Jurnal Teknik Pengairan, 2021, 12(2), pp.151-164

Penempatan UB-Drain Seri I dan II Berdasarkan Evaluasi Sirkulasi Jaringan Drainase di Kawasan Kampus UB

Placement of UB-Drain Series I and II Based on Evaluation of Drainage Network Circulation in UB Campus Area

Yosi Asterina Maharani[1*)], Dwi Priyantoro[1], Ussy Andawayanti[1]

[1]Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Ekodrainase; genangan; limpasan; resapan; UB-Drain

Keywords:

Eco-drainage; puddle; runoff; infiltration; UB-Drain

Article history:
Received: 30-06-2021
Accepted: 30-11-2021

[*)]Koresponden email:
yosia.maharani@gmail.com

Abstrak

Universitas Brawijaya merupakan kampus yang terus melakukan pembangunan. Pembangunan ini berdampak pada berkurangnya daerah resapan air. Dikarenakan tata kelola air yang kurang baik, maka terjadilah genangan di beberapa titik. *Under Drain Box Storage* (UB – Drain) merupakan salah satu alternatif bangunan dengan konsep drainase berwawasan lingkungan/ ekodrainase yang berfungsi mereduksi limpasan dan upaya konservasi air tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi saluran drainase di kawasan kampus UB, sehingga didapatkan lokasi penempatan UB – Drain yang tepat untuk mereduksi limpasan. Dalam merencanakan UB – Drain, diperlukan beberapa analisis baik dari aspek hidrologi maupun aspek hidrolika. Hujan rancangan dihitung dengan metode Log Pearson tipe III, dengan Q_5 sebesar 122,84 mm/hari dan debit limpasan dihitung dengan metode Rasional Modifikasi. Evaluasi drainase yang dilakukan berdasarkan kapasitas saluran eksisting dan sistem sirkulasi jaringan drainase dengan membandingkan tinggi muka air/*head*, serta nilai travel time saluran. Hasilnya, didapatkan 19 dari 27 saluran dalam kondisi tidak dapat menampung dan mengalirkan air dengan baik. Dengan menerapkan UB-Drain pada beberapa ruas saluran drainase di kawasan kampus UB, maka volume limpasan dan genangan yang tereduksi sebesar 63% dan 75% dalam satu kali hujan dengan kala ulang 5 tahun.

Abstract

Brawijaya University is a campus that continues to develop. This development has an impact on reducing the infiltration area. Due to poor water management, there are puddles at some points. *Under Drain Box Storage* (UB – Drain) is an alternative building with environmental friendly drainage concept/eco drainage that functions to reduce runoff and conserve groundwater. The purposes of this study are to determine the condition of drainage channels in UB campus area, so as to know the exact location for placement of UB-Drain to reduce runoff. Several analysis are required in order to plan UB-Drain, such as hydrology and hydraulics aspects. This study is using a Log Pearson type III method for design rainfall with Q_5 return is 122,84 mm/day and using the Modified Rational Method for analyze of runoff discharge. The drainage evaluation based on capacity of existing drainage channels and circulation system of drainage network with comparing the water level/*head*, and the value *travel time*. The result is 19 out of 27 channels were found unable to save and drain water. With the implementation of UB-Drain in several drainage channels of UB campus area, the volume of runoff and puddles is reduced by 63% and 75% for once rainfall with a return period of 5 years

Kutipan: Maharani, Y.A., Priyantoro, D., Andawayanti, U. (2021).Penempatan UB-Drain Seri I dan II Berdasarkan Evaluasi Sirkulasi Jaringan Drainase di Kawasan Kampus UB. *Jurnal Teknik Pengairan*.
https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.07

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk Kota Malang terus meningkat hingga 1,58% setiap tahunnya. Hal ini berdampak pada perubahan tata guna lahan yang terjadi secara masif dari lahan terbuka menjadi lahan kedap air dan area resapan berkurang (Rurung, 2019). Dengan berkurangnya daerah resapan air, maka pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi terjadi limpasan air berlebih yang tidak dapat ditampung oleh saluran drainase (Pandulu, 2015). Distribusi air hujan yang sistematis merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas lingkungan seiring dengan semangat pembangunan perkotaan yang terus meningkat. Sistem drainase yang digunakan sejak tahun 1970-an adalah sistem drainase konvensional (Salim, M. 2015). Penerapan konsep drainase kovensional di berbagai wilayah mulai dilakukan evaluasi. Hal ini dikarenakan prinsip kerja drainase konvensional yang bertujuan mengalirkan air secepat-cepatnya ke badan penerima banyak menimbulkan berbagai masalah (Pambudi, 2015).

Konsep baru yang telah banyak dikembangkan adalah drainase berwawasan lingkungan (*eco-drainage*) dimana konsep dari sistem drainase ini berorientasi pada konsep konservasi sumber daya alam yaitu upaya mengelola kelebihan air dengan cara meresapkan sebesar-besarnya ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke badan penerima dengan tanpa melampaui kapasitasnya (Nurhapni, 2008). Sistem drainase berkelanjutan merupakan suatu sistem drainase yang selain bertujuan untuk mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh adanya limpasan air hujan di permukaan, juga bertujuan untuk mengurangi permasalahan polusi air (*aquatic*), mengkonversi sumber daya air dan meningkatkan nilai guna air terutama di lingkungan perkotaan (urban) (Kamila et all., 2016).

Penanggulangan banjir dan limpasan sudah dilakukan pada berbagai kota ya ada di dunia termasuk Indonesia seperti pembuatan drainase, sumur resapan dan berbagai metode lainnya tetapi tidak dapat berfungsi secara maksimal yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Anggraini et all., 2021). Ardiyana et all, menerapkan *eco-drainage* di Sawojajar, dengan menerapkan bioretensi dan sumur resapan. Hasilnya bioretensi hanya mampu mereduksi limpasan sebesar 0,1% dan sumur resapan sebesar 23,41% hal ini dikarenakan keterbatasan lahan (Ardiyana et all., 2016). Oleh karena itu, dari permasalahan tersebut, diperlukan konsep alternatif lain untuk mengatasi permasalahan drainase di perkotaan. Konsep alternatif yang ditawarkan yaitu UB-Drain (*Under Drain Box Storage*). UB-Drain merupakan konsep drainase *single purpose* berwawasan lingkungan yang dapat diterapkan pada saluran drainase, dengan konsep dimana air hujan yang melimpas dialirkan melalui saluran terbuka yang pada bagian dasar saluran telah diberi *bottomrack/*lubang yang disusun berseri sepanjang saluran dengan jarak tertentu untuk mengisi ruang penampungan yang berhubungan langsung dengan tanah agar air dapat meresap. Kontruksi ini cukup implementatif dikarenakan tidak memakan banyak lahan, selain itu UB-Drain juga bertujuan untuk meningkatkan kembali air tanah.

Universitas Brawijaya merupakan salah satu kampus yang terus mengalami pembangunan sehingga area resapan menjadi berkurang. Dikarenakan dari pembangunan tersebut tidak diiringi dengan tata kelola air yang baik, maka terjadilah genangan di beberapa titik salah satunya di area Fakultas MIPA (Suryo, E. 2013). Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mengatasi masalah genangan tersebut dengan menerapkan UB - Drain sebagai alternatif baru dalam mengatasi masalah genangan di area kampus Universitas Brawijaya. Penelitian ini direncanakan untuk mengetahui kondisi sistem sirkulasi jaringan saluran drainase serta penempatan UB – Drain Seri I dan Seri II yang tepat di kawasan kampus Universitas Brawijaya untuk mereduksi limpasan. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menyelesaikan masalah genangan khususnya di perkotaan dengan tetap memperhatikan kelestarian sumber daya air dan dapat menjadi salah satu alternatif dalam perencanaan drainase yang berwawasan lingkungan khususnya di daerah perkotaan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Gambaran umum lokasi studi

Lokasi penelitian berada di kampus Universitas Brawijaya, kota Malang. Secara geografis kota Malang terletak pada 112,06˚ - 112,07˚ Bujur Timur dan 7,06˚ - 8,02˚ Lintang Selatan, sedangkan batas – batas wilayah kampus Universitas Brawijaya sebagai berikut :

Sebelah.Utara : Jl. MT. Haryono

Sebelah Timur : Jl. Meyjen Panjaitan

Sebelah Barat : Jl. Sumbersari
Sebelah Selatan : Jl. Veteran

Drainase kampus UB di lokasi penelitian, dipusatkan pada drainase yang mengarah ke Jalan Veteran dimana terdiri dari 3 saluran *collector*, 15 saluran lateral, dan 8 saluran sub lateral. Untuk memudahkan perhitungan, maka pembagian zona dilakukan. Sistem drainase kampus UB terbagi menjadi 5 zona. Pembagian zona ini berdasarkan *outlet* saluran yang mengarah ke masing-masing *maindrain*. Pada gambar 1, disajikan peta skema drainase Unibersitas Brawijaya.

Gambar 1. Skema Jaringan Drainase Universitas Brawijaya

Kondisi genangan air yang terjadi ditentukan berdasarkan studi terdahulu yang dilakukan oleh Eko Suryo pada tahun 2013 dan data survey inventarisasi yang dilakukan pada tahun 2019 di lokasi penelitian. Hasilnya didapati bahwa terdapat beberapa titik -titik genangan air yang memiliki waktu surut lama. Hal ini dikarenakan banyak sampah dan terhalang sedimen, sehingga kapasitas dari saluran menjadi berkurang. Selain itu terdapat beberapa saluran memiliki slope yang landai sehingga air cukup sulit untuk mengalirkan air ke badan penerima dengan cepat (Suryo, E. 2013).

2.2.Data – data penelitian

Langkah awal dalam melakukan penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan, diantaranya :

a. Peta Topografi dan Tata guna lahan
   Data topografi dan tata guna lahan didapatkan dari survey lokasi dan pengukuran topografi 2019 dan Digitasi 2019. Data ini digunakan untuk acuan mengetahui besarnya luas area tata guna lahan dan koefisien limpasan.
b. Data Curah Hujan
   Data curah hujan dengan rentang waktu 12 tahun didapatkan dari laboratorium Hidrologi Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Data curah hujan digunakan untuk menghitung besarnya hujan rancangan dalam kala ulang tertentu dan debit limpasan.
c. Data Eksisting Saluran dan Arah Aliran
   Data eksisting saluran dan arah aliran didapatkan dari data survey dan pengukuran topografi 2019, data ini digunakan untuk mengetahui kapasitas saluran saat dilakukan evaluasi saluran drainase yang ditinjau.
d. Data Inventarisasi Saluran

Data inventarisasi saluran didapatkan dari data survey dan pengukuran topografi 2019, data ini digunakan untuk mengetahui kondisi dan permasalahan pada saluran drainase yang ditinjau.

e. Data Kondisi Genangan
Data titik dan kondisi genangan didapatkan dari studi terdahulu yang telah dilakukan oleh Eko Suryo pada tahun 2013. Data kondisi genangan ini berfungsi untuk memeriksa kembali hasil perhitungan yang telah dilakukan agar sesuai dengan kodisi lapangan.

2.3 Metode Pengerjaan

Metode pengerjaan.studi ini dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisa Hidrologi
Perhitungan hidrologi adalah bagian awal dalam perencanaan bangunan keairan. Aspek analisa yang digunakan untuk menunjang perencanaan bangunan hidrolik, yaitu hujan rancangan, debit rancangan, dan unsur hidrologi lainnya. (C. D. Soemarto. Ir. B.I.E. DIPL.H., 1995)
   a. Mencari data curah hujan harian maksimum tahunan dari tahun 2008 – 2019 pada stasiun hujan Laboratorium Hidrologi
   b. Menguji varietas dan konsistensi data dengan uji RAPS, Persistensi, Spearman, dan Outlier
   c. Perhitungan Analisa frekuensi dan curah hujan rancangan untuk memperkirakan debit aliran menggunakan distribusi Gumbel dan *Log Pearson Type III*
   d. Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk mengetahui jenis sebaran teoritis yang dipilih suatu data telah sesuai tidak, dengan menggunakan Uji *Chi-Square* untuk mengetahui uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah vertikal dan Uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk mengetahui uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal (Soewarno, 1995)
   e. Pemilihan kala ulang berdasarkan probabilitas kejadian klasifikasi jenis hujan menurut BMKG
   f. Menentukan besarnya daerah pengaliran. Dalam hal ini dibagi menjadi tiga penggunaan lahan yaitu : atap, jalan dan halaman.
   g. Menghitung besarnya intensitas hujan dengan rumus Mononobe berdasarkan nilai T_c pada masing – masing saluran
   h. Menghitung besarnya debit limpasan pada masing-masing penggunaan lahan dengan rumus Rassional Modifikasi

2. Evaluasi kapasitas saluran dan sistem sirkulasi aliran drainase
   a. Evaluasi kapasitas saluran dengan menghitung kapasitas saluran drainase dari data inventarisasi saluran tahun 2019 menggunakan rumus Manning. Apabila $Q_{sal} > Q_{limpasan}$ = *Memenuhi*, sedangkan apabila $Q_{sal} < Q_{beban}$ = *Tidak Memenuhi*.
   b. Evaluasi sirkulasi aliran sistem jaringan drainase berdasarkan tinggi muka air, nilai *travel time* dan kondisi topografi (*cross section*) pada masing-masing titik pertemuan saluran. Evaluasi sirkulasi aliran dilakukan dengan tahapan:
      - Menghitung *travel time* aliran dengan rumus :

        $$Travel\ time = \frac{L}{60 \times V} \quad (1)$$

        Travel time aliran adalah waktu perjalanan air dari titik terjauh hingga titik yang di tinjau (Baniva, 2013). *Travel time* dalam satuan menit. Saluran yang memiliki nilai *travel time* lama akan cenderung mengalami masalah genangan di area sekitar dikarenakan air dalam saluran tidak mengalir ke badan pembuangan dengan cepat. Dalam hal ini, perhitungan *travel time* aliran dihitung pada masing-masing saluran.
      - Menghitung tinggi muka air pada masing-masing saluran
      - Menganalisa sirkulasi aliran berdasarkan tinggi muka air/*head* dan *travel time* aliran. Analisa sirkulasi saluran ini dilakukan dengan 2 kondisi yaitu kondisi maindrain normal dan kondisi maindrain penuh. Kondisi *maindrain* normal yang dimaksud yaitu apabila elevasi tinggi muka air pada saluran *maindrain* lebih rendah dari tinggi muka air di saluran *collector*. Kondisi maindrain penuh yaitu apabila elevasi tinggi

muka air di saluran *maindrain* sama dengan atau lebih tinggi dari saluran *collector*, sehingga aliran tidak dapat mengalir dengan baik dan terjadi pengaruh aliran balik/*back water* yang menyebabkan terjadinya perubahan profil aliran di dalam saluran. Perubahan profil aliran yang terjadi dapat mempengaruhi sirkulasi aliran dari jaringan drainase yang ada sehingga harus dianalisa kembali sirkulasi aliran yang terjadi. Perhitungan pengempangan aliran yang terjadi dapat dianalisa dengan perhitungan *back water* dengan metode *Standart Step Method*. Metode ini dikembangkan dari persamaan energi total dari aliran pada saluran terbuka, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004) :

$$Z_1 + y_1 + \frac{{V_1}^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{{V_2}^2}{2g} + h_f \quad (2)$$

3. Rekomendasi Penanggulangan Genangan

Rekomendasi yang diberikan sebagai alternatif penanggulangan genangan yaitu dengan penerapan desain *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) Seri I dan Seri II, dengan konsepsi perencanaan sebagai berikut :

a. Pendekatan Debit Saluran Drainase
   - Debit Drainase (Q_{SD})
     $Q_{SD} = Q_{atap} + Q_{halaman} + Q_{jalan}$
b. Pendekatan Konstruksi Saluran UB-Drain
   - Perencanaan dimensi saluran berdasarkan data debit limpasan (Q_{SD}) dengan memperhatikan ketersediaan lahan dan syarat-syarat penggunaan konstruksi UB-Drain.
c. Pendekatan Hitungan *Box-Storage*
   - Dimensi *Box-Storage* ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan evaluasi saluran.
   - Menghitung debit melewati lubang/*bottomrack* (Q_2) menggunakan grafik hubungan Fr dan $\frac{Q2}{\sqrt{gh1^5}}$.
   - Menghitung dimensi dan jumlah lubang menggunakan grafik hubungan Fr dan $\frac{A}{h1^2}$.
   - Menghitung waktu pengisian *box-storage*
   - Menghitung debit yang meresap berdasarkan koefisien permeabilitas tanah
   - Menganalisa kembali sistem sirkulasi jaringan drainase pada saluran yang telah diterapkan UB-Drain

2.3 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf "I" dengan satuan (mm/jam), artinya tinggi curah hujan yang terjadi dalam kurun waktu per jam sebesar sekian mm. Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan beberapa rumus, salah satunya yaitu rumus Mononobe (Hasmar. H, 2012):

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

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)
R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm/hari)
T_c = Waktu konsentrasi (jam)

2.4 Debit Limpasan Permukaan

Kapasitas debit aliran maksimum dianalisis dengan metode Rasional Modifikasi. Metode ini menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk DPS dengan luas sampai 500 Ha, dan merupakan metode yang paling tua untuk menaksir debit puncak banjir berdasarkan data curah hujan (Dhakal et all. 2014). Metode Rasional Modifikasi mempunyai persamaan yaitu (Suripin, 2004) :

$$Q = 0{,}00278 \times C \times C_s \times I \times A \quad (4)$$

dengan :

Q = debit aliran (m^3/det)

C = koefisien *runoff*
C_s = koefisien penampungan
I = intensitas hujan (mm/jam)
A = luas area pengaliran (Ha)

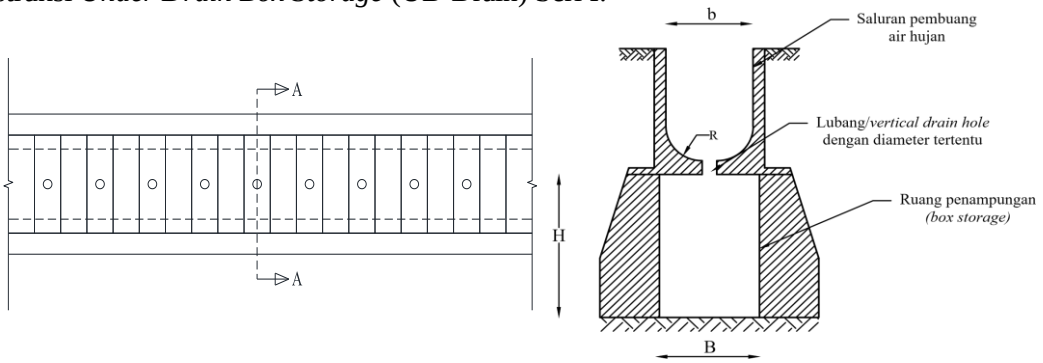
2.3 Under Drain Box Storage (UB - Drain)

UB - Drain merupakan konsep drainase *single purpose* berwawasan lingkungan yang dapat diterapkan pada saluran drainase, dengan konsep dimana air hujan yang melimpas dialirkan melalui saluran terbuka yang pada bagian dasar saluran telah diberi *bottomracks/vertical drain hole* yang disusun berseri sepanjang saluran dengan jarak tertentu untuk mengisi ruang penampungan yang berhubungan langsung dengan tanah agar air dapat meresap (Priyantoro et al., 2013). Konstruksi UB-Drain terdiri atas saluran pembuang air hujan, *vertical drain hole /bottomracks*, dan *box storage*. Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat genangan air hujan. *Vertical drain hole*/*bottomracks* berfungsi untuk meneruskan limpasan air hujan ke dalam *box storage*. Sedangkan *box storage* difungsikan sebagai *long storage* yang menampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah. Pada sistem ini saluran limbah domestik ditempatkan terpisah dari saluran air hujan (Kuncoro, Y. 2012).

Dalam perencanaannya, UB-Drain terdiri dari 2 macam yaitu Seri I dan Seri II. Kedua Seri UB – Drain ini dibedakan berdasarkan bentuk penampang saluran yang ditinjau dan media yang melewatkan air pada saluran ke *box storage*.

a. *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) Seri I

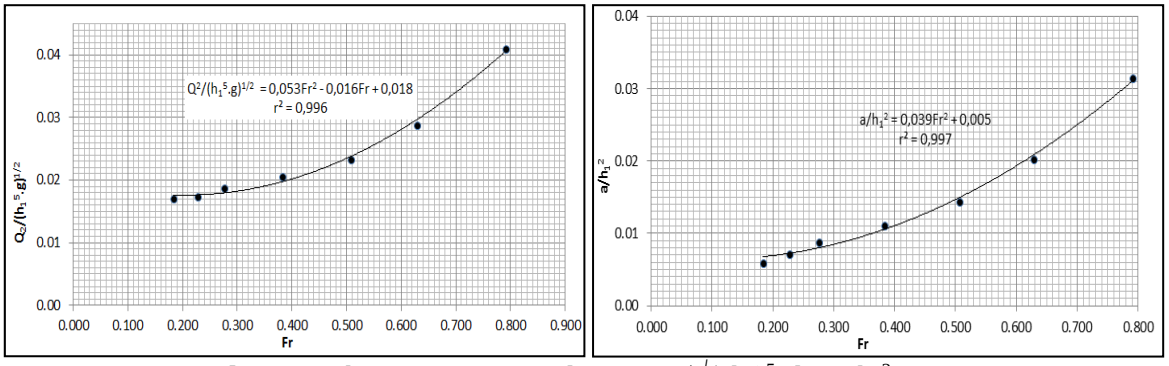
UB-Drain Seri I memiliki bentuk penampang setengah lingkaran dengan lubang pada dasar salurannya. Lubang ini berfungsi untuk mengalirkan air Sebagian dari saluran ke *Box Storage.* Konstruksi UB-Drain di susun dengan jarak tertentu dimana disesuaikan dengan jumlah yang diperlukan. Pada gambar 2, disajikan gambar detail konstruksi dan contoh formasi penempatan konstruksi *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) Seri I.



Gambar 2. Detail konstruksi UB-Drain Seri I

Dikarenakan kondisi lahan yang terbatas pada lokasi penelitian maka maka ditentukanlah batasan dimana dapat digunakan konstruksi seperti diatas apabila :
$R \leq 0{,}5$ m
B = 0,8 – 1,00 m
$H \geq 0{,}8$ m (tergantung kebutuhan)

Rancangan desain *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) pada Seri I didapat dari hasil penelitian model fisik pada tahun 2012 yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Dasar, Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. UB-Drain Seri I dibuat dengan ukuran tidak sama dengan ukuran di lapangan (*non scale*), sehingga dihasilkan persamaan untuk menentukan debit melewati lubang dan diameter pada dasar lubang saluran seperti pada gambar 3.



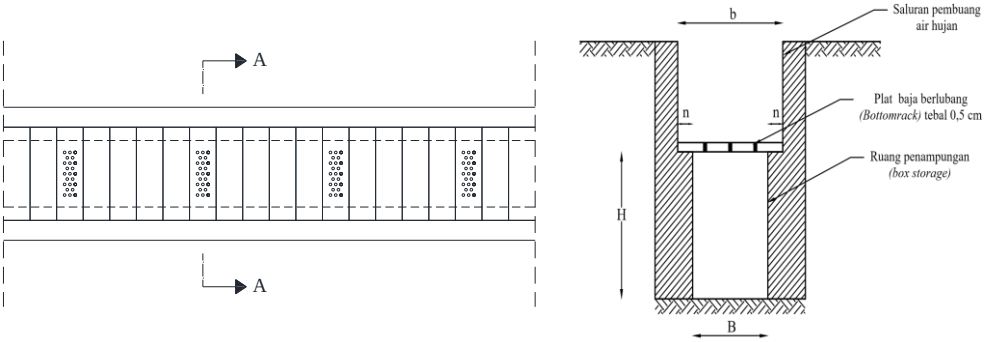
Gambar 3. Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/\sqrt{(gh_1)^5}$ dan a/h_1^2 UB-Drain Seri 1

Dengan nilai :

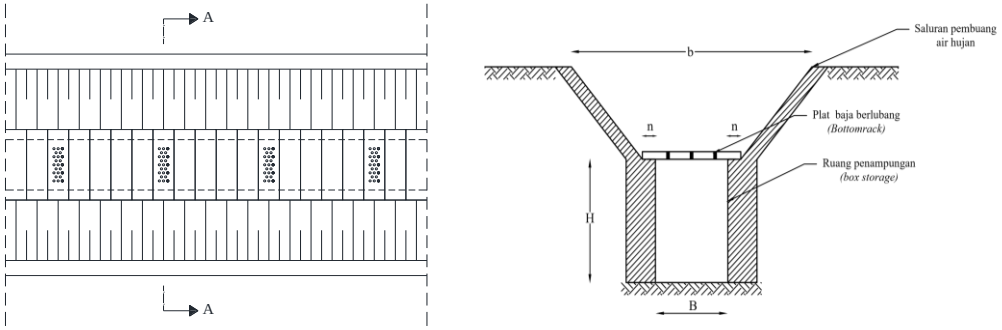
Q_2 = Debit melewati lubang (m^3/det)
h_1 = tinggi muka air di saluran drainase (m)
a = luas total lubang yang dibutuhkan pada saluran UB-Drain (m^2)
g = gravitasi (9,81 m/det^2)

b. *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) Seri II

Jika pada UB-Drain Seri I berbentuk lubang, dan pada UB-Drain Seri II dengan *bottom racks* berlubang. Agar lebih optimal, perencanaan konstruksi *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) Seri II dapat dipilah berdasarkan bentuk penampang salurannya yaitu penampang persegi dan trapesium. Untuk detail konstruksi dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 berikut :



Gambar 4. Detail konstruksi UB-Drain Seri II dengan penampang persegi



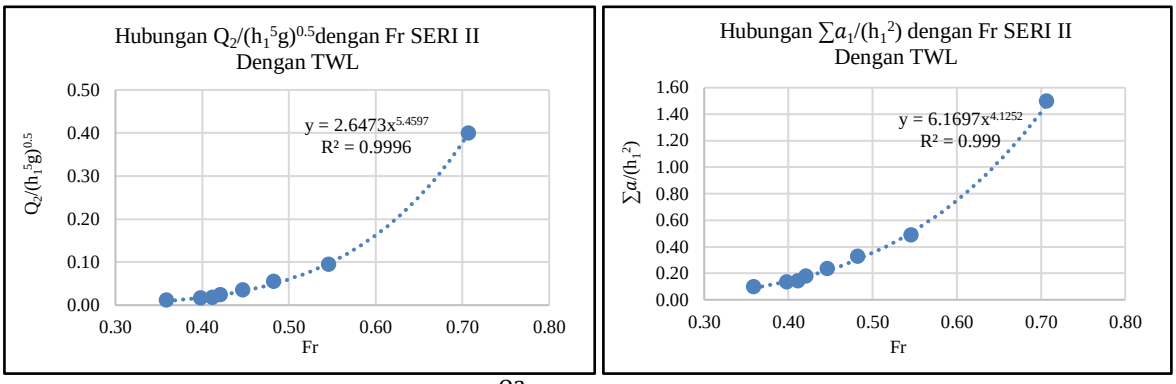
Gambar 5. Detail konstruksi UB-Drain Seri II dengan penampang trapesium

Dikarenakan kondisi lahan yang terbatas pada lokasi penelitian maka maka ditentukanlah batasan dimana dapat digunakan konstruksi seperti diatas apabila :

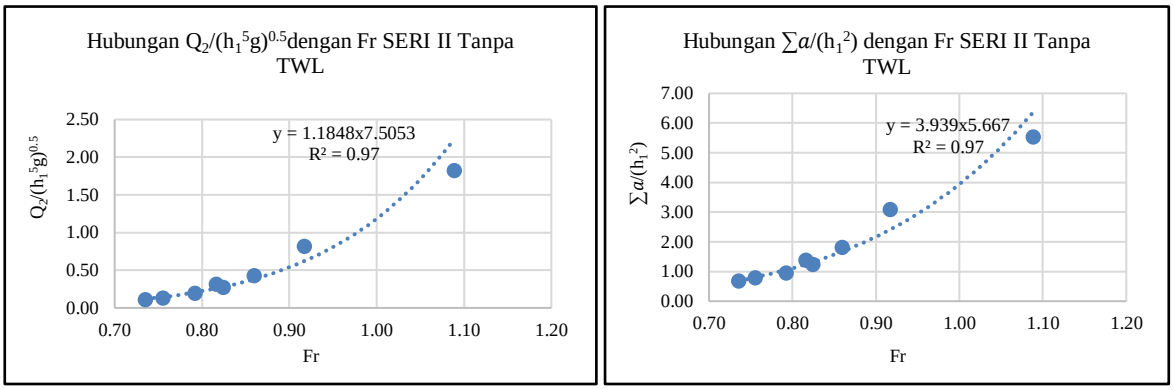
B ≥ 0,8 m
H ≥ 0,8 m
n = 0,1 m – 0,2 m

Rancangan desain *Under Drain Box Storage* (UB-Drain) pada Seri II didapat dari hasil penelitian model fisik pada tahun 2021 yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Dasar, Teknik Pengairan,

Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Persamaan untuk menentukan debit melewati *bottomrack* dan jumlah lubang pada dasar saluran ditampilkan pada gambar 6 dan 7 sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan Fr dengan $\frac{Q2}{\sqrt{gh1^5}}$ dan $\sum a/h_1^2$ dengan pengaruh TWL UB-Drain *Seri II*



Gambar 7. Grafik hubungan Fr dengan $\frac{Q2}{\sqrt{gh1^5}}$ dan $\sum a/h_1^2$ tanpa pengaruh TWL UB-Drain Seri II

Dengan nilai :

Q_2 = Debit melewati *bottomrack* (m^3/det)
h_1 = tinggi muka air di saluran drainase (m)
a = luas total lubang yang dibutuhkan pada setiap *bottomrack* (m^2)
g = gravitasi (9,81 m/det^2)

Pengaruh TWL yang dimaksud yaitu adanya pengaruh dari *backwater* atau arus balik pada titik pertemuan antar saluran drainase sehingga menyebabkan nilai Froude pada saluran menjadi lebih kecil. Dari hasil penelitian UB-Drain Seri II, diperoleh 4 grafik bilangan tak berdimensi yang dapat digunakan untuk perencanaan *Under Drain Box Storage* yaitu :

1. Grafik pada gambar 6 dengan kisaran nilai Froude senilai (0,3 – 0,7), digunakan untuk saluran dengan kemiringan dasar (slope) ≤ 0,001.
2. Grafik pada gambar 7 dengan kisaran nilai Froude senilai > 0,7 dapat digunakan untuk saluran dengan kemiringan dasar (slope) > 0,001.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Hidrologi

Analisa frekuensi curah hujan rancangan berupa jumlah hujan yang terjadi selama satu hari dalam satuan millimeter digunakan metode Log Pearson tipe III dan Gumbel yang dijelaskan oleh Soewarno. Nilai logaritma yang ada digunakan untuk memperkirakan debit aliran dalam berbagai kala ulang yang telah direncanakan (Soewarno, 1995). Untuk perhitungan analisa frekuensi hujan rancangan dapat dilihat pada tabel 1.

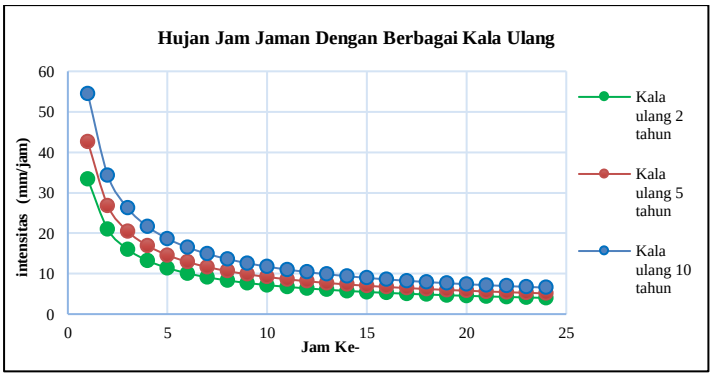
Tabel 1. Perhitungan Analisa Frekuensi Hujan Rancangan

Kala Ulang Tahun	Metode Gumbel mm	Metode Log Pearson III mm
2	110,57	96,06
5	156,63	122,84
10	187,12	157,12

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Setelah dilakukan analisa frekuensi hujan rancangan, maka dilakukan uji kesesuaian distribusi untuk menentukan penggunaan distribusi frekuensi yang sesuai. Hasilnya didapatkan bahwa pada distribusi Log Pearson tipe III diterima pada kedua uji distribusi yang dilakukan. Pada uji *Smirnov Kolmogorof* dengan peluang 5% D_{kritis} sebesar 0.450 yang mana D_{max} hitung didapatkan sebesar 0.183, $D_{kritis} > D_{max}$ maka dari itu Uji *Smirnov Kolmogorof* dikatakan diterima. Sedangkan pada Uji *Chi-Square* dengan peluang 5% didapatkan X_{kritis} sebesar 3.841 yang mana X^2 hitung didapatkan sebesar 3.833, $X_{kritis} > X^2$ maka dinyatakan diterima untuk kedua peluang (Soewarno, 1995). Dari perhitungan uji distribusi didapati bahwa distribusi Log Pearson tipe III dapat diterima, selanjutnya dilakukan pemilihan kala ulang. Dipilih kala ulang 5 tahun dikarenakan mewakili karakteristik hujan yang terjadi di lokasi studi, selain itu pemilihan kala ulang 5 tahun ini juga sesuai dengan *Peraturan Menteri PU nomor 12/PRT/M/ 2014* tentang *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*, untuk tipologi kota besar seperti Kota Malang direncanakan dengan kala ulang 2-5 tahun.

Sebagai data input untuk menghitung debit limpasan permukaan dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang yang disimulasikan dengan menggunakan persamaan Mononobe. Intensitas berhubungan dengan durasi dan frekuensi dapat diekspresikan dengan kurva *Intensity-Duration-Frequency* (IDF). Kurva IDF adalah grafik hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan. Kurva IDF dapat digunakan untuk menghitung banjir rencana dengan mempergunakan metode Rasional (Sri Harto, 1993). Pada gambar 8 berikut ditampilkan kurva IDF intesitas hujan dengan durasi 24 jam dalam berbagai kala ulang:



Gambar 8. Grafik intensitas hujan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun

Setelah dilakukan perhitungan intensitas hujan, selanjutnya dilakukan analisa debit limpasan. Debit limpasan dihitung dengan rumus Rassional Modifikasi berdasarkan masing – masing penggunaan lahan yang terdiri dari atap, halaman dan jalan. Luas daerah pada masing – masing penggunaan lahan dihitung berdasarkan luasan hasil dari digitasi *Google Earth*, 2019. Besarnya nilai koefisien limpasan diperoleh dari tabel koefisien limpasan untuk Metode Rasional (Asdak, 1995). Debit total limpasan ($Q_{total\ limpasan}$) dihitung pada masing – masing saluran dengan menjumlahkan hasil perhitungan dari debit atap (Q_{atap}), debit halaman ($Q_{halaman}$) dan debit jalan (Q_{jalan}). Berikut pada tabel 2 disajikan perhitungan debit limpasan total masing-masing saluran.

Tabel 2. Perhitungan debit limpasan total

No .	Nama Saluran	$Q_{total\ limpasan}$ (m^3/det)	No .	Nama Saluran	$Q_{total\ limpasan}$ (m^3/det)
1	Lateral - 1	0,256	15	Lateral - 7	0,316
2	Sub Lateral - 1	0,094	16	Sub Lateral - 8	0,138
3	Lateral - 2	0,289	17	Sub Lateral - 6	0,804

Lanjutan Tabel 2. Perhitungan debit limpasan total

No .	Nama Saluran	$Q_{total\ limpasan}$ (m^3/det)	No .	Nama Saluran	$Q_{total\ limpasan}$ (m^3/det)
4	Lateral - 3	0,726	18	Lateral - 8	0,881
5	Sub Lateral - 2	0,05	19	Lateral - 9	0,993
6	Sub Lateral - 3	0,058	20	Lateral - 10	0,123
7	Lateral - 4	0,477	21	Lateral - 11	0,169
8	Lateral - 2	0,218	22	Lateral - 12	0,231
9	Lateral - 5	0,342	23	*Collector* - 2	1,254
10	*Collector* - 1	1,341	24	Lateral - 13	1,073
11	Lateral - 6	0,843	25	Lateral - 15	0,141
12	Sub Lateral - 7	0,234	26	Lateral - 14	0,131
13	Sub Lateral - 4	0,142	27	*Collector* - 3	1,309
14	Sub Lateral - 5	0,147			

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

3.2 Evaluasi Saluran Drainase

Dalam proses evaluasi saluran, analisa kapasitas saluran drainase eksisting digunakan untuk mengetahui besar debit yang dapat ditampung saluran dengan dimensi yang ada (eksisting) (Suryaman & Kusnan, 2013). Evaluasi kapasitas dapat dianalisa dengan membandingkan debit kapasitas saluran yang dihitung. Apabila $Q_{sal} > Q_{limpasan}$ = *Memenuhi*, sedangkan apabila $Q_{sal} < Q_{beban}$ = *Tidak Memenuhi*. Sedangkan untuk evaluasi sirkulasi aliran dianalisa berdasarkan perbedaan tinggi muka air/*head*, dan nilai *travel time* masing – masing saluran. Hasilnya, dari 27 saluran, terdapat 19 saluran dalam kondisi terganggu. Untuk rekapitulasi evaluasi drainase dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

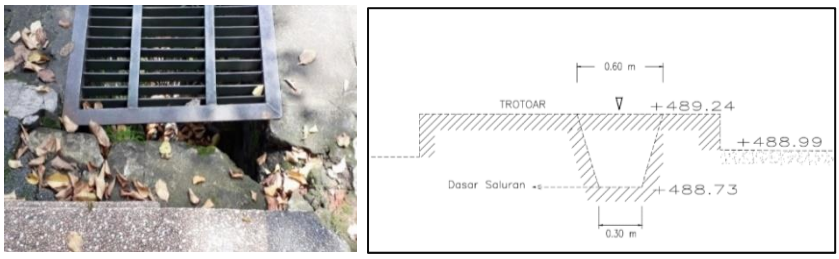
Tabel 3. Rekapitulasi Evaluasi Saluran Drainase

Zona	Nama Saluran	Keterangan evaluasi kapasitas saluran	Maindrain Normal/Belum Penuh		Maindrain Penuh	
			Tinggi Genangan (m)	Keterangan sirkulasi saluran	Tinggi Genangan (m)	Keterangan sirkulasi saluran
1	Lateral - 1	Memenuhi	-	Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
2	Lateral - 2	Tidak Memenuhi	0,004	Mengalir	0,04	Mengalir
	Lateral - 3	Tidak Memenuhi	0,04	Mengalir	0,06	Tidak Mengalir
3	Sub Lateral - 2	Tidak Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
	Sub Lateral - 3	Tidak Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
	Lateral - 4	Tidak Memenuhi	0,009	Mengalir	0,05	Tidak Mengalir
	Collector - 1	Tidak Memenuhi	0,05	Mengalir	0,09	Tidak Mengalir
4	Sub Lateral - 7	Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
	Lateral - 7	Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
	Sub Lateral - 6	Tidak Memenuhi	0,028	Tidak Mengalir	0,09	Tidak Mengalir
	Lateral - 8	Tidak Memenuhi	0,008	Tidak Mengalir	0,06	Tidak Mengalir
	Lateral – 9	Tidak Memenuhi	0,03	Mengalir	0,05	Tidak Mengalir
	Lateral - 10	Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,01	Tidak Mengalir
	Lateral - 11	Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,01	Tidak Mengalir
	Lateral - 12	Tidak Memenuhi	-	Mengalir	0,02	Tidak Mengalir
	Collector - 2	Tidak Memenuhi	0,054	Mengalir	0,12	Tidak Mengalir
5	Lateral - 13	Tidak Memenuhi	0,03	Mengalir	0,08	Mengalir
	Lateral - 15	Memenuhi	-	Tidak Mengalir	0,01	Tidak Mengalir
	Lateral - 14	Memenuhi	-	Mengalir	0,01	Tidak Mengalir

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

3.3 Penerapan UB-Drain

Rencana desain UB-Drain ditempatkan pada saluran yang telah dievaluasi sebelumnya yaitu terdapat 19 saluran yang membutuhkan penanganan genangan. Untuk analisa penanggulangan saluran drainase, diambil contoh pada saluran Lateral – 4. Pada gambar 9, ditampilkan kondisi saluran drainase hasil inventarisasi dimana sebelum diterapkannya UB-Drain.



Gambar 9. Dokumentasi inventarisasi saluran lateral – 4 sebelum penerapan UB-Drain

Dari hasil inventarisasi, didapati bahwa saluran lateral – 4 merupakan saluran tertutup dengan kondisi yang masih baik, namun terdapat banyak sampah daun dan sedimentasi pada dasar saluran sehingga kapasitas saluran berkurang. Sedangkan berdasarkan hasil evalusi saluran didapati pada saluran tersebut tidak mampu menampung debit limpasan yang ada sehingga diperlukan penanggulangan genangan dengan menerapkan UB – Drain. Berikut contoh perhitungan penerapan UB-Drain Seri II di saluran Lateral – 4 :

- Diketahui :
  Debit beban saluran = 0,477 m^3/det
  Slope = 0,005
  L sal = 350 m
  n = 0,017
- Direncanakan dimensi saluran UB-Drain Seri II :
  B saluran = 0,8 m
  H saluran = 0,8 m
  Hair normal = 0,41 m → (didapatkan dengan coba-coba),
  Luas (A) = 0,64 m^2
  Keliling basah (P) = 1,63 m
  Kecepatan (V) = 1,44 m/det
  Froude (Fr) = $\frac{V}{\sqrt{g \times h}}$
  = $\frac{1,44}{\sqrt{9,81 \times 0,0,41}}$
  = 0,714
- Menghitung volume yang didrain :
  Misal terjadi kondisi pada saluran maindrain penuh selama nilai waktu konsentrasi ($T_{c)}$ saluran yaitu untuk saluran lateral – 4 = 953,4 detik. Maka volume drain:
  Vol hujan = $Q_{\text{beban saluran}} \times T_c$
  = 0,477 × 953,4
  = 454,77 m^3
  Volume $_{\text{saluran UB-Drain}}$ = $A_{\text{saluran UB-Drain}} \times L$
  = 0,64 × 350
  = 224 m^3
  Volume drain = Vol hujan – Volume $_{\text{saluran UB-Drain}}$
  = 454,77 – 224 = 230,77 m^3

- Perencanaan ruang penampungan (*box storage*)
  Kemudian direncanakan dimensi *box storage* berdasarkan besarnya volume drain yang diperlukan, *Box storage* selain berfungsi untuk menampung volume air hujan juga berfungsi untuk meresapkan air hujan sehingga dapat mengurangi beban pada maindrain (Suryo.E, 2013). Direncanakan dimensi *box storage* sebagai berikut :
  $B_{storage}$ = 0,7 m
  $H_{storage}$ = 1 m
  $L_{storage} = L_{saluran}$ = 350 m
  $V_{storage}$ = 0,7 × 1 × 350
  = 245 m^3 → ($V_{storgae} > V_{drain}$ = volume drain telah memenuhi),

- Menghitung besarnya debit melewati *bottom racks*
  Dari grafik hubungan antara Fr dengan $\frac{Q_2}{\sqrt{h^5 \times g}}$ pada gambar 6, dengan nilai Fr = 0,714 dan h = 0,41m, maka besarnya debit air melewati 1 *bottom racks* = 0,0327 m^3/det.
- Menghitung waktu pengisian

  T $= \frac{\text{Vstorage}}{Q_2}$

  $= \frac{245}{0{,}0327}$ = 7501,41 detik = 125,02 menit

  Waktu pengisian terlalu lama, apabila dikehendaki waktu pengisian sesuai dengan waktu *travel time* aliran yaitu selama 7,04 menit (422,4 detik), maka banyaknya *bottomracks* yang dibutuhkan adalah:

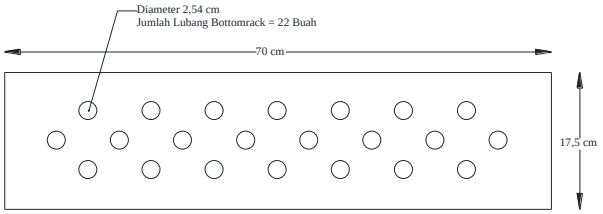
  Σbt $= \frac{\text{Volume tampungan}}{\text{T} \times \text{Q2}}$

  $= \frac{245}{422{,}4 \times 0{,}0327}$ = 17,73 buah ≈ 18 *bottom racks*

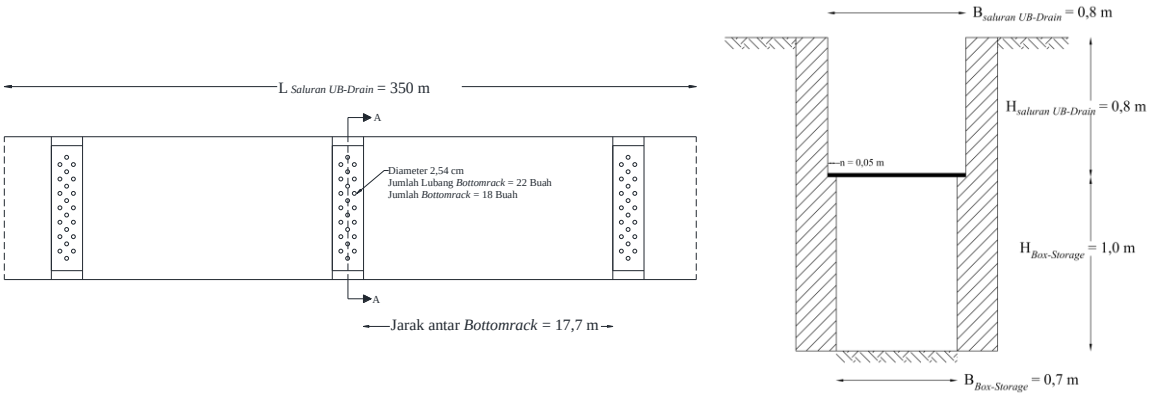
  Sehingga, jumlah *bottom racks* yang dibutuhkan untuk mengisi ruang penampungan/*box storage* dengan volume 245 m^3 sebesar 18 buah *bottom racks.*

- Menghitung diameter dan jumlah lubang

  Berdasarkan grafik hubungan antara Fr dengan $\frac{\sum a}{h1^2}$ pada gambar 6, didapat nilai $\frac{\sum a}{h1^2}$ sebesar = 0,583. Diameter lubang direncanakan 1" = 2,54 cm, sehingga didapatkan jumlah lubang tiap satu bidang *bottomracks* sebanyak 22 buah. Formasi penempatan lubang di rencanakan sembarang, dengan memperhatikan pola penyebarannya yang merata pada bidang *bottomracks.* Pada gambar 10 dan 11 disajikan formasi penempatan lubang dan detail konstruksi UB-Drain Seri II pada saluran Lateral – 4.



Gambar 10. Formasi penempatan lubang pada *bottom racks* saluran Lateral – 4



Gambar 11. Detail bangunan UB – Drain saluran Lateral – 4

3.4 Perhitungan Debit Resapan dan Reduksi Limpasan

Berdasarkan penelitian dari Eko Suryo, 2013 jenis tanah pada lokasi studi merupakan jenis tanah lanau, dengan nilai permeabilitas (k) = 7,83 × 10^{-4} cm/det (Suryo.E, 2013). Perhitungan volume resapan yang meresap ke tanah pada saluran lateral – 4 dihitung sebagai berikut (Sunjoto, 1998):

Q_0 $= A \times K \times Hstorage$
$= 2450000 \times 7{,}83 \times 10^{-4} \times 1$
$= 1004{,}5\ cm^3/det = 0{,}001\ m^3/det$

$Q_{limpasan} = 0{,}477\ m^3/det$

$V_{hujan} = 454{,}77\ m^3$

$V_{box\text{-}storage} = 245\ m^3$

$t_{resap} = \frac{V_{box-storage}}{Q_{resap} \times 3600}$
$= \frac{245}{0{,}001 \times 3600} = 68{,}06$ jam

Selang waktu kering atau tidak terjadi hujan rerata yaitu 17 jam (pembacaan grafik data ARR), Maka volume yang dapat diresapkan ke dalam tanah sepanjang saluran lateral – 4 dapat dihitung sebagai berikut :

$V_{resap} = V_{box\text{-}storage} - ((t_{resap} - t_{kering}) \times 3600 \times Q_{resap})$
$= 245 - ((68{,}06 - 17) \times 3600 \times 0{,}001) = 61{,}15\ m^3$

Presentase air yang meresap $= \frac{61{,}15}{454{,}77} \times 100 = 13{,}4\ \%$

Dengan langkah perhitungan seperti di atas, diterapkan pada sejumlah saluran yang membutuhkan penanganan genangan. Penerapan UB-Drain di area kampus Universitas Brawijaya selain dapat menampung limpasan yang terjadi juga berfungsi untuk meresapkan air sebagai upaya konservasi air tanah. Hasilnya, UB-Drain mampu mereduksi debit limpasan dalam satu kali hujan dengan periode ulang 5 tahun dari 13543,87 m^3 menjadi 5002,32 m^3 atau tereduksi sebesar 63% dan mereduksi genangan sebesar 75% dengan tinggi genangan maksimum sebesar 5 cm. Genangan maksimum yang terjadi masih < $H_{Genangan\ ijin}$ (15 cm, berdasarkan tinggi rerata trotoar jalan) sehingga dikatakan aman dan tidak mengganggu kegiatan sekitar.

3.5 Analisa Sirkulasi Aliran Setelah Penerapan UB-Drain

Setelah dilakukan penerapan UB-Drain pada masing-masing saluran yang memerlukan penanganan genangan, maka dilakukan kembali analisa sirkulasi aliran yang terjadi berdasarkan tinggi muka air pada saluran. Tahap ini bertujuan mengetahui pengaruh dari penerapan UB-Drain terhadap sirkulasi aliran dari sistem jaringan drainase yang ada. Hasilnya, didapatkan bahwa pada 19 saluran yang diterapkan UB-Drain yang semula kondisi sirkulasi air pada saluran tidak dapat mengalir menjadi dapat mengalir seluruhnya sehingga dapat dikatakan bahwa penerapan UB-Drain cukup efektif untuk menanggulangi genangan di lokasi penelitian.

4. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa terdapat 19 ruas saluran dari 27 saluran drainase di Universitas Brawijaya dalam keadaan tidak dapat menampung dan mengalirkan air dengan baik hingga ke *maindrain*. Oleh karena itu rencana desain UB-Drain diterapkan pada 19 ruas saluran drainase tersebut yang tersebar pada masing-masing blok/zona. Dari penerapan UB-Drain yang dilakukan, didapati bahwa konsep drainase yang ditawarkan mampu mengurangi beban limpasan saluran drainase yang mengarah ke Jl.Veteran (Yogyakarta) sebesar 63% dan mereduksi tinggi genangan sebesar 75% dalam satu kali hujan dengan periode ulang 5 tahun. Tinggi genangan maksimum yang terjadi yaitu 5 cm dimana masih < $H_{Genangan\ ijin}$ (15 cm, berdasarkan tinggi rerata trotoar jalan) sehingga dikatakan aman dan tidak mengganggu kegiatan sekitar.

Dalam perencanaan UB-Drain beberapa hal perlu diperhatikan diantaanya perlu dipasang *trashrack* atau penyaring sampah sebelum masuk saluran. Hal ini untuk menghindari penyumbatan pada *bottom racks*/lubang di dalam saluran dan agar tetap berfungsi dengan baik, maka diperlukan pemeliharaan berkala. Untuk saluran tertutup dapat dengan menempatkan *manhole* pada jarak tertentu. Apabila UB-Drain di terapkan pada lokasi jenis tanah dengan permebilitas rendah maka disarankan memperbesar ruang tampungan guna menampung limpasan, untuk daerah dengan permeabilitas tinggi maka dimensi ruang tampungan akan relatif lebih kecil. Untuk tahap

pengembangan selanjutnya, diharapkan air hujan yang tertampung pada *box storage* dapat dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan air sehari-hari. Sehingga selain sebagai konservasi air tanah, UB-Drain juga dapat dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan air.

Daftar Pustaka

Anggraini, N et all (2021). Analisis Pemetaan Daerah Rawan Banjir Di Kota Medan Tahun 2020. *Jurnal Samudra Geografi*, *4*(2), 27–33

Ardiyana et all. (2016). Studi penerapan ekodrain pada sistem drainase perkotaan. *Jurnal Teknik Pengairan*, 7(02), 295–309

Asdak, C. (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Gajah Mada University Press, Yogyakarta.*

Baniva, R. (2013). Simulasi pengaruh tata guna lahan terhadap debit banjir di das keduang. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/ JUNI 2013/149*, *1*, 149–156.

C. D. Soemarto. Ir. B.I.E. DIPL.H. (1995). Hidrologi Teknik Edisi Ke - 2. *Erlangga : Jakarta*.

Dhakal, N. et all. (2014). "Modified rational unit hydrograph method and applications." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, 167(7), 381–393

Hasmar, H. (2012). Drainase Terapan. *UII Press*.

Kamila, N. et all, (2016). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Ecodrainage) Di Kelurahan Jatisari, Kecamatan Mijen, Kota Semarang. *Jurnal Tehnik Lingkungan*, *22*(2), 63–72.

Kuncoro, Y. (2012). *Uji Model Fisik Kapasitas Aliran pada Lubang Pengisian Tampungan di Bawah Saluran Drainasi (Underdrain Box Storage)*. Program Magister Dan Doktor Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Nurhapni et all. (2008). Kajian Pembangunan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Di Kawasan Perumahan. 11(1), 1–12.

Pambudi, B. A. (2015). *Sistem Drainase Ramah Lingkungan (Eco-Dranase) dengan Cara Memanen Air Hujan*. 7–8.

Pandulu et all. (2015). *Pemanenan Air Hujan Pada Perumahan (Real Estate) Melalui Pembangunan Danau Dalam Rangka Mengurangi Eksploitasi Air Tanah Dan*. *15*(2), 165–172.

Peraturan Menteri PU nomor 12/PRT/M/ 2014 tentang *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*

Priyantoro, D et all. (2013). Penerapan UB-Drainage (Underdrain Box Storage) untuk Mereduksi Genangan. *Jurnal Teknik Pengairan*, *4*, 6–12.

Rurung, M. A et all. (2019). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Dengan Sumur Resapan Di Lahan Perumahan Wenwin – Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, *7*(2), 189–200.

Salim, M. A. (2015). Pembangunan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Di Kawasan Perumahan, *Universitas 17 Agustus 1945 Semarang*

Soewarno, (1995), Hidrologi Aplikasi Metode Statistik, Jilid I, *Bandung : Nova*

Sri, Harto. 1993, Analisis Hidrologi. *Jakarta: Gramedia Pustaka Utama*

Sunjoto. (1998). Sistem Drainase Air Hujan Yang Berwawasan Lingkungan.

Suripin. (2004). *S*istem Drainase Yang Berkelanjutan. *Andi Offset.*

Suryaman, H et all. (2013). Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo*, *02*, 0–07.

Suryo, E. (2013) *Penerapan UB-Drainage (Underdrain Box Storage) Untuk Mereduksi Genangan Dan Meningkatkan Resapan Air Di Kampus UB.* Program Sarjana Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya