

SIMULASI SUMUR RESAPAN BERDASARKAN ANALISIS PERBANDINGAN KETINGGIAN BANJIR PADA DAERAH KIRANA AVENUE KELAPA GADING

Lionel Felix¹ dan Gregorius Sandjaja Sentosa²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
lionelfelix71@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
gregoriuss@ft.untar.ac.id

Masuk: 30-06-2020, revisi: 06-07-2020, diterima untuk diterbitkan: 05-08-2020

ABSTRACT

Flood has been a problem for the past few decades in Jakarta. The flooding in early January 2020 was one of the worst since 2013. One of the most severely affected areas was Kelapa Gading. To find a solution, infiltration wells are used. Infiltration well is a simple conservation in the form of a container that is built in the soil that functions to accommodate, hold and absorb surface water into the soil to increase the amount and position of the ground water level. The analysis begins by calculating the rainfall intensity from the January 2020 rainfall data, proceeding with the rainwater discharge calculation with USSCS rational method, and the volume of water entering and not entering the drainage. This analysis focuses on flood water levels due to extreme rainfall, to then design infiltration wells. Analysis using SEEP/W program is done after getting the results of manual calculations. The results of this analysis conclude that millions of infiltration wells are needed to absorb entire volume of flood water. This is due to the shallow groundwater and extreme conditions of rainfall.

Keywords: flood; infiltration well; USSCS rational method; SEEP/W analysis; flood water level

ABSTRAK

Banjir sudah menjadi masalah selama beberapa dekade terakhir di Jakarta. Banjir pada awal Januari 2020 adalah salah satu banjir terparah sejak tahun 2013. Salah satu daerah yang paling terdampak adalah Kelapa Gading. Untuk mencari solusi banjir, digunakan sumur resapan. Sumur resapan adalah konservasi sederhana berupa wadah yang dibangun ke dalam tanah yang berfungsi menampung, menahan dan meresapkan air ke dalam tanah untuk meningkatkan muka air tanah. Analisis dimulai dengan menghitung intensitas hujan dari data curah hujan Januari 2020, lalu dilanjutkan dengan perhitungan debit air hujan dengan metode rasional USSCS, dan perhitungan volume air yang masuk dan tidak masuk ke saluran drainase. Analisis ini berfokus pada ketinggian air banjir akibat curah hujan yang ekstrim, untuk kemudian mendesain sumur resapan. Analisis menggunakan program SEEP/W dilakukan setelah mendapatkan hasil dari perhitungan manual. Hasil analisis ini menyimpulkan bahwa dibutuhkan jutaan sumur resapan untuk menyerap seluruh volume air banjir. Hal ini dikarenakan kondisi muka air tanah yang dangkal dan tingginya curah hujan.

Kata kunci: banjir; sumur resapan; metode rasional USSCS; analisis SEEP/W; ketinggian air banjir

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan komponen yang penting dalam hidup manusia, baik dalam pekerjaan konstruksi maupun dalam kehidupan sehari-hari. Tanah yang sudah terlalu jenuh tidak dapat lagi menyerap air dengan baik sehingga dapat terjadi genangan banjir.

Banjir adalah keadaan dimana tanah sudah tergenang oleh air karena tidak adanya penyerapan yang berfungsi. Hal ini disebabkan karena tingginya curah hujan, luapan air sungai, danau dan laut.

Sehubungan dengan banjir yang terjadi di Jakarta pada awal Januari 2020 lalu, banjir terjadi karena curah hujan yang ekstrim, kondisi tanah yang tidak memadai untuk menyerap air, dan banjir kiriman dari Bogor dan Depok. Salah satu titik banjir terparah adalah Kelapa Gading. Ketinggian air saat banjir bervariasi antara 15-40 cm.

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Perhitungan volume air yang jatuh pada daerah Kelapa Gading menggunakan data curah hujan BMKG Januari 2020 untuk dijadikan perhitungan.

2. Perhitungan volume air yang terserap dan tidak terserap saluran drainase dengan perbandingan 70, 80 dan 90 % aliran permukaan di daerah Kelapa Gading Jakarta.
3. Sumur resapan yang digunakan berdiameter 1 m dengan kedalaman 9 m.
4. Perhitungan jumlah sumur resapan yang diperlukan dan mensimulasikan berdasarkan perbandingan ketinggian banjir yang telah dianalisis menggunakan *software*.

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Berapakah ketinggian air banjir di Kelapa Gading bila hanya memperhatikan faktor curah hujan?
2. Berapakah volume air banjir yang terserap dan tidak terserap sehingga terjadi banjir?
3. Apakah jumlah sumur resapan yang didapat berdasarkan perhitungan dapat diterapkan pada daerah tersebut?

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hasil perhitungan ketinggian air banjir menggunakan metode konvensional dan menggunakan *software*.
2. Menganalisis hasil perhitungan volume air banjir yang terserap saluran dan tidak terserap saluran.
3. Menentukan jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk menyerap air yang tersisa agar tidak terjadi banjir.

Rembesan

Aliran air yang masuk melalui tanah disebut rembesan atau *seepage*. Rembesan dapat terjadi apabila adanya perbedaan ketinggian muka air tanah seperti *dam* atau *sheet pile* (Sivakugan, 2005). Pori yang terdapat dalam tanah bukanlah pori yang saling terpisah, sehingga air dapat bebas bergerak melalui ruang antar pori. Proses mengalirnya air di dalam tanah tersebut dinamakan rembesan (*seepage*). Sedangkan kemampuan tanah dirembesi air atau cairan lainnya disebut permeabilitas (Wesley, 2009). Untuk penyelesaian permasalahan pada tanah perlu diketahui nilai koefisien rembesan yang digunakan.

Tabel 1. Koefisien rembesan

Jenis Tanah	Koefisien Rembesan (m ³ /s)
Kerikil	>0.01
Pasir Kasar	10 ⁻² -10 ⁻³
Pasir sedang	10 ⁻³ -10 ⁻⁴
Pasir halus	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶
Lanau	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
Lempung	10 ⁻⁸ -10 ⁻¹¹

(Sumber: Wesley, 2009)

Nilai koefisien rembesan sangat luas, seluruh nilai di atas hanyalah taksiran. Nilai yang lebih akurat dapat dicari dan dites pada tanah tersebut. Daya rembes memegang peranan penting dalam ilmu teknik sipil seperti:

- Kemungkinan bocor pada bendungan.
- Menentukan tingkat penurunan pada bangunan.
- Menjaga stabilitas lereng.
- Kecepatan rembesan yang mungkin dapat menimbulkan erosi dan banjir.

Aliran rembesan

Tanah yang dirembesi air dapat diukur tinggi potensial pada setiap titiknya. Garis yang menghubungkan titik-titik dengan tinggi potensial yang sama disebut garis ekuipotensial (Wesley, 2009).

Jaringan aliran (*flow net*) adalah grafik yang menggambarkan garis-garis aliran dan ekuipotensial. *Flow net* digunakan untuk menghitung banyaknya rembesan yang mungkin terjadi.

Flow net dapat digambarkan untuk kondisi aliran-aliran bebas dan tertekan, untuk kondisi permeabilitas anisotropis, aliran *transient* dan penampang komposit, seperti bendungan jenis zonal. *Flow net* juga menggambarkan distribusi tekanan dan arah aliran, serta memberikan informasi mengenai debit rembesan, gradien keluaran, gaya rembesan dan tekanan-tekanan yang bekerja di dasar bangunan (Wesley, 2009).

Intensitas dan debit aliran hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008).

Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung singkat dan tidak meliputi daerah yang luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas yang tinggi, tetapi dapat berlangsung dalam durasi yang cukup lama. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang sangat jarang terjadi, tetapi apabila terjadi sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Suroso, 2006).

Perhitungan untuk intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

dengan R_{24} = curah hujan rencana, tc = waktu terkonsentrasi.

Untuk perhitungan debit banjir, dapat digunakan metode rasional USSCS sebagai berikut:

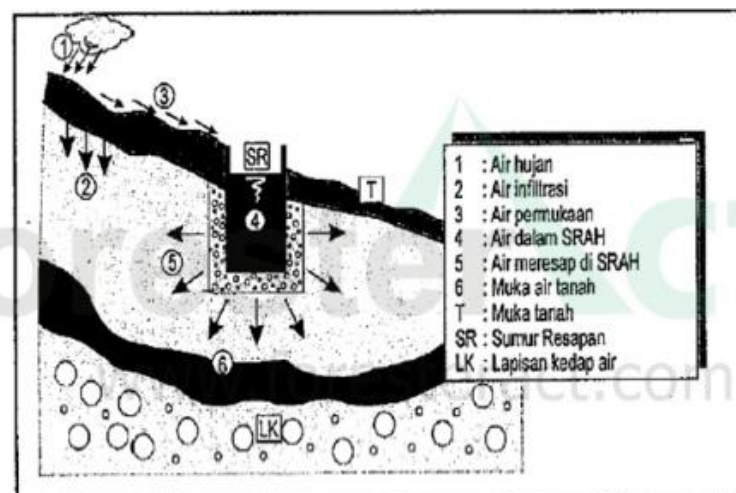
$$Q = \frac{CIA}{3.6} \quad (2)$$

dengan C = koefisien pengaliran, I = intensitas hujan, A = luas daerah.

Sumur resapan

Salah satu konsep yang sederhana dan efektif dalam mengurangi aliran permukaan yang dapat menyebabkan banjir adalah sumur resapan. Air hujan diberikan jalan untuk meresap ke dalam tanah menjadi air tanah melalui sumur resapan. Bila secara alami air yang jatuh mencapai permukaan tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi, maka dengan cara tiruan ini aliran permukaan dari air hujan yang jatuh akan direkayasa untuk dialirkan masuk ke dalam sumur resapan (Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene, 2009).

Sumur menurut (Sunjoto, 1989) diperkuat dengan dinding dari beton dan diberi ruangan kosong untuk dapat menampung air sebanyak mungkin sehingga penyerapan menjadi optimal. Pada bagian dasar biasanya dilapisi batu pecah setebal ±30 cm untuk memecah energi air yang masuk dan ditutup menggunakan pelat beton kemudian dilapisi dengan lapisan tanah untuk dapat dimanfaatkan sebagai lahan. Berikut ini ilustrasi cara kerja sumur resapan:



Gambar 1. Ilustrasi sumur resapan

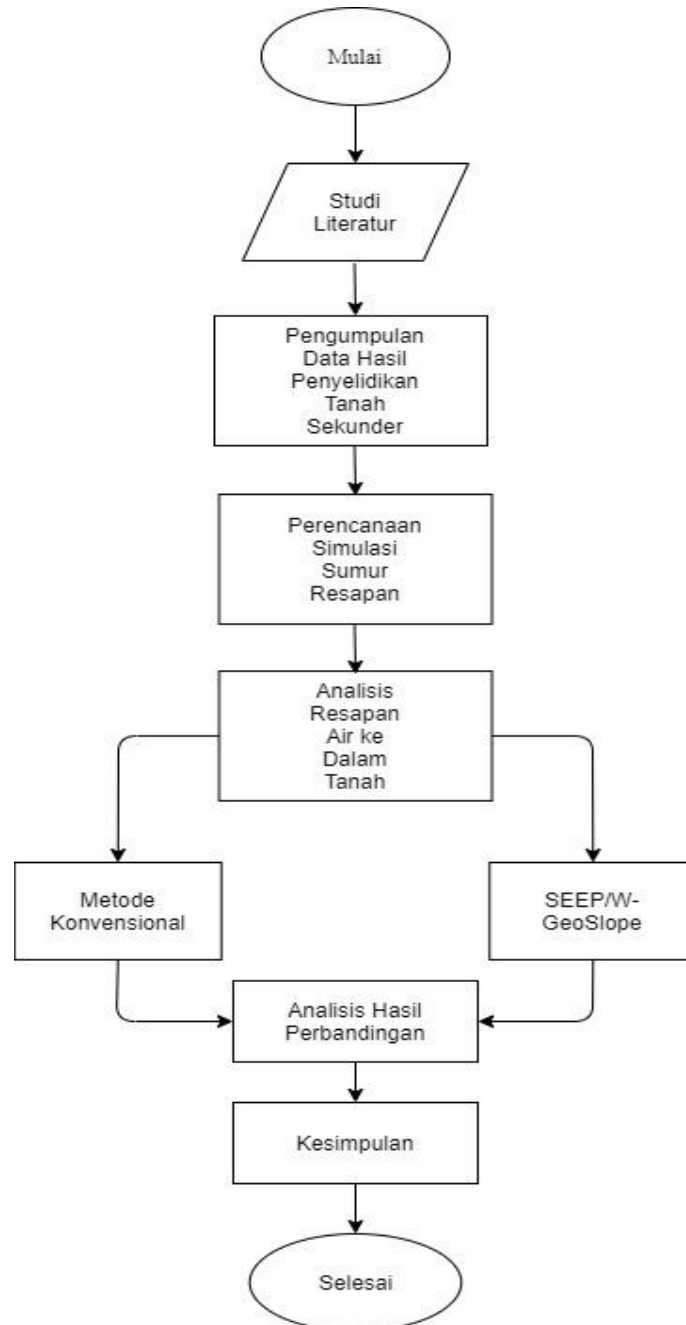
Sumur resapan menurut konstruksinya dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumur resapan individu dan sumur resapan kolektif. Sumur resapan individu adalah sumur resapan yang dibuat secara pribadi untuk masing-masing rumah dengan biaya ditanggung oleh pemiliknya, sedangkan sumur resapan kolektif adalah sumur resapan yang dibangun secara bersama-sama dalam suatu kawasan tertentu. Sumur resapan ini dapat dibangun persepuluh rumah, per RT, per blok atau per suatu kawasan pemukiman (Mulyana, 1998). Pembuatan sumur resapan harus mengikuti standar nasional. Standar yang digunakan adalah SNI 8456-2017. Berdasarkan SNI, berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kedalaman sumur yang dibutuhkan (Badan Standardisasi Nasional, 2017).

$$H = \frac{Q}{2\pi rK} \tag{3}$$

dengan Q = debit aliran air, r = radius sumur, K = koefisien permeabilitas tanah.

2. METODE PENELITIAN

Alur atau tahapan dari penelitian ini tertera dalam bentuk diagram pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur penelitian

Pada penelitian ini pengumpulan data melakukan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari berbagai penelitian dan sumber-sumber yang terdapat di internet.

Dalam penelitian ini analisis dikerjakan berdasarkan data-data sekunder yang telah didapat dari berbagai sumber. Data yang diambil berupa data penyelidikan tanah, data hasil tes laboratorium dan peta lokasi yang akan dianalisis.

Tahap pertama dari penelitian adalah menentukan luas wilayah yang akan dianalisis. Luas wilayah Kelapa Gading adalah ± 1600 Ha yang akan dibagi menjadi 9 wilayah untuk memudahkan perhitungan menggunakan metode rasional USSCS. Lalu melakukan perhitungan intensitas curah hujan berdasarkan data curah hujan bulan Januari 2020 yang didapat dari BMKG. Setelah melakukan perhitungan intensitas curah hujan, dapat menghitung debit aliran banjir menggunakan metode rasional USSCS dengan nilai koefisien aliran 0.9, 0.8, dan 0.7 untuk mengasumsikan debit aliran yang menggenang sehingga terjadi banjir.

Tabel 2. Data penelitian

NO.	BAGIAN	INDIKATOR
1	Data Tanah	Sifat Tanah Klasifikasi Tanah N-SPT Kedalaman Lapisan Tanah Lokasi Pengeboran
2	Curah Hujan Bulan Januari 2020	Stasiun Meteorologi Kemayoran Stasiun Maritim Tanjung Priok
3	Penyelidikan Tanah	Water Content Permeabilitas Tanah

Pengambilan data dilakukan secara *online* dikarenakan sedang terjadi pandemi COVID-19 dan diberlakukannya Pembatasan Sosial Berskala Besar atau PSBB selama penelitian berlangsung sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengambilan sampel secara langsung untuk kemudian di tes di laboratorium. Analisis juga menggunakan asumsi karena tidak memungkinkan untuk melakukan pengecekan keadaan yang sebenarnya di lapangan karena alasan yang sama dan keterbatasan waktu.

Hasil analisis yang didapatkan kemudian disimulasikan menggunakan *software* GeoSlope (SEEP/W). SEEP/W adalah salah satu *software* yang dapat menghitung dan mensimulasikan keadaan rembesan air. Hasil penelitian dapat dikatakan terpercaya apabila hasil yang didapat tidak jauh berbeda dari keadaan sebenarnya di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan konvensional

Berdasarkan hasil perhitungan konvensional, didapatkan hasil perhitungan intensitas curah hujan, debit limpasan air hujan dan volume air hujan. Berikut adalah tabel mengenai hasil debit air hujan yang jatuh.

Tabel 3. Debit air hujan yang mengalir di permukaan

Wilayah	Luas (km ²)	Kondisi 90 % (m ³ /s)	Kondisi 80 % (m ³ /s)	Kondisi 70 % (m ³ /s)
1	2,02	16,6173	14,771	12,9246
2	2,18	17,9335	15,941	13,9483
3	1,84	15,1366	13,4574	11,7729
4	1,22	10,0362	8,9211	7,8059
5	1,54	12,6686	11,261	9,8534
6	1,76	14,4784	12,86975	11,261
7	1,74	14,3139	12,7235	11,1331
8	1,86	15,3011	13,601	11,9008
9	1,55	12,7509	11,3341	9,917

Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat bahwa debit air berbanding lurus dengan luas daerah. Kondisi aliran 90 % menyatakan bahwa 90 % aliran berada di permukaan sedangkan 10 % mengalir di saluran drainase. Hal yang sama berlaku untuk kondisi aliran 80 % dan 70 %.

Untuk tabel 4, akan ditunjukkan hasil perhitungan volume air yang menggenang di permukaan sehingga terjadi banjir. Volume air didapatkan dengan mengalikan debit dengan 1 jam dalam satuan detik.

Tabel 4. Volume air yang menggenang di permukaan

Wilayah	Luas (km ²)	Kondisi 90 % (m ³)	Kondisi 80 % (m ³)	Kondisi 70 % (m ³)
1	2,02	59822,409	53175,47	46528,54
2	2,18	64560,817	57837,39	50213,97
3	1,84	54491,6993	48437,07	42382,43
4	1,22	36130,3658	32115,88	28101,4
5	1,54	45607,1831	40539,72	35472,25
6	1,76	52122,495	46331,11	40539,72
7	1,74	51530,1939	45804,62	40079,04
8	1,86	55084	48963,56	42843,11
9	1,55	45903,3336	40802,96	45702,59

Pada tabel 5 akan ditampilkan data mengenai debit yang masuk ke dalam saluran untuk kondisi 10 %, 20 %, dan 30 %.

Tabel 5. Volume air yang masuk ke dalam saluran

Wilayah	Luas (km ²)	Kondisi 90 % (m ³)	Kondisi 80 % (m ³)	Kondisi 70 % (m ³)
1	2,02	6646,934	13293,87	19940,8
2	2,18	7173,424	14346,85	21520,27
3	1,84	6054,6332	12109,27	18163,9
4	1,22	4014,485	8028,97	12043,46
5	1,54	5067,464	10134,93	15202,39
6	1,76	5791,388	11582,78	17374,16
7	1,74	5725,577	11451,15	17176,73
8	1,86	6120,444	12240,89	18361,33
9	1,55	5100,37	10200,74	15301,11

Pada tabel 6 akan ditampilkan data mengenai ketinggian air banjir yang didapat dari pembagian volume air dengan luas per wilayah. Hujan diasumsikan turun selama 12 jam sebelum akhirnya berhenti dan menggenangi permukaan. Dalam perhitungan ini diasumsikan seluruh wilayah tergenang banjir, tidak ada luapan air dari sungai dan kiriman banjir.

Tabel 6. Ketinggian air banjir

Kondisi	Ketinggian Air (cm)
Aliran 90 %	35,538
Aliran 80 %	31,589
Aliran 70 %	27,641

Pada tabel 7 akan ditampilkan kebutuhan sumur per wilayah setelah mendapatkan debit air banjir untuk seluruh kondisi air yang mengalir di permukaan. Daerah yang akan menjadi fokus untuk simulasi ini adalah wilayah 2 dimana data yang dipakai berasal dari wilayah tersebut. Sumur yang digunakan bediameter 1 m dengan kedalaman 9 m dan berinding kedap air.

Tabel 7. Jumlah kebutuhan sumur per wilayah

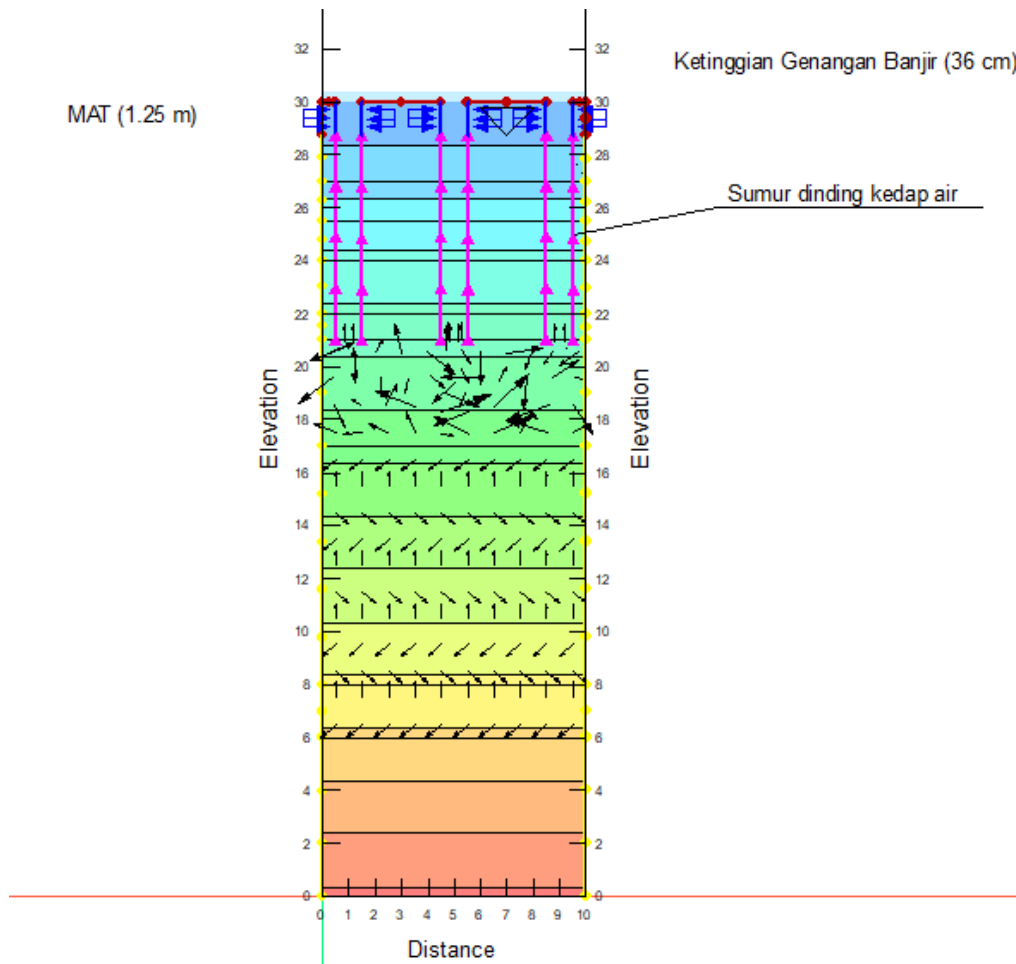
Wilayah	Luas (km ²)	Kondisi 90 % (buah)	Kondisi 80 % (buah)	Kondisi 70 % (buah)
1	2,02	3112914	2767035	2421155
2	2,18	3359481	2986206	2612930
3	1,84	2835525	2520467	2205409
4	1,22	1880077	1671179	1462282
5	1,54	2373212	2109522	1845831
6	1,76	2712242	2410882	2109522
7	1,74	2681421	2383485	2085550
8	1,86	2866346	2547864	2229381
9	1,55	2388622	2123220	1857817

Hasil perhitungan konvensional menyimpulkan bahwa dibutuhkan kurang lebih jutaan sumur dengan diameter 1 m dan kedalaman 9 m untuk menyerap seluruh volume air banjir yang menggenangi permukaan. Hal ini secara praktis tidak mungkin karena Kelapa Gading merupakan lokasi bisnis yang selalu ramai. Hal ini juga menyimpulkan bahwa sumur resapan tidak akan bisa diterapkan di lokasi tersebut karena kondisi tanah dan muka air tanah yang dangkal.

Analisis SEEP/W

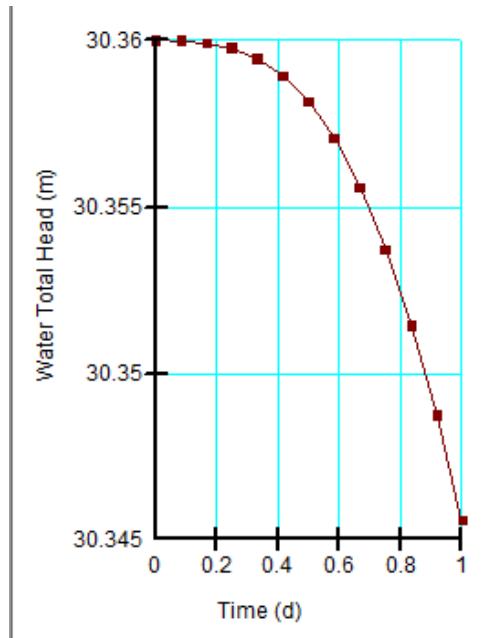
Untuk analisis menggunakan SEEP/W, akan disimulasikan sumur resapan yang telah dihitung berdasarkan ketinggian air banjir yang telah didapatkan dari hasil perhitungan konvensional. Simulasi akan dibuat model dua dimensi (2D) dengan panjang 10 m dan kedalaman tanah 30 m. Sumur didesain berbentuk bulat dan jarak antar sumur adalah 3 m. Analisis ini menggunakan analisis *transient* dimana aliran air dan kondisinya akan berubah seiring waktu. Aliran akan dibuat dalam waktu 1 hari (24 jam) dengan inveral 2 jam. Tahap pertama adalah memasukkan *initial water table* dimana *initial water table* adalah ketinggian air yang akan menjadi sumber dari analisis tersebut. Setelah itu memasukkan koefisien permeabilitas tanah untuk setiap lapisan tanah.

Berikut adalah salah satu hasil simulasi sumur resapan yang didapat setelah melakukan analisis menggunakan SEEP/W.



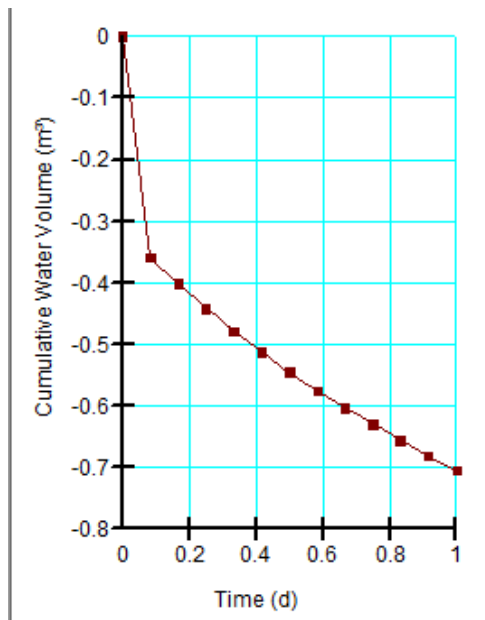
Gambar 3. Hasil model SEEP/W untuk kondisi aliran 90 % dengan $t=0$

Berdasarkan pada gambar 3 setelah analisis dilakukan, aliran air yang diserap sumur cenderung berantakan karena tanah sudah jenuh akibat kondisi muka air tanah yang tinggi. Pada lapisan bawah, aliran tanah cenderung lebih stabil karena tidak terpengaruh oleh penyerapan sumur resapan akibat genangan banjir. Setelah 24 jam atau 1 hari dapat dilihat penyerapan air yang terjadi serta penurunan tinggi genangan banjir akibat penyerapan air oleh sumur resapan.



Gambar 4. Hasil penurunan ketinggian muka air banjir akibat penyerapan

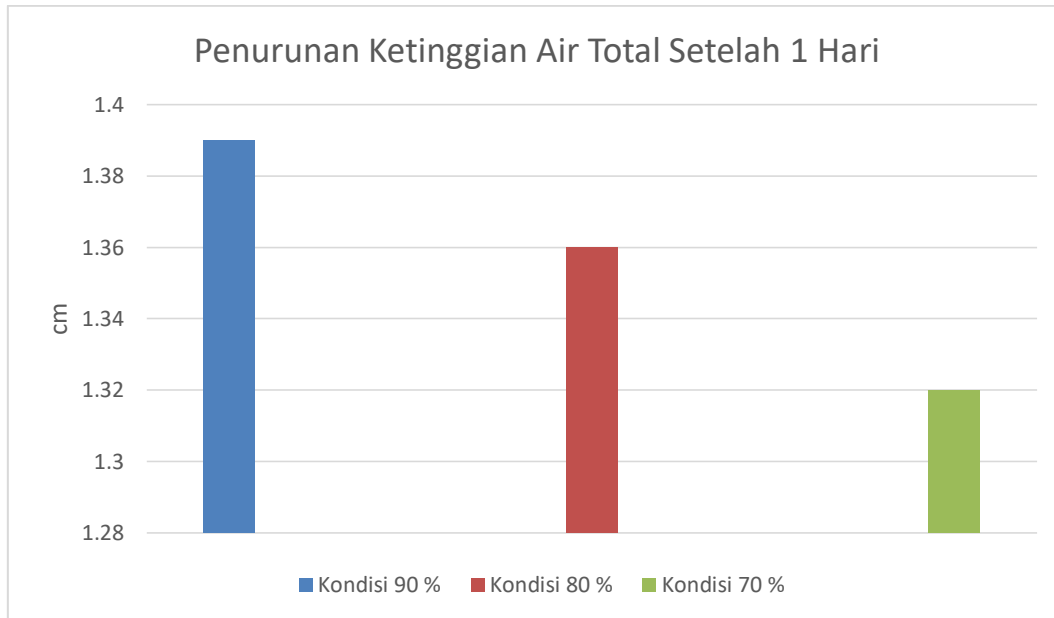
Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat bahwa penurunan ketinggian air banjir dari kondisi aliran permukaan 90 % adalah 30.36 m menjadi 30.3461 m, yang artinya terjadi penurunan genangan air sebesar 1.39 cm. Sedangkan untuk volume air yang diserap, dapat dilihat di gambar 5.



Gambar 5. Hasil penyerapan volume air selama 24 jam

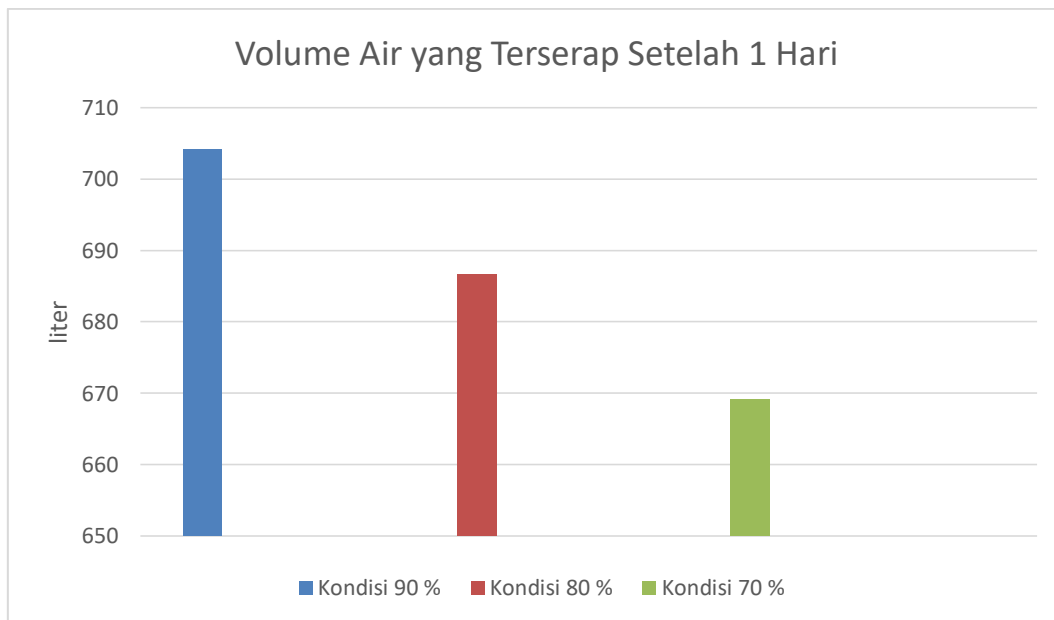
Berdasarkan pada gambar 5 setelah 24 jam, terjadi penyerapan volume air yang menggenangi permukaan yaitu sekitar 0.7 m³ atau kurang lebih 700 liter. Hal ini bisa terjadi karena pada fase awal tanah menyerap banyak menyerap air yang ditandai dengan garis curam pada grafik, setelah grafik menjadi landai, tanah tidak lagi banyak menyerap air. Hal ini juga membuktikan bahwa sumur resapan tidak efektif untuk menyelesaikan permasalahan banjir pada daerah ini.

Setelah melakukan analisis terhadap seluruh kondisi, didapatkan grafik yang dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 6. Grafik perbandingan penurunan ketinggian banjir setelah 24 jam

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa penurunan tinggi air banjir tidak jauh berbeda untuk setiap hasil analisis (terjadi penurunan 0.3 cm untuk setiap penurunan kondisi aliran permukaan sebanyak 10 %).



Gambar 7. Grafik perbandingan penyerapan volume air banjir setelah 24 jam

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa penyerapan air terbanyak ada pada kondisi aliran 90 % yaitu sekitar 700 liter. Namun selisih volume air banjir yang diserap tidak jauh berbeda secara signifikan untuk mempengaruhi hasil penelitian ini.

Setelah melihat analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa sumur resapan bukan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan banjir yang melanda daerah Kelapa Gading, hal ini dapat dilihat dari penurunan tinggi air banjir yang tidak signifikan, dan penyerapan volume air oleh sumur resapan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan konvensional, dibutuhkan sumur resapan yang berkisar antara 2612930-3359481 buah sumur di wilayah Kirana Avenue untuk kondisi aliran permukaan 70-90%.
2. Penyerapan volume air berdasarkan hasil analisis menggunakan SEEP/W berkisar antara 669-704 liter untuk wilayah Kirana Avenue dengan kondisi aliran 70-90% untuk keadaan dengan tiga buah sumur.
3. Penurunan tinggi air banjir berdasarkan hasil simulasi adalah 1,39 cm untuk kondisi aliran 90 %, 1,36 cm untuk kondisi aliran 80 % dan 1,32 cm untuk kondisi aliran 70 % dengan penurunan ketinggian rata-rata adalah 1,357 cm.
4. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa sumur resapan tidak dapat digunakan terhadap daerah yang tanahnya sebagian besar adalah lempung dan lanau, terlebih di Kelapa Gading yang merupakan pusat distrik bisnis yang selalu ramai. Hal ini juga disebabkan karena kondisi muka air tanah yang dangkal sehingga sumur resapan tidak dapat bekerja dengan baik.

Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat direkomendasikan saran terhadap penelitian selanjutnya, yakni:

1. Data yang dipakai sebaiknya data yang langsung didapat dari lokasi dan dites di laboratorium, sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat.
2. Analisis menggunakan *software* sebaiknya dibuat beberapa permodelan supaya terdapat variasi dalam penelitian dan dapat dibandingkan.
3. Karena *software* yang digunakan merupakan dua dimensi, hasil yang didapatkan tidak seakurat tiga dimensi.
4. Waktu simulasi ditambahkan misalkan 2 atau 3 hari agar dapat melihat perbedaan yang terjadi dengan interval yang lebih singkat seperti 30 menit atau per satu jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 8456-2017 Sumur dan Parit Resapan Air Hujan*. Jakarta: Balitbang, 2017.
- Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene. "Sumur Resapan : Sebuah Adaptasi Perubahan Iklim dan Konservasi Sumberdaya Air." (2009).
- Mulyana, R. "Penentuan Tipe Konstruksi Sumur Resapan Berdasarkan Sifat-Sifat Fisik Tanah dan Kondisi Ekonomi Sosial Masyarakat di Kawasan Puncak." (1998).
- Sivakugan, N. "Permeability and Seepage." 2005. 1.
- Sunjoto. "Teknik Konservasi Air Pada Kawasan Pemukiman." (1989).
- Suroso, H. A. Susanto. "Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Daerah Aliran Sungai Banaran." (2006).
- Wesley, Laurence D. *Fundamentals of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils*. 2009.
- Wesli, Wesli. *Drainase Perkotaan*. Aceh, 2008.

