

KAJIAN ULANG SISTEM DRAINASE AREA BUMI PERKEMAHAN GENDUNGAN, DESA KALIBENING, KECAMATAN DUKUN, MAGELANG, JAWA TENGAH

Abdul Malik, Didik Purwantoro, Darmono, Rudi Nur Syamsudin, Qonaah Rizqi Fajriani, Yuli Fajarwati, Arum Dwi Hatutiningsih, Muhammad Adi Kurniawan, Riski Setiawan, dan Luthfi Auliya Syahrani

Program Studi Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: abdul.malik@uny.ac.id

Submitted: 05-09-2023

Revised: 15-09-2023

Accepted: 30-09-2023

Abstrak: Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan, yang berada di lokasi Desa Kalibening, Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, merupakan suatu kawasan yang berada di lereng Gunung Merapi. Belum adanya perencanaan sistem drainase yang baik banyak hal yang terjadi pada saat digunakan. Padahal pengelolaan air hujan di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan penting berkaitan dengan kenyamanan penggunaan lahan di saat musim hujan. Dari pertimbangan tersebut, dilakukan evaluasi sistem drainase di area perkemahan sebagai kegiatan pengabdian dari Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan. Metode perencanaan sistem drainase di kawasan ini mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Total saluran drainase yang dirancang sebanyak tujuh saluran (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7) dengan kebutuhan dimensi bervariasi antara 20cmx20cm sampai 40cm x 40cm. Saluran dirancang dengan bahan batu kali yang dirasa mudah didapat di sekitar kawasan dengan tebal dinding 30 cm.

Kata Kunci: Sistem drainase; kawasan; pengabdian masyarakat.

Abstract: *The Gendungan Camping Area, located in Kalibening Village, Dukun District, Magelang Regency, Central Java, is an area on the slopes of Mount Merapi. Without planning a good drainage system, many things can happen when it is used. Rainwater management in the Gendungan Camping Area is important to the comfort of land use during the rainy season. Based on these considerations, an evaluation of the drainage system in the camping area was carried out as a service activity by the Civil Engineering and Planning Department. The drainage system planning method in this area refers to the Minister of Public Works Regulation No. 12 of 2014 concerning the Implementation of Urban Drainage Systems. The total number of drainage channels designed is seven channels (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7) with required dimensions varying between 20 cm x 20 cm to 40cm x 40cm. The channel is designed using river stone, which is easy to find in the area with a wall thickness of 30 cm.*

Keywords: Drainage system; area; community service.

Available online at: <http://dx.doi.org/10.36055/cecd.v2i2.22450>

Pendahuluan

Gunung Merapi, terletak di Yogyakarta, Indonesia, adalah salah satu gunung api paling aktif di dunia dan menjadi ciri khas penting di pemandangan alam Indonesia. Gunung ini seringkali menunjukkan aktivitas vulkanik yang spektakuler, termasuk letusan dan aliran lava panas. Merapi memiliki sejarah panjang sebagai



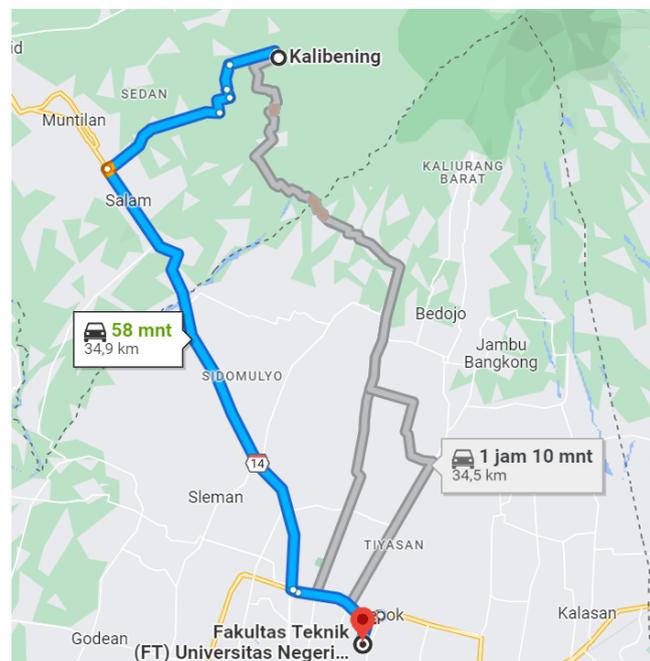
salah satu gunung api yang paling berbahaya di dunia, dan telah menjadi pusat pemantauan vulkanik yang penting. Meskipun potensi bahaya yang melekat, wilayah sekitar Gunung Merapi memiliki keindahan alam dan kekayaan budaya yang tak ternilai. Gunung Merapi juga mencerminkan ketahanan dan kesiapan masyarakat setempat dalam menghadapi ancaman vulkanik, menjadikannya ikon penting dalam studi mitigasi bencana dan pengelolaan risiko di Indonesia. Kawasan budaya, penyelamat ekologi dan interaksi yang sangat kuat dengan masyarakat sekitar [1]. Oleh karena itu, warga Desa Kalibening, Dukun, sangat perlu memiliki literasi untuk dapat memperoleh pengetahuan dan keterampilan terkait pengelolaan potensi kawasan untuk menjadi desa yang fokus pada pariwisata dengan memperhatikan karakteristik lokal.

Setelah erupsi Gunung Merapi, daerah sekitarnya seringkali muncul dengan daya tarik wisata baru yang menarik minat wisatawan. Meskipun erupsi dapat mengakibatkan kerusakan yang serius, ia juga memengaruhi lanskap dan lingkungan sekitarnya. Ini menciptakan peluang bagi wisatawan untuk melihat fenomena alam yang unik dan proses regenerasi alam yang menakjubkan. Wisatawan dapat menikmati trekking ke kawah gunung berapi yang masih membara dan melihat secara langsung jejak-jejak erupsi sebelumnya. Selain itu, keberanian masyarakat setempat dalam menghadapi ancaman vulkanik telah menciptakan minat dalam wisata edukasi dan mitigasi bencana, dengan pusat-pusat informasi vulkanik yang menarik. Dengan cara ini, Gunung Merapi tidak hanya menjadi fenomena alam yang menakjubkan tetapi juga sumber keajaiban dan pengetahuan bagi pengunjung yang datang untuk memahami kekuatan alam dan resiliensi manusia. Salah satunya dengan menggali kembali potensi kepariwisataan alam melalui kapasitas fisik dan lingkungan optimal sebagai daya dukung kawasan kepariwisataan alam [1]. Oleh karena itu, masyarakat di Desa Kalibening, Dukun perlu diedukasi guna mengoptimalkan potensi tersebut dengan tujuan mengangkat potensi/budaya lokal dan menambah nilai perekonomian warga.

Desa Kalibening, yang terletak di Kecamatan Dukun, Magelang, Jawa Tengah, merupakan salah satu lokasi yang sangat terdampak oleh erupsi Gunung Merapi. Sebagai desa yang terletak dekat dengan kaki gunung, Kalibening telah mengalami konsekuensi erupsi yang signifikan sepanjang sejarahnya. Sebaran risiko dengan tingkat risiko sedang mendominasi sebagian wilayah Desa Sengi dan Desa Kalibening yang berada di Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang [2]. Erupsi berulang kali telah menyebabkan banjir lahar panas, hujan abu vulkanik, dan kerusakan struktural yang signifikan di desa ini. 61,6% masyarakat merasa nyaman tinggal di wilayahnya, meski sering terjadi bencana alam di sana [3]. Namun, dalam menghadapi ancaman alam ini, masyarakat Kalibening telah menunjukkan ketahanan yang luar biasa. Mereka telah mengembangkan sistem peringatan dini yang canggih, menjadi pelaku utama dalam mitigasi bencana, dan menjalankan

pusat-pusat evakuasi yang aman bagi warganya. Di samping itu, wisatawan juga datang untuk mengagumi keindahan desa ini, dengan sawah hijau yang subur dan pemandangan alam yang menakjubkan. Desa Kalibening adalah contoh luar biasa tentang bagaimana manusia dan alam dapat berdampingan, di mana meskipun terus berjuang melawan ancaman erupsi, masyarakatnya tetap kuat dan bersatu dalam menjaga lingkungan mereka dan membangun masa depan yang lebih aman.

Desa Kalibening, yang terletak di Kecamatan Dukun, Magelang, memiliki potensi yang luar biasa dalam memaksimalkan pemanfaatan setiap wilayahnya. Dengan lanskap yang beragam, desa ini menawarkan berbagai peluang bagi pembangunan ekonomi dan pengembangan wilayah. Pertanian yang subur di wilayah ini mendukung produksi padi, sayuran, dan buah-buahan, menciptakan dasar yang kuat untuk pengembangan sektor pertanian. Selain itu, keindahan alamnya yang menakjubkan, seperti sungai yang mengalir dan hutan yang lebat, menciptakan potensi besar untuk pariwisata dan kegiatan ekowisata. Upaya pemulihan lahan dapat dilakukan dengan tata guna lahan di mana mengembalikan kembali fungsi lahan pada kondisi sebelumnya [4]. Dengan pendekatan yang berkelanjutan dan pemikiran kreatif, desa ini telah berhasil memaksimalkan potensinya dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Hal ini membuktikan bahwa pemanfaatan potensi setiap wilayah, ketika dipimpin dengan visi dan keberlanjutan, dapat menjadi pendorong pertumbuhan dan perkembangan yang berkelanjutan.



Gambar 1. Lokasi pelaksanaan Pengabdian
(Sumber: Google Maps)

Bumi Perkemahan Gendungan, yang terletak di Desa Kalibening, Kecamatan

Dukun, adalah lokasi yang memikat yang telah menjadi fokus pengabdian dosen dari Program Studi Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan. Bumi perkemahan ini menawarkan lingkungan yang indah dan alami, dikelilingi oleh alam yang hijau dan pemandangan sungai yang menenangkan. Ini adalah tempat yang ideal untuk kegiatan pendidikan dan penelitian yang melibatkan mahasiswa dan komunitas lokal. Melalui pengabdian dosen, Bumi Perkemahan Gendungan telah menjadi pusat pengembangan pengetahuan di berbagai bidang, termasuk perlindungan lingkungan, pembangunan berkelanjutan, dan pengembangan infrastruktur pedesaan. Dosen dan mahasiswa telah bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk mengidentifikasi solusi berkelanjutan bagi tantangan lingkungan dan sosial di daerah tersebut. Bumi Perkemahan Gendungan adalah contoh nyata bagaimana kerja sama antara perguruan tinggi dan komunitas dapat menciptakan dampak positif yang berkelanjutan di wilayah pedesaan. Gambaran jarak lokasi dari kampus menuju lokasi bumi perkemahan terlihat pada Gambar 1.

Bumi Perkemahan Gendungan, yang telah menjadi pusat aktivitas masyarakat, masih menghadapi tantangan terkait infrastruktur, terutama dalam hal sistem drainase. Saat ini, bumi perkemahan ini belum memiliki sistem drainase yang baik yang mampu mengelola air hujan dengan efektif. Kurangnya sistem drainase yang memadai mengakibatkan risiko genangan dan pencemaran air, yang dapat memengaruhi lingkungan dan kenyamanan para pengunjung. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem drainase yang efisien di Bumi Perkemahan Gendungan agar dapat mendukung aktivitas Masyarakat, pendidikan, dan wisata secara berkelanjutan. Dengan perhatian terhadap pembenahan infrastruktur ini, bumi perkemahan ini dapat terus berkembang dan berfungsi sebagai sumber pengetahuan dan keindahan bagi semua yang datang untuk menjelajahnya.

Sistem drainase adalah serangkaian kegiatan yang merupakan upaya mengalirkan air, baik air permukaan (*run off*) maupun air tanah (*groundwater*) dari suatu daerah atau kawasan. Serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal [5]. Sistem drainase merupakan salah satu elemen penting pada suatu kawasan pemukiman. Suatu kawasan perumahan yang tertata dengan baik juga harus mempunyai sistem drainase yang berfungsi untuk mereduksi atau mengalirkan kelebihan air pada kawasan atau lahan tersebut agar tidak menimbulkan genangan, mengganggu aktivitas masyarakat, atau bahkan menimbulkan dampak buruk bagi masyarakat. saluran drainase yang nilai kapasitas tampung saluran rencananya lebih besar dibandingkan kapasitas tampung saluran eksisting [6].

Dalam menghadapi permasalahan sistem drainase yang kurang baik di Bumi Perkemahan Gendungan, para dosen dari Program Studi Teknik Sipil dan

Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (FT UNY) telah mengambil inisiatif untuk memberikan solusi. Mereka telah memulai program pengabdian masyarakat yang bertujuan untuk merencanakan dan mengimplementasikan sistem drainase yang lebih efektif di kawasan ini. Dosen dan mahasiswa terlibat aktif dalam kegiatan ini, bekerja sama dengan komunitas setempat. Mereka melakukan studi lapangan, pemetaan, dan perencanaan yang cermat untuk mengidentifikasi solusi yang sesuai dengan kebutuhan Bumi Perkemahan Gendungan. Dengan upaya kolaboratif ini, diharapkan bahwa permasalahan sistem drainase yang kurang baik dapat diatasi, menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan nyaman bagi pengunjung dan menguatkan peran Bumi Perkemahan Gendungan sebagai pusat pendidikan dan penelitian yang berdampak positif.

Berbagai permasalahan yang ada terkait kondisi di bumi perkemahan Gendungan, yaitu: (1) Belum adanya data analisis topografi pada kawasan bumi perkemahan, (2) Belum tersedianya layout saluran pada kawasan bumi perkemahan, (3) Belum perhitungan debit dan dimensi pada sistem drainase kawasan bumi perkemahan, (4) Tidak adanya gambaran desain sistem drainase pada kawasan bumi perkemahan. Berdasarkan kondisi dan permasalahan tersebut, tim pengabdian jurusan sepakat untuk melakukan kegiatan dosen berkegiatan di luar kampus yang merupakan realisasi dari IKU 3 berupa Dosen Mengabdikan di Desa di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening yang bertujuan untuk mendukung program Desa Kalibening dalam rangka membentuk bumi perkemahan Gendungan Kalibening, Kecamatan Dukun sebagai Desa Wisata.

Metode

Penyediaan prasarana di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening dilakukan untuk meningkatkan kualitas objek wisata yang lebih baik sehingga diperlukan adanya perbaikan sistem saluran drainase, upaya ini akan memaksimalkan Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan pada saat terjadinya hujan, air tidak menggenangi kawasan bumi perkemahan. Perencanaan saluran drainase di kawasan tersebut telah ada tetapi belum maksimal dan masih perlu adanya standarisasi yang diterapkan. Sistem saluran drainase yang baik akan memaksimalkan Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan pada saat musim penghujan. Metode perencanaan sistem drainase di kawasan ini mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan [7]. Tahapan perencanaan sistem drainase yang dilakukan yaitu:

1. Analisis topografi di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan
2. Penentuan layout saluran di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan

3. Perhitungan debit rencana saluran pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan.
4. Perhitungan dimensi saluran drainase pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan.
5. Gambar desain sistem saluran drainase pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan.

Kegiatan awal dalam tahap sistem drainase telah diinisiasi oleh warga setempat yang dikoordinasikan oleh Ketua dan Pengurus Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) Desa Kalibening. Inisiasi awal tersebut telah ditindaklanjuti dengan pengecekan kondisi area Bumi Perkemahan Gendungan dilihat Gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 2. Survei dan diskusi terkait Sistem drainase Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan.



Gambar 3. Kondisi drainase yang akan direncanakan.

Data hujan yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari tiga stasiun hujan di sekitar kawasan. Data hujan harian yang digunakan selama 11 tahun dari tahun 2010-2020. Selanjutnya dilakukan analisis hujan kawasan dengan metode aljabar linear dan analisis hujan maksimum tahunan.

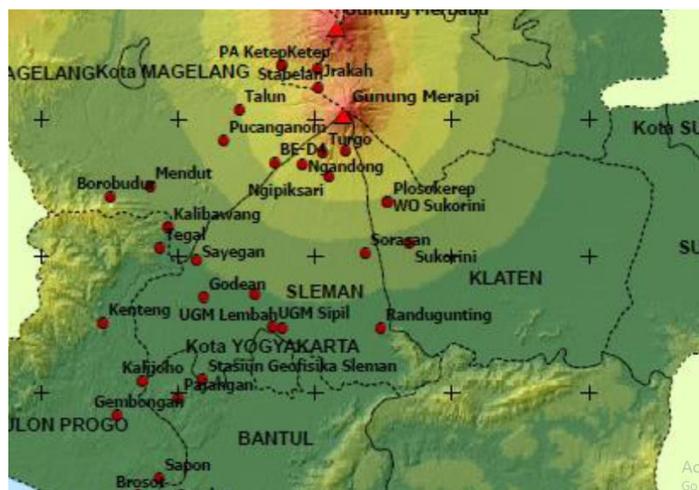
Rancangan evaluasi pelaksanaan program pengabdian dalam hal ini berupa Perancangan Sistem Drainase Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening. Evaluasi tersebut meliputi ketercapaian beberapa tujuan dalam

perancangan sistem drainase. Perhitungan curah hujan dimulai pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening, dilanjutkan dengan perhitungan desain ukuran saluran drainase pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening, sampai dengan gambar desain sistem saluran drainase pada Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening. Hal-hal tersebut menjadi salah satu landasan dasar dalam pengembangan Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Sari Desa Kalibening.

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian masyarakat tahun 2022 di Program Studi Teknik Sipil FT UNY difokuskan di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan, Kecamatan Dukun, Kabupaten Magelang. Program pengabdian masyarakat tahun ini merupakan kelanjutan dari program pengabdian di tahun-tahun sebelumnya. Output dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat tahun ini menghasilkan sistem perencanaan drainase yang dilengkapi dengan gambar kerja saluran. Perencanaan sistem drainase ini dilakukan melalui beberapa tahap mulai dari observasi lokasi, perhitungan debit rencana saluran hingga pada akhirnya dihasilkan dimensi saluran dan lengkap dengan gambar perencanaan saluran.

Perhitungan debit dilakukan berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir. Data curah hujan diambil tidak hanya di stasiun hujan pada lokasi pengabdian saja, namun juga melibatkan data curah hujan pada stasiun hujan di daerah sekitarnya. Data curah hujan diambil dari empat buah stasiun hujan di sekitar lokasi pengabdian yaitu Stasiun Hujan Jragung, Stasiun Hujan Pucanganom, Stasiun Hujan Talun dan Stasiun Hujan Ketep (Gambar 4).



Gambar 4. Peta lokasi stasiun hujan.

Selanjutnya, dilakukan penentuan layout saluran yang ada di lokasi pengabdian dengan pertimbangan topografi. Letak saluran dan arah aliran dirancang menuju ke titik rendah agar air dapat mengalir secara gravitasi. Outlet

dari sistem drainase yang dibuat diarahkan ke saluran irigasi eksisting dengan pertimbangan saluran terdekat dan limpasan air tidak banyak mengandung polutan. Adapun hasil perencanaan layout sistem drainase disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Layout sistem perencanaan drainase.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. (a), (b), (c) dan (d) Lokasi sistem drainase.

Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa sistem drainase yang dirancang memiliki 7 buah saluran. Saluran drainase diberi kode D1, D2, D3, D4, D5, D6, dan D7. Setiap saluran drainase memiliki panjang yang berbeda beda dan harus mampu menampung air dari setiap *catchment area*. Sebagai contoh saluran drainase dengan kode D1 harus mampu menampung air dari *catchment area* dengan kode A1, begitu pun dengan kode saluran yang lain. Adapun kondisi di lapangan pada area perencanaan sistem drainase disajikan pada Gambar 6 berikut ini.

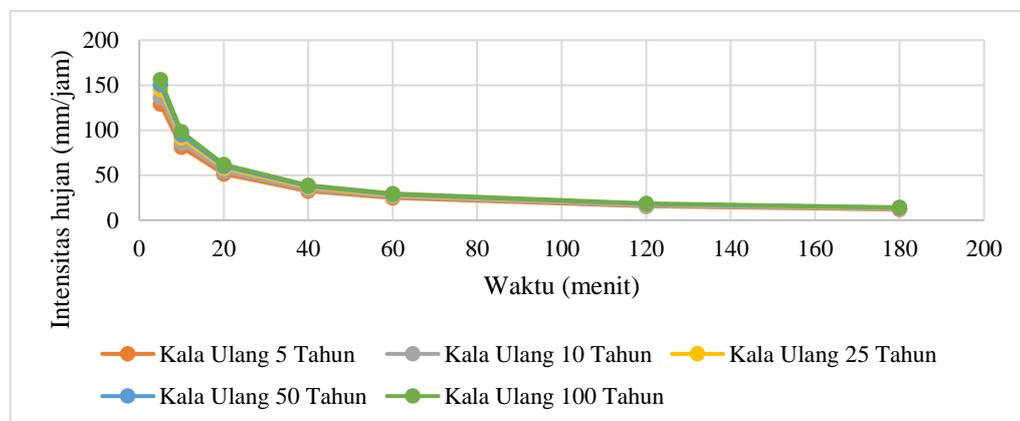
Perhitungan debit rencana saluran dilakukan berdasarkan data curah hujan di Stasiun Hujan Jarakah, Stasiun Hujan Pucanganom, Stasiun Hujan Talun Dan Stasiun

Hujan Ketep selama 10 tahun terakhir. Berdasarkan data tersebut diperoleh data hujan maksimum di setiap tahunnya. Adapun rekap data hujan maksimum pada tahun 2010-2020 disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rekap data hujan maksimum tahunan.

Tahun	Hujan (mm)
2010	83,4
2011	71,0
2012	43,5
2013	57,5
2014	63,0
2015	52,1
2016	61,5
2017	58,6
2018	59,0
2019	67,6
2020	66,7

Berdasarkan data hujan maksimum di Tabel 1, dilakukan perhitungan probabilitas hujan dengan metode analisis frekuensi. Adapun hasil analisis frekuensi adalah data hujan dengan kala ulang disajikan pada Tabel 2. Selanjutnya data hujan kala ulang digunakan untuk membuat grafik hubungan antara intensitas hujan, durasi hujan, dan kala ulang (IDF) seperti Gambar 7. Intensitas hujan dihitung dengan metode Mononobe dan hasilnya dapat dicermati pada Tabel 2.



Gambar 7. Grafik kala ulang hujan.

Selanjutnya, hasil perhitungan IDF digunakan untuk menghitung hujan rencana. Perhitungan debit dilakukan dengan rumus rasional $Q = 0.278 CiA$ dengan pertimbangan luas kawasan kurang dari 80 ha. Hujan rancangan digunakan dengan kala ulang 5 tahun untuk drainase lokal sesuai dengan peraturan yang berlaku. Hasil perhitungan debit setiap saluran seperti Tabel 4. Setelah dihitung debit rencana saluran, selanjutnya dilakukan perhitungan hidrolika untuk mendapatkan

dimensi tiap saluran. Penentuan dimensi saluran telah memperhitungkan kebutuhan *freeboard* sebesar 10-15 cm. Hasil perhitungan dimensi saluran tersaji pada Tabel 5.

Tabel 2. Hujan kala ulang.

Kala Ulang	Probabilitas	Hujan (mm)
5	0,2	71
10	0,01	75
25	0,04	80
50	0,02	83
100	0,01	86

Tabel 3. Intensitas hujan.

Waktu		Kala Ulang				
t (menit)	t (jam)	5	10	25	50	100
5	0,083	129,02	136,28	145,37	150,82	156,27
10	0,167	81,27	85,85	91,58	95,01	98,45
20	0,333	51,20	54,08	57,69	59,85	62,02
40	0,667	32,25	34,07	36,34	37,71	39,07
60	1,000	24,61	26,00	27,73	28,77	29,81
120	2,000	15,51	16,38	17,47	18,13	18,78
180	3,000	11,83	12,50	13,33	13,83	14,33

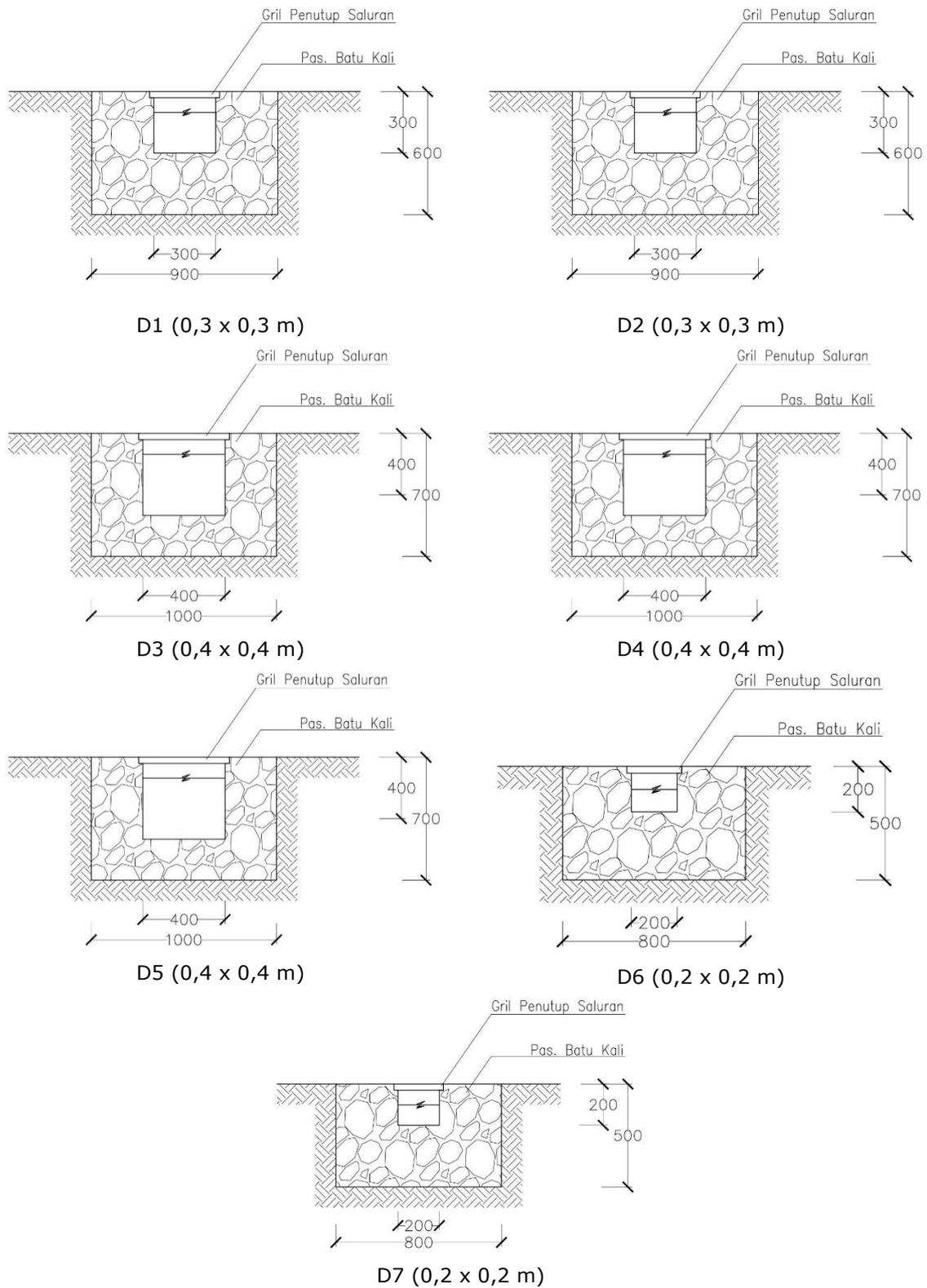
Tabel 4. Perhitungan debit 5 tahunan.

Nama Saluran	Panjang (m)	Luas CA (m ²)	Tc	I5	Q (m ³ /s)
D1	36	334	2,18	224,54	0,00719
D2	33	494	2,53	203,35	0,00963
D3	65	745	2,95	183,25	0,01309
D4	28	453	2,45	207,86	0,00903
D5	48	632	2,77	191,04	0,01158

Tabel 5. Detail saluran.

Nama Saluran	catchment area	Dimensi	
		Lebar (m)	Kedalaman (m)
D1	A1	0,3	0,3
D2	A2	0,3	0,3
D3	A3	0,4	0,4
D4	A4	0,4	0,4
D5	A5	0,4	0,4
D6	-	0,2	0,2
D7	-	0,2	0,2

Gambar penampang saluran dibuat agar memudahkan masyarakat dalam pelaksanaan konstruksi saluran. Saluran direncanakan dengan bahan pasangan batu kali setebal 30 cm dengan plesteran dan acian 15 mm. Hasil gambar penampang setiap saluran dapat dicermati pada Gambar 8.



Gambar 8. Gambar perencanaan saluran.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat Program Studi Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan telah dilakukan di Kawasan Bumi Perkemahan Gendungan Desa Kalibening berupa perencanaan sistem drainase area perkemahan. Perencanaan sistem drainase meliputi pengumpulan data, penentuan layout saluran, analisis debit rencana saluran, analisis dimensi saluran, dan penggambaran tampang saluran. Total saluran yang dirancang sebanyak tujuh saluran (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7) dengan kebutuhan dimensi bervariasi antara 20cmx20cm sampai 40cmx40cm. Saluran dirancang dengan bahan batu kali yang dirasa mudah didapat di sekitar kawasan dengan tebal dinding 30 cm. Pemeliharaan menjadi salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan pada saat sebelum dan sesudah penggunaan sistem drainase sekitar kawasan bumi perkemahan. Kegiatan pemeliharaan saran akan membantu memperpanjang daripada penggunaan sistem drainase area kemah.

Referensi

- [1] M. Muhamad, "Kapasitas daya dukung fisik dan lingkungan optimal sebagai daya dukung kepariwisataan alam Yogyakarta Utara setelah pascaerupsi merapi 2010", *Jurnal Kawistara*, vol. 3, no. 2, pp. 117-226, 2013.
- [2] A. S. Ardi, & D. R. S. Sumunar, "Analisis risiko bencana erupsi gunung merapi di Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang", *Geo Media: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, vol. 15, no. 1, pp. 99-110, 2017.
- [3] D. R. Widodo, S. P. Nugroho, & D. Asteria, "Analisis penyebab masyarakat tetap tinggal di Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi (Studi di Lereng Gunung Merapi Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta)", *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 135-142, 2018.
- [4] R. Rahayu, D. P. Ariyanto, K. Komariah, S. Hartati, J. Syamsiyah, & W. S. Dewi, "Dampak erupsi Gunung Merapi terhadap lahan dan upaya-upaya pemulihannya", *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 29, no. 1, pp. 61-72, 2014.
- [5] N. Novrianti, "Pengaruh drainase terhadap lingkungan Jalan Mendawai dan sekitar Pasar Kahayan", *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 2, no. 1, pp. 31-36, 2017.
- [6] F. R. Rustan, E. Aprianti, A. T. Abdullah, & R. Puspaningtyas, "Kinerja saluran drainase terhadap genangan air pada bahu Jalan DI Panjaitan menuju Bundaran Pesawat Lepo-Lepo", *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, vol. 22, no. 1, pp. 1-12, 2020.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan", Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2014.