



Strategi Terpadu: Mengurangi Banjir Melalui Sumur Resapan dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C)

Integrated Strategy: Reducing Flooding Through Infiltration Wells and Geographic Information Systems (Case Study: BCA Land Housing Phase 1 Block C)

TRI HAYATINING PAMUNGKAS*, I KETUT MERTA KUSUMA DANA, I KETUT SORIARTA, I MADE KARIYANA, NI KADEK ASTARIANI

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai
Jalan Kampus Ngurah Rai Nomor 30, Penatih, Kecamatan Denpasar Timur, Denpasar, Bali, Kode Pos 80238, Indonesia
*tri.hayatining@unr.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 October 2023
Accepted 18 January 2024
Published 31 January 2024

Keywords:

Flood
Infiltration Wells
Optimization
Reduction

ABSTRACT

One of the residential areas is located in Banjar Koripan Kaja, Abian Tuwung Village, Kediri District, Tabanan Regency, namely BCA Land Housing Phase 1 Block C. During the high-intensity rainy season, this area often experiences floods. To overcome this, handling efforts can be carried out with the aim of increasing water infiltration into the ground through the creation of infiltration wells. The infiltration well analysis method is planned following SNI-03-2453-2002 and the Geographic Information System (GIS). The analysis of infiltration wells in BCA Land Housing Phase 1 Block C showed the ability to reduce flood discharge for the 5 years by 0.61% and reduce runoff volume by 0.59%. Infiltration wells in the surrounding area were able to reduce flood discharge for the 5 years by 78.56% and reduce runoff volume by 75.67%. The following GIS analysis showed the efficiency of reducing flood discharge in BCA Land Housing Phase 1 Block C by 0.65% and reducing flood volume by 0.63%. Based on the land area around the housing, it can be seen that the efficiency of reducing flood discharge by 81.22% and the efficiency of reducing flood volume by 78.23%. The results showed that the application of infiltration wells in BCA Land Housing Phase 1 Block C was not effective in reducing flood volume and discharge and contributed to preserving the surrounding environment. However, it can be categorized as effective if infiltration wells can be applied to the surrounding area (Penet Sub Watershed).

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 26 Oktober 2023
Disetujui 18 Januari 2024
Diterbitkan 31 Januari 2024

Kata kunci:

Banjir
Optimasi
Reduksi
Sumur Resapan

ABSTRAK

Salah satu kawasan perumahan terletak di Banjar Koripan Kaja, Desa Abian Tuwung, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan, yakni Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C. Saat musim hujan dengan intensitas tinggi, kawasan ini sering mengalami banjir. Untuk mengatasi hal ini, upaya penanganan dapat dilakukan dengan tujuan dapat meningkatkan resapan air ke dalam tanah melalui pembuatan sumur resapan. Metode analisis sumur resapan direncanakan sesuai dengan SNI-03-2453-2002 dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis sumur resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C menunjukkan kemampuan mereduksi debit banjir periode ulang 5 tahun sebesar 0,61% dan mengurangi volume limpasan sebesar 0,59%. Sumur resapan di daerah sekitar mampu mengurangi debit banjir periode ulang 5 tahun sebesar 78,56% dan mengurangi volume limpasan sebesar 75,67%. Analisis berikutnya dengan menggunakan SIG menunjukkan efisiensi penurunan debit banjir pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C sebesar 0,65% dan efisiensi penurunan volume banjir sebesar 0,63%. Berdasarkan luas lahan sekitar perumahan tersebut, terlihat efisiensi penurunan debit banjir sebesar 81,22% dan efisiensi penurunan volume banjir sebesar 78,23%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sumur resapan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C tidak efektif dalam mereduksi volume dan debit banjir serta memberikan kontribusi dalam melestarikan lingkungan sekitar. Namun, dapat dikategorikan efektif jika sumur resapan dapat diterapkan pada daerah sekitar (Sub DAS Penet).

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Tabanan sebagai kabupaten terluas kedua di Bali, memiliki potensi yang besar untuk berkembang. Kecamatan Kediri yang berada di Kabupaten Tabanan mempunyai luas 839,33 km² yang terdiri dari 133 desa, salah satunya adalah Desa Abian Tuwung dengan jumlah penduduk 11.595 jiwa (BPS, 2022), dengan jenis tanah latosol coklat kekuningan (Fauzi et al., 2021). Meningkatnya bangunan permukiman khususnya kawasan perumahan di Desa Abian Tuwung berdampak terhadap berkurangnya lahan hijau akibat dari alih fungsi lahan yang kurang terkendali serta kemampuan fungsi dari saluran drainase yang terbatas. Perubahan ini menyebabkan hujan yang tidak terserap melalui proses infiltrasi melainkan mengalir langsung ke tempat yang lebih rendah. Dari kondisi seperti ini maka air hujan akan dengan cepat menjadi limpasan (Rosyidie, 2013). Salah satu kawasan permukiman/perumahan yang terletak di Banjar Koripan Kaja, Desa Abian Tuwung, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan yaitu Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C yang terletak antara 8°32'53,56" s/d 8°32'57,75" LS dan antara 115°08'49,32" s/d 115°08'51,52" BT, yang pada saat musim hujan dengan intensitas tinggi sering terjadi banjir. Permasalahan lingkungan, utamanya yang terkait dengan banjir dapat diatasi atau diantisipasi dengan cara pengelolaan aliran limpasan yang benar. Adapun pengelolaan aliran limpasan dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti evaluasi saluran drainase, *retention basin* (kolam penampungan), bendungan, lubang biopori serta sumur resapan. Dari beberapa cara tersebut sumur resapan merupakan salah satu cara yang cukup efektif dalam mereduksi debit dan volume aliran limpasan serta memperkecil resiko erosi dan terjadinya banjir. Berdasarkan hasil penelitian Nurzanah (2021) dan hasil penelitian Furqani et al. (2021) pembuatan sumur resapan mampu mereduksi debit dan volume banjir.

Pada umumnya upaya untuk mengatasi banjir sudah dari lama dilakukan oleh pemerintah maupun masyarakat dan pihak swasta. Salah satu cara yang cukup efektif untuk optimasi pengurangan banjir adalah melakukan pemanenan air hujan dengan penerapan lubang atau sumur resapan di permukaan tanah atau di pekarangan rumah (Silvia & Safriani, 2018). Sumur resapan memiliki fungsi yaitu sebagai lubang tampungan dan peresapan air hujan untuk mengembalikan atau menjaga cadangan air tanah agar tidak terjadi penurunan muka tanah serta mereduksi limpasan banjir (Pamungkas, Erlangga, et al., 2023; Pamungkas, Yekti, et al., 2023; Rofil & Maryono, 2017). Untuk melakukan analisis sumur resapan diperlukan data curah hujan yang didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida (BWS Bali-Penida), kontur tanah, jenis tanah, data permeabilitas tanah, serta tutupan lahan. Terkait kontur, kondisi lahan, dan tutupan lahan maka dapat digunakan data *remote sensing* (penginderaan jauh) dan dapat ditampilkan dengan baik melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan aplikasi ArcGIS dan *Global Mapper* (Tujni, 2013). Dengan memanfaatkan SIG maka dapat dibuat peta tutupan lahan

yang nantinya akan digunakan dalam analisis hidrologi dan sumur resapan.

Berdasarkan permasalahan lingkungan yang sudah dipaparkan dan keberhasilan sumur resapan pada penelitian sebelumnya yang dinilai cukup efektif diaplikasikan pada lahan pekarangan dan perumahan (Azizah, 2017; Januriyadi et al., 2019; Nurzanah, 2021; Pratama et al., 2014), serta penekanan pada penggunaan metode penginderaan jauh yang dapat ditampilkan dengan baik melalui SIG, maka perlu dilakukan perencanaan sumur resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C berbasis SIG. Tujuannya untuk mengoptimalkan efektivitas sumur resapan dalam mengurangi banjir di kawasan tersebut. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi institusi daerah setempat dalam mengatasi masalah banjir, serta memberikan informasi yang lebih luas dan memperluas pengetahuan dalam mengatasi banjir menggunakan sumur resapan dan juga mengenai dampak negatif yang ditimbulkan oleh banjir terhadap lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini setelah perencanaan sumur resapan yaitu dapat mengetahui sejauh mana sumur resapan dapat mengurangi debit dan volume banjir di lingkungan sekitar perumahan yang mempengaruhi aliran banjir maupun di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C itu sendiri, dengan merujuk pada standar SNI-03-2453-2002. Selain hal tersebut, tujuan yang akan dicapai lainnya adalah mengetahui pemetaan perencanaan sumur resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C.

2. METODE

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2023 yang dilaksanakan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C yang terletak pada koordinat 8°32'57" LS dan 115°08'50" BT di Banjar Koripan Kaja, Desa Abian Tuwung, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan. Terkait lokasi penelitian secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Sebelum penelitian terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data. Data primer didapatkan dengan cara pengamatan di lokasi penelitian, pengambilan dokumentasi dan melakukan wawancara untuk memperoleh informasi yang lebih akurat terkait terjadinya banjir di lokasi penelitian. Untuk data sekunder didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, *website* Tata Ruang Provinsi Bali, *website Indonesian Geospatial Portal* dan jurnal terkait penelitian terdahulu. Adapun tahap analisis yang dilakukan setelah data terkumpul diawali dengan analisis data curah hujan 10 tahun terakhir dari tahun 2012-2022 yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. Analisis ini terdiri dari uji kepenggahan data dengan metode *Rescaled Adjusted Pastial Sum* (RAPS), curah hujan wilayah dengan poligon *Thiessen*, penentuan jenis

distribusi berdasarkan syarat-syarat batas (Triatmodjo, 2008), dan uji kecocokan distribusi dengan metode *Smirnov Kolmogorov* dan *Chi Kuadrat* (Febriani, 2012), serta analisis intensitas curah hujan dengan metode *Sherman*.

$$t_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- t_c = waktu (menit)
- L = panjang lereng (m)
- S = kemiringan lereng (m)

Setelah mendapatkan data debit banjir rancangan maka dapat dilakukan analisis sumur resapan (Pamungkas *et al.*, 2022). Sebelum melakukan analisis sumur resapan maka terlebih dahulu dilakukan deliniasi DAS Penet dengan menggunakan aplikasi *Global Mapper* untuk mendapatkan sub DAS dan pola aliran air pada saat hujan. Dengan menggunakan *Digital Elevation Model (DEM)* berupa aplikasi *Global Mapper* untuk analisis limpasan permukaan di mana hasil analisis aplikasi ini memiliki ketelitian yang baik dalam menentukan kelerengan lahan, panjang dan arah aliran, akumulasi aliran air, dan daerah pengaliran (Sobatnu, 2014). Data hasil deliniasi ini akan diolah ke aplikasi *ArcGIS* untuk membuat peta tutupan lahan sebagai acuan untuk perhitungan dan penentuan letak sumur resapan pada lokasi penelitian. Ada dua metode untuk merancang sumur resapan yaitu metode Sunjoto dan SNI-03-2453-2002, dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Prasojo dan Astuti (2015) metode SNI memiliki rata-rata efektivitas sumur resapan lebih dibandingkan metode Sunjoto. Oleh karena itu, dipilih analisis sumur resapan mengacu pada SNI-03-2453-2002, berikut tata cara perhitungan sumur resapan:

- Perhitungan volume andil banjir dengan persamaan 3.

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{tadiah} \cdot A_{tadiah} \cdot R \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- V_{ab} = volume andil banjir yang akan ditampung oleh sumur resapan (m³)
- C_{tadiah} = koefisien limpasan dari bidang tadah (tanpa satuan)
- A_{tadiah} = luas dari bidang tadah (m²)
- R = tinggi hujan harian rata-rata (L/m²/hari)

- Perhitungan volume air hujan yang meresap pada sumur resapan dengan persamaan 4.

$$V_{rsp} = \frac{t_c}{R} \cdot A_{total} \cdot K \dots\dots\dots(4)$$

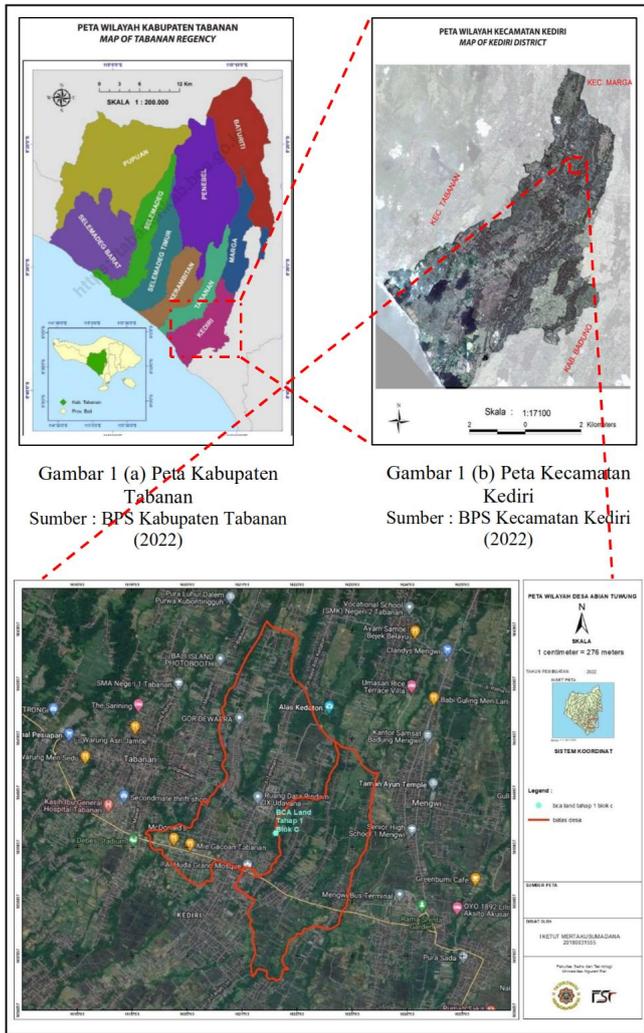
Dimana:

- V_{rsp} = volume air hujan yang meresap pada sumur resapan (m³)
- t_c = durasi hujan efektif (jam) = $\frac{0,9 \cdot R^{0,92}}{60}$ (jam)
- A_{total} = luas dinding sumur resapan + luas alas sumur resapan (m²)
- K = koefisien permeabilitas tanah (m/hari)

Jika digunakan dinding sumur resapan kedap air maka nilai $K_v = K_{lv}$ dan jika digunakan dinding sumur resapan tidak kedap air maka nilai K dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$K_{rata-rata} = \frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{total}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Selanjutnya, analisis debit banjir rancangan. Menurut Suripin (2004), untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak metode yang dipakai untuk analisis debit banjir rancangan adalah metode Rasional USSCS (1974) dengan persamaan 1.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- Q = debit banjir (m³/detik)
- C = koefisien limpasan (untuk koefisien limpasan ditentukan berdasarkan karakteristik lahan atau permukaan)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (km²)
- 0,278 = faktor konversi

Sebelum menghitung debit banjir rancangan maka terlebih dahulu dihitung waktu konsentrasi/lama waktu pengaliran. Perhitungan ini mengacu pada SNI 2415:2016 menggunakan rumus Kirpich (1940) dengan persamaan 2.

- $K_{rata-rata}$ = koefisien permeabilitas tanah rata-rata (m/hari)
- K_v = koefisien permeabilitas tanah pada dinding sumur resapan (m/hari) = $2.K_h$
- K_h = koefisien permeabilitas tanah pada alas sumur resapan (m/hari)
- A_h = luas alas sumur resapan dengan penampang lingkaran = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$ (m²)
= luas alas sumur resapan dengan penampang segi empat = P.L (m²)
- A_v = luas dinding sumur resapan dengan penampang lingkaran = $\pi \cdot D \cdot H$ (m²)
= luas dinding sumur resapan dengan penampang segi empat = 2.P.L (m²)

- Perhitungan volume penampungan sumur resapan (storasi) dengan persamaan 6.

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp} \dots \dots \dots (6)$$

- Perhitungan kedalaman total sumur resapan (H_{total}) dengan persamaan 7.

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \dots \dots \dots (7)$$

- Perhitungan jumlah sumur resapan dengan persamaan 8.

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

- n = jumlah sumur resapan air hujan (buah)
- H_{total} = kedalaman total sumur resapan (m)
- $H_{rencana}$ = kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m)

Untuk menghitung laju infiltrasi sumur resapan dapat digunakan metode Zangar (Januriyadi et al., 2019) dengan persamaan 9.

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L_w^2}{\ln\left(\frac{2 \cdot L_w}{r_w}\right) - 1} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

- Q = laju infiltrasi dari sumur resapan (m³/detik)

- K = kedalaman sumur resapan (m)
- L_w = koefisien permeabilitas (*hydraulic conductivity*) (mm/jam)
- r_w = jari-jari sumur resapan (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

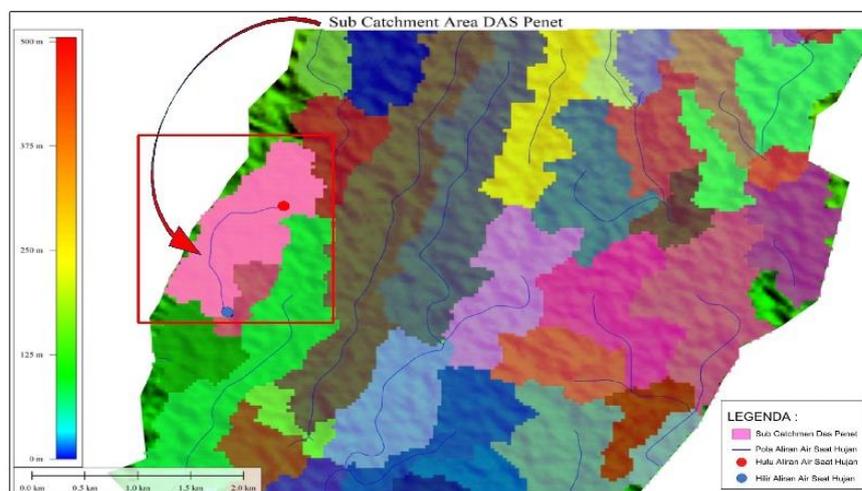
3.1 Analisis Banjir Rancangan

Sebelum melakukan analisis banjir rancangan terlebih dahulu dilakukan uji kepenggahan data dengan metode *Rescaled Adjusted Pastial Sum* (RAPS), curah hujan wilayah dengan poligon *Thiessen*, penentuan jenis distribusi berdasarkan syarat-syarat batas (Triatmodjo, 2008), dan uji kecocokan distribusi dengan metode *Smirnov Kolmogorov* dan *Chi Kuadrat* (Febriani, 2012) sehingga mendapatkan hasil curah hujan rancangan dengan metode *Log Pearson III*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

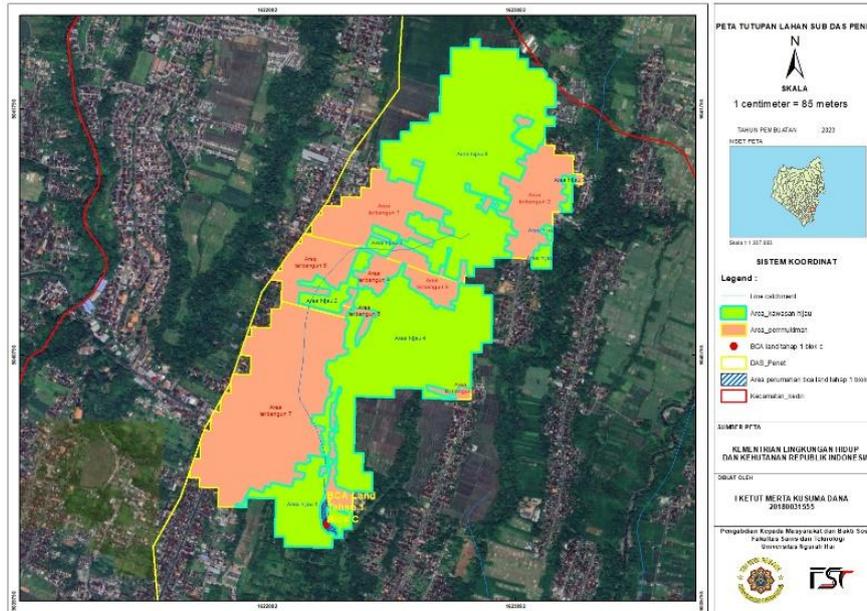
Tabel 1. Analisis Curah Hujan Rancangan Metode *Log Pearson III*

T	K	Log Xt	Xt
2	-0,168	1,968	92,95
5	0,755	2,107	128,06
10	1,340	2,196	156,94
25	2,049	2,303	200,73
50	2,553	2,379	239,13
100	3,039	2,452	283,06

Hasil analisis DAS Penet menggunakan aplikasi *Global Mapper* mendapatkan hasil deliniasi berupa batas-batas dari sub DAS Penet yang merupakan daerah berpengaruh terhadap limpasan air hujan ke arah Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C dan akan dipergunakan sebagai wilayah penelitian. Hasil deliniasi sub DAS ini dapat diolah ke dalam aplikasi *ArcGIS* dan dipergunakan untuk membuat peta tutupan lahan untuk analisis sumur resapan. Peta tutupan lahan berguna untuk menentukan luas bidang tadah, lahan hijau dan untuk menentukan koefisien limpasan yang akan dipergunakan dalam menghitung debit banjir rancangan. Hasil dari analisis *Global Mapper* dapat dilihat pada pada Gambar 2 dan hasil analisis *ArcGIS* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Sub Catchment Area DAS Penet



Gambar 3. Tutupan Lahan Wilayah Penelitian

Berdasarkan Gambar 2 maka dapat diperoleh luasan area terbangun dan luasan area hijau di wilayah penelitian, untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, dan luasan total sub DAS wilayah penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 2. Luas Area Kawasan Hijau Pada Sub Catchment Area

No	Kawasan Hijau	Luas area km ²
1	Area hijau 1	0,072
2	Area hijau 2	0,023
3	Area hijau 3	0,009
4	Area hijau 4	0,268
5	Area hijau 5	0,007
6	Area hijau 6	0,002
7	Area hijau 7	0,005
8	Area hijau 8	0,360
Total		0,746

Tabel 3. Luas Area Kawasan Perumahan Pada Sub Catchment Area

No	Kawasan Perumahan	Luas area km ²
1	Area terbangun 1	0,106
2	Area terbangun 2	0,087
3	Area terbangun 3	0,022
4	Area terbangun 4	0,021
5	Area terbangun 5	0,006
6	Area terbangun 6	0,059
7	Area terbangun 7	0,310
8	Area terbangun 8	0,005
Total		0,616

Tabel 4. Luas Area Kawasan Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C

No	Kawasan Perumahan	Luas area km ²
1	Area Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C	0,005
Total		0,005

Tabel 5. Luas Sub Catchment Area Berdasarkan Penggunaan Lahan

No	Keterangan	Luas area km ²
1	Kawasan Hijau	0,746
2	Kawasan Perumahan	0,616
3	Area Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C	0,005
Total		1,367

Setelah didapatkan luasan keseluruhan dari sub DAS pada wilayah penelitian maka selanjutnya adalah menentukan koefisien limpasan berdasarkan koefisien limpasan untuk metode rasional dengan area terbangun menggunakan koefisien limpasan 0,75 dan kawasan hijau menggunakan koefisien limpasan 0,25 (Suripin, 2004). Selanjutnya, dihitung koefisien limpasan banjir komposit berdasarkan luas daerah penelitian:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Area Sub DAS} &= 1,367 \text{ km}^2 \\
 \text{Luas Area Kawasan Hijau} &= 0,746 \text{ km}^2 \times 0,2 \\
 &= 0,149 \text{ km}^2 \\
 \text{Luas Area Kawasan Terbangun} &= 0,621 \text{ km}^2 \times 0,75 \\
 &= 0,466 \text{ km}^2 \\
 \text{Koefisien limpasan C} &= \frac{0,149+0,466}{1,367} = 0,4
 \end{aligned}$$

Sebelum menghitung debit rencana banjir maka perlu ditentukan waktu konsentrasi (t_c) yang mengacu pada SNI 2415:2016, perhitungannya menggunakan persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 t_c &= 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \\
 &= 0,0195 \times 1.807^{0,77} \times 0,015^{-0,385} \\
 &= 31,5 \text{ menit atau } 0,526 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 L &= 1.807 \text{ m}^2 \text{ atau } 1,807 \text{ km}^2 \\
 S &= \Delta h/L \\
 &= 27,29/1,807 \\
 &= 0,015 \text{ (hulu} = 130,657 \text{ m, hilir} = 103,367 \text{ m)}
 \end{aligned}$$

Penentuan panjang pola aliran air dan kemiringan lereng didapatkan dengan melakukan pengukuran panjang pola aliran air sub DAS dan perbedaan elevasi antara hulu dan hilir sub DAS wilayah penelitian dengan aplikasi *Global mapper*.

Langkah selanjutnya adalah analisis intensitas curah hujan menggunakan metode *Sherman*, pemilihan metode *Sherman* diambil dari nilai perbandingan terkecil diantara metode *Talbot*, metode *Sherman*, dan metode *Ishiguro* berdasarkan uji *Peak-Weighted Root Mean Square Error* (Handayani et al., 2007). Analisis intensitas hujan dengan $t_c = 0,526$ jam (31,5 menit) maka didapatkan hasil perhitungan intensitas curah hujan adalah sebesar 49,91 mm/jam dan koefisien limpasan 0,4. Setelah mendapatkan nilai dari koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luas area sub DAS sehingga perhitungan debit banjir dapat dilakukan dengan persamaan 1.

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,278.C.I.A \\
 &= 0,278 \times 0,4 \times 49,91 \times 1,367 \\
 &= 8,53 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit banjir secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

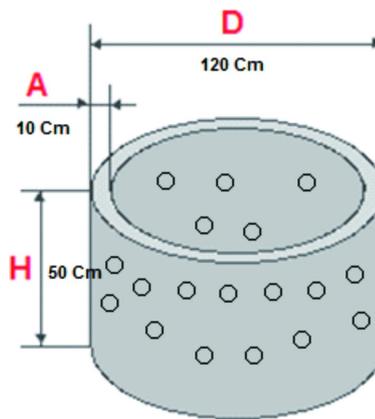
Tabel 6. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

No	Kala Ulang (Tahun)	C	t_c (jam)	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /dt)
1	2	0,4	0,526	49,91	1,367	8,53
2	5	0,4	0,526	68,77	1,367	11,76
3	10	0,4	0,526	84,27	1,367	14,41
4	25	0,4	0,526	107,78	1,367	18,43
5	50	0,4	0,526	128,41	1,367	21,95

Berdasarkan ketentuan SNI-03-2453-2002 untuk debit banjir rencana yang digunakan ditetapkan periode ulang 5 tahun yaitu $Q = 11,76 \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit banjir kala ulang ini merupakan debit banjir yang terjadi pada Perumahan BCA Land Tahap 1, didasarkan pada hasil deliniasi batas sub DAS Penet. Selanjutnya, debit tersebut akan menjadi acuan sebagai debit banjir yang harus diturunkan pada sub DAS penet dan Perumahan BCA Land Tahap 1.

3.2 Analisis dan Penentuan Sumur Resapan Air Hujan

Menurut Kusnaedi (2011) lubang atau sumur di permukaan tanah yang difungsikan untuk menampung dan meresapkan air hujan ke tanah disebut sumur resapan. Sumur resapan yang direncanakan digunakan pada penelitian ini menggunakan buis beton tidak bertulang dengan mutu beton K-225, diameter 1,2 meter, tinggi setiap buis beton 0,5 meter, dan ketebalannya 10 cm. Buis beton yang digunakan merupakan buis beton tidak kedap air karena pada dinding buis beton terdapat lubang resapan. Untuk lebih detail terkait buis beton yang digunakan untuk sumur resapan pada wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Buis Beton Untuk Sumur Resapan, Sumber: Cv. Sroja Inti Persada

Berikut adalah tahapan dari analisis sumur resapan:

- Analisis sumur resapan di Sub DAS Penet
 - Perhitungan volume andil banjir dengan persamaan 3.

$$\begin{aligned}
 C &= 0,75 \\
 A_{\text{tadah}} &= 621.000 \text{ m}^2 \text{ (luas lahan terbangun)} \\
 &\quad \text{Pemukiman sekitar + perumahan BCA} \\
 &\quad \text{Land Tahap 1 Blok C} \\
 R &= 128,06 \text{ mm/hari (periode ulang 5 tahun)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ab}} &= 0,855.C_{\text{tadah}}.A_{\text{tadah}}.R \\
 &= 0,855 \times 0,75 \times 621.000 \times 128,06 \\
 &= 50.997.073,7302 \text{ liter} \\
 &= 50.997,07 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Perhitungan volume air hujan yang meresap pada sumur resapan dengan persamaan 4.

Ditentukan:

$$\begin{aligned}
 D &= 1,2 \text{ m} \\
 H &= 5 \text{ m} \\
 K_h &= 4,26 \text{ cm/jam atau } 1,022 \text{ m/hari} \\
 K_v &= 2.K_h \\
 &= 2 \times 1,022 \\
 &= 2,045 \text{ m/hari}
 \end{aligned}$$

Durasi hujan (t_c)

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{0,9.R^{0,92}}{60} \\
 &= \frac{0,9 \times 128,06^{0,92}}{60} \\
 &= 71,18 \text{ menit atau } 1,3 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Direncanakan sumur resapan dengan dinding tidak kedap air:

$$\begin{aligned}
 A_h &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,2^2 \\
 &= 1,13 \text{ m}^2 \\
 A_v &= \pi \cdot D \cdot H \\
 &= 3,14 \times 1,2 \times 5 \\
 &= 18,85 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{total}} &= A_h + A_v \\
 &= 1,13 + 18,85 \\
 &= 19,98 \text{ m}^2 \\
 K_{\text{rata-rata}} &= \frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{\text{total}}} \\
 &= \frac{2,045 \times 1,13 + 1,022 \times 18,85}{19,98} \\
 &= 1,08 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Air hujan yang meresap selama hujan dengan $t_c = 1,3$ jam

$$V_{rsp} = \frac{t_c}{R} \cdot A_{total} \cdot K$$

$$= \frac{1,3}{24} \times 19,98 \times 1,08$$

$$= 1,172 \text{ m}^3$$

- o Perhitungan volume penampungan sumur resapan (storasi) dengan persamaan 6.

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

$$= 50.997,0737 - 1,172$$

$$= 50.995,9019 \text{ m}^3$$

- o Perhitungan kedalaman total sumur resapan dengan persamaan 7.

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h}$$

$$= \frac{50.995,9019}{1,13}$$

$$= 45.090,3 \text{ m}$$

- o Perhitungan jumlah sumur resapan dengan persamaan 8.

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}}$$

$$= \frac{45.090,3}{5}$$

$$= 9.018,06 \text{ buah dibulatkan menjadi } 9.010 \text{ buah}$$

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan untuk sub DAS Penet dengan kedalaman rencana sumur resapan ($H_{rencana}$) 5 meter yang didapat dengan menyesuaikan syarat teknis dan efektivitas sumur resapan berdasarkan SNI 03-2453-2002 (Badan Standarisasi Nasional, 2002) dengan kondisi jenis tanah di lokasi penelitian latosol coklat kekuningan dengan permeabilitas tanah 4,26 cm/jam (Fauzi et al., 2021) serta Muka Air Tanah (MAT) yang mencapai kedalaman 12 meter, maka dibutuhkan sumur resapan sejumlah 9.010 buah. Analisis selanjutnya yang dilakukan adalah menganalisis persentase efektivitas sumur resapan untuk mereduksi debit dan volume limpasan banjir yang dapat direduksi oleh sumur resapan. Untuk analisisnya adalah sebagai berikut:

- o Perhitungan laju infiltrasi sumur resapan dengan persamaan 9.

$$K = 1,022 \text{ m/hari atau } 0,0000118 \text{ m/detik}$$

$$r_w = 0,6 \text{ m}$$

$$L_w = 5 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L_w^2}{\ln\left(\frac{2 \cdot L_w}{r_w}\right) - 1}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,0000118 \times 5^2}{\ln\left(\frac{2 \times 5}{0,6}\right) - 1}$$

$$= 0,001025 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka untuk laju infiltrasi dari sumur resapan adalah sebagai berikut:

$$Q_t = Q \times n_{total} \text{ sumur resapan}$$

$$= 0,001025 \times 9.010$$

$$= 9,24 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- o Untuk persen efektivitas dari sumur resapan dapat dianalisis dengan cara membandingkan debit sumur resapan dengan debit banjir periode ulang 5 tahun ($Q_5 = 11,76 \text{ m}^3/\text{detik}$).

$$\text{Persen efektivitas sumur resapan} = \frac{9,24}{11,76} \times 100\%$$

$$= 78,56\%$$

- o Perhitungan persentase reduksi volume limpasan banjir

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,2^2 \times 5$$

$$= 5,56 \text{ m}^3$$

Maka volume reduksi dari sumur resapan adalah:

$$V_t = V \cdot \text{jumlah sumur resapan}$$

$$= 5,56 \times 9.010$$

$$= 50.950,35 \text{ m}^3$$

Untuk persen efektivitas dari sumur resapan dapat dianalisis dengan cara membandingkan volume sumur resapan dengan volume andil banjir sub DAS periode ulang 5 tahun ($V_5 = 67.333,66 \text{ m}^3/\text{detik}$). Perhitungan volume andil banjir sub DAS:

$$C = 0,4$$

$$A_{tadiah} = 1.367.000 \text{ m}^2 \text{ (luas sub DAS)}$$

$$R = 128,06 \text{ mm/hari (periode ulang 5 tahun)}$$

$$V_{ab \text{ sub DAS}} = 0,855 \cdot C_{tadiah} \cdot A_{tadiah} \cdot R$$

$$= 0,855 \times 0,4 \times 1.367.000 \times 128,06$$

$$= 67.333,66 \text{ m}^3$$

Maka efektivitasnya adalah:

$$\text{Persen efektivitas sumur resapan} = \frac{50.950,35}{67.333,66} \times 100\%$$

$$= 75,67\%$$

Berdasarkan hasil analisis SNI-03-2453-2002 dengan luas bidang tadah seluas 621.000 m² maka perlu dibangun 9.010 buah sumur resapan.

- Analisis sumur resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C

Berdasarkan cara analisis yang telah dilakukan pada Sub DAS Penet maka untuk analisis yang sama dapat dilakukan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C dengan luas bidang tadah 5.000 m² sehingga didapat jumlah sumur resapan adalah 70 buah. Untuk lebih jelasnya rekap analisis sumur resapan di Sub DAS dan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Efektivitas Penurunan Debit Banjir Sesuai SNI-0-2453-2002

Keterangan	Luas Bidang Tadah (km ²)	Jumlah Sumur Resapan (buah)	Q Sumur Resapan (m ³ /detik)	Jumlah Total Q Sumur (m ³ /detik)	Q Banjir Kala Ulang 5 Tahun (m ³ /detik)	Efektivitas Sumur Resapan (%)
Sub DAS Penet	0,621	9.010	0,001025	9,24	11,76	78,56%
Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C	0,005	70	0,001025	0,07	11,76	0,61%

Hasil analisis sumur resapan berdasarkan SNI 03-2453-2002 dan Sistem Informasi Geografis (ArcGIS) pada wilayah studi yang ditunjukkan pada Tabel 7 dan 8 yang apabila sumur resapan hanya di rencanakan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C, Tabanan maka efektivitas penurunan debit dan volume banjir sangat rendah yaitu sebesar 0,61% dan 0,59%. Namun, apabila diterapkan pada daerah sekitar yang mempengaruhi adanya limpasan air hujan (Sub DAS Penet) maka mampu menurunkan debit dan volume banjir sebesar 78,56% dan 75,67%.

3.3 Pemetaan Sumur Resapan

Pemetaan sumur resapan pada daerah penelitian akan difokuskan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C. Pemetaan ini dibuat dengan menggunakan aplikasi Geospasial yaitu ArcGIS 10.8. Adapun hasil pemetaan dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil pemetaan sumur resapan yang dilakukan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C didapat 75 sumur resapan, untuk analisis ini diulang sesuai tahap analisis sumur resapan dari poin 6 sampai poin 8. Berdasarkan hasil pemetaan sumur resapan dan perhitungan, maka 1 sumur resapan mewakili area 66,67 m².

Perhitungan :

$$A_{\text{tadah}} = 5.000 \text{ m}^2$$

$$n = \text{jumlah sumur resapan}$$

$$\text{Luas lahan untuk setiap sumur resapan} = \frac{A_{\text{tadah}}}{n}$$

$$= \frac{5.000}{75}$$

$$= 66,67 \text{ m}^2$$

Perhitungan lengkap pemetaan sumur resapan pada Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C yang menjadi acuan untuk pemetaan pada sub DAS maka dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 8. Efektivitas Penurunan Volume Banjir Sesuai SNI-0.-2453-2002

Keterangan	Luas Bidang Tadah (km ²)	Jumlah Sumur Resapan (buah)	Volume Sumur Resapan (m ³)	Jumlah Total Volume Sumur (m ³)	Volume Banjir Kala Ulang 5 Tahun (m ³)	Efektivitas Sumur Resapan (%)
Sub DAS Penet	0,621	9.010	5,65	50.950,35	67.333,66	75,67%
Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C	0,005	70	5,65	395,84	67.333,66	0,59%



Gambar 5. Peta Sebaran Sumur Resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C

Tabel 9. Efektivitas Penurunan Debit Banjir Berdasarkan Hasil Pemetaan

Keterangan	Luas Bidang Tadah (km ²)	Jumlah Sumur Resapan (buah)	Q Sumur Resapan (m ³ /detik)	Jumlah Total Q Sumur (m ³ /detik)	Q Banjir Kala Ulang 5 Tahun (m ³ /detik)	Efektivitas Sumur Resapan (%)
Sub DAS Penet	0,621	9.315	0,001025	9,55	11,76	81,22%
Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C (setelah dipetakan)	0,005	75	0,001025	0,08	11,76	0,65%

Tabel 10. Efektivitas Penurunan Volume Banjir Berdasarkan Hasil Pemetaan

Keterangan	Luas Bidang Tadah (km ²)	Jumlah Sumur Resapan (buah)	Volume Sumur Resapan (m ³)	Jumlah Total Volume Sumur (m ³)	Volume Banjir Kala Ulang 5 Tahun (m ³)	Efektivitas Sumur Resapan (%)
Sub DAS Penet	0,621	9.315	5,65	52.675,08	67.333,66	78,23%
Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C	0,005	75	5,65	424,12	67.333,66	0,63%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi sumur resapan berdasarkan standar SNI-03-2453-2002 untuk bagian Daerah Aliran Sungai (DAS) Penet menunjukkan bahwa dapat dibangun 9.010 sumur resapan dengan debit tertinggi (Qt) mencapai 9,24 m³/detik dan volume total sumur resapan mencapai 50.950,35 m³. Efisiensi penurunan debit banjir mencapai 78,56%, sedangkan efisiensi penurunan volume banjir mencapai 75,67%. Sedangkan, evaluasi sumur resapan di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C menunjukkan bahwa 70 sumur resapan dengan debit terendah (Qt) sebesar 0,07 m³/detik dan volume total sumur resapan mencapai 395,84 m³. Efisiensi penurunan debit banjir tercatat sebesar 0,61%, sementara efisiensi penurunan volume banjir adalah 0,59%.

Berdasarkan pemetaan sumur resapan dengan debit tertinggi (Q5) sebesar 11,76 m³/detik dan volume puncak (V5) sebesar 67.333,66 m³, diperoleh hasil di Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C, dapat dibangun 75 sumur resapan dengan debit tertinggi (Qt) sebesar 0,08 m³/detik, dan volume total sumur resapan mencapai 424,12 m³, menunjukkan efisiensi penurunan debit banjir sebesar 0,65% dan efisiensi penurunan volume banjir sebesar 0,63%. Sedangkan, berdasarkan luas lahan sekitar Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C, diperlukan 9.315 sumur resapan dengan debit tertinggi (Qt) sebesar 9,55 m³/detik, dan volume total sumur resapan mencapai 52.675,08 m³, menunjukkan efisiensi penurunan debit banjir sebesar 81,22% dan efisiensi penurunan volume banjir sebesar 78,23%.

Berdasarkan hasil penelitian telah diketahui secara bersama bahwa sumur resapan memiliki peran dalam mereduksi volume dan debit banjir. Namun, untuk mencegah terjadinya banjir secara optimal, terutama di daerah rawan banjir, diperlukan kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat, pengembang perumahan, dan pihak swasta dalam menerapkan sumur resapan disekitarnya.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian dan penyempurnaan dalam penelitian ini. Utamanya kepada Bapak Kepala Desa Abian Tuwung dan Bapak Kepala Wilayah Banjar Koripan Kaja yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di wilayah Perumahan BCA Land Tahap 1 Blok C serta kelompok peneliti mahasiswa hidrologi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai yang dikoordinatori oleh Bapak I Ketut Merta Kusuma Dana yang telah membantu seluruh proses dari awal penelitian sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, B. (2017). Analisis Kebutuhan Sumur Resapan Sebagai Upaya Konservasi Air Tanah pada Perumnas Nendagung Kota Pagar Alam. *Jurnal Ilmiah Bering's*, 4(02), 75–83. <https://doi.org/10.36050/berings.v4i02.147>
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan*. 13.
- BPS. (2022). *Kecamatan Kediri Dalam Angka 2022*.
- Fauzi, A. R., Trigunasih, N. M., & Narka, I. Wa. (2021). Analisis Status Kerusakan Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Daerah Aliran Sungai Yeh Ho Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 10(2), 133–140. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/download/75514/40301>
- Febriani, D. N. (2012). Pemilihan Hujan Rencana dengan Menggunakan Variasi Panjang Data pada Das Bengawan Solo Hulu. *Tugas Akhir*.
- Furqani, F. (2021). Upaya Pengendalian Genangan Berbasis. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 417–428.
- Handayani, Y. L., Hendri, A., & Suherly, H. (2007). Pemilihan Metode Intensitas Hujan yang Sesuai dengan Karakteristik Stasiun Pekanbaru. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 1–15.
- Januriyadi, N. F., Yulizar, Pamungkas, R. C., Amru, F., & Fadhilah, N. (2019). Kajian Efektivitas Sumur Resapan dalam Mengurangi Resiko Bencana Banjir di Kota Jakarta. *Seminar Nasional Teknik Sipil 3*, 1–7.
- Kusnaedi. (2011). *Sumur Resapan Untuk Pemukiman untuk Perkotaan dan Pedesaan*.
- Nurzanah, W. (2021). Sumur Resapan untuk Pemanenan Air hujan di Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.47662/alulum.v9i1.132>
- Pamungkas, T. H., Erlangga, I. B. W., Warsana, K. B., Ardana, P. D. H., & Soriarta, I. K. (2023). Kajian Efektivitas Sumur Resapan Di Kecamatan Denpasar Barat. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(1), 44–52. <https://doi.org/10.22225/pd.12.1.5751.44-52>
- Pamungkas, T. H., Yekti, M. I., Harmayani, K. D., Khotimah, S. N., & Kariyana, M. (2022). Pemodelan Sumur Resapan Sebagai Upaya Penurunan Risiko Banjir Kota

- Denpasar pada DAS Badung. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(3), 263. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i3.11785>
- Pamungkas, T. H., Yekti, M. I., & Warsana, K. B. (2023). Optimising Flood Risk Reduction in Bali ' s Provincial Government Center through Cultural Philosophy Approach and GIS-based Conservation of Infiltration Wells. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 20(3), 740–754.
- Prasojo, R. A., & Astuti, S. A. Y. (2015). Perbandingan Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Menggunakan Metode Sunjoto dan SNI 03-2453-2002 Pada Bangunan Komersial di Jalan Kaliurang KM 12 Sleman Yogyakarta. *Teknisia*, XX(2), 142–153.
- Pratama, N., Gunawan, A., & Besperi. (2014). Pemanenan Air Hujan untuk Konservasi Tanah Melalui Sumur Resapan. *Inersia*, 6(Oktober), 31–44.
- Rofil, & Maryono. (2017). Potensi dan Multifungsi Rainwater Harvesting (Pemanenan Air Hujan) di Sekolah bagi Infrastruktur Perkotaan Potential. *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 247–251.
- Rosyidie, A. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. *Journal of Regional and City Planning*, 24(3), 241. <https://doi.org/10.5614/jpwwk.2013.24.3.1>
- Silvia, C. S., & Safriani, M. (2018). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan dengan Teknik Rainwater Harvesting untuk Kebutuhan Domestik. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 4(1), 62–73. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v4i1.590>
- Sobatnu, F. (2014). Permodelan Elevasi Digital pada Lahan Rawa. *Intekna*, 2, 102–109.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.
- Tujni, B. (2013). Perancangan Sistem Informasi Geografis Pertanian dan Perkebunan di Kabupaten Muara Enim Berbasis Web. *Encephale*, 53(1), 59–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>