



Estimasi Kerugian Ekonomi pada Bangunan Akibat Penurunan Muka Tanah dengan Menggunakan RASOR (*Rapid Analysis and Spatialisation of Risk*) di Cekungan Bandung

Silmi Fawzya Ludya^{1,a}, Irwan Gumilar¹, Hasanuddin Z. Abidin¹

¹Fakultas Ilmu dan teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

^asilmifawzya@students.itb.ac.id

Abstrak. Kota Bandung merupakan kota dengan tingkat penurunan muka tanah yang tinggi, terutama di wilayah Cekungan Bandung. Penurunan muka tanah yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan berupa keretakan pada bangunan, bangunan yang turun/miring, serta banjir yang semakin parah di wilayah Cekungan Bandung. Kerusakan tersebut tentunya dapat menimbulkan kerugian dari segi ekonomi karena meningkatnya biaya pemeliharaan pada bangunan yang mengalami kerusakan. Penelitian ini ditujukan untuk melakukan estimasi kerugian ekonomi pada bangunan akibat penurunan muka tanah di Kelurahan Baleendah Kota Bandung dengan menggunakan *Rapid Analysis and Spatialisation of Risk* (RASOR) platform. RASOR platform dipilih karena dapat menghitung kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh fenomena penurunan muka tanah dengan cepat. Pada RASOR terdapat HAZUS yang berfungsi sebagai alat untuk menghitung kerugian ekonomi tersebut. Hasil yang diperoleh adalah nilai estimasi kerugian ekonomi atau biaya pemeliharaan pada bangunan yang mengalami kerusakan dan peta persebaran dampak pada bangunan. Adapun kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah hasil perhitungan RASOR mencapai 452 miliar rupiah untuk struktur bangunan dan 633 miliar rupiah untuk konten bangunan.

Kata kunci: *penurunan muka tanah, kerugian ekonomi, RASOR.*

1 Pendahuluan

Penurunan muka tanah merupakan fenomena yang terjadi di beberapa kota di Indonesia, di antaranya Bandung, Jakarta, dan Semarang. Hasil dari pengukuran GPS, Leveling, dan InSAR menunjukkan bahwa kecepatan penurunan muka tanah pada tiga kota besar tersebut secara umum besarnya sekitar 5-10 cm/tahun (Abidin, 2015). Cekungan Bandung merupakan wilayah dengan tingkat penurunan muka tanah yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil survei sembilan GPS yang dilakukan dari tahun 2000 sampai 2011, beberapa lokasi di Cekungan Bandung mengalami penurunan muka tanah dengan laju rata-rata sekitar 8 cm/tahun dan dapat mencapai angka 23 cm/tahun pada lokasi-lokasi tertentu (Abidin, 2012). Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya

penurunan muka tanah di Cekungan Bandung, diantaranya pengambilan air tanah yang berlebihan, beban konstruksi, dan aktivitas tektonik (Abidin, 2012).

Fenomena penurunan muka tanah memiliki dampak langsung dan tidak langsung. Adapun dampak langsung dari fenomena penurunan muka tanah adalah retaknya bangunan, rusaknya infrastruktur, serta kerusakan lainnya. Sedangkan dampak tidak langsung dari penurunan muka tanah adalah meluasnya area banjir. Kedua dampak tersebut mengakibatkan kerugian baik dari segi ekonomi, pertanian, dan lingkungan. Bangunan yang rusak akibat tergenang banjir membutuhkan biaya pemeliharaan dengan jumlah yang tidak sedikit yang tentunya sangat merugikan dari segi ekonomi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan perhitungan kerugian ekonomi yang diharapkan dapat membantu pemilik bangunan untuk lebih menyadari tingkat risiko ekonomi yang dialami.

Perhitungan kerugian ekonomi dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan bantuan alat tertentu seperti *software* atau yang lainnya. Pada penelitian kali ini akan dilakukan perhitungan kerugian ekonomi dengan bantuan RASOR (*Rapid Analysis and Spatialisation of Risk*). RASOR merupakan sebuah *platform* yang mampu menghitung estimasi kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh bencana, termasuk banjir sebagai dampak tak langsung dari penurunan muka tanah. Kelebihan dari RASOR sendiri adalah ia dapat menghitung estimasi kerugian ekonomi dengan cepat.

2 Data dan Metode

2.1 Data

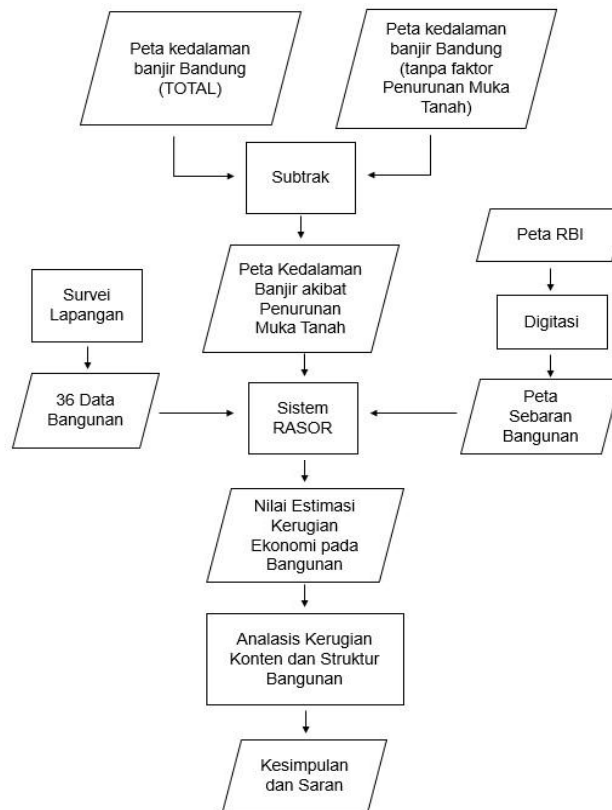
Data yang diperlukan untuk mendapatkan nilai estimasi kerugian ekonomi dengan menggunakan RASOR, yaitu data *hazard map* dan data sebaran bangunan terdampak banjir yang di dalamnya terdapat data atribut RASOR. Adapun digunakannya data banjir karena banjir merupakan dampak tidak langsung dari penurunan muka tanah. Dengan kata lain banjir digunakan sebagai pendekatan penurunan muka tanah. Data banjir yang digunakan merupakan data banjir yang hanya diakibatkan oleh penurunan muka tanah. Data tersebut diperoleh dari hasil analisis spasial dari dua data banjir, yaitu banjir Bandung tahun 2010 yang mengandung faktor penurunan muka tanah dan banjir Bandung tahun 2010 tanpa faktor permukaan tanah.

2.2 Metode

Untuk menghitung nilai kerugian ekonomi akibat sebuah bencana, diperlukan beberapa parameter yang ada pada persamaan berikut.

$$(\text{Kerugian Banjir}) = (\text{Jumlah/Area Terdampak}) \times (\text{Nilai Unit}) \times (\text{Faktor Kerusakan}) \quad (1)$$

Persamaan tersebut mengandung parameter diantaranya biaya ganti rugi bangunan, jumlah bangunan terdampak, dan faktor kerusakan. Biaya ganti rugi bangunan nilainya berbeda-beda sesuai dengan tipe dan jenis bangunan. Adapun faktor kerusakan nilainya dipengaruhi oleh besarnya kedalaman nilai banjir dan kekuatan bangunan itu sendiri. Semua parameter yang diperlukan untuk menghitung estimasi kerugian ekonomi sudah terangkum dalam layer-layer RASOR, seperti biaya ganti rugi bangunan yang ditentukan berdasarkan tipe bangunan yang telah di-*input* pada layer *exposure*; jumlah bangunan yang juga didapat dari layer *exposure*; dan besarnya faktor kerusakan bangunan yang ada pada layer *vulnerability*.



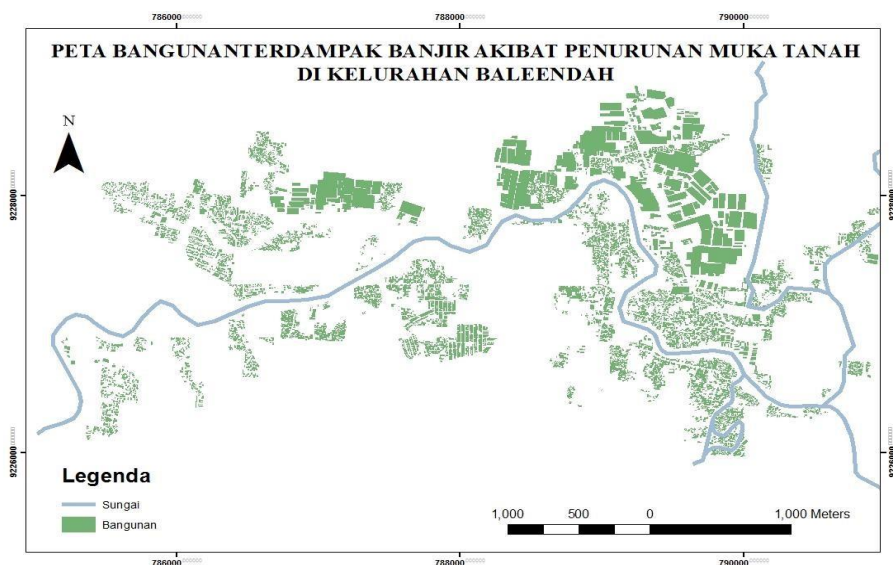
Gambar 1 Metode Pengolahan Data

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Layer *Exposure*

Data yang digunakan pada layer *exposure* adalah data sebaran bangunan wilayah Kelurahan Baleendah yang mencakup data struktur bangunan yang dibutuhkan RASOR. Data sebaran bangunan merupakan data vektor (poligon) dalam bentuk *shapefile* dengan sistem proyeksi UTM WGS 1984 zona 48S. Sedangkan data struktur bangunan yang dibutuhkan RASOR merupakan data hasil pengamatan di lapangan yang kemudian dituangkan dalam bentuk atribut untuk setiap bangunan.

Pada penelitian ini dipilih wilayah kelurahan Baleendah karena berdasarkan hasil analisis spasial pada peta kedalaman banjir, kelurahan Baleendah merupakan wilayah yang terdampak banjir akibat penurunan muka tanah. Namun data sebaran bangunan pada penelitian ini tidak mencakup seluruh bangunan yang ada di kelurahan Baleendah karena hanya bangunan terdampak banjir dengan kedalaman yang besarlah yang menjadi objek penelitian. Peta sebaran bangunan terdampak banjir akibat penurunan muka tanah di Kelurahan Baleendah dapat dilihat pada gambar 2 berikut.

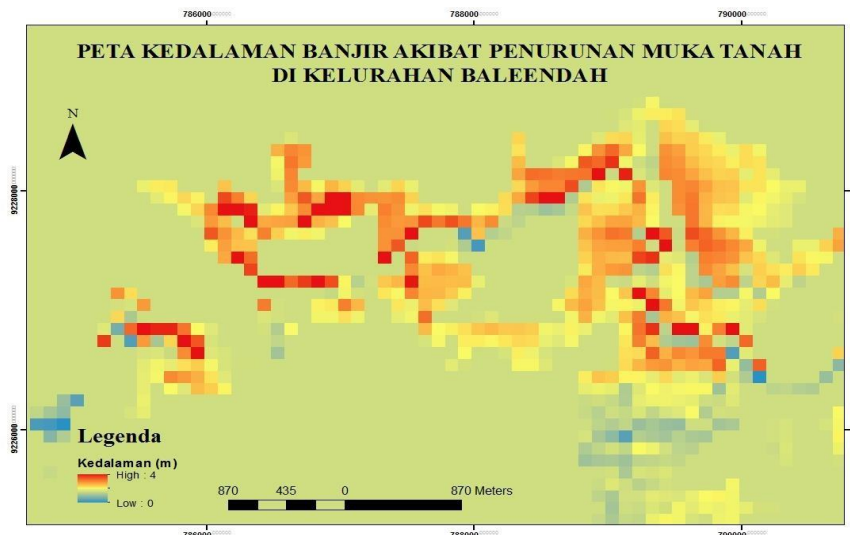


Gambar 2 Peta bangunan terdampak banjir

3.2 Layer Hazard

Pada layer *hazard*, perhitungan kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah dilakukan dengan memilih banjir sebagai sumber *hazard*. Hal tersebut dikarenakan pada layer *hazard* belum ada pilihan *hazard* berupa penurunan muka tanah. Oleh karena itu dipilih *hazard* banjir sebagai pendekatan penurunan muka tanah karena banjir merupakan dampak tak langsung dari penurunan muka tanah.

Jenis data yang digunakan pada layer *hazard* berupa data yang berbentuk raster (.tiff) yang mencakup wilayah Cekungan Bandung. Data yang digunakan merupakan data banjir tahun 2010 yang merupakan hasil analisis spasial dari dua data banjir. Dua data tersebut yaitu data kedalaman banjir di Bandung akibat semua faktor (termasuk penurunan muka tanah) dan data kedalaman banjir di Bandung tanpa adanya faktor penurunan muka tanah. Dengan dilakukannya analisis spasial dari dua data tersebut maka akan didapat kedalaman banjir hanya akibat penurunan muka tanah, yaitu data banjir yang dimasukkan pada layer *hazard* ini. Data-data tersebut merupakan data milik Deltares yang dioperasikan oleh PUSAIR Bandung.



Gambar 3 Peta kedalaman banjir akibat penurunan muka tanah di Kelurahan Baleendah

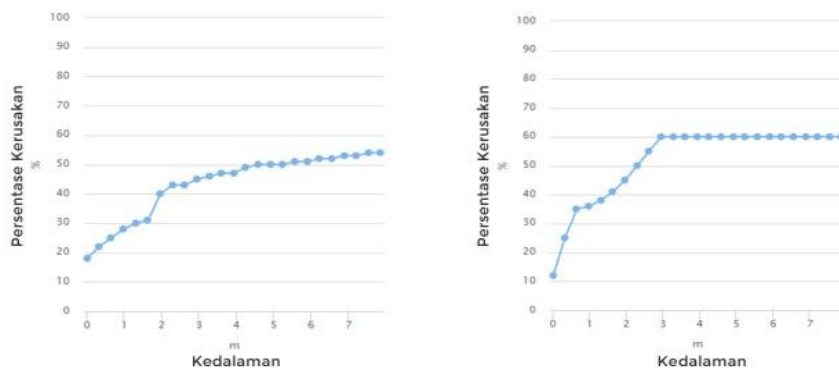
3.3 Layer Vulnerability

Pada layer *vulnerability* dilakukan analisis pada dua layer, yaitu layer *exposure* dan layer *hazard* dengan menggunakan metode HAZUS. Metode ini merupakan

metode yang dianggap paling cocok digunakan untuk mengestimasi probabilitas kerentanan atau kerusakan yang terjadi pada setiap bangunan. HAZUS sendiri memiliki standar tipe bangunan dan persentase kerusakannya terhadap sebuah *hazard*, baik itu gempa bumi, angin topan, dan banjir. Maka HAZUS akan mengeluarkan grafik hubungan antara persentase bangunan dan kedalaman banjir dari data tipe bangunan yang dimasukkan pada layer *exposure*.

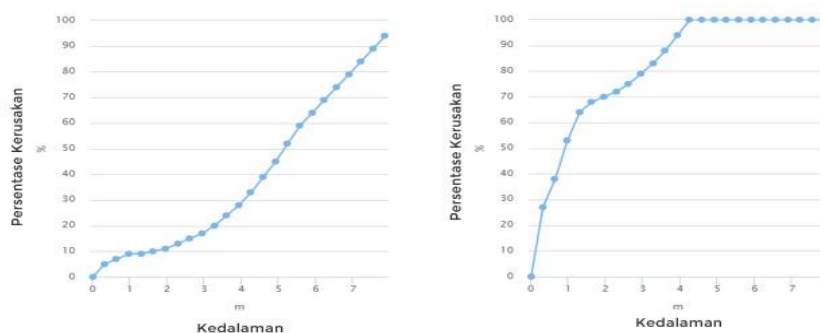
Besarnya kerentanan pada setiap jenis bangunan akan berbeda. Hal tersebut bergantung pada tipe dan struktur bangunan. Semakin rapuh struktur bangunan maka kerentanan kerusakan akibat banjir akan semakin besar. Gambar 4-9 berikut ini merupakan grafik hubungan antara persentase kerusakan bangunan dan kedalaman banjir yang dihasilkan oleh layer *vulnerability*.

- Rumah Warga



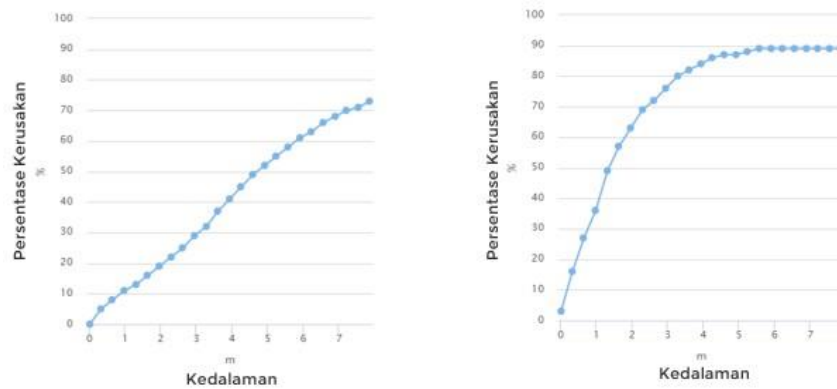
Gambar 4 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk rumah warga

- Sekolah



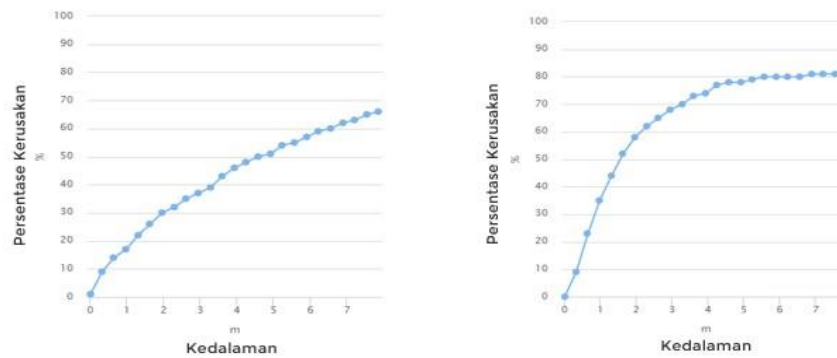
Gambar 5 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk sekolah

- Pasar



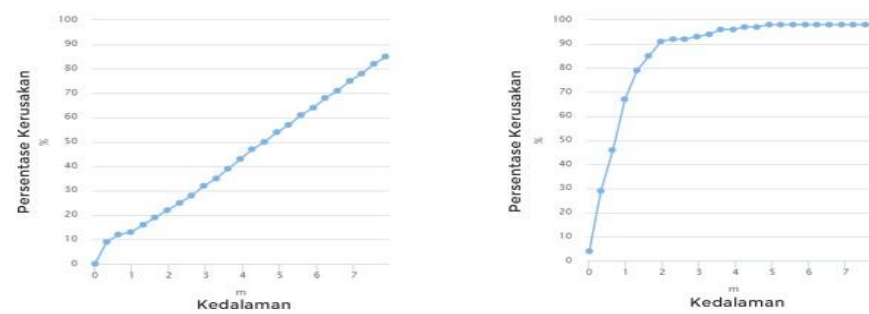
Gambar 6 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk pasar

- Industri Ringan



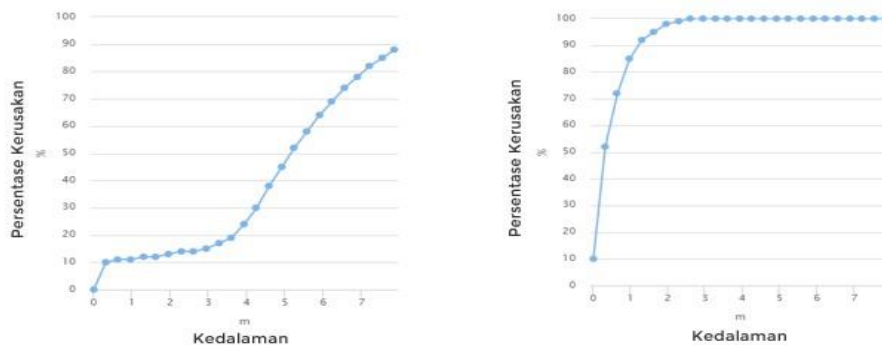
Gambar 7 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk industri ringan

- Toko Jasa



Gambar 8 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk toko jasa

- Rumah Ibadah



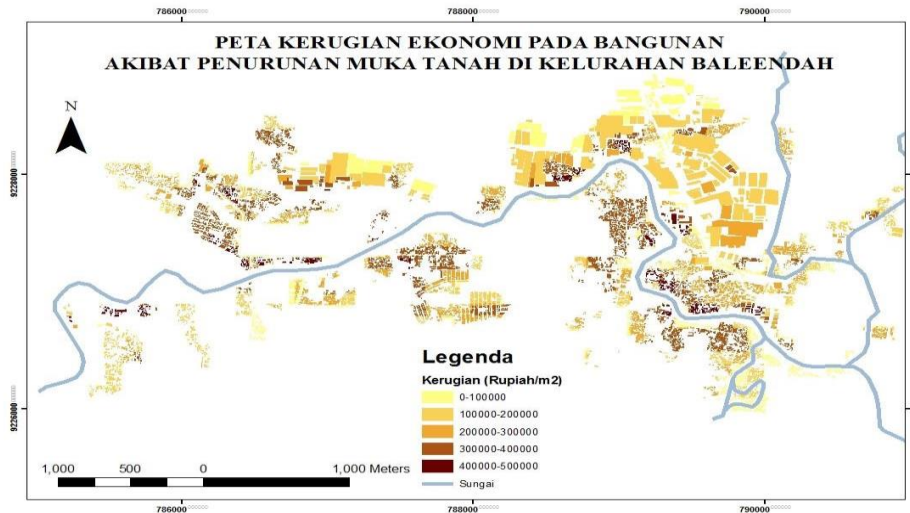
Gambar 9 Grafik kerentanan struktur dan konten untuk rumah ibadah

3.4 Layer Direct Impact

Pada layer *direct impact*, RASOR akan melakukan *overlay* antara layer *exposure* dan layer *hazard* yang kemudian akan menghasilkan besarnya dampak pada setiap bangunan secara spasial. Besarnya dampak tersebut ditunjukkan dalam bentuk peta dengan klasifikasi warna gradasi. Keluaran dari layer *direct impact* merupakan hasil analisis HAZUS yang sudah memiliki standar biaya yang akan dikeluarkan akibat kerusakan bangunan berdasarkan jenis bangunan. Peta persebaran dampak atau kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah di wilayah Kelurahan Baleendah dapat dilihat pada gambar 10.

3.5 Layer Report

Layer report ini menunjukkan hasil perhitungan estimasi kerugian ekonomi yang dilakukan oleh RASOR dengan metode HAZUS. Hasil yang didapat berupa angka estimasi kerugian ekonomi pada struktur dan konten bangunan secara total maupun rinciannya. Selain itu didapat pula grafik yang menunjukkan persentase besarnya kerugian pada setiap kategori terhadap nilai total yang didapat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat rincian kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah pada tabel 1.



Gambar 10 Peta kerugian ekonomi pada bangunan akibat penurunan muka tanah di Kelurahan Baleendah

Tabel 1 Rincian nilai estimasi kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah pada bangunan di Kelurahan Baleendah

	Kerugian Struktur Bangunan	Kerugian Konten Bangunan
Rumah Warga	Rp 325.900.368.915,00	Rp 396.197.683.390,00
Industri Ringan	Rp 123.244.814.575,00	Rp 223.174.082.855,00
Pasar	Rp 2.225.410.425,00	Rp 6.928.280.190,00
Sekolah	Rp 661.459.795,00	Rp 3.877.477.345,00
Toko Jasa	Rp 541.264.795,00	Rp 2.215.087.010,00
Rumah Ibadah	Rp 115.053.325,00	Rp 792.525.765,00
TOTAL	Rp 452.688.358.475,00	Rp 633.185.136.555,00

3.6 Analisis

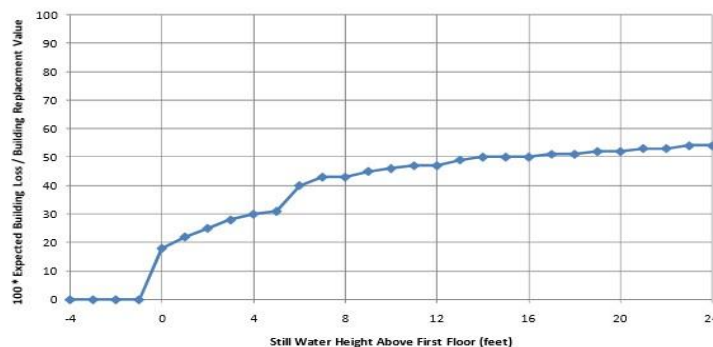
Hasil yang didapat dari perhitungan RASOR untuk kerugian struktur bangunan mencapai 452 miliar rupiah dan untuk kerugian konten bangunan mencapai 633 miliar rupiah. Jika dilihat dari besarnya biaya maka kerugian pada konten bangunan lebih besar dari kerugian struktur bangunan (lihat tabel 1). Sedangkan jika kita lihat jumlah dari bangunan yang terdampak, maka akan didapati kategori bangunan rumah warga menjadi bangunan yang paling terdampak dibandingkan dengan kategori bangunan lainnya. Hal tersebut dikarenakan jumlah rumah warga

merupakan bangunan yang paling banyak jumlahnya di wilayah Kelurahan Baleendah sehingga menjadi bangunan yang paling terdampak.

Pada penelitian Gumilar (2013), kerugian ekonomi pada bangunan khususnya struktur bangunan mencapai 225 miliar rupiah di wilayah Cekungan Bandung. Sedangkan hasil yang didapat RASOR mencapai 452 miliar rupiah untuk kerugian struktur bangunan di wilayah Kelurahan Baleendah yang merupakan bagian dari area Cekungan Bandung. Hasil perhitungan RASOR menunjukkan angka yang sangat besar jika dibandingkan dengan hasil penelitian Gumilar. Hal tersebut dapat dikarenakan oleh perbedaan metode yang dipakai. Penelitian Gumilar menggunakan metode yang dikembangkan oleh JICA (*Japan International Cooperation Agency*) dan RASOR menggunakan metode HAZUS yang dikembangkan oleh FEMA (*Federal Emergency Management Agency*).

Perbedaan hasil yang diperoleh dapat disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah perbedaan metode yang digunakan dapat memungkinkan adanya perbedaan rumus perhitungan pada kerugian struktur bangunan. Selain itu HAZUS sendiri memiliki standar nilai struktur bangunan yang ada di Amerika dan nilai tersebut tidak bisa diubah secara manual sehingga hasil perhitungan kurang merepresentasikan bangunan yang ada di Indonesia. Ditambah lagi bangunan yang ada di area penelitian ini memiliki tipe yang berbeda-beda namun pada proses pengisian tipe bangunan dilakukan penyamarataan/generalisasi. Berdasarkan hal itu, nilai estimasi kerugian ekonomi yang diperoleh bukanlah nilai yang pasti melainkan hanya merupakan perkiraan atau estimasi.

HAZUS sendiri memiliki standar tipe bangunan beserta faktor kerusakannya, contohnya dapat dilihat pada gambar 11. Gambar tersebut berisi grafik faktor kerusakan untuk rumah warga tanpa *basement*. Sedangkan untuk rincian persentase kerusakan bisa dilihat pada tabel 2.



Gambar 11 Grafik faktor kerusakan bangunan untuk rumah warga tanpa *basement* (FEMA, 2004)

Tabel 2 Persentase rincian kerusakan bangunan (FEMA, 2004)

Building Loss	Foundation	Below First Floor	Structure Frame	Roof Cover	Roof Frame	Exterior Wall	Interiors	Total
10.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	8.0%	10.0%
20.0%	0.0%	3.0%	0.2%	0.1%	0.1%	3.5%	12.9%	19.7%
30.0%	0.0%	3.0%	1.0%	0.4%	0.4%	5.5%	19.6%	29.9%
40.0%	0.0%	3.0%	1.3%	0.5%	0.5%	7.5%	27.0%	39.8%
50.0%	0.0%	3.0%	1.6%	0.6%	0.6%	10.5%	33.7%	50.1%
60.0%	0.1%	3.0%	2.1%	0.1%	0.1%	12.8%	40.4%	60.0%
70.0%	0.4%	3.0%	2.6%	1.0%	1.0%	15.5%	46.6%	70.0%
80.0%	0.6%	3.0%	3.3%	1.3%	1.3%	17.5%	52.7%	79.5%
90.0%	1.0%	3.0%	3.9%	1.5%	1.5%	19.5%	60.0%	90.4%
100.0%	1.5%	3.0%	5.5%	2.1%	2.1%	25.0%	61.0%	100.3%

3.7 Kelebihan dan Kekurangan RASOR

Dalam penggunaannya, RASOR memiliki kelebihan dan kekurangan. Salah satu kelebihan RASOR adalah mampu menghitung kerugian akibat bencana dengan proses yang cepat. Untuk dapat menghitung suatu kerugian akibat bencana, RASOR memerlukan data-data untuk di-*input* yang kemudian dihitung oleh RASOR. Selain itu *platform* RASOR juga mudah diakses oleh semua kalangan karena RASOR merupakan *platform* yang berbasis web sehingga pengguna tidak perlu mengeluarkan biaya untuk mengakses RASOR. RASOR juga dapat menampilkan kerugian yang diakibatkan oleh bencana secara rinci, dalam penelitian ini diperlihatkan kerugian ekonomi per-bangunan disertai dengan grafik hubungan antara bahaya itu sendiri dengan objek terdampak. Hasil dari RASOR tersebut dapat digunakan oleh semua kalangan dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam banyak hal, seperti dalam pengambilan keputusan, perencanaan tata kota, mitigasi bencana, dan lainnya.

Adapun kekurangan yang dimiliki RASOR adalah ketidaksesuaian antara kategori jenis bangunan pada layer *exposure* dan layer *vulnerability* sehingga sedikit mempersulit dalam proses pemasukan data. Selain itu RASOR belum menyediakan fitur yang dapat menginformasikan kesalahan yang dibuat oleh pengguna seperti kesalahan pada saat memasukkan data. Selain itu pada proses perhitungan, tidak dijelaskan langkah-langkah perhitungan yang dilakukan RASOR untuk mendapatkan hasilnya.

Pada perhitungan estimasi kerugian ini digunakan HAZUS yang dianggap sebagai metode paling cocok. HAZUS ini berperan dalam mendefinisikan tipe bangunan, jenis bangunan, dan material struktur bangunan. Namun karakteristik bangunan pada HAZUS berbeda dengan yang ada di Indonesia. HAZUS berasal dari Amerika Serikat sehingga standar karakteristik bangunan pada HAZUS

menggunakan standar wilayah asalnya serta tidak bisa diubah secara manual dengan tipe bangunan yang sesuai dengan wilayah penelitian. Hal tersebut akan mengurangi keakuratan hasil yang didapat dari perhitungan dengan menggunakan RASOR.

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, didapat kesimpulan bahwa:

1. Penurunan muka tanah di Cekungan Bandung berdampak paling besar terhadap kerusakan bangunan rumah akibat dari dampak tidak langsung berupa banjir.
2. RASOR dapat menghitung estimasi kerugian ekonomi akibat penurunan muka tanah di Cekungan Bandung dengan besar kerugian di Kelurahan Baleendah sebesar Rp 633.185.136.555,00 untuk konten bangunan dan Rp 452.688.358.475,00 untuk struktur bangunan.

Setelah dilakukan penelitian ini ditemukan hal-hal yang dapat mengurangi kevalidan dari hasil estimasi. Hal-hal tersebut dirangkum dalam beberapa saran sebagai berikut.

1. Sebaiknya data banjir yang digunakan merupakan data banjir terbaru untuk estimasi kerugian yang lebih akurat.
2. Agar didapatkan nilai estimasi lebih akurat, disarankan agar peneliti melakukan pendataan per bangunan dan menghindari generalisasi pada proses pengambilan data atribut bangunan.

5 Daftar Referensi

- [1] Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I. (2012). *On causes and impacts of land subsidence in Bandung Basin, Indonesia*. Springer-Verlag, DOI 10.1007/s12665-012-1848-z.
- [2] Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I. (2015). *Environment Impact of Land Subsidence in Urban Areas of Indonesia*. FIG Working Week 2015. Bulgaria.
- [3] FEMA. (2004). *Hazus-MH: Multi-hazard Loss Estimation Method*. Diambil dari :
- [4] Gumilar, Irwan. (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.
- [5] www.nat-hazards-earth-syst-sci.net (diakses pada tanggal 25 Januari 2017)
- [6] www.rasor-project.eu (diakses pada periode Juli 2016 - Januari 2017)