

Pemodelan Sistem Dinamik Eco-Drainage di Wilayah Tanah Basah (Studi Kasus Kawasan Kelapa Gading DKI Jakarta)

Rahmawati Fitria^{1*}, Henita Rahmayanti², Bagus Sumargo²

¹Departemen Manajemen Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Jakarta

²Departemen Pendidikan Lingkungan dan Populasi Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Jakarta

³Prodi Statistika Fakultas Matematika dan Sains Program Pasca Sarjana

Jl. Rawamangun Muka Raya Pulo Gadung Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220

* rya.rahmawatifitria@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.15057>

ABSTRACT

An Ecological drainage becomes an application in this development project in the Kelapa Gading area. The drainage concept that is applied is a drainage system in which rainwater that falls on road surface runoff will flow directly into the water infiltration system and directly fill the ground surface water. Geologically, it can be seen that North Jakarta is an area with a fairly high ground water level (MAT), and has an average MAT elevation of 2 - 2.5 m. This study intends to determine the ability of this ecodrainage to reduce runoff/floods that often occur in areas with a fairly high MAL. What direct benefits can be felt in the use of ecodrainage in these flood-prone areas, thus making the basic reason for applying this ecodrainage. This study uses a dynamic systems approach. In the preparation of the dynamic system model, Powersim Studio Version 10 software will be assisted. The simulation results show that an increase in rainfall every year will provide an increasing flood potential. By using eco-drainage, it is felt that it is not optimal enough to reduce runoff in areas that have high MAT levels. However, this ecodrainage still provides broad sustainability benefits. The quantity of groundwater will slowly be filled up to the aquifer layer through this ecodrainage. This step is considered to be able to help prevent the aquifer layer from being exposed and have an impact on the rate of land subsidence so that the potential for flooding will decrease.

Key words : eco-drainage, flood, swamp, Dynamic System, ground water

PENDAHULUAN

Kawasan Kelapa Gading merupakan kota dengan elevasi Muka Air Tanah (MAT) yang cukup tinggi. Dalam sejarah geologinya daerah Kelapa Gading merupakan daerah rawa, namun, seiring dengan pertambahan penduduk daerah ini berkembang pesat menjadi daerah urban bisnis yang cukup tinggi dalam aktivitas perekonomian maupun menjadi kawasan perumahan (Hutabarat, 2017). Daerah rawa merupakan tempat kumpulan genangan air dan berfungsi sebagai kawasan yang dapat menampung aliran air permukaan, tetapi dengan adanya pembangunan maka kawasan rawa tersebut telah ditimbun menjadi sebuah daratan (Felix, 2020).

Kondisi yang melawan hukum alam seperti itu tentu akan membuat ketidakseimbangan di lingkungan (Dwiati, 2010). Sehingga bencana banjir pun tidak dapat dihindarkan di kawasan ini. Kelapa Gading terinformasikan dalam kurun waktu 2 bulan, mengalami rentetan banjir sebanyak 6 kali periode banjir, yaitu pada tanggal 1 dan 24 Januari 2020, serta pada tanggal 8, 23, 25, 28 Februari dengan ketinggian genangan hingga 90 cm, dan lama genangan hingga 4 hari. Tentu saja banyak factor yang mendukung bencana banjir terjadi. Seperti mulai maraknya penelitian mengenai terjadinya penurunan tanah yang disebabkan kegiatan manusia dalam mengekstrasi air tanah pun menjadi

Cite this as:

Fitria, R., Rahmayanti, H & Sumargo, B. (2022). *Pemodelan Sistem Dinamik Eco-Drainage di Wilayah Tanah Basah (Studi Kasus Kawasan Kelapa Gading DKI Jakarta)*. Rekayasa 15 (2). 121-128 pp.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i1.15057>

© 2022 Fitria

Article History:

Received: Jun, 21st 2022; **Accepted:** July, 13th 2022

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

salah satu faktor dalam bencana banjir (Arahuetes, 2019; Ellis, 2003). Drainase yang buruk juga menjadi faktor penyebab banjir di Kota Jakarta. Para pemangku kepentingan dan para pelaku perencana tata ruang di Jakarta untuk memberikan ruang resapan ataupun terbuka bagi air limpasan.

Menurut Arahuetes (2019) sistem drainase berkelanjutan sangat cocok untuk diterapkan di perkotaan khususnya di negara berkembang. Sehingga *Ecological Drainage* menjadi sebuah penerapan dalam sebuah project pembagunan di kawasan kelapa gading ini. Konsep *drainage* yang di terapkan dalam yaitu suatu sistem drainase di mana air hujan yang jatuh pada limpasan permukaan jalan akan dialirkan langsung pada sistem resapan air dan langsung mengisi air permukaan tanah (Prabawadhani, 2016). Diharapkan dalam melakukan konservasi air hujan tersebut dapat membantu memberikan cadangan air tanah, sehingga akan memberikan manfaat secara tidak langsung dengan mencegah penurunan muka tanah dan bahaya banjir.

Sejumlah literatur telah menjelaskan tentang penggunaan sumur resapan tergantung pada kemampuan tanah dalam melakukan proses infiltrasi ataupun permeabilitas tanah (Warsilan, 2019; Kadir, 2017). Namun, dapat diketahui secara geologis bahwa Jakarta Utara merupakan daerah dengan MAL yang cukup tinggi, dan memiliki elevasi rata-rata MAT berada di posisi 2 - 2.5 m. Penelitian sebelumnya telah mengemukakan butuh puluhan ribuan drainase resapan yang diperlukan untuk menghindari Kelapa Gading dari banjir, yang dirasa tidak memungkinkan karena Kawasan Kelapa Gading merupakan kawasan bisnis (Ramadhanis, 2017; Permana, 2016). Dengan demikian penelitian ini bermaksud untuk mengetahui kemampuan ecodrainage ini dalam mengurangi limpasan/ banjir yang sering terjadi di daerah dengan MAL yang cukup tinggi.

Saat ini penggunaan perencanaan, analisis dan desain terkait mengurangi limpasan atau perencanaan drainase melalui infiltrasi dan retensi bersiklus dalam aplikasi/ *software hydrology* seperti *Hydrologic Engineering Centers – River Analysis System* (HEC – RAS) ataupun *Strom Water Management Model* (SWMM). Namun penggunaan *software* tersebut tidak dapat memandang keterkaitan antar faktor pendukung lainnya (Sibanda, 2021). *System thinking* adalah cara berpikir sistem dengan memandang suatu hal atau permasalahan secara luas dan menyeluruh karena

adanya keterkaitan antar elemen yang terdapat dalam sistem (Firmansyah, 2016).

Pendekatan sistem dinamik merupakan metode permodelan dari suatu sistem yang dinamis dan kompleks dengan membentuk suatu skenario tertentu berdasarkan elemen-elemen yang saling berinteraksi dalam bentuk umpan balik atau *Causal Loop Diagram* (Rachmanto, 2021). Dalam penyusunan model sistem dinamis akan dibantu menggunakan *software Powersim Studio Version 10*. Dengan pendekatan sistem dinamik diharapkan dapat terjawabnya efektifitas penggunaan *eco-drainage* dalam mengurangi banjir serta mengetahui manfaat sesuai dengan faktor yang terkait sehingga dapat dikeluarkan rekomendasi keputusan yang efektif dan efisien dengan berlandaskan keilmuan.

METODE PENELITIAN

Curah Hujan dan Debit Limpasan

Curah hujan biasanya terbentuk berdasarkan volume air yang jatuh pada suatu daerah tertentu dalam millimeter dan merupakan variable yang diperlukan dalam penyusunan rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir. Intensitas dan curah hujan menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir, di mana curah hujan dengan intensitas cukup tinggi dan berdurasi panjang besar kemungkinannya dalam menimbulkan bencana banjir. Dari Curah hujan yang ada dapat langsung diperhitungkan dalam perhitungan Debit Banjir. Dalam perhitungan Analisa debit limpasan akan menggunakan rumus : $Q = 0,278 \cdot C.I. A$

Dimana :

Q = Debit banjir rencana ($m^2/detik$)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km^2).

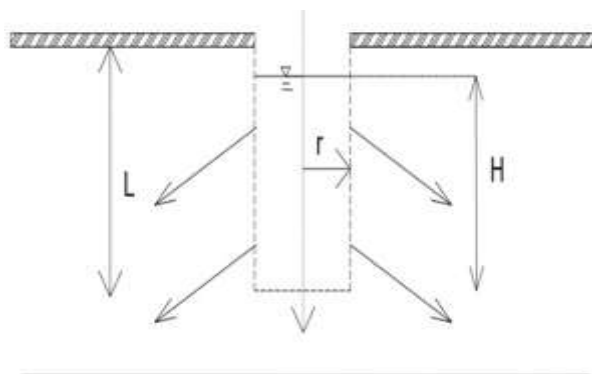
Perubahan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Perubahan lahan merupakan bentuk intervensi yang dilakukan oleh manusia pada lahan yang ada untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan tutupan lahan menjadi fokus utama karena memiliki pengaruh pada perubahan limpasan permukaan, erosi, pengendalian dan pencegahan banjir. Menurut Jiang, Huang dan Ruan (2008) dikutip oleh Kadir di tahun 2016, perubahan tutupan lahan menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya variasi aliran permukaan sebagai sumber

rawan banjir. Sehingga dapat dikatakan tutupan lahan menjadi kondisi penting dalam menentukan *table coefisien run off*.

Eco-Drainage

Drainase resapan efektif untuk digunakan sebagai pengendali banjir dan genangan, karena mampu meresapkan air hujan yang melimpah dan berguna pula untuk konservasi air tanah serta menekan laju erosi dan penurunan tanah. Untuk kapasitas sumur resapan dalam meresapkan debit air, dapat menggunakan rumus keseimbangan air yaitu yang tertera pada persamaan berikut :



$$Q_o = \frac{2\pi LkH}{\ln \left[\frac{L}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \right]} \cdot n$$

Dimana :

- Q_o = volume air hujan yang meresap (m³/dt)
- L = ketinggian lapisan porous (m)
- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- k = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)
- r = jari- jari sumur resapan (m)
- n = jumlah banyaknya ecodrainage

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini mengikuti lokasi penempatan system drainase resapan pada ruas arteri dibawah jalan Tol Dalam Kota ruas Kelapa Gading (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Kebutuhan dan Analisa Data

Pendekatan permodelan dengan *system dynamic* merupakan salah satu cara yang cukup praktis dalam menggambarkan keterkaitan antar variabel dan membentuk suatu system yang kompleks. Model *Stock Flow Diagram* Yang dihasilkan yang dihasilkan dari system dinamik tersebut dapat digunakan untuk simulasi dengan menunjukkan bagaimana interaksi antara component yang membentuk struktur system serta pengaruhnya termasuk kombinasi umpan balik (*feedback loops*). Dalam penyusunan model sistem dinamis dilakukan menggunakan software Powersim Studio Version 10. Software tersebut digunakan dalam pembuatan causal loop dan diagram alir/ *diagram flow* dari sebuah sistem yang akan dikaji, pengembangan model serta proses *running model* dalam penilaian keefektifan.

Permodelan dengan sistem dinamis ini memerlukan data Time Series dalam melakukan simulasi dengan bantuan program Powersim. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang telah dimunculkan oleh instansi yang memiliki kewenangan dalam mempublikasikan data yang berkaitan ;

- a. Data curah hujan wilayah Jakarta utara dari pihak Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.
- b. Data/ Peta sebaran titik banjir di wilayah Kelapa Gading dari Suku Dinas Sumber Daya Air Kota Jakarta Utara
- c. Peta Jaringan dan spesifikasi Drainase di Kecamatan Kelapa Gading dari Suku Dinas Sumber Daya Air Kota Jakarta Utara
- d. Peta Jaringan dan spesifikasi Sungai di Kecamatan Kelapa Gading dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung – Cisadane.
- e. Data Penggunaan Air Tanah wilayah Jakarta Utara cakupan Kelapa gading Area dari Dinas Pendapatan Daerah DKI Jakarta.
- f. Data Kependudukan wilayah kecamatan Kelapa Gading dari Pihak Badan Pusat Statistik
- g. Data Ruang Terbuka Hijau wilayah Kecamatan Kelapa Gading dari Kantor Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah.
- h. Data Elevasi dan Penurunan Tanah di Kecamatan Kelapa Gading dari Balai Konservasi Air Tanah DKI Jakarta.

Uji Validasi Model

Untuk mengukur validitas model, digunakan Absolute Mean Error (AME). Nilai AME adalah

menunjukkan penyimpangan (selisih) antara nilai rata-rata (*mean*) hasil simulasi terhadap nilai actual.

$$AME = [(Si - Ai) / Ai]$$

Dimana:

Si = Nilai simulasi

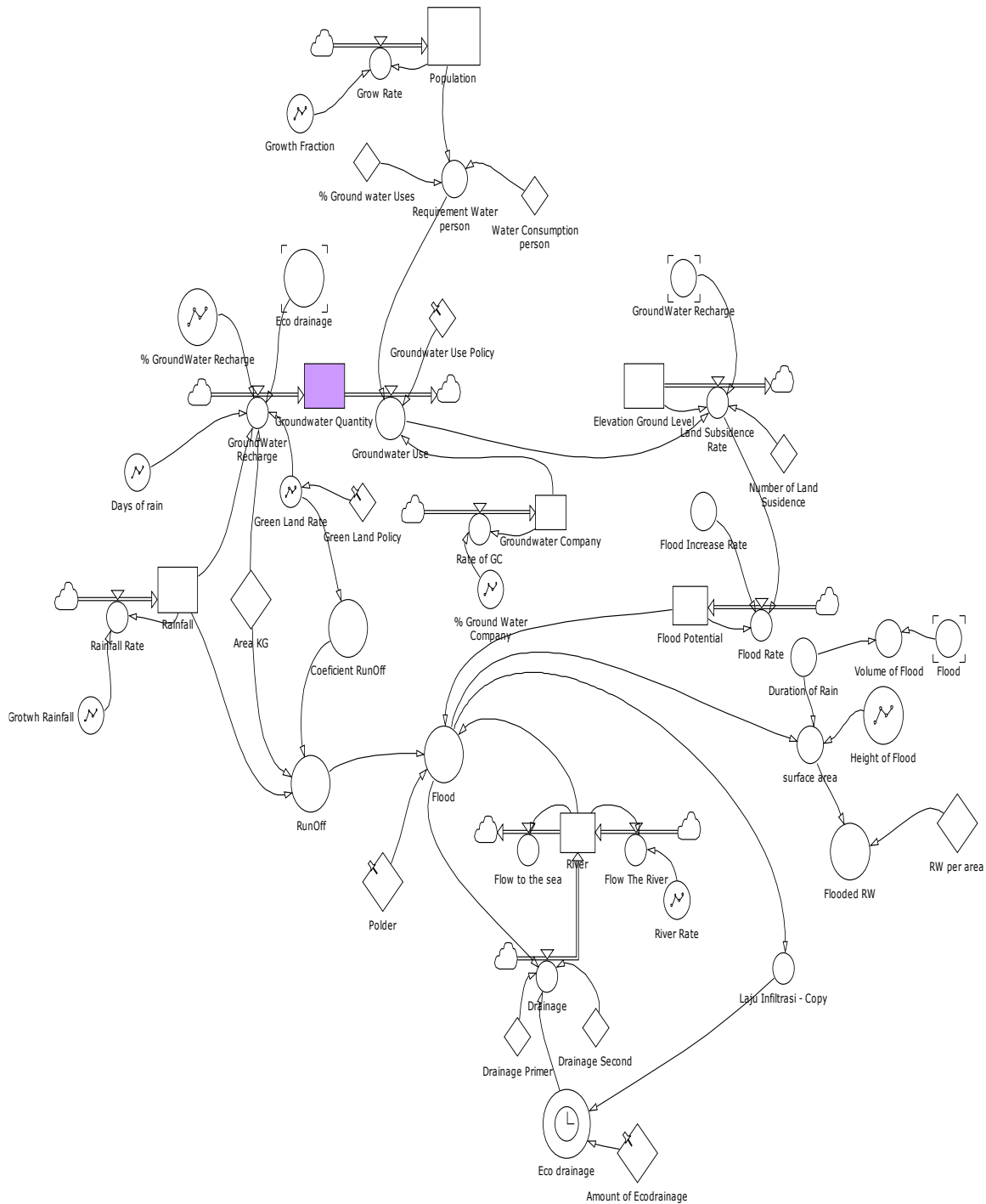
Ai = Nilai actual

N = Interval waktu pengamatan

Adapun batas penyimpangan yang dapat diterima tidak boleh lebih besar dari 10%.

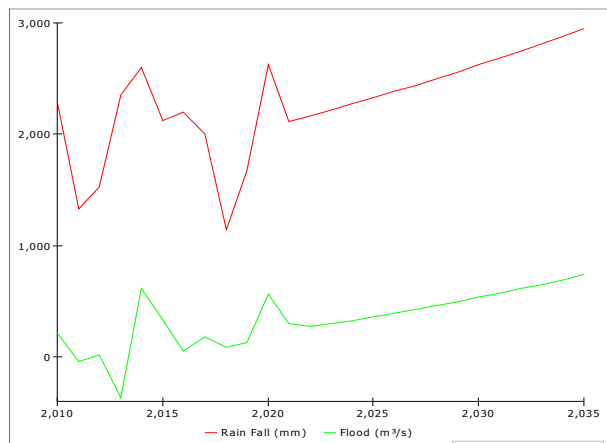
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model *Stock Flow Diagram* (SFD) yang didapatkan berdasarkan hasil *depth-interview* dengan ahli hidrolika sebagai bahan untuk menarik hubungan keterkaitan yang terhubung dalam system hidroligi dan hidrolika dapat dilihat dalam Gambar 2 dibawah ini. Berdasarkan dari diagram tersebut dapat diketahui bahwa dengan pertambahan penduduk dan pemanfaatan air tanah, ikut berperan dalam peningkatan potensi

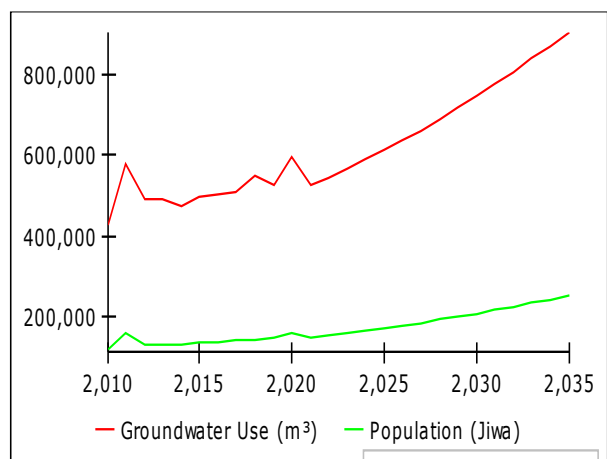


Gambar 1. Stock Flow Diagram Penggunaan Ecodrainage

terjadinya banjir (Williams et al., 2018). Dengan pemanfaatan drainase berkonsep infiltrasi/ *eco-drainage* akan ada harapan dalam mengurangi laju genangan dengan cara meresapkan kembali air tanah untuk mencegah tertekannya lapisan aquifer.



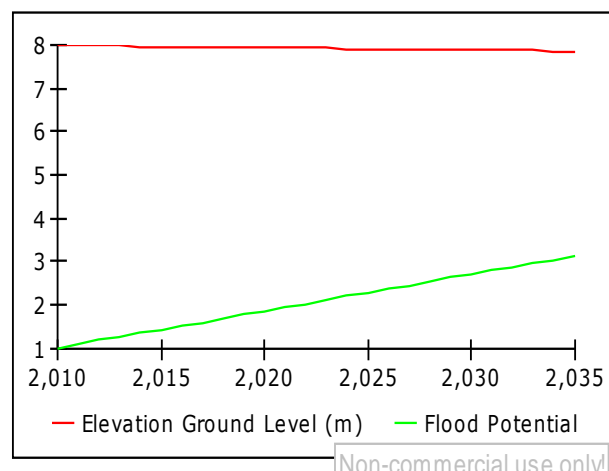
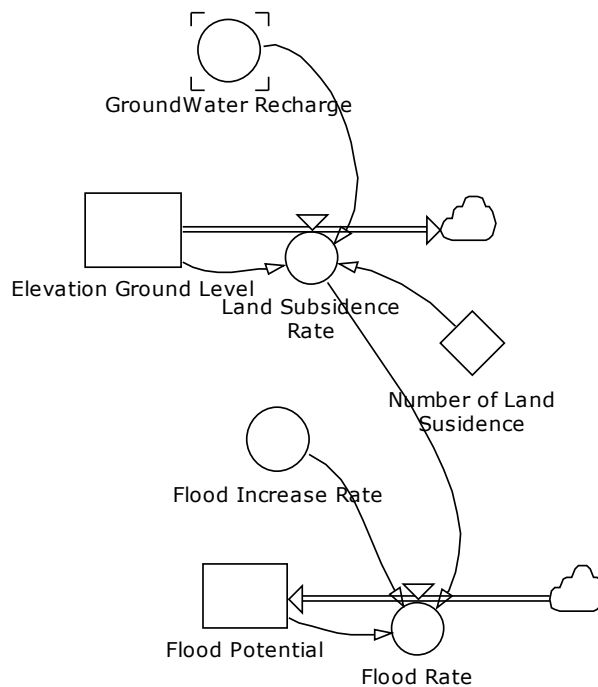
Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Curah Hujan dan Debit Banjir Per tahun



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Pertambahan Penduduk dan Pertambahan Ekstraksi Air Tanah

Curah Hujan dengan *run off* yang berpotensi banjir dijelaskan pada Gambar 3. Tergambar secara jelas bahwa curah hujan dari tahun ke tahun akan terjadi peningkatan, dan disimulasikan akan terjadi peningkatan curah hujan sebar 20 mm per 10 tahun (BMKG, 2020). Hubungan antara variable hujan dengan banjir tergambar beriringan meningkat di setiap tahunnya. Hubungan penduduk dengan konsumsi penggunaan air tanah pun tergambar jelas dalam pemanfaatan air tanah baik oleh pihak perusahaan maupun masyarakat langsung (Gambar 4). Seiring dengan peningkatan ekstraksi air tanah maka terjadi pula penurunan elevasi tanah di

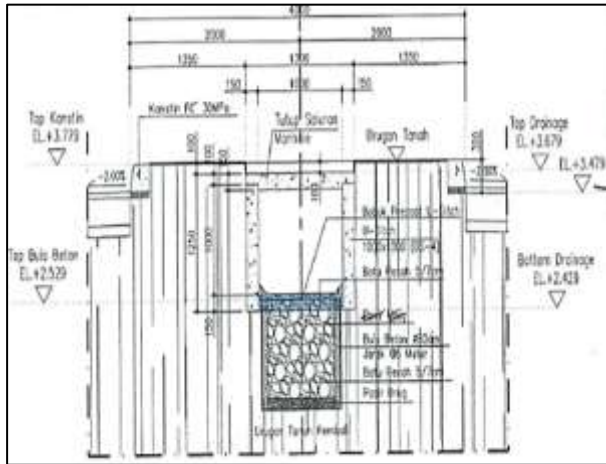
kawasan Kelapa Gading yang berimbas kepada peningkatan potensi banjir.



Gambar 5. SFD dan Grafik Hubungan Antara Penurunan Elevasi Tanah dengan Kejadian Banjir

Bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran penerima (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving waters*). Aliran Sungai pun secara fisik mengumpulkan dari 3 (tiga) jenis limpasan, yaitu limpasan permukaan (*surface run-off*), aliran intra (*interflow*), dan limpasan air tanah (*groundwater run off*) dan bersama- sama akhirnya akan mengalir ke laut. Dengan konsep tersebut dapat disimpulkan cukup memasukan data kapasitas debit saluran primer yang didapat dari Suku Dinas Sumber daya Air Jakarta Utara dan data debit sungai utama.

Sungai Sunter yang didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane. Antara Flow Aliran Sungai, drainase dan jumlah banjir akan di bandingkan dengan penggunaan *Eco-drainage* yang telah dipasang di sepanjang jalan boulevard dan jalan pegangsaan. Jalan sepanjang 9 km itu telah dibuatkan konsep *eco-drainage* dengan dimensi sebagai berikut :



Gambar 4. Potongan Melintang Dimensi Ecodrainage

Dengan memasukkan rumus (2) dan nilai *k* yang digunakan tergantung kepada kondisi tanah saat tidak banjir dan saat jenuh air/ banjir. Nilai *k* yang di gunakan diantara 0.0000085 atau 0. 0.0000072 m³/s maka akan didapatkan kemampuan saluran debit meresapkan aliran permukaan tersebut sebagai berikut :

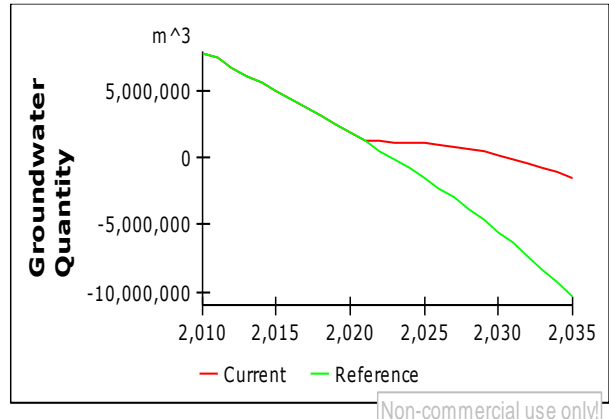
$$Q_o = \frac{2\pi LkH}{\ln \left[\frac{L}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{r} \right)^2} \right]} \cdot n$$

$$Q_o = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2.45 \cdot k \cdot 2.35}{\ln \left[\frac{2.45}{0.8} + \sqrt{1 + \left(\frac{2.45}{0.8} \right)^2} \right]} \cdot 1500$$

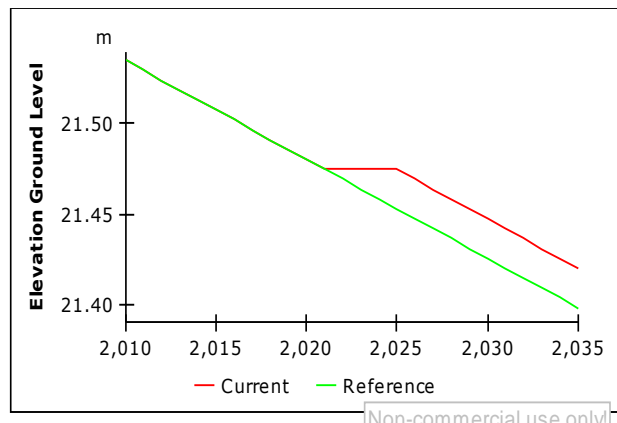
$$Q_o = 0.251 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pada tahun dimana diberlakukan sumur resapan yaitu di tahun 2022 hingga di tahun akhir simulasi, tahun 2035 *eco-drainage* dianggap mampu mengurangi hingga 1 (satu) area per tahunnya. Hal ini dapat diambil kesimpulan dengan total *ecodrainage* sebanyak 1500 titik mampu mengurangi luas limpasan banjir sebesar 7%. Tidak hanya bermanfaat mengurangi banjir, ternyata *ecodrainage* ini juga mampu dalam mengisi kembali air tanah. Hal ini beriringan pula dalam mencegah terjadinya penurunan elevasi permukaan

tanah akibat faktor antropogenik. Hasil skenario pada kondisi eksisting dalam penggunaan *ecodrainage* telah mencegah penurunan kuantitas air tanah. Konsep penggunaan *eco-drainage* mampu mengisi kembali air tanah hingga lapisan akuifer (Gambar 7 dan 8).



Gambar 5. Grafik Kuantitas Air Tanah Sebelum dan Sesudah Penggunaan Ecodrainage



Gambar 6. Grafik Elevasi Ground Level sebelum dan sesudah Penggunaan Ecodrainage

Validasi model dilakukan untuk menjawab apakah model telah mampu mempresentasikan/ mewakili keadaan dan permasalahan saat ini. Teknik validasi/ pengujian dilakukan untuk memeriksa sejauh mana validasi model. Pada permodelan ini dilakukan uji validasi ME sebagai salah satu syarat untuk memastikan kemiripan model dengan lingkungan nyata. Data real elevasi yang didapat dari Balai Konservasi Air Tanah jika dibandingkan dengan hasil simulation bernilai 0.1575. Kedua data tersebut menunjukkan angka dibawah 10% dan data tersebut dapat dinyatakan valid dan dapat digunakan sebagai langkah simulasi dalam pengambilan keputusan selanjutnya.

Table 1. Perbandingan Elevasi Ground Level Antara Data Riil dengan Data Simulasi

Year	Real	Simulation	AME
2010	21.54	21.54	0
2011	21.54	21.53	0.0255
2012	21.54	21.52	0.050993
2013	21.54	21.52	0.07648
2014	21.54	21.51	0.101961
2015	21.53	21.51	0.081037
2016	21.52	21.50	0.101875
2017	21.52	21.50	0.127349
2018	21.42	21.49	0.322602
2019	21.57	21.49	0.377301
2020	21.58	21.48	0.467315
	21.52891	21.5076	0.157492

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada hasil penelitian di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Penelitian ini berfokus pada model dan simulasi dalam penggunaan *eco-drainage* sebagai langkah antisipasi banjir di kawasan kecamatan Kelapa Gading. Teori hidrolika dan hasil penelitian ilmiah yang terbaru membangun model untuk dapat dilakukan simulasi yang menyerupai fenomena yang terjadi dalam suatu sistem lingkungan.
- Berdasarkan hasil simulasi penggunaan *ecodrainage* di kawasan yang tinggi akan kedalaman air tanah masih memiliki cukup manfaat dalam mengurangi luasan banjir, dan bermanfaat luas dalam kegiatan konservasi air tanah. Hasil pendekatan simulasi dengan *system dynamic* ini juga menggambarkan penggunaan *ecodrainage* di area rawa masih mampu dalam mengurangi laju penurunan tanah melalui langkah konservasi air tanah ini.
- Eco-drainage* yang di desain untuk membantu meresapkan air hujan untuk sampai pada lapisan akuifer. Langkah tersebut dinilai dapat membantu mencegah lapisan akuifer terterkan dan memberikan dampak laju penurunan tanah. Tentu saja penurunan tanah dan banjir di wilayah Jakarta utara bukan hanya dikarenakan kuantitas air tanah yang menurun saja, pembangunan secara massivenya, deformasi struktur geologi dan proses alami oksidasi gambut dan lainnya ikut menyumbang

fenomena ini. Namun point tersebut menjadi pembatasan dalam penelitian.

- Strategi dan Intervensi yang harus dilakukan selanjutnya dapat dikembangkan melalui penetapan target Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang secara beriringan akan memberikan faktor koefisien aliran permukaan menurun, sehingga banjir dapat dikurangi. Intervensi lainnya dapat dicoba dengan penggunaan air olahan permukaan sebagai pengganti kegiatan ekstraksi air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arahuetes, A & Olcina Cantos, J. (2019). The potential of sustainable urban drainage systems (SuDS) as an adaptive strategy to climate change in the Spanish Mediterranean. *Int J Environmental Studies*. Vol 3 (5):764–79. Available from: <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1634927>.
- Dwiati, T., Handayani, D & Ningsih, U. 2010. Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam Membantu Pengambilan Keputusan bagi Penanganan Banjir. *XV(1):41–51*.
- Ellis, J.B., Shutes R.B.E & Revitt D.M. (2003). *Constructed Wetlands and Links with Sustainable Drainage Systems*. [Internet]. Bristol: Environment Agency. 190 p. Available from: <http://tinyurl.com/3yr3xp9>.
- Felix, L & Sentosa G.S. (2020). Simulasi Sumur Resapan Berdasarkan Analisis Perbandingan Ketinggian Banjir Pada Daerah Kirana Evanue Kelapa Gading. Vol 3 (3).
- Firmansyah, I. 2016. *Modul Pelatihan Sistem Dinamika dan Terapan*. ISBN 1689–99.
- Firmansyah, I., Widiatmaka., Pramudya, B & Budiharsono, S. (2019). The dynamic model of paddy field conversion control in Citarum watershed. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 399 (1).
- Hutabarat L.E (2017). Studi Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Akibat Pengambilan Air Tanah Berlebihan Di DKI Jakarta. *Kumpulan Karya Ilmiah Dosen Universitas Kristen Indonesia Delapan Windu*. 2017. p. 360–74.

- Jakarta Open Data. Data Kejadian Bencana Banjir di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2020 [Internet]. 2020. Available from: <https://data.jakarta.go.id/dataset/data-kejadian-bencana-banjir-di-provinsi-dki-jakarta-tahun-2020>
- Judith, S., Mayr, E., Hagen Koch, F.F.H & Huang, S.Y (2020). Effects of Climate Change on the Hydrological Cycle in Central and Eastern Europe. Vol 6 (1):54-64 pp.
- Justin, T., Brandt, M & Sneed, M. (2021). Detection and Measurement of Land-Surface Deformation , Pajaro Valley , Santa Cruz and Monterey Counties. *Water Availab Use Sci Progr*.
- Kadir, S. (2016) Perubahan Penggunaan Lahan Memulihkan Daya Dukung Das Untuk Pengendalian Kerawanan Banjir Di Sub Das Negara Provinsi Kalimantan Selatan. In: Yusuf Y, Umar A, Gautama I, Oka NP, Bakri, Maulany RI, et al., editors. *Pengelolaan Hutan Berbasis Ekosistem Daerah Aliran Sungai* [Internet]. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
- Kadir, Y., Patuti I.M & Desei F.L. (2017) Model Sumur Resapan dan Drainase untuk Penanggulangan Banjir dengan Memanfaatkan Material Lokal. *Aksiologiya : Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol 1 (2).
- LAPAN. (2020) Laporan Kemajuan Hasil Pemantauan Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) di Beberapa Kota Besar Di Pulau Jawa Berdasarkan Data Satelit Penginderaan Jauh. Jakarta.
- Permana Y.R., Sutrisno, E & Wardhana I.W. (2016). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Ecodrainage) Di Kelurahan Sambirejo, Tanjung, Kalijambe, Rembes, Kecamatan Bringin, Kabupaten Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol 5 (1):1-8. Available from: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
- Prabawadhani DR, Harsoyo B, Seto TH, Prayoga BR. Karakteristik Temporal Dan Spasial Curah Hujan Penyebab Banjir Di Wilayah Dki Jakarta Dan Sekitarnya. *J Sains Teknol Modif Cuaca*. 2016;17(1):21.
- Riani, F.P. (2020). Perencanaan Tata Hijau Di Bawah Jalur Light Rail Transit (LRT) Kelapa Gading Jakarta Utara. *Researchgate Net* [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/profile/Feby-Rachmanto>, K (2021). Skenario Strategi Mitigasi Banjir Berdasarkan Pendekatan Sistem Dinamik di Sub DAS Kelay Kabupaten Berau [Internet]. Institut Teknologi Kalimantan; 2021. Available from: <http://repository.itk.ac.id/id/eprint/1755>.
- Ramadhanis, Z., Prasetyo, Y & Yuwono B.D. (2017). Analisis Korelasi Spasial Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap Banjir di Jakarta Utara. *Jurnal Geodesi Undip*. Vol 6 (1). 1-11.
- Rifaldi, M & Sumargo, B.(2021). Penerapan Metode Interpretative Structural Modeling (ISM) dalam Menyusun Strategi Pengelolaan Sampah (Studi Kasus di Kabupaten Bekasi).*Prosiding ESEC*. 1-7.
- Rizaldi, B., Idfi, G., Suwarno, E & Mujiyono. (2019). Design of Drainage System on Industrial Area Kampung Cina, Dobo City, Aru Islands Regency Based on Eco-Drainage using with HEC-RAS 4.0. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 669 (1).
- Sibanda, S & Ahmed, F. Modelling Historic And Future Land Use/Land Cover Changes and Their Impact On Wetland Area In Shashe Sub-Catchment, Zimbabwe. *Model Earth Syst Environ* [Internet]. Vol 7 (1):57-70. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00963-y>.
- The Institution of Engineers Australia. Australian Rainfall and Runoff [Internet]. Vol. 21231, USA: Trelgol Publishing. 1986. 30-32 p. Available from: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2886196%0A> <https://www.numpy.org/>
- Warsilan W. (2019). Dampak Perubahan Guna Lahan Terhadap Kemampuan Resapan Air (Kasus: Kota Samarinda. *Jurnal Pengembangan Wilayah*. Vol 15(1):70-80. Available from: <http://repository.unmul.ac.id/handle/123456789/1809>
- Zhang, Y., Yan, J., Cheng, X., He, X & Rada E. (2021). Wetland Changes and Their Relation to Climate Change in the Pumqu Basin, Tibetan Plateau. *Public Health* [Internet]. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052682>.