

Mitigasi Bencana Banjir dan Genangan Dalam Kawasan Perkembangan Permukiman di Kelurahan Berua, Kota Makassar

Andi Muh. Azzam Raihan Ramadhani^{1)*}, Wiwik Wahidah Osman²⁾, Abdul Rachman Rasyid³⁾

¹⁾Mahasiswa Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: andiazzaam@gmail.com

²⁾Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: w_wahidahosman@yahoo.com

³⁾Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: rasyidrachman@gmail.com

ABSTRACT

Floods are caused by several things, such as the lack of water catchment areas or the presence of obstacles in drainage so that they are no longer able to accommodate rainwater capacity. Berua Village is one of the areas in Makassar City that often experiences flooding when the rainy season arrives, this is due to the rapid development of settlements, causing a lack of water catchment areas. This study aims to identify flood and inundation conditions based on the factors that cause flooding, identify surface water flows and drainage channels, and formulate flood and inundation disaster mitigation directives in settlements in the Berua Village. This research lasted for 5 months, starting from February to June 2021. This research used spatial, hydrological and descriptive analysis. Based on the results of this study, it is known that the surface runoff discharge is equal to 38.81 m³/second and there are 25 drainage channels that exceed the capacity. , making infiltration wells, and using the concept of rainwater harvesting, and non-structural mitigation, namely in the form of classifying disaster-prone groups and determining evacuation points.

Keywords: Flood, Flood Mitigation, Drainage, Settlement, Berua Village

ABSTRAK

Banjir disebabkan oleh beberapa hal, seperti kurangnya daerah resapan air atau adanya hambatan pada drainase sehingga tidak lagi mampu menampung kapasitas air hujan. Kelurahan Berua merupakan salah satu wilayah di Kota Makassar yang sering mengalami banjir saat musim penghujan tiba, hal ini diakibatkan karena pesatnya perkembangan permukiman sehingga menyebabkan kurangnya daerah resapan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi banjir dan genangan berdasarkan faktor-faktor penyebab banjir, mengidentifikasi aliran air ruang permukaan dan saluran drainase, dan merumuskan arahan mitigasi bencana banjir dan genangan pada permukiman di Kelurahan Berua. Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan, dimulai sejak Bulan Februari hingga Juni 2021. Penelitian ini menggunakan analisis spasial, hidrologi dan deskriptif. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui debit limpasan permukaan yaitu sebesar 38.81 m³/detik dan terdapat 25 saluran drainase yang melebihi daya tampung, berdasarkan hal tersebut maka dibuat arahan mitigasi banjir pada perumahan dan permukiman yang terbagi menjadi dua yaitu mitigasi struktural yang berupa perbaikan drainase, pembuatan floodway, pembuatan sumur resapan, dan penggunaan konsep *rainwater harvesting*, dan mitigasi non-struktural yaitu berupa pengklasifikasian kelompok rawan bencana dan penentuan titik evakuasi.

Kata kunci: Banjir, Mitigasi Banjir, Drainase, Permukiman, Kelurahan Berua

PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa yang terjadi ketika tergenangnya suatu tempat akibat debit air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah sehingga menimbulkan kerugian fisik, sosial, dan ekonomi (Rahayu, 2009).

Intensitas hujan yang tinggi serta tidak adanya daerah resapan air, badan air ataupun sistem drainase yang baik serta pembangunan yang tidak terkontrol mengakibatkan seringnya terjadi bencana banjir. Terlebih pada daerah permukiman dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Berdasarkan data kejadian bencana dari BPBD Kota Makassar tahun 2019, 2020, dan 2021, diketahui

*Corresponding author. Tel.: +62-851-0420-0962
Jalan Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa
Sulawesi Selatan, Indonesia, 92711

bahwa banjir merupakan bencana yang terjadi tiap tahun di Kota Makassar. Kecamatan Biringkanaya merupakan salah satu titik banjir terparah di Kota Makassar yang dalam hal ini termasuk Kelurahan Berua.

Banjir yang terjadi di Kelurahan Berua terjadi pada lokasi yang sama tiap musim penghujan. Banjir yang terjadi cukup parah karena tidak hanya merendam rumah-rumah warga tetapi juga merendam fasilitas umum seperti sekolah, puskesmas, dan lain-lain. Hal ini terjadi karena minimnya daerah resapan air yang diakibatkan karena pembangunan dan penggunaan lahan yang tidak terkontrol dan tidak mengikuti aturan. Selain itu, kondisi sistem drainase di kawasan ini juga kurang memadai. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukannya penelitian ini dengan merumuskan beberapa pertanyaan penelitian yaitu: 1) mengidentifikasi kondisi bencana banjir dan genangan berdasarkan faktor-faktor penyebabnya, 2) mengidentifikasi kondisi aliran air ruang permukaan dan saluran drainase, dan 3) mengkonsepkan arahan mitigasi pada perumahan dan permukiman di Kelurahan Berua.

TINJAUAN PUSTAKA

Banjir

Banjir merupakan bencana yang terpengaruh oleh alam dan terjadi selama musim hujan yang meliputi potensi daerah, terutama sungai/kanal yang relatif landai. Selain itu, banjir juga bisa terjadi akibat naiknya air karena intensitas curah hujan yang di atas normal, perubahan suhu, tanggul yang rusak, dan sumbatan aliran air di lokasi lain.

Adapun faktor-faktor yang berpengaruh secara langsung menjadi parameter untuk menentukan kerentanan kawasan terhadap bencana banjir. Terdapat beberapa parameter yang bisa digunakan sebagai penentu kawasan rawan banjir, antara lain yaitu curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, dan ketinggian lahan (Navisatun Halimah, 2016).

Genangan

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) 14/PRT/M/2010 (2010), disebutkan bahwa genangan merupakan proses terendamnya suatu kawasan permukiman lebih dari 30 cm selama lebih dari 2 jam dan terjadinya lebih dari 2 kali dalam setahun. Genangan dapat disebabkan oleh banyak

faktor, salah satu penyebabnya ialah drainase perkotaan yang kurang berfungsi sebagaimana mestinya.

Perumahan Permukiman dan Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan Undang-Undang No.1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, perumahan adalah sekumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkantoran maupun pedesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai upaya pemenuhan rumah layak huni.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan penggunaan lahan antara lain yaitu pertumbuhan penduduk, perkembangan kegiatan usaha dan sosial budaya masyarakat. Adapun faktor utama yang menjadi penyebab perubahan penggunaan lahan yaitu peningkatan jumlah penduduk.

Drainase

Drainase merupakan proses pengalihan air baik secara alamiah ataupun buatan yang bertujuan untuk menghindari penumpukan atau penggenangan air di suatu tempat akibat dari hujan atau air limbah. Sementara itu, sistem drainase yaitu serangkaian bangunan air yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan sehingga kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal (Irawan, 2017).

Mitigasi Bencana Banjir Pada Perumahan dan Permukiman

Berdasarkan Permen PU No. 10 Tahun 2014 bagian Kelima Pasal 21, pelaksanaan mitigasi bencana banjir pada perumahan dan permukiman dalam mengurangi dampak yang ditimbulkan perlu melalui tahap identifikasi dan pemetaan zonasi kerawanan banjir. Identifikasi dilakukan untuk dapat menentukan alternatif dalam pengurangan risiko kerusakan bencana banjir. Sedangkan, pemetaan dilakukan untuk melihat topografi lokasi perumahan dan permukiman.

Adapun prinsip mitigasi bencana banjir untuk perumahan dan permukiman menurut Permen Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 10 Tahun 2014 Pasal 22 yaitu menghindari kawasan rawan banjir, menghindari limpahan air,

mengalihkan aliran banjir, dan melakukan pengendalian aliran air.

Rainwater Harvesting

Konsep *rainwater harvesting* atau pemanenan air hujan merupakan teknik atau suatu cara dalam mengumpulkan dan menampung air atau aliran permukaan ketika musim penghujan baik dengan intensitas hujan tinggi ataupun rendah. Konsep *rainwater harvesting* ini merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengumpulkan atau menampung air hujan yang ditangkap dengan *catchment area*, lalu dialirkan melalui pipa menuju tempat penyimpanan atau tangki penyimpanan (Gould dkk, 1999 dalam Juliana Imroatul C. dkk, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis spasial, hidrologi dan deskriptif. Metode pengumpulan data primer pada penelitian ini yaitu survei lapangan baik dengan melakukan observasi lapangan. Sedangkan, pengumpulan data sekunder yaitu studi literatur, data dari instansi terkait, data satelit, dan hasil analisis GIS. Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan, dimulai sejak bulan Februari hingga Juni 2022.

Analisis Spasial

Pada penelitian ini analisis spasial digunakan untuk mendapatkan informasi baru dari data yang sudah ada. Dalam hal ini, beberapa data seperti jenis tanah, curah hujan, tutupan lahan, kemiringan lereng, dan topografi digunakan untuk melakukan analisis dengan cara *overlay* data untuk menghasilkan informasi baru seperti peta rawan banjir.

Dalam melakukan analisis spasial atau *overlay* diperlukan suatu metode lain yaitu pembobotan atau *arithmetic analyst*. Metode ini digunakan untuk menentukan daerah rawan banjir dengan memberikan bobot dan skor pada setiap faktor penyebab banjir. Semakin besar pengaruh dari suatu faktor maka akan semakin besar bobot dan skor yang diberikan.

Analisis Hidrologi (Frekuensi Hujan)

Untuk menentukan frekuensi curah hujan atau metode distribusi curah hujan diperlukan perhitungan statistik sehingga dapat memilih jenis

metode yang akan digunakan seperti metode gumbel, log normal, atau log pearson III. Adapun berbagai jenis persamaan untuk menentukan metode distribusi, antara lain (Ketut Suputra, 2017):

Jumlah Data Rerata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \quad (1)$$

\bar{X} : Nilai varian rerata

Xi : Nilai varian ke i

n : Jumlah data

Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

S : Deviasi Standar

\bar{X} : Nilai varian rerata

Xi : Nilai varian ke i

n : Jumlah data

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3)$$

Cv : Koefisien Variasi

S : Deviasi Standar

\bar{X} : Nilai varian rerata

Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum(Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (4)$$

Cv : Koefisien Skewness

S : Deviasi Standar

\bar{X} : Nilai varian rerata

Xi : Nilai varian ke i

n : Jumlah data

Koefisien Curtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum(Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (5)$$

Ck : Koefisien Curtosis

S : Deviasi Standar

\bar{X} : Nilai varian rerata

Xi : Nilai varian ke i

n : Jumlah data

Selanjutnya untuk penentuan jenis distribusi menggunakan persyaratan statistika sesuai dengan tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Persyaratan Masing-Masing Metode Distribusi

No.	Metode	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0
2	Log Normal	Cs = 3 Cv
3	Gumble	Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,4002
4	Log Pearson III	Selain Nilai di Atas

Sumber: Triatmodjo, 2015 dalam I Ketut Suputra, 2017

Intensitas Hujan ialah tinggi curah hujan pada periode tertentu dengan satuan mm/jam. Untuk menentukan besar intensitas hujan dipergunakan rumus Mononobe (Joesron Loebis, 1992 dalam Utami Sylvia Lestari, 2016).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

I : Intensitas hujan (mm/jam)

R₂₄ : Curah hujan harian maksimum (mm)

t : Waktu curah hujan (jam)

Debit curah hujan dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional. Besarnya debit tersebut ialah hasil dari perkalian antara intensitas hujan, luas permukaan/saluran/DAS, dan juga keadaan permukaan tanah dalam koefisien limpasan dan kemiringan saluran/sungai (Joesron Loebis, 1992 dalam Utami Sylvia Lestari, 2016).

$$Q_{ch} = 0,278 C.I.A \quad (7)$$

Q_{ch} : Debit curah hujan (m³/detik)

C : Koefisien aliran permukaan (0 ≤ C ≤ 1)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

A : Luas DAS/Luas Permukaan (km²)

0,278 : Faktor konversi

Untuk menghitung kapasitas maksimum dari saluran drainase maka diperlukan nilai dari debit banjir rancangan (Putri R Dwi, 2014 dalam Bayu Andana, dkk., 2016).

$$Q_{ar} = Q_{ch} + Q_{ak} \quad (8)$$

Q_{ar} : debit banjir rancangan (m³/detik)

Q_{ch} : debit curah hujan (m³/detik)

Q_{ak} : debit air kotor (m³/detik)

Debit saluran drainase (Q_s) adalah debit air yang terdapat di dalam saluran drainase yang merupakan hasil kali antara luas penampang saluran drainase (A_s) dengan kecepatan aliran rata-rata (V). Dalam menghitung kecepatan aliran rata-rata dapat

digunakan rumus Manning (Suripin, 2004 dalam Bayu Andana, dkk., 2016).

$$Q_s = A_s \cdot V \text{ atau } Q_s = A_s \left(\frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right) \quad (9)$$

Keterangan:

Q_s : debit saluran drainase (m³/detik)

V : kecepatan (m³/detik)

A_s : luas penampang saluran (m²), A_s = b*h

n : koefisien kekasaran manning

R : jari-jari hidrolik, R = A/P (P = 2h+b)

S : kemiringan memanjang saluran, S = (titik 1 – titik 2)/L

Daya tampung saluran drainase dapat diketahui dengan perbandingan antara debit saluran drainase dan debit banjir rancangan. Saluran drainase yang masih layak dan tidak terjadi luapan dapat diketahui apabila nilai dari debit banjir rancangan tidak melebihi dari daya tampung saluran drainase. Berikut rumus daya tampung saluran drainase (Bayu Andana, dkk., 2016).

$$Q = Q_s - Q_r \quad (10)$$

Q : daya tampung saluran (m³/detik)

Q_s : debit saluran drainase (m³/detik)

Q_r : debit banjir rancangan (m³/detik)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bencana Banjir

Berdasarkan Peraturan Menteri Perumahan Rakyat No. 10 Tahun 2014, pelaksanaan mitigasi bencana banjir pada kawasan permukiman perlu melalui tahap identifikasi dan pemetaan zona rawan banjir. Hal ini dilakukan untuk melihat kondisi bencana banjir pada wilayah yang akan diteliti.

Dalam penelitian ini, menggunakan data curah hujan periode 10 tahun pada wilayah penelitian. Setelah didapatkan data rata-rata curah hujan tahunan maka akan dilakukan *skoring* berdasarkan parameter curah hujan.

Berdasarkan hasil perhitungan, rata-rata curah hujan tahunan di wilayah penelitian yaitu 3089,72 mm/tahun yang termasuk ke dalam kelas sangat basah dan memiliki skor 9.

Penggunaan Lahan

Adapun penggunaan lahan di Kelurahan Berua dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Penggunaan Lahan Kelurahan Berua

Kelas Penggunaan Lahan	Penggunaan Lahan	Skor	Luas (ha)	Persentase (%)
Hutan	Hutan	1	2.61	0.90
Perkebunan	Perkebunan	3	9.58	3.29
Semak, Belukar, Alang-alang, Sawah	Sawah	5	0.59	0.20
	Semak	5	5.31	1.82
Pertanian Lahan Kering, Kebun Campuran, Permukiman dsb.	Kebun Campuran	7	24.24	8.33
	Kesehatan	7	6.33	2.17
	Pendidikan	7	3.04	1.04
	Perdagangan	7	6.53	2.24
	Permukiman	7	173.13	59.47
Lahan Terbuka, Rawa, Danau Kanal	Kanal	9	0.21	0.07
	Lahan Terbuka	9	41.61	14.29
	Rawa	9	17.92	6.16
Total			291.10	100.00

Jenis Tanah

Jenis tanah yang dominan di lokasi penelitian yaitu ultisol dengan luas hingga 263 hektar atau sekitar 90,5% dari total luas wilayah. Jenis tanah lainnya yaitu inceptisol dengan luas 28 hektar atau 9,5% dari wilayah Kelurahan Berua. Jenis tanah ultisol yang memiliki tekstur halus dan jenis tanah inceptisol yang memiliki tekstur agak halus akan lebih sulit mengalirkan air dengan lancar pada musim penghujan karena kedua jenis tanah ini sama-sama tidak bisa menampung air atau menyerap air dalam jumlah banyak ketika musim penghujan disebabkan oleh pori-pori yang halus dan tidak kasar. Jenis tanah ultisol dan inceptisol memiliki skor masing-masing 9 dan 7.

Kemiringan Lereng

Kelurahan Berua memiliki 2 jenis kelompok kemiringan lereng yaitu 0-2% dan 2-5%. Kemiringan lereng 2-5% mendominasi wilayah di Kelurahan Berua dengan luas 218 hektar atau sekitar 75% dari total wilayah dan sisanya hanya 74 hektar. Berdasarkan hal tersebut maka disimpulkan bahwa Kelurahan Berua memiliki topografi (kemiringan lereng) yang cukup datar atau landai sehingga air akan sangat mudah menggenangi wilayah ini. Maka dari itu, skor kemiringan lereng untuk Kelurahan Berua masing-masing yaitu 9 dan 7.

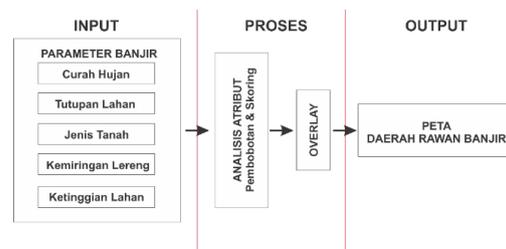
Ketinggian Lahan (Elevasi)

Kelurahan Berua memiliki ketinggian lahan beragam yaitu 0-2 m, 2-5 m, 5-10 m, dan 10-20 m. Ketinggian lahan 5-10 m yang mendominasi wilayah ini dengan luas mencapai 86 hektar dan elevasi 0-2 m dengan luas 73 hektar. Berdasarkan hal tersebut maka Kelurahan Berua berada pada lahan datar karena berada pada kelas elevasi 0-12,5 mdpl. Hal ini menyebabkan Kelurahan Berua akan lebih mudah terkena bencana banjir karena sifat air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dengan begitu skor untuk ketinggian lahan di Kelurahan Berua masing-masing yaitu 9 dan 7.

Analisis Daerah Rawan Banjir

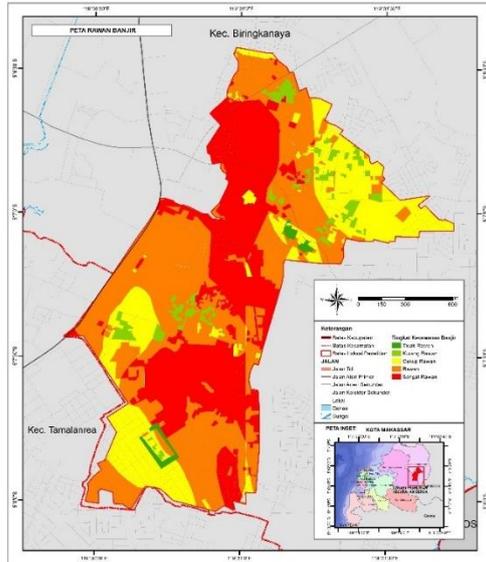
Daerah rawan banjir merupakan daerah yang sewaktu-waktu dapat terjadi banjir atau memiliki kemungkinan akan terjadi banjir. Analisis daerah rawan banjir dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah yang rawan terhadap bencana banjir dengan tujuan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan baik dari segi fisik maupun non-fisik.

Tingkat kerawanan banjir dapat ditentukan berdasarkan parameter atau faktor-faktor penyebab bencana banjir. Adapun diagram proses analisis daerah rawan banjir dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram Proses Analisis Daerah Rawan Banjir

Adapun hasil analisis daerah rawan banjir di Kelurahan Berua dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Peta Rawan Banjir di Kelurahan Berua

Berdasarkan hasil analisis *overlay* tersebut, Kelurahan Berua masuk dalam kawasan rawan banjir dengan cakupan luas mencapai 124 hektar atau 43% dari luas wilayah. Kemudian daerah sangat rawan dan cukup rawan memiliki luas 90 hektar dan 63 hektar atau 31% dan 22% dari total luas wilayah di Kelurahan Berua.

Analisis Curah Hujan

Perhitungan statistik berdasarkan curah hujan maksimum harian di Kelurahan Berua dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

Jumlah data rerata

$$\bar{X} = \frac{8304}{10}$$

$$\bar{X} = 830.4$$

Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{190030.4}{9}}$$

$$S = 145.31$$

Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{145.31}{830.4}$$

$$Cv = 0.175$$

Koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{10(-27705975.12)}{(10 - 1)(10 - 2)(145.31)^3}$$

$$Cs = -1.254$$

Koefisien curtosis (Ck)

$$Ck = \frac{10^2(190030.4)}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3)(145.31)^4}$$

$$Ck = 0.0122$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka metode frekuensi curah hujan atau distribusi yang dapat digunakan yaitu metode log pearson III karena nilai dari koefisien variasi, *skewness*, dan *curtosis* tidak sesuai dengan metode lainnya.

Metode perhitungan log pearson III hanya perlu diubah ke dalam bentuk logaritma. Berikut perhitungan dengan menggunakan metode log pearson III untuk mendapatkan periode ulang T dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan dengan Periode T

T	Log \bar{X}	G	K	s	Log X_T	X_T	X_T
2	2.91	-	0.017	0.086	2.911462	815.5714	816
5	2.91	0.1478	0.846	0.086	2.982756	961.0722	961
10	2.91	0.1478	1.27	0.086	3.01922	1045.25	1045
25	2.91	0.1478	1.716	0.086	3.057576	1141.763	1142
50	2.91	0.1478	2	0.086	3.082	1207.814	1208

Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan dengan menggunakan rumus mononobe yang bersumber dari data hujan harian dengan asumsi curah hujan distribusi 24 jam. Perhitungan ini digunakan guna mendapatkan periode ulang T pada wilayah penelitian. Berikut intensitas hujan berdasarkan tahun dengan periode ulang 2 tahun.

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

$$I = \frac{816}{24} \left(\frac{24}{6} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 85.67 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan koefisien aliran di penelitian ini menggunakan pendekatan berdasarkan tutupan lahan yang ada di wilayah penelitian. Adapun total koefisien aliran yakni:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$C = \frac{1628787}{2908902}$$

$$C = 0.56$$

Koefisien aliran total di Kelurahan Berua sebesar 0,56 atau 56% dari total hujan yang jatuh. Berikut perhitungan debit limpasan permukaan atau curah hujan di Kelurahan Berua.

Diketahui:

- C : 0.56
- I : 85.67 mm/jam (Periode Ulang 2 tahun)
- A : 2.91 km²

$$Q_p = 0.278 C I A$$

$$Q_p = 0.278 \times 0.56 \times 85.67 \times 2.91$$

$$Q_p = 38.81 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan debit permukaan limpasan tersebut diketahui bahwa selama tahun 2011-2020, debit limpasan permukaan di Kelurahan Berua yaitu sebesar 38.81 m³/detik.

Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan dilakukan untuk mengetahui kapasitas dari saluran drainase. Debit banjir rancangan dapat dihitung dengan menjumlahkan debit curah hujan (Qch) dan debit air kotor (Qak). Debit banjir rancangan tertinggi pada saluran drainase di Kelurahan Berua yaitu saluran Bumi Berua Indah 2 yang mencapai 51 m³/detik dan yang terendah pada saluran Al Marhamah yang hanya sebesar 1,69 m³/detik.

Debit Saluran Drainase

Debit saluran drainase merupakan volume air yang ada di dalam saluran drainase. Debit saluran drainase dapat dihitung dengan menggunakan luas penampang drainase dan kecepatan aliran rata-rata yang didapatkan dengan menggunakan persamaan Manning. Debit saluran drainase tertinggi di Kelurahan Berua yaitu berada pada saluran Jl. Perintis Kanan 3 dengan nilai sebesar 110 m³/detik dan yang terendah berada pada saluran Perumahan Depag 1 yang hanya sebesar 0.12 m³/detik.

Daya Tampung Saluran Drainase

Daya tampung saluran drainase merupakan debit puncak yang didapatkan dari perbandingan debit saluran drainase dan debit banjir rancangan. Jika nilai debit banjir rancangan lebih besar daripada nilai debit saluran drainase, maka saluran drainase tersebut akan mengalami luapan.

Dari hasil perhitungan ditemukan bahwa hanya terdapat 17 saluran yang masih mampu

menampung debit air ketika musim penghujan dan ada 25 saluran yang sudah tidak mampu menampung debit air. Dengan demikian, bisa dikatakan bahwa mayoritas saluran drainase baik dari perumahan dan permukiman ataupun saluran lain sudah tidak dapat menampung debit air.

Arahan Mitigasi Banjir di Perumahan dan Permukiman

Untuk mencegah terjadinya banjir di kawasan perumahan atau permukiman maka perlu dilakukan perbaikan saluran drainase. Perbaikan drainase sendiri perlu disesuaikan dengan standar lebar, kedalaman, dan bahan drainase sesuai dengan debit air yang akan diwadahi atau debit banjir rancangan agar saluran drainase menjadi lebih optimal dan tidak terjadi luapan. Berikut arahan perbaikan drainase untuk lebar, kedalaman, dan jenis bahan yang disesuaikan dengan debit banjir rancangan di tiap-tiap drainase di Kelurahan Berua yang dapat dilihat pada tabel 4.

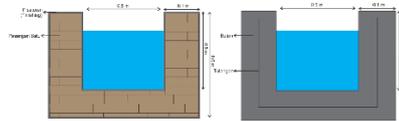
Tabel 4. Arahan Perbaikan Drainase di Kelurahan Berua

No	Saluran	Debit Banjir Rancangan (Qr)	Setelah (Arahan)		
			(Lebar (Tinggi)) (m)	Bahan	Debit Saluran Drainase (Qs)
1	Al Marhamah	1.69	0.5 (0.5)	Pasangan Batu (Finishing)	1.81
2	Azzahra Green Land	2.50	0.6 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	2.67
3	Berua Raya	12.52	0.8 (1.5)	Pasangan Batu (Finishing)	13.59
4	Berua Raya 2	4.25	0.5 (0.5)	Pasangan Batu (Finishing)	6.57
5	Bukit Delta Mas	4.19	0.5 (0.6)	Pasangan Batu (Finishing)	4.95
6	Bukit Khatulistiwa 1	6.00	0.7 (0.65)	Pasangan Batu (Finishing)	9.22
7	Bukit Khatulistiwa 2	4.69	0.72 (0.69)	Pasangan Batu (Finishing)	6.69
8	Bukit Khatulistiwa 3	6.57	0.65 (0.9)	Pasangan Batu (Finishing)	6.79
9	Bumi Berua Indah 1	4.00	0.7 (0.9)	Pasangan Batu (Finishing)	4.35
10	Bumi Berua Indah 2	51.15	1 (1.2)	Pasangan Batu (Finishing)	52.94
11	Bumi Berua Indah 3	27.55	1 (1)	Pasangan Batu (Finishing)	28.45
12	Daya Permai	3.80	0.5 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	4.24
13	Gerizim Land 1	1.70	0.37 (0.57)	Pasangan Batu (Finishing)	2.76
14	Griya Daya Permai	4.50	0.5 (0.6)	Pasangan Batu (Finishing)	4.59

No	Saluran	Debit Banjir Rancangan (Qr)	Setelah (Arahan)		
			(Lebar (Tinggi)) (m)	Bahan	Debit Saluran Drainase (Qs)
15	Griya Intan Lestari	5.88	0.7 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	6.27
16	Jl. Berua Raya Kanan	2.48	0.45 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	5.43
17	Jl. Berua Raya Kiri	2.49	0.64 (0.85)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	9.92
18	Jl. Lanraki 1	4.92	0.6 (0.6)	Beton	5.23
19	Jl. Lanraki 2	3.81	0.6 (0.65)	Beton	3.92
20	Jl. Nur Aqsa Kanan	1.92	0.6 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	8.85
21	Jl. Nur Aqsa Kiri	3.48	0.55 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	6.52
22	Jl. Paccerrakkan g Kanan 1	1.92	1.1 (1.5)	Beton	38.57
23	Jl. Paccerrakkan g Kanan 2	2.15	0.55 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	7.57
24	Jl. Paccerrakkan g Kiri 1	2.18	1.2 (1.5)	Beton	47.30
25	Jl. Paccerrakkan g Kiri 2	2.07	0.65 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	9.50
26	Jl. Pajjaiyang Kanan	2.14	0.55 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	7.32
27	Jl. Pajjaiyang Kiri	2.09	0.55 (0.8)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	7.24
28	Jl. Perintis Kanan 1	25.21	1.2/0.6 (1.4)	Pasangan Batu/Dasar Tanah	95.86
29	Jl. Perintis Kanan 2	2.14	0.5 (0.6)	Beton	5.39
30	Jl. Perintis Kanan 3	4.01	2.1	Beton	110.22
31	Jl. Perintis Kiri 1	2.09	0.8	Beton	5.35
32	Jl. Sikamaseang	12.41	0.8 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	14.30
33	Jl. Telkomas 1	4.08	0.9 (0.9)	Pasangan Batu (Finishing)	8.93
34	Jl. Telkomas 2	5.72	1.05 (0.9)	Pasangan Batu (Finishing)	13.71
35	Khanaya Residence	1.81	0.6 (0.7)	Pasangan Batu (Finishing)	2.11
36	Paccerrakkan g Permai 1	34.64	0.8 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	34.71
37	Paccerrakkan g Permai 2	2.35	0.6 (0.6)	Pasangan Batu (Finishing)	2.91
38	Pajjaiyang	10.91	1 (1)	Pasangan Batu (Finishing)	12.45
39	Pajjaiyang 2	3.66	0.5 (0.6)	Pasangan Batu (Finishing)	4.46
40	Perumahan Depag 1	5.44	0.8 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	6.01
41	Perumahan Depag 2	3.42	0.8 (0.8)	Pasangan Batu (Finishing)	4.48
42	Telkomas	13.77	1.15 (1.5)	Pasangan Batu (Finishing)	14.07

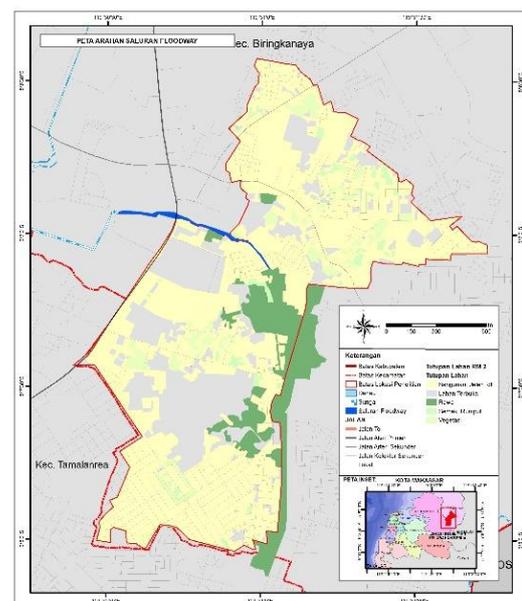
Ket: ■ Drainase yang tidak memiliki daya tampung tercukupi.

Adapun contoh desain saluran drainase yang dapat digunakan dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



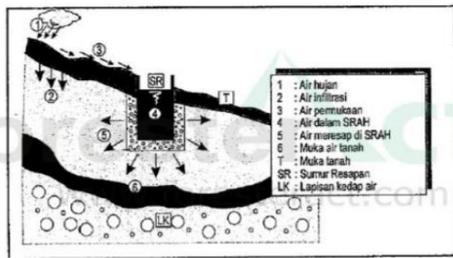
Gambar 3. Contoh Desain Drainase dengan Bahan Batu Bata dan Beton

Saluran *floodway* merupakan salah satu cara lain dalam melakukan pengendalian aliran air. Tidak adanya badan air di wilayah ini juga menjadi salah satu alasan diperlukannya pembuatan *floodway*. Tujuan saluran *floodway* juga sesuai dengan prinsip mitigasi banjir di permukiman yaitu "Mengalihkan Aliran Banjir". Maka dari itu, pembuatan saluran *floodway* dianggap perlu untuk dilakukan sehingga dapat mengurangi bencana banjir yang ada di Kelurahan Berua. Selain itu, dalam mengoptimalkan fungsi dari saluran ini maka perlu dilengkapi dengan pembuatan alat penyaring sampah (*trash rack*) pada ujung saluran dan juga dilengkapi dengan tanggul penahan (*floodblock barrier*) pada setiap tepi saluran. Hal ini dapat menghalangi terjadinya penumpukan sampah dan juga terjadinya luapan. Adapun titik lokasi perencanaan saluran *floodway* di Kelurahan Berua dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Peta Arahan Saluran *Floodway*

Sumur resapan adalah sebuah teknologi sederhana yang berfungsi untuk menampung air di bawah tanah sekaligus untuk mengkonservasi air tanah sehingga dapat mengurangi akumulasi pencemaran air tanah akibat limpasan hujan. Pembuatan sumur resapan dapat dibedakan berdasarkan jenis konstruksinya yaitu sumur resapan individu ataupun komunal. Pembuatan sumur resapan perlu memperhatikan persyaratan teknis yang sesuai dengan SNI 8456-2017. Berikut sketsa atau ilustrasi sumur resapan.



Gambar 5. Sketsa/illustrasi Sumur Resapan
Sumber: Felix & Gregorius, 2020

Dalam penentuan jumlah sumur resapan perlu dilakukan perhitungan dengan mencari intensitas hujan (I) dan debit limpasan permukaan (Q) terlebih dahulu. Kemudian, nilai tersebut dimasukkan pada persamaan kedalaman sumur resapan (H). Berikut perhitungan jumlah kebutuhan sumur dengan asumsi sumur berdiameter 1 meter, kedalaman 9 meter, dan berdinding porus.

Diketahui:

- Q : 38.81 m³/detik = 2328.6 m³/jam
- K : 3,6 – 36 cm/jam (Jenis tanah pasir halus, permeabilitas cepat)
- ω : 5 (Sumur berdinding porus)
- R : 1 meter

$$H = \frac{Q}{\omega \pi R K} = \frac{2328.6}{5 \times 3.14 \times 1 \times 0.036} = 4120 \text{ m}$$

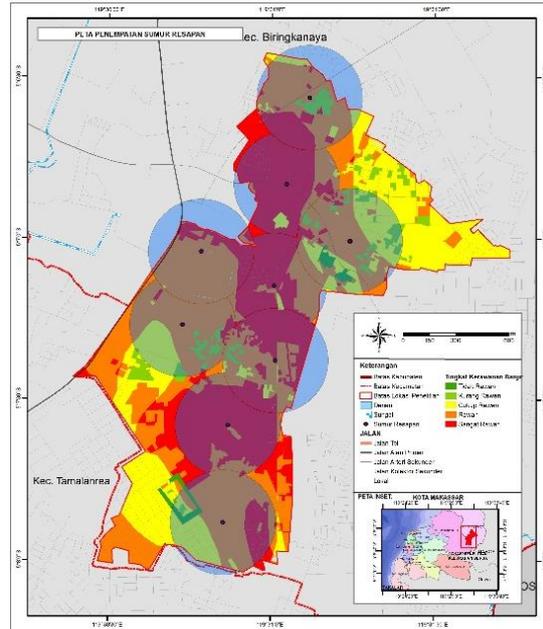
Sehingga dapat dibuat 458 buah sumur resapan dengan kedalaman 9 meter dan diameter 1 meter (458 x 9 = 4122 > 4120). Selain itu, penempatan sumur resapan akan disesuaikan terhadap zonasi rawan banjir yaitu pada zona sangat rawan dan rawan banjir dengan penempatan dibagi menjadi beberapa lahan dan memiliki radius 300 meter tiap lahan. Sedangkan untuk penempatan sumur resapan dalam suatu lahan akan mengikuti standar dari SNI 8456-2017, dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Jarak Minimum Sumur dan Parit Resapan Air Terhadap Bangunan

No	Jenis Bangunan	Sumur Resapan (m)	Parit Resapan (m)
1	Pondasi bangunan, tangki septik	1	1
2	Bidang resapan/sumur resapan, tangki septik	5	5
3	Sumur resapan hujan/sumur air bersih	3	-

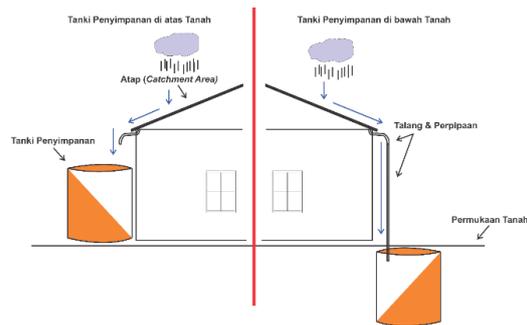
Sumber: SNI 8456-2017

Peta titik lokasi sumur serapan dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Peta Penempatan Sumur Serapan

Konsep *rainwater harvesting* dalam penelitian ini digunakan sebagai salah satu strategi untuk mengurangi debit air atau limpasan yang dapat menyebabkan banjir. Konsep ini dapat diterapkan di wilayah penelitian karena proses penerapan yang cukup mudah dan fleksibel sehingga dapat membantu mengurangi debit banjir di wilayah yang memiliki lahan terbatas terlebih lagi wilayah penelitian yang hampir seluruh tutupan lahannya yaitu permukiman. Konsep *rainwater harvesting* yang digunakan yaitu konsep skala individu dengan menggunakan atap bangunan di tiap rumah atau *rooftop rainwater harvesting*. Adapun skema atau ilustrasi dari *rooftop rainwater harvesting* dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Skema/Illustrasi Konsep *Rainwater Harvesting*

Mitigasi Non-Struktural

Pembuatan kelompok rawan bencana bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada masyarakat dalam penguatan kapasitas mereka ketika menghadapi bencana banjir. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan penyuluhan atau sosialisasi kepada masyarakat terkait hal-hal yang dianggap perlu untuk dilakukan ketika terjadi bencana banjir. Kemudian kelompok ini yang akan mengorganisir masyarakat untuk mengantisipasi bencana banjir sehingga tercipta kesiapsiagaan diantara masyarakat.

Salah satu contoh kelompok rawan bencana yaitu dengan kegiatan rencana penanggulangan bencana (RPB) melalui rencana aksi komunitas (RAK). RAK bertujuan untuk melakukan segala upaya dengan mengurangi risiko bencana baik melalui pembangunan sarana prasarana ataupun pengembangan wawasan, peningkatan kesadaran dan mental masyarakat terhadap bencana sehingga dapat terwujud masyarakat tangguh bencana.

Salah satu bentuk kesiapsiagaan yaitu dengan menyediakan sistem peringatan bencana seperti rambu-rambu. Rambu petunjuk bencana bertujuan untuk menjelaskan dan memberi petunjuk atau peringatan kepada setiap orang terhadap lokasi bencana. Lokasi peletakan rambu-rambu sebaiknya diletakkan pada jalur evakuasi atau titik-titik strategis yang dapat dilihat oleh semua masyarakat. Adapun contoh rambu-rambu bencana dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Contoh Rambu-Rambu Peringatan Bencana
Sumber: *siagabencana.com*

Sementara itu, sesuai dengan prinsip mitigasi bencana banjir maka setiap masyarakat perlu menghindari kawasan rawan banjir ketika terjadi banjir baik itu dengan penentuan titik evakuasi maupun lokasi penampungan sementara ketika terjadi banjir (Permen Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 10 Tahun 2014).

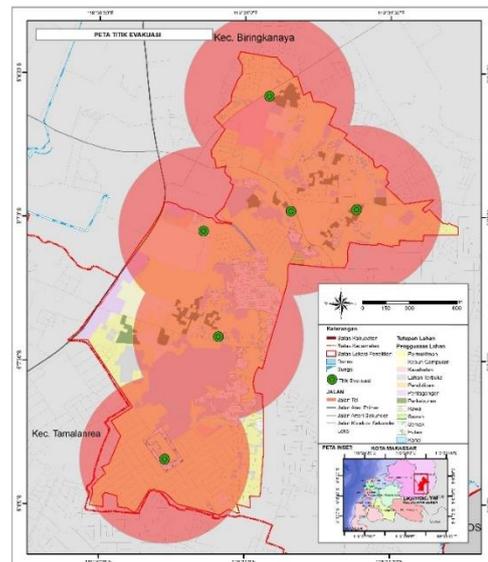
Penempatan titik evakuasi diletakkan pada tempat yang aman dari daerah rawan banjir dan memiliki jalur akses menuju ke tempat yang lebih aman. Kriteria lokasi evakuasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Kriteria Lokasi Evakuasi

Kriteria	Penilaian
Bencana Banjir	Bukan berada pada daerah rawan banjir
Jalan	Semakin dekat dengan akses jalan maka semakin baik
Permukiman	Semakin dekat dengan wilayah permukiman maka semakin baik
Jarak DAS	Semakin jauh dari aliran sungai maka semakin baik
Tata Guna Lahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terletak pada lahan terbuka/lapangan 2. Terletak pada bangunan milik pemerintah (Kantor Kelurahan, Kecamatan, dll.) 3. Terletak pada bangunan publik seperti sekolah atau tempat keagamaan

Sumber: *Batu & Charitas, 2017*

Berdasarkan kriteria tersebut, maka tempat evakuasi di Kelurahan Berua dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Peta Titik Evakuasi

Radius pencapaian titik evakuasi yaitu dengan menentukan jarak aman bagi penduduk yang mempertimbangkan kelompok rentan. Radius pencapaian yang digunakan yaitu 541m mengacu pada *Institute of Fire Safety and Disaster*

Preparedness Japan dengan pertimbangan usia rentan. Dari hasil perkalian kecepatan evakuasi (0,751 m/detik untuk kecepatan berjalan lansia) dan Waktu proses evakuasi (12 menit/720 detik) maka didapatkan bahwa jarak dari tempat evakuasi yaitu 541 m.

Dari beberapa aspek dan kriteria tersebut, penempatan titik pada peta di atas sudah bisa dikatakan sesuai karena terletak pada lahan kosong/sekolah, dekat dari permukiman, tidak jauh dari jalan, dan hampir mencakup seluruh wilayah di Kelurahan Berua.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap parameter banjir, maka didapatkan bahwa daerah yang sangat rawan dan rawan banjir di Kelurahan Berua memiliki luas wilayah terbesar yaitu 31% dan 43% dari total wilayah di kelurahan ini. Adapun hasil dari debit limpasan permukaan di Kelurahan Berua yaitu sebesar 38.81 m³/detik. Sedangkan, perhitungan daya tampung drainase didapatkan dari perbandingan debit banjir rancangan dan debit saluran drainase yang menunjukkan bahwa terdapat 25 saluran drainase di Kelurahan Berua yang tidak mampu menampung debit air ketika musim penghujan sehingga perlu dilakukan perbaikan agar tidak terjadi luapan dari saluran. Sementara itu, arahan mitigasi bencana banjir di Kelurahan Berua terbagi menjadi dua yaitu mitigasi struktural dan non-struktural. Mitigasi struktural yaitu perbaikan (normalisasi) dan penambahan drainase, pembuatan *floodway*, pembuatan sumur resapan, serta penggunaan konsep *rainwater harvesting*. Untuk mitigasi non-struktural yaitu dengan pembuatan kelompok rawan bencana (seperti RAK) dan penentuan titik evakuasi yang didasarkan pada beberapa kriteria yaitu zona rawan banjir, jarak dari jalan, jarak dari permukiman, jarak dari DAS, dan tata guna lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Usmansa dan Jumardin Z. (2019). *Pengaruh Pemanfaatan Lahan Terhadap Debit Banjir DAS Maros*. Skripsi. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Allawiyah, Mutia. (2019). "Rambu-rambu Penyelamat Diri", <http://www.siaqabencana.com/kesiapisaqaan-bencana/post/rambu-rambu-penyelamat-diri>, diakses pada 9 September 2021.
- Andana, Bayu, dkk. (2016). *Evaluasi Daya Tampung Sistem Drainase di Kecamatan Banjarmasin Selatan*. Jurnal Pendidikan Geografi Volume 3 Nomor 4,

Juli 2016. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.

- Batu, dkk. (2017). *Analisis Penentuan Lokasi Evakuasi Bencana Banjir dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dan Metode Simple Additive Weighting (Studi Kasus: Kota Surakarta)*. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) Vol 4 No. 2. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Felix, Lionel, dkk. (2020). *Simulasi Sumur Resapan Berdasarkan Analisis Perbandingan Ketinggian Banjir Pada Daerah Kirana Avenue Kelapa Gading*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil Vol. 3 No. 3 Agustus 2020. Jakarta: Universitas Tarumanagara.
- Halimah, Nasivatun. (2016). *Pemetaan Daerah Rawan Banjir Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografi Berbasis Web di Kota Samarinda*. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Irawan, Rahmat. (2017). *Kajian Penataan Sistem Drainase Perkotaan Berdasarkan Rencana Pola Ruang (Studi Kasus: Kecamatan Praya, Kabupaten Lombok Tengah)*. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Juliana, Imroatul C., dkk. (2019). *Dasar-Dasar Penerapan Sistem Rainwater Harvesting (RWH)*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Lestari, Utami. (2016). *Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio)*. Jurnal Poros Teknik Volume 8 Nomor 2, Desember 2016. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 14 Tahun 2010 tentang *Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang*.
- Peraturan Menteri Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2014 tentang *Pedoman Mitigasi Bencana Alam Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman*.
- Rahayu, Harkunti P. (2009). *Banjir dan Upaya penanggulangannya*. Bandung: Promise Indonesia.
- Rahmadini, Nurul. (2020). *Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Gempa Sesar Lembang*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2017). *Sumur dan Parit Resapan Air Hujan*. SNI 8456-2017.
- Suputra, I Ketut. (2017). *Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Data Curah Hujan Stasiun Curah Hujan di Kota Denpasar*. Skripsi. Denpasar: Universitas Udayana.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 tentang *Perumahan dan Kawasan Permukiman*.