2002, peta pemodelan banjir tahun 2007, peta pemodelan banjir tahun 2012, peta

pemodelan banjir tahun 2017, peta pemodelan banjir tahun 2022, dan peta pemodelan banjir tahun 2027. Gambar 2 menunjukkan peta perluasan area banjir hasil dari pemodelan.

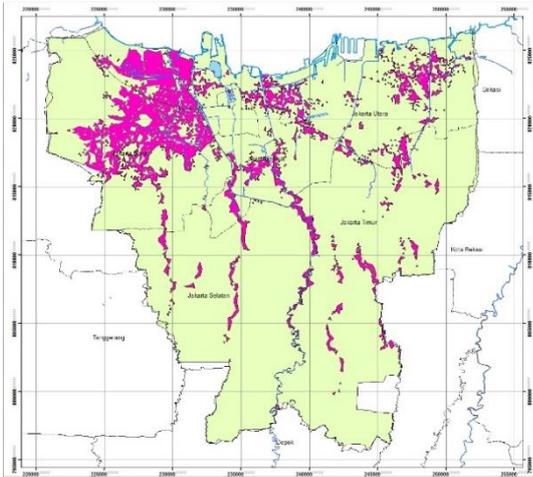
Pada peta tersebut terdapat informasi untuk setiap pixel gambar pada peta, berupa area terdampak banjir dengan kedalaman banjirnya atau bukan area yang terdampak banjir. Selanjutnya dilakukan analisis spasial dengan menggabungkan antara peta banjir tersebut dengan peta tata guna lahan area yang sama dengan 9 kelas tata guna lahan.

Berdasarkan *overlay* raster ini dapat diketahui kelas tata guna lahan untuk setiap pixel yang terdampak banjir. Proses *overlay* ini sebenarnya membutuhkan peta tata guna lahan tahun yang sama dengan peta pemodelan banjirnya. Namun, hal itu tidak dapat dilakukan karena keterbatasan data penelitian berupa peta tata guna lahan Jakarta dari tahun ke tahun. Oleh karena itu pada penelitian ini proses *overlay* hanya menggunakan satu peta tata guna lahan Jakarta tahun 2013, dengan asumsi tidak ada perubahan tata guna lahan dari tahun ke tahun yang terjadi di Jakarta. Perubahan hanya pada topografi yang ditandai dengan perubahan nilai elevasi dari tahun ke tahun. Kelas tata guna lahan pada peta tata guna lahan tahun 2013 yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti pada tabel 1.

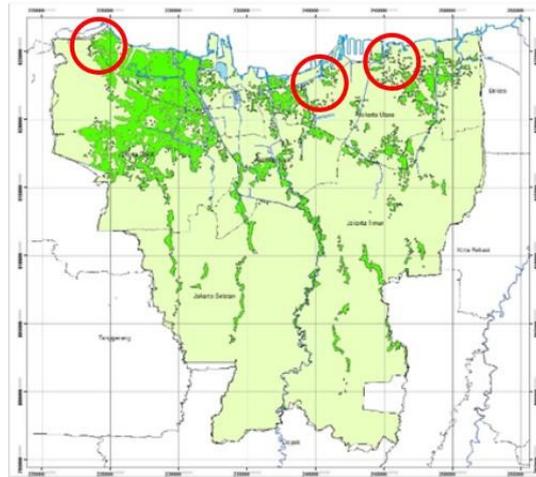
**Tabel 1.** Kelas Tata Guna Lahan Jakarta Tahun 2013

No	Kelas Tata Guna Lahan	
	Kelas Penelitian	2013
1	Fasilitas Pemerintah	Fasilitas Pemerintah, Jasa Pendidikan, Jasa Kesehatan, Prasarana Transportasi
2	Kehutanan	Hutan Kering, Hutan Basah
3	Industri dan Pergudangan	Kawasan Industri, Industri Pengolahan, Pergudangan
4	Area Komersial dan Bisnis	Bengkel, Pasar, Lembaga Usaha, Klinik, Lain-lain
5	Perumahan / Permukiman Umum	Perumahan tidak Teratur
6	Permukiman Teratur	Perumahan Teratur
7	Pertanian	Pertanian Tanah Basah, Pertanian Tanah Kering

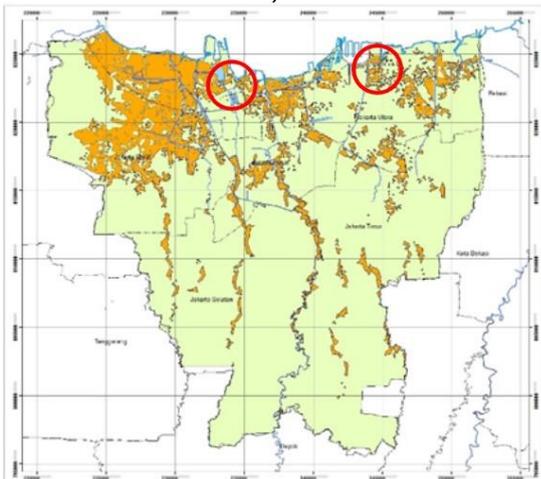
No	Kelas Tata Guna Lahan	
	Kelas Penelitian	2013
8	Sungai Perairan dan Danau	Hidrografi, Danau, Sungai, Perikanan dan Tambak, Kolam
9	Pertanian dan Ruang Terbuka Hijau	Ruang Terbuka, Kuburan / TPU, Tanah Kosong Diperuntukkan



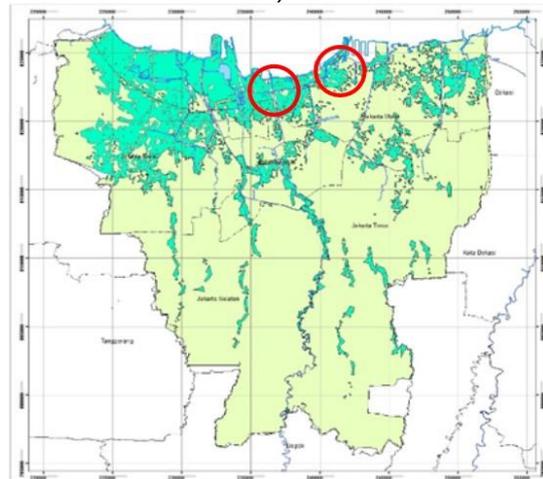
Peta Banjir Tahun 2002



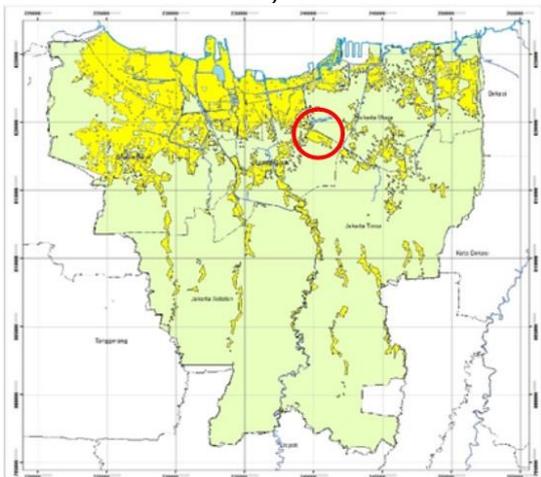
Peta Banjir Tahun 2007



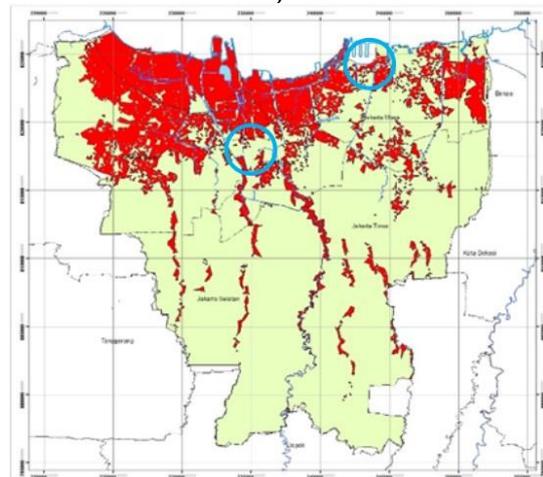
Peta Banjir Tahun 2012



Peta Banjir Tahun 2017



Peta Banjir Tahun 2022



Peta Banjir Tahun 2027

**Gambar 2.** Peta Hasil Pemodelan Banjir

Nilai Economic Exposure untuk tata guna lahan khusus Jakarta

Nilai *economic exposure* ditunjukkan dengan harga atau nilai kerugian ekonomi maksimum untuk masing-masing kelas tata guna lahan. Harga atau nilai kerugian yang diberikan untuk masing-masing kelas tata guna lahan ini berbeda-beda tergantung dari besarnya dampak atau kerugian yang mungkin terjadi apabila suatu kelas tata guna lahan tertentu terkena suatu bencana. Hal itu dikarenakan masing-masing kelas tata guna lahan yang berbeda akan menghasilkan kerugian yang beragam, baik dampak terhadap manusia maupun terhadap keadaan asal dari tatanan kelas tersebut ataupun pihak yang menanggung kerugiannya. Nilai *economic exposure* yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti pada tabel 2, yang merupakan hasil dari pengembangan dan studi oleh Budiyo, 2016. Besarnya nilai kerugian untuk masing-masing kelas ini dinyatakan dalam seribu dolar untuk tiap satu hektar area terdampak banjir (1000 USD/Ha).

Vulnerability Curve

*Vulnerability Curve* atau kurva kerentanan, adalah kurva yang menunjukkan tingkat kerentanan terhadap suatu bencana tertentu. Kerentanan adalah kondisi atau suatu keadaan baik faktor fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang berpengaruh buruk terhadap upaya-upaya pencegahan dan penanggulangan bencana (BAKORNAS, 2002). Kerentanan lebih pada usaha yang diupayakan untuk mengidentifikasi dampak dari suatu bencana terhadap kondisi suatu lingkungan tertentu baik berupa korban jiwanya, maupun kerugian ekonomi dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Dalam penelitian ini, *vulnerability* diwakili dengan nilai *economic exposure* yang digabungkan dengan fungsi *depth damage*. Fungsi ini menunjukkan besarnya

tingkat kerusakan (*damage fraction*) pada masing-masing kelas tata guna lahan tergantung pada kedalaman banjirnya (centimeter), dengan rentang nilai 0-1 dan interval 0-2. Kedalaman banjir yang berbeda akan menyebabkan kerusakan yang berbeda-beda terhadap suatu kelas tata guna lahan tertentu. Kurva kerentanan ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Ketiga masukan di atas selanjutnya digabungkan untuk mendapatkan nilai estimasi kerugian ekonomi akibat banjir yang dipengaruhi penurunan tanah. Proses pertama adalah penggabungan antara peta kedalaman banjir hasil pemodelan banjir dengan peta tata guna lahan sehingga kelas tata guna lahan untuk masing-masing pixel dari area yang terdampak banjir diketahui. Selanjutnya adalah menerapkan *vulnerability curve* pada setiap pixel yang telah diketahui masing-masing kelas tata guna lahan dan kedalaman banjirnya, sehingga dapat diperoleh nilai *damage fraction* untuk masing-masing pixel. Kurva untuk masing-masing kelas tata guna lahan berbeda-beda fungsinya, hal ini menunjukkan adanya perbedaan nilai *damage fraction* untuk masing-masing kedalaman pada kelas tata guna lahan tertentu. Perbedaan nilai tersebut terjadi karena pada kelas tata guna lahan tertentu dan pada kedalaman tertentu, banjir akan menyebabkan dampak dan kerugian yang berbeda-beda.

Misalkan terdapat sebuah pixel yang termasuk dalam kelas tata guna lahan "Fasilitas Pemerintah" dan kedalaman banjirnya adalah 0,5 meter, maka dengan berdasarkan kurva *vulnerability*nya akan diperoleh nilai *damage fraction* sebesar 0,5 pada pixel tersebut. Langkah ini dilakukan untuk semua pixel dari raster peta pada daerah yang terdampak banjir dengan menyesuaikan kurva *vulnerability* yang digunakan dengan kelas tata guna

lahannya. Hasil akhir dari proses ini adalah diketahui nilai *damage fraction* dari setiap pixel pada area yang terdampak banjir.

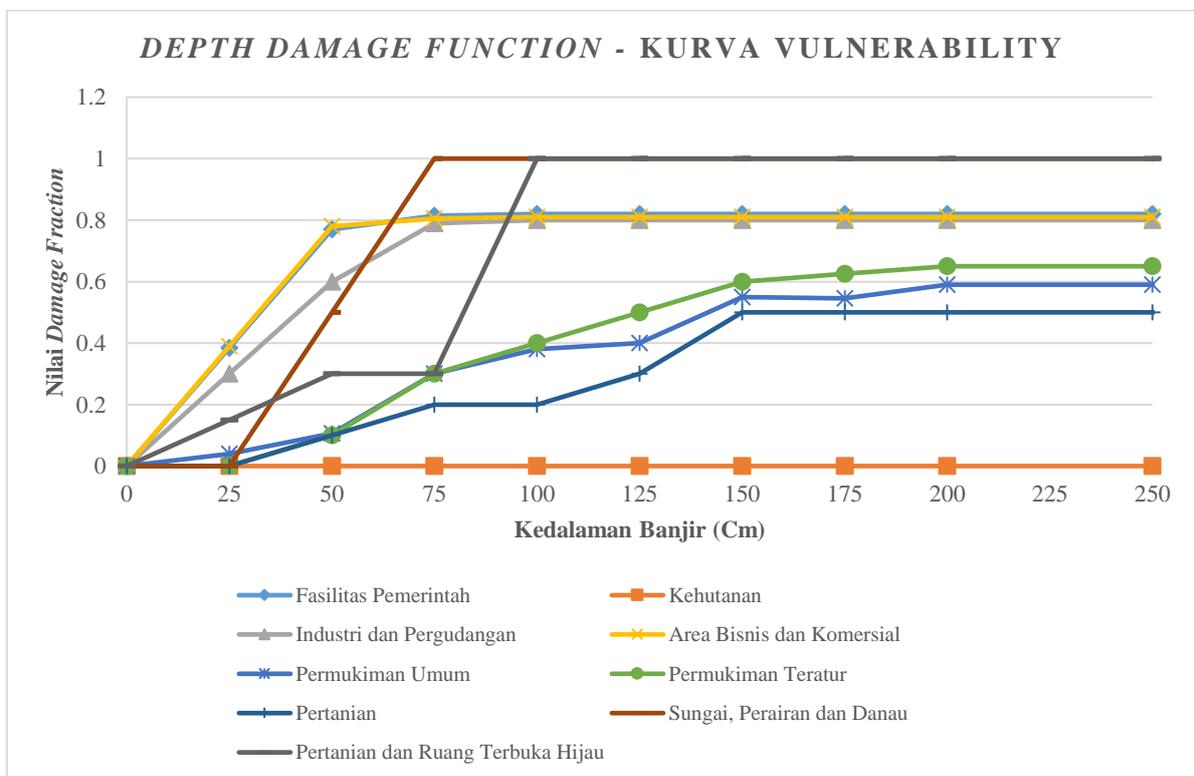
Selanjutnya *damage fraction* dari masing-masing pixel dikalikan dengan nilai *economic exposure* untuk setiap masing-masing kelas tata guna lahannya. Proses ini dilakukan untuk semua pixel dari raster peta pada area yang terdampak

banjir. Hasil akhir dari perkalian tersebut jika dijumlahkan antar sesama pixel pada kelas tata guna lahan yang sama akan menghasilkan nilai *total cost damage* akibat banjir di area Jakarta, sehingga dapat diperoleh total kerugian untuk seluruh area banjir pada tahun penelitian tersebut. Langkah-langkah dalam memperoleh nilai estimasi kerugian akibat banjir ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

**Tabel 2.** Nilai Maksimum *Economic Exposure* untuk masing-masing kelas tata guna lahan

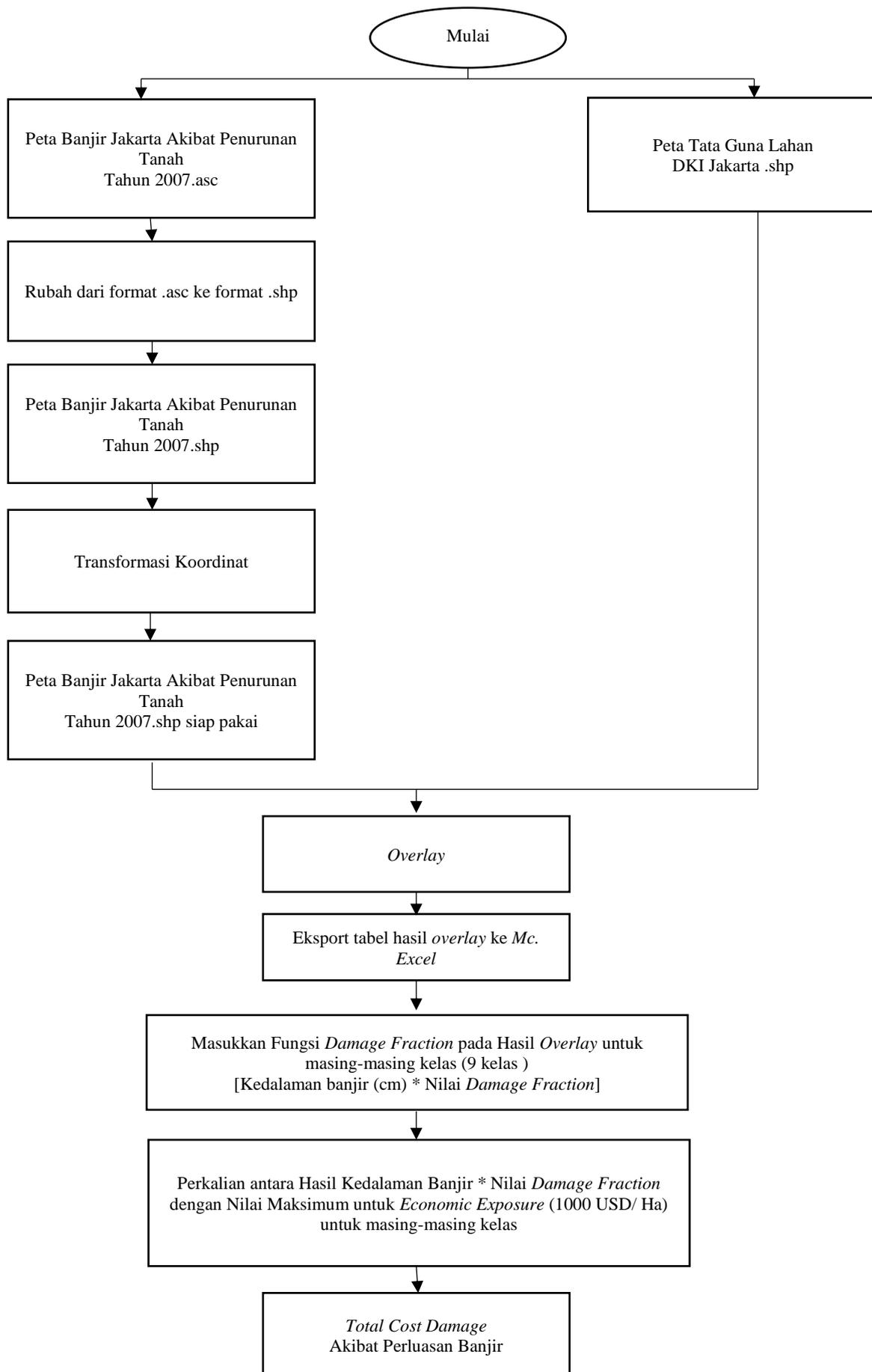
No	Kelas Tata Guna Lahan	Nilai Maksimum <i>Economic Exposure</i> (Thousand USD per Hectare)
1	Fasilitas Pemerintah	301.0
2	Kehutanan	10.4
3	Industri dan Pergudangan	517.9
4	Area Komersial dan Bisnis	517.9
5	Perumahan / Permukiman Umum	150.6
6	Permukiman Teratur	341.8
7	Pertanian	1.6
8	Sungai Perairan dan Danau	3.8
9	Pertanian dan Ruang Terbuka Hijau	3.1

(Sumber: Budiyono, 2016)



Sumber: Diadaptasi dari Budiyono (2016)

**Gambar 3.** Kurva Kerentanan (*depth damage function*).



**Gambar 4.** Diagram Alir Perhitungan Estimasi Kerugian Ekonomi

Seluruh proses di atas dilakukan untuk masing-masing peta hasil pemodelan banjir dengan tahun yang berbeda, sehingga diperoleh nilai estimasi kerugian ekonominya. Nilai pertambahan estimasi kerugian ekonomi diperoleh dengan mencari selisih dari hasil masing-masing periode banjir. Namun, hasil ini dihitung dengan asumsi tidak adanya dinamisasi pada daerah penelitian selain perubahan topografinya. Hal ini dikarenakan penelitian ini hanya bertujuan untuk menghitung penambahan kerugian akibat perluasan banjir yang terjadi akibat penurunan tanah (DEM yang digunakan adalah DEM terkoreksi nilai penurunan tanah). Oleh karena itu hasil akhir perhitungan ini bisa sangat berbeda atau jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil perhitungan penelitian yang menggunakan data yang berbeda, peta tata guna lahan yang sama dengan tahun pada peta banjir ataupun yang memasukkan parameter lain yang

berpengaruh terhadap banjir maupun situasi pada daerah penelitian.

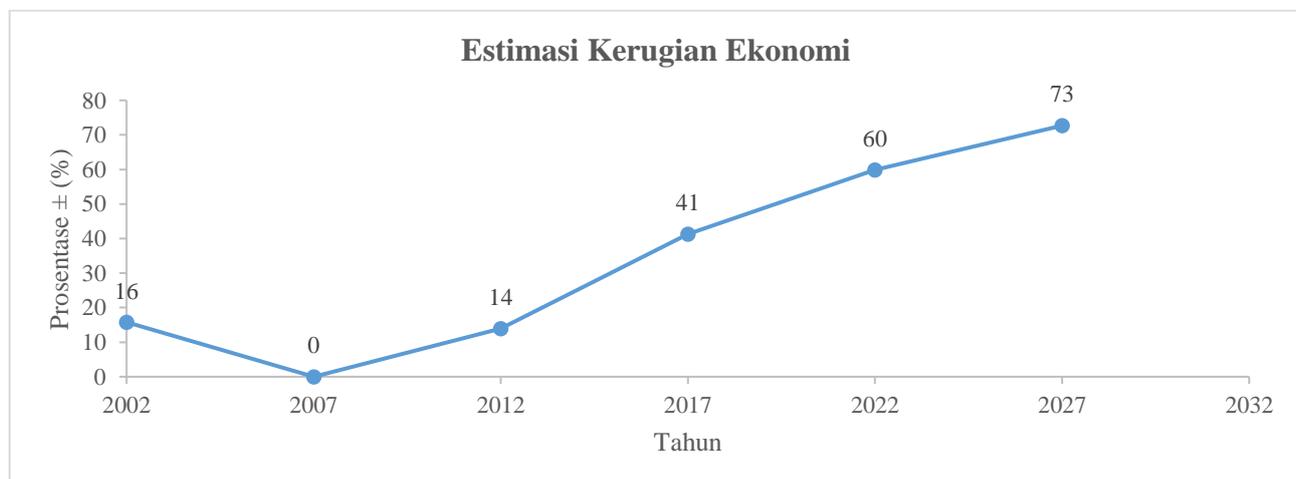
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah perhitungan estimasi kerugian ekonomi menghasilkan total nilai kerugian akibat banjir yang ditunjukkan dalam tabel 3. Nilai kerugian tersebut dinyatakan dalam nilai mata uang dolar dan rupiah.

Pertambahan estimasi kerugian ekonomi diperoleh dari perbandingan hasil kerugian ekonomi tiap periode banjir (rentang waktu lima tahun). Berdasarkan tabel dan grafik di atas dapat dilihat adanya pertambahan terhadap nilai kerugian ekonomi akibat banjir yang dipengaruhi oleh penurunan tanah. Dalam rentang waktu 10 tahun yaitu antara tahun 2007 hingga tahun 2027 terdapat penambahan nilai kerugian sebesar 15 trilyun atau mengalami prosentase penambahan sebesar 73 persen jika dibandingkan terhadap hasil pada tahun 2007.

**Tabel 3.** Hasil Estimasi Kerugian Ekonomi dan Pertambahan Kerugian Ekonomi

Tahun	Dollar Amerika (1 \$ = Rp. 9654)	Rupiah	Selisih Antar Periode Banjir	Selisih (terhadap 2007)
2002	1.824.635.593	17.615.032.015.810	0	3.309.302.182.310
2007	2.167.426.372	20.924.334.198.119	3.309.302.182.310	0
2012	2.469.807.711	23.843.523.645.208	2.919.189.447.088	2.919.189.447.088
2017	3.062.195.093	29.562.431.430.699	5.718.907.785.491	8.638.097.232.579
2022	3.465.151.910	33.452.576.543.849	3.890.145.113.150	12.528.242.345.729
2027	3.742.913.239	36.134.084.410.618	2.681.507.866.769	<b>15.209.750.212.498</b>



**Gambar 5.** Persentase Pertambahan Kerugian Ekonomi

Penambahan nilai kerugian terjadi akibat adanya perluasan banjir akibat penurunan tanah, sehingga dampak dan kerusakan dari banjir yang terjadi juga semakin meluas.

Nilai pertambahan kerugian ekonomi ini akan berbeda hasilnya jika menggunakan peta tata guna lahan dengan tahun yang sama dengan peta pemodelan banjirnya. Berdasarkan penelitian ini, terlihat bahwa terjadi pertambahan yang cukup besar dari kerugian banjir tiap periode yang berbeda.

## SIMPULAN

Resume hasil akhir serta kesimpulan pada penelitian ini didasarkan pada data hasil pemodelan banjir akibat pengaruh penurunan tanah yang selanjutnya diolah untuk dapat dihitung estimasi kerugian ekonomi akibat banjir yang akan dan telah terjadi. Berdasarkan hasil analisis dari pemodelan dan penelitian yang dilakukan dapat diperoleh beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Adanya penambahan kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh banjir dengan pengaruh penurunan tanah.
2. Berdasarkan perhitungan estimasi kerugian ekonomi dengan menggunakan tiga parameter yang juga disesuaikan dari penelitian serupa oleh Budiyo, 2016 diperoleh nilai kerugian sebesar Rp 20.924.334.198.119,- pada pemodelan banjir untuk tahun 2007 dan terus mengalami penambahan hingga mencapai nilai Rp 36.134.084.410.618,- pada pemodelan banjir untuk tahun 2027. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kerugian sebesar 73% ( $\pm 15$  Trilyun).
3. Hasil estimasi penambahan kerugian ekonomi akibat banjir dihitung tanpa memperhatikan adanya perubahan penggunaan lahan serta kepadatan

penduduk di Jakarta, dinamisasi hanya terdapat pada perubahan topografi pada pemodelan banjir yang dilakukan sehingga hasil perhitungan ekonomi yang diperoleh kecil

## REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, hal-hal yang dapat dijadikan saran dalam penelitian yang sejenis antara lain adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penelitian sejenis dengan data yang diperbaharui terus menerus agar hasil perhitungan yang dilakukan dapat lebih akurat. Data-data yang bersifat dinamis dan terus berubah dari waktu ke waktu akan berpengaruh terhadap hasil dari perhitungan yang dilakukan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk perhitungan estimasi penambahan kerugian ekonomi dengan menggunakan peta tata guna lahan yang sama tahunnya dengan peta kedalaman banjir yang digunakan dalam penelitian. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap hasil karena area banjir akan diketahui letaknya pada suatu kelas tata guna lahan tertentu yang mungkin saja mengalami perubahan penggunaannya pada tahun yang berbeda.
3. Perlu ada standar yang pasti untuk nilai kedalaman banjir, yang juga akan berpengaruh terhadap nilai *damage fraction* yang dihasilkan untuk perhitungan kerugian ekonomi.

## DAFTAR PUSTAKA

- BAKORNAS PB. (2002): *Arahan Kebijakan Mitigasi Bencana Perkotaan di Indonesia*. Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana. Jakarta.

- Blackburn, Susan. (2011): *Jakarta: Sejarah 400 Tahun*, Masup: Jakarta.
- Budiyono, Y., Aerts, J., Brinkman, J., Marfai, M. A., and Ward, P., (2015): *Flood risk assessment for delta mega-cities: a case study of Jakarta*, *Nat. Hazards*, 75, 389-413, doi:10.1007/s11069-014-1327-9.
- Budiyono, Y., Aerts, J. C. J. H., Tollenaar, D. Ward, P.J., (2016): *River flood risk in Jakarta under scenarios of future change*. *Nat. Hazards Earth Syst. Scie.*, 16, 757 - 774, doi: 10.5194/nhess-16-757-2016.
- Dacy, D.C. dan Kunreuther, H. (1969) : *The Economics of Natural Disasters: Implications for Federal Policy*, New York, NY; The Free Press
- Deltares., (2014): *Hydrodynamics, Rainfall Runoff and Real Time Control: User Manual*, Deltares, Delft, 2014.
- Deltares, HKV, Puslitbang Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Royal Haskoning
- DHV, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta and Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane., (2012): *FMIS: Flood Management Information System: Main Report*, Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources, Directorate of Rivers and Coastals, Jakarta, 2012.
- Gumilar, I. (2013): *Pemetaan Karakteristik Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Berdasarkan Pengamatan Metode Geodetik Serta Estimasi Kerugian Ekonomi Akibat Dampak Penurunan Muka Tanah (Wilayah Studi: Cekungan Bandung)*. Disertasi Program Doktor. Institut Teknologi Bandung.
- Rencana Tata Ruang Wilayah 2030., (2012): *Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 1 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah 2030*, Jakarta.
- Shahab, Alwi. (2009): *Batavia Kota Banjir*, Republika: Jakarta.