

# Konsolidasi Tanah pada Sistem Saluran Drainase dalam Upaya Penanganan Banjir (Studi Kasus : Kelurahan Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung)

Mulia Ayu ROSANTY<sup>1</sup>, Rizky Ahmad YUDANEGARA<sup>1\*</sup>, Ratna Mustika SARI<sup>1</sup>, Tera Melya Patrice SIHOMBING<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera,  
email: rizky.yudanegara@gt.itera.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera

## Sejarah artikel

Diserahkan: 04 September 2024  
Dalam bentuk revisi: 10 Oktober 2024

Diterima: 14 Oktober 2024  
Tersedia online: 07 November 2024

## Abstract

The drainage channel plays a crucial role as a means of water flow to prevent surface waterlogging, so optimizing the drainage channel is one of the efforts in dealing with flooding in Way Dadi Village. This effort is carried out by soil consolidation in the drainage system. Soil consolidation is a policy of rearranging land to improve environmental quality such as the drainage system in flood-affected areas based on hydrological analysis. The method used to determine rainfall intensity to produce planning discharge in hydrological analysis is the Mononobe method with Log Pearson Type III distribution. This research results in a conceptual model of soil consolidation in the form of planning to increase dimensions, namely the width and depth of the channel with an open channel type. The widening of the drainage channel carried out requires available land of 676 m<sup>2</sup> from both road sections on Jambu Street along 155 meters and Manggis Street along 183 meters. Land acquisition is done using the land value per m<sup>2</sup> ranging from Rp. 1,000,000 - Rp. 10,000,000, resulting in a total compensation cost for land acquisition of Rp. 1,916,000,000 - Rp. 3,832,000,000 from the two land value zone.

**Keywords:** hydrological analysis, flood, drainage, consolidation

## Abstrak

Saluran drainase memiliki peran penting sebagai sarana pengaliran air untuk mencegah luapan genangan air di permukaan tanah, sehingga optimalisasi saluran drainase merupakan salah satu upaya dalam penanggulangan bencana banjir yang terjadi di Kelurahan Way Dadi. Upaya tersebut dilakukan dengan cara konsolidasi tanah pada sistem saluran drainase. Konsolidasi tanah merupakan suatu kebijakan penataan ulang pertanahan untuk meningkatkan kualitas lingkungan seperti sistem saluran drainase pada daerah terdampak banjir yang didasarkan pada analisis hidrologi. Metode yang digunakan dalam penentuan intensitas hujan untuk menghasilkan debit perencanaan dalam analisis hidrologi yaitu metode mononobe dengan distribusi Log Pearson Type III. Penelitian ini menghasilkan sebuah model konseptual konsolidasi tanah berupa perencanaan penambahan dimensi yaitu pada lebar dan kedalaman saluran dengan jenis saluran terbuka. Pelebaran saluran drainase yang dilakukan membutuhkan adanya lahan yang tersedia sebesar 676 m<sup>2</sup> dari kedua ruas jalan di Jalan Jambu sepanjang 155 meter dan Jalan Manggis sepanjang 183 meter. Pengadaan tanah dilakukan dengan menggunakan harga nilai tanah per m<sup>2</sup> sebesar Rp. 1.000.000 - Rp. 10.000.000 yang menghasilkan total biaya ganti rugi pada pengadaan tanah sebesar Rp. 1.916.000.000 - Rp. 3.832.000.000 dari dua zona nilai tanah.

**Kata kunci:** analisis hidrologi, banjir, drainase, konsolidasi

## 1. Pendahuluan

Perkembangan migrasi yang pesat menyebabkan terjadinya bencana yang melanda perkotaan, salah satunya adalah banjir (Rohman & Prasetya, 2019). Salah satu kota yang sering mengalami banjir adalah Kota Bandar Lampung, yang terjadi sejak tahun 2010-2019 (Agustri & Asbi, 2020). Setiap tahun, Kota Bandar Lampung sering mengalami banjir ketika memasuki musim hujan, yang mengindikasikan bahwa kota tersebut termasuk ke dalam kategori daerah yang rawan banjir (Ramadhani, 2023). Terjadinya banjir disebabkan adanya genangan air yang meluap karena besarnya debit aliran air melebihi kapasitasnya, sehingga dapat menenggelamkan objek yang berada di permukaan tanah (Waryono, 2001). Saluran drainase yang tidak mampu mengalirkan lebih air akibat hujan deras, menjadi satu dari sekian penyebab banjir yang umumnya terjadi di kawasan pemukiman. Sistem drainase mempunyai peranan penting sebagai sarana mengalirkan air agar genangan air tidak meluap ke permukaan tanah (Saidah dkk., 2021). Pada dasarnya, faktor utama terjadinya banjir disebabkan oleh buruknya sistem saluran drainase di suatu lingkungan permukiman sehingga air tidak dapat mengalir dengan lancar (Wismarini & Ningsih, 2010). Berdasarkan dampak yang ditimbulkan, diperlukan tindakan penanggulangan bencana banjir untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan bersih. Pengulangan banjir dapat dilakukan dengan melakukan perencanaan teknis pada sistem saluran drainase berdasarkan pada Permen PUPR No. 12 Tahun 2014 yaitu analisis hidrologi dan hidrolika (Juono & Subagiyo, 2017).

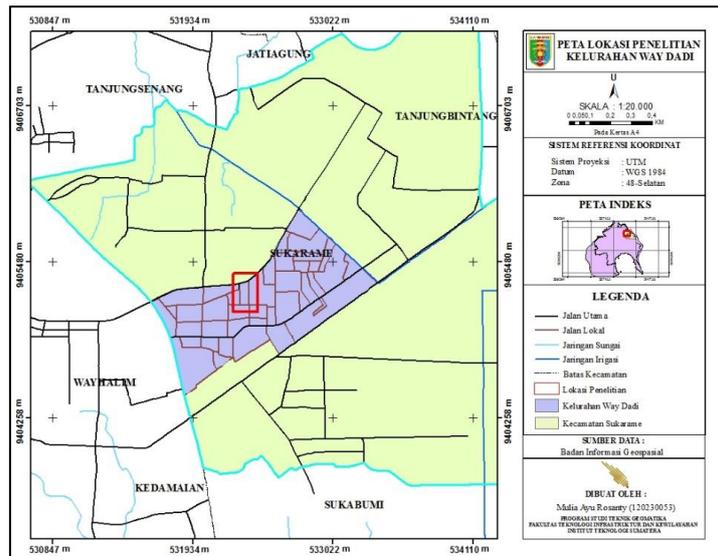
Definisi dari konsolidasi tanah, jika mengacu pada Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 4 Tahun 1991 Tentang Konsolidasi Tanah Pasal 1 Ayat 1, merupakan kebijakan pertanahan mengenai penataan kembali pengelolaan dan penggunaan serta usaha pengadaan tanah untuk kepentingan pembangunan, demi meningkatkan kualitas lingkungan dan melestarikan sumber daya alam dengan melalui keterlibatan masyarakat secara aktif. Terjadinya banjir di Kelurahan Way Dadi disebabkan oleh dangkalnya selokan dan banyaknya penyempukan sampah yang menghambat aliran dan penyerapan air hujan pada drainase (Nurrohawati, 2023). Penanggulangan banjir di Kelurahan Way Dadi dapat dilakukan dengan melakukan konsolidasi tanah pada sistem saluran drainase dengan membuat perencanaan teknis berdasarkan pada Permen PUPR No. 12 Tahun 2014. Oleh sebab itu, diperlukan kajian berupa analisis hidrologi di lokasi untuk mendapatkan rancangan desain berupa dimensi yang layak pada saluran drainase serta melakukan tinjauan terhadap sistem pengadaan tanah yang terjadi akibat konsolidasi tanah tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai beberapa aspek yang dibutuhkan untuk penanggulangan bencana banjir yang terjadi di Kelurahan Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung. Adapun tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan model konseptual perencanaan konsolidasi tanah pada sistem saluran drainase di Kelurahan Way Dadi yang diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk menanggulangi banjir yang terjadi. Keperluan konsolidasi tanah dalam penanganan bencana banjir yang terjadi dapat diidentifikasi melalui kajian hidrologi terhadap hasil evaluasi kondisi sistem saluran drainase eksisting. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan Dan Kawasan Permukiman, adanya penataan sistem saluran drainase akan memberikan keuntungan bagi warga dan lingkungan setempat karena akan mengurangi tingkat risiko banjir sehingga daerah tersebut tercipta daerah yang tertata, tertib, dan teratur.

## 2. Metodologi

### *Lokasi Penelitian*

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian ini bertepatan pada dua jalan yang terdampak banjir di Kelurahan Way Dadi yaitu Jalan Jambu dan Jalan Manggis.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Metode Pengumpulan Data

Terdapat dua data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, yaitu data Primer dan Sekunder. Adapun data yang dibutuhkan beserta sumbernya adalah sebagai berikut.

1. Data Curah Hujan  
Ketersediaan data curah hujan harian didapatkan melalui Pos Stasiun hujan milik Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung.
2. Data Elevasi  
Data elevasi idapatkan dari data DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial yang diunduh melalui website ina-geoportal tahun 2023.
3. Administrasi Kota Bandar Lampung  
Data didapatkan dari pengunduhan data melalui website resmi Badan Informasi Geospasial pada data administrasi Kota Bandar Lampung tahun 2023 dengan skala 1 : 50.000.
4. Data ukuran dimensi drainase eksisting  
Dimensi saluran drainase eksisting didapatkan dari peninjauan langsung ke lapangan dengan mengukur dimensi drainase yang telah terbangun menggunakan alat ukur satuan meter di lokasi penelitian.
5. Data nilai harga tanah,  
Nilai harga tanah diperoleh dari analisis Peta Zona Nilai Tanah pada *website* Badan Pertanahan Nasional.

### Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini merupakan tahap awal yang harus dilakukan untuk mendapatkan model konseptual berupa desain perencanaan sistem saluran drainase. Berikut merupakan langkah yang dilakukan dalam pengolahan data penelitian.

1. Analisis Hidrologi  
Analisis ini menjadi tahap awal untuk memperoleh karakteristik hidrologi dan meteorologi wilayah sungai dalam perencanaan sistem drainase dan penanggulangan banjir. Analisis hidrologi dilakukan dengan berbagai proses perhitungan sebagai berikut :
  - a. Perhitungan Frekuensi Curah Hujan Rata-Rata Maksimum; frekuensi curah hujan rata-rata ditentukan dari nilai curah hujan maksimum setiap tahunnya dari tahun 2014-2023 pada Stasiun Hujan Sukarame (PH 003). Perhitungan analisis frekuensi

bertujuan untuk menentukan distribusi yang sesuai untuk memperoleh curah hujan rencana yang didasarkan pada data curah hujan maksimum yang telah dihitung.

- b. Perhitungan Distribusi Curah Hujan: Metode *Log Pearson Type III* merupakan metode yang dipilih karena memenuhi syarat yang digunakan untuk menghitung distribusi curah hujan. Perhitungan metode *Log Pearson Type III* digunakan untuk menentukan curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu, dikarenakan koefisien puncak dan koefisien kepengcengan data yang tersedia memenuhi syarat metode tersebut dengan didapatkan nilai  $C_s$  sebesar 0,782 dengan syarat  $C_s \neq 0$ . Untuk Harga  $C_s = 0,7821$  nilai koefisien  $G$  sebesar 0,7821, sehingga dihitung nilai persentase ulang pada periode kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun pada koefisien kemencengan sebesar 0,782 untuk mendapatkan nilai hujan rencana pada kala ulang tertentu.

Tabel 1. Perhitungan nilai hujan rencana berdasarkan kala ulang

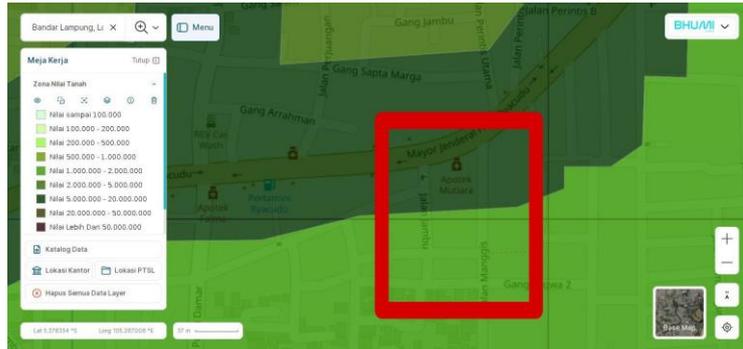
Kala Ulang	X rata-rata	Log Xr	Gt	Sx	Log Xt	Xt
2	100,630	2,003	-0,129	0,206	1,976	94,66525518
5			0,764		2,160	144,4817529
10			1,335		2,277	189,3935857
25			1,972		2,408	255,9960042
50			2,398		2,496	313,2254196
100			2,864		2,592	390,6607532

- c. Pengujian Kecocokan Distribusi Frekuensi, dilakukan untuk menilai kesesuaian distribusi frekuensi dalam perhitungan statistik hidrologi. Terdapat dua pengujian yang dilakukan untuk menilai kesesuaian distribusi frekuensi dalam perhitungan statistik hidrologi, yaitu Uji *Chi Kuadrat* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.
  - d. Perhitungan Intensitas Hujan, dilakukan menggunakan metode *mononobe* karena metode tersebut sesuai dan efisien untuk digunakan pada data curah hujan harian. Intensitas curah hujan dihitung untuk mendapatkan debit banjir berdasarkan lamanya kejadian hujan (durasi metode rasional). Perhitungan intensitas hujan dilakukan berdasarkan nilai hujan rencana pada kala ulang 5 tahun.
  - e. Menentukan Daerah Aliran Sungai dan Tata Guna Lahan, daerah Aliran Sungai (DAS) ditentukan berdasarkan data elevasi DEMNAS yang diolah menjadi peta kontur di area penelitian. Analisis daerah aliran sungai dengan tata guna lahan berdasarkan arah aliran air digunakan untuk mendapatkan besarnya koefisien limpasan air kedalam saluran drainase untuk penentuan besarnya debit rencana ( $Q_r$ ).
  - f. Menghitung Debit Rencana ( $Q_r$ ), Perhitungan debit limpasan ditentukan dengan mengalikan koefisien limpasan yang telah ditentukan dengan intensitas hujan yang dihasilkan dari perhitungan frekuensi hujan rencana dan total luas daerah aliran sungai.
2. Analisis Keperluan Konsolidasi Tanah  
Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dihitung, didapatkan dimensi saluran drainase yang sesuai berdasarkan kondisi hidrologi di lokasi penelitian. Dengan membandingkan dimensi saluran *eksisting* yang didapatkan dari pengukuran langsung ke lokasi dan dimensi saluran hasil analisis hidrologi, dapat dianalisis penyebab terjadi banjir di lokasi penelitian ini. Perbandingan antara besarnya debit hujan rencana ( $Q_r$ ) dengan debit *eksisting* saluran ( $Q_r$ ) dievaluasi untuk mendapatkan model konseptual konsolidasi tanah. Keperluan dilakukannya konsolidasi tanah merupakan upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi banjir yang terjadi.
  3. Pembuatan Model Konseptual Konsolidasi Tanah  
Model konseptual konsolidasi tanah dibuat berdasarkan besarnya dimensi saluran drainase yang dihasilkan dari debit rencana ( $Q_s$ ). Perencanaan pembangunan ulang

sistem saluran drainase dilakukan dengan tujuan normalisasi dimensi saluran untuk menangani banjir, sehingga model konseptual pada konsolidasi tanah harus didasarkan pada besarnya kapasitas air yang harus ditampung pada dimensi saluran tersebut. Model konseptual konsolidasi tanah berupa penambahan dimensi saluran drainase pada kedalaman saluran ( $h$ ) dan lebar saluran ( $b$ ).

4. Perhitungan Biaya Konsolidasi Tanah

Biaya pengadaan tanah dihitung sebagai bentuk ganti rugi pencabutan hak atas tanah dan biaya pembangunan drainase berdasarkan model konseptual perencanaan untuk memberikan gambaran biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan konsolidasi tanah.



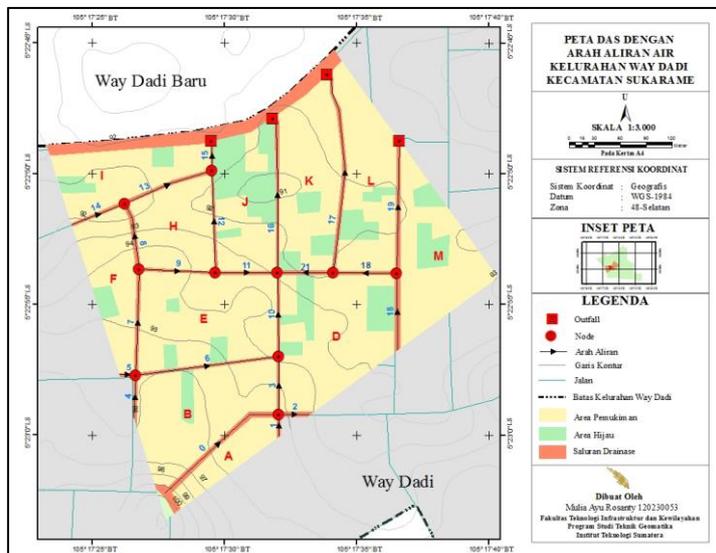
Gambar 2. Zona Nilai Tanah di Jalan Jambu dan Jalan Manggis (Sumber : Badan Pertanahan Nasional)

Perhitungan biaya pengadaan tanah diakumulasikan berdasarkan besarnya lebar tanah yang diperlukan dalam penambahan dimensi lebar saluran yang akan dibangun dan data Nilai harga tanah yang didapatkan dari Peta Zona Nilai Tanah. Lokasi penelitian yaitu Jalan Jambu dan Jalan Manggis masuk kedalam dua zona nilai tanah yaitu, dimana pada masing-masing zona memiliki nilai rentang maksimum dan minimum.

3. Hasil dan Pembahasan

*Hasil Evaluasi Kondisi Sistem Saluran Drainase Eksisting Berdasarkan Analisis Hidrologi*

Keperluan konsolidasi tanah dianalisis berdasarkan kemampuan suatu saluran drainase dalam menampung debit hujan rencana di lokasi tersebut. Perhitungan debit hujan rencana didapatkan dari tahapan analisis hidrologi berdasarkan besarnya curah hujan maksimum pada 10 tahun terakhir. Jumlah limpasan yang dapat diterima oleh saluran akan diestimasi menggunakan data curah hujan maksimum yang telah dihitung.



Gambar 3. Peta DAS Dengan Arah Aliran Air

Penentuan Daerah Aliran Sungai didasarkan pada besarnya elevasi tertinggi di lokasi penelitian. Daerah aliran sungai yang dihasilkan memiliki luas sebesar 88980,894 m<sup>2</sup> besarnya luasan tata guna lahan dibagi menjadi delapan blok area. Analisis tata guna lahan pada suatu daerah aliran sungai dilakukan untuk menentukan besarnya koefisien limpasan aliran yang akan jatuh kedalam saluran drainase berdasarkan jenis guna lahannya. Berdasarkan Gambar 3, terdapat dua kategori tata guna lahan di Kelurahan Way Dadi, yaitu pemukiman dan daerah hijau. Berikut merupakan hasil perhitungan koefisien limpasan (C) pada setiap blok di Daerah Aliran Sungai pada lokasi Penelitian di Kelurahan Way Dadi. Terdapat delapan blok yang memberikan limpasan aliran air pada lokasi Penelitian yaitu Jalan Manggis dan Jalan Jambu.

Tabel 2. Perhitungan koefisien limpasan aliran

Nama Blok	Luas (m2)	Saluran	Pemukiman (m <sup>2</sup> )	Lahan Hijau (m <sup>2</sup> )	C
			0,5	0,2	
A	4424,395	(1)(3)(10)(16)	4424,390	0,000	0,5000
B	14955,785	(3)(10)(16)	14075,340	880,445	0,4823
E	16874,999	(10)(16)	15604,720	1270,279	0,4774
F	8644,330	(7)(9)(12)(15)	7845,060	799,270	0,4723
H	8784,934	(13)(15)	8784,940	0,000	0,5000
I	9708,429	(13)(14)(15)	8382,280	1326,149	0,4590
J	11518,684	16	5762,260	5756,424	0,3501
K	14069,338	16	12204,600	1864,738	0,4602

Setelah didapatkan nilai koefisien limpasan pada masing-masing blok, diakumulasikan panjang masing-masing saluran yang mengalir air menuju titik outline yang bertepatan pada dua jalan yaitu saluran 15 dan 16. Perhitungan panjang saluran digunakan untuk mendapatkan nilai panjang saluran yang mengalir air menuju titik pembuangan akhir atau yang disebut dengan Ls. Pada Penelitian ini, lokasi yang ditinjau yaitu Jalan Manggis dan Jalan Jambu yang bertepatan pada saluran (15+12) dan (16) menjadi titik pembuangan akhir yang menerima limpasan air dari saluran lainnya.

Tabel 3. Perhitungan panjang saluran aliran dan panjang lintasan aliran sampai saluran

Nama Blok	Luas (m2)	Saluran	Ls (m)	Kemiringan (S)	Lo (m)
A	4424,395	(1)(3)(10)(16)	375,865	0,030	168,713
B	14955,785	(3)(10)(16)	349,303	0,030	167,662
E	16874,999	(10)(16)	281,079	0,031	161,688
F	8644,330	(7)(9)(12)(15)	368,594	0,040	124,161
H	8784,934	(13)(15)	144,182	0,056	89,391
I	9708,429	(13)(14)(15)	211,206	0,060	82,983
J	11518,684	16	183,059	0,069	72,298
K	14069,338	16	183,059	0,077	64,643

Panjang saluran yang dihitung merupakan akumulasi panjang saluran dari titik saluran awal pada suatu bidang sampai ke titik pembuangan akhir, sehingga Ls merupakan panjang saluran yang dialiri oleh air dari bidang tanah atau blok tertentu. Sedangkan Lo merupakan jarak atau panjang air mengalir dari titik tertinggi di suatu bidang tanah atau blok menuju saluran drainase. Perhitungan tersebut akan mempengaruhi besarnya intensitas hujan yang dihasilkan karena berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir hingga ke titik *outfall*.

Tabel 4. Perhitungan intensitas hujan rencana pada setiap blok

Nama Blok	to (menit)	v (m/s)	td (menit)	tc (menit)	tc (jam)	I (mm/jam)
A	49,739	1,913	11,983	61,722	1,029	141,768
B	49,404	1,919	11,171	60,574	1,010	143,563
E	47,499	1,954	9,153	56,653	0,944	150,147
F	35,679	2,230	13,698	49,377	0,823	164,631
H	24,993	2,628	6,315	31,307	0,522	223,405
I	23,057	2,727	9,601	32,658	0,544	217,171
J	19,858	2,922	8,915	28,773	0,480	236,401
K	17,591	3,090	9,428	27,019	0,450	246,581

Keterangan :

- to : Waktu limpasan (menit)
- v : Kecepatan Aliran (m/s)
- td : Waktu air mengalir di saluran (menit)
- tc : Waktu konsentrasi air di saluran (menit)
- I : Intensitas hujan (mm/jam)

Besarnya intensitas hujan pada suatu tempat, berpengaruh terhadap besarnya debit limpasan pada suatu saluran drainase. Perhitungan debit limpasan dilakukan untuk mengetahui besaran air maksimum yang harus ditampung pada suatu saluran drainase yang ditinjau. Besarnya debit yang dihasilkan akan mempengaruhi dimensi ideal yang mampu menampung air hujan maksimum, sehingga akan mengatasi permasalahan banjir yang terjadi.

Tabel 5. Perhitungan debit saluran eksisting berdasarkan peninjauan lapangan

Saluran	C	I (mm/jam)	Luas DAS (m <sup>2</sup> )	Qr (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	A
15 Kiri	0,477	223,405	88980,894	2,631	2,230	1,180
15 Kanan	0,350	236,401	88980,894	2,046	2,922	0,700
16 Kiri	0,450	236,401	88980,894	2,631	1,913	1,376
16 Kanan	0,460	246,581	88980,894	2,805	3,090	0,908

Agar debit saluran *eksisting* drainase (Qs) dapat melebihi debit rencana (Qr) yang dibuat, maka debit rencana (Qr) dihitung untuk memastikan seberapa besar curah hujan yang harus ditampung dalam saluran drainase. Syaratnya adalah sebagai berikut.

Qr < Qs = memenuhi ; Qr > Qs = tidak memenuhi.

Tabel 6. Perhitungan debit saluran eksisting berdasarkan peninjauan lapangan

Nama Jalan	Ruas	Dimensi Saluran		A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	Qs (m <sup>3</sup> /s)	Qr (m <sup>3</sup> /s)	Keterangan
		h (m)	b (m)					
Jalan Jambu	Kiri	0,5	0,5	0,25	2,230	0,557	2,631	Tidak Memenuhi
	Kanan	0,5	0,5	0,25	2,922	0,730	2,046	Tidak Memenuhi
Jalan Manggis	Kiri	0,5	0,5	0,25	1,913	0,478	2,631	Tidak Memenuhi
	Kanan	0,5	0,5	0,25	3,090	0,773	2,805	Tidak Memenuhi

Keterangan :

- h : Kedalaman saluran *eksisting* (m)
- b : Lebar saluran *eksisting* (m)
- A : Luas penampang basah saluran *eksisting* (m<sup>2</sup>)
- V : Kecepatan aliran air (m/s)
- Qs : Debit saluran *eksisting* (m<sup>3</sup>/s)
- Qr : Debit rencana (m<sup>3</sup>/s)

Perhitungan debit saluran *eksisting* dilakukan berdasarkan data ukuran drainase yang telah dibangun, hal tersebut didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung ke lokasi penelitian. Berdasarkan hasil debit yang didapatkan pada Tabel 4, ukuran dimensi saluran yang telah dibangun belum memenuhi standar debit rencana banjir yang harus ditampung sehingga air meluap dari drainase ke permukaan jalan yang mengakibatkan terjadinya banjir. Selain itu, banjir juga disebabkan karena elevasi pada Jalan Jambu dan Jalan Manggis lebih rendah dibandingkan daerah sekitarnya yang mengakibatkan banyaknya air mengalir menuju lokasi penelitian. Berdasarkan hal tersebut, konsolidasi tanah pada sistem saluran drainase diperlukan dalam menangani banjir yang terjadi.

**Model Konseptual Konsolidasi Tanah**

Dimensi perencanaan saluran drainase dilakukan pada kedua ruas jalan di Jalan Jambu dan Jalan Manggis. Luas penampang basah (A) yang digunakan merupakan besarnya luas penampang perencanaan berdasarkan kebutuhan tampungan debit rencana yang didapatkan dari analisis hidrologi. Dimensi yang dihasilkan berupa lebar saluran dan kedalaman saluran, dimana lebar saluran pada kedua jalan dan antar ruasnya.

Tabel 7. Hasil perencanaan dimensi saluran drainase

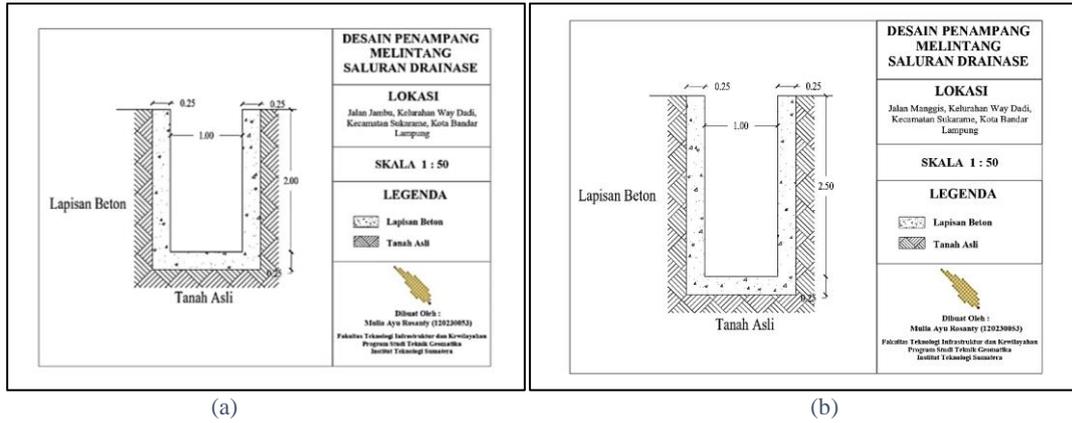
Nama Saluran	Ruas	A (m <sup>2</sup> )	b (m)	h (m)	W (m)	H (m)	Hs (m)
Jalan Jambu	Kiri	1,180	1	1,180	0,768	1,948	2
	Kanan	0,700	1	0,700	0,592	1,468	2
Jalan Manggis	Kiri	1,376	1	1,376	0,829	2,144	2,5
	Kanan	0,908	1	0,908	0,674	1,676	2,5

Contoh Dimensi Saluran Drainase :

1. Nama Saluran : Jalan Jambu
2. Ruas : Kiri
3. Luas Penampang Basah (A) : 1,180 m<sup>2</sup>
4. Lebar Saluran (b) : 1 m
5. Kedalaman Saluran (h) :  $\frac{A}{b} = \frac{1,180 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1,180 \text{ m}$
6. Tinggi Jagaan (W) :  $\sqrt{(0,5 \times h)} = \sqrt{(0,5 \times 1,180 \text{ m})} = 0,768 \text{ m}$
7. Tinggi Saluran (H) :  $h + W = 1,180 \text{ m} + 0,768 \text{ m} = 1,984 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$

Berdasarkan hasil perencanaan dimensi saluran drainase, jenis saluran drainase yang akan digunakan berupa jenis saluran terbuka dengan bentuk penampang persegi panjang. Model konseptual konsolidasi tanah yang akan dilakukan desain perencanaan saluran dapat dilihat pada Gambar 4(a) dan 4(b).

Berdasarkan besar debit banjir rencana dan dimensi *eksisting* saluran drainase, penambahan volume pada saluran harus dilakukan pada masing-masing lebar dan kedalaman dari saluran. Hal tersebut bertujuan agar menghasilkan saluran yang ideal dan efisien. Dimensi lebar saluran ditetapkan sebesar 1 meter agar menghasilkan kedalaman saluran yang tidak terlalu tinggi, karena kedalaman saluran akan mempengaruhi pemeliharaan yang akan dilakukan.

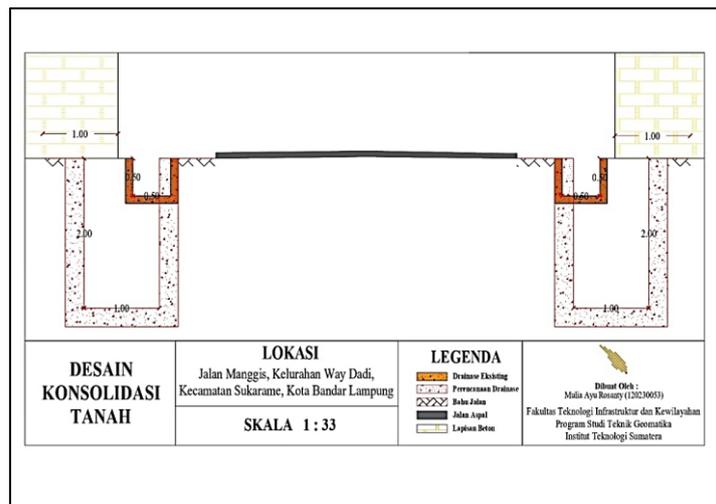


Gambar 4. (a) Desain Penampang Melintang Saluran Drainase Jalan Jambu (b) Desain Penampang Melintang Saluran Drainase Jalan Manggis

Tabel 8. Hasil perhitungan besar penambahan dimensi saluran drainase

Nama Jalan	Ruas	Dimensi Saluran					
		Eksisting		Perencanaan		Penambahan	
		h (m)	b (m)	h (m)	b (m)	h (m)	b (m)
Jalan Jambu	Kiri	0,5	0,5	2	1	1,5	0,5
	Kanan	0,5	0,5	2	1	1,5	0,5
Jalan Manggis	Kiri	0,5	0,5	2,5	1	2	0,5
	Kanan	0,5	0,5	2,5	1	2	0,5

Besarnya ukuran dimensi penambahan didapatkan dengan mengurangi ukuran dimensi saluran perencanaan dengan ukuran dimensi saluran *eksisting*. Kedalaman saluran (h) dilakukan penambahan dimensi dengan melakukan pengerukan pada masing-masing saluran sesuai dengan ukuran penambahan yang dilakukan. Pelebaran saluran (b) dilakukan dengan konsolidasi tanah karena adanya proses pembebasan tanah warga yang terpakai untuk pelebaran saluran.



Gambar 5. Desain Konsolidasi Tanah

Gambar 5 merupakan gambar desain konsolidasi tanah yang akan dilakukan. Pada gambar tersebut merupakan gambar desain di Jalan Jambu dengan kedalaman pada saluran perencanaan sebesar 2 meter dan saluran *eksisting* sebesar 0,5 meter, sehingga diperukan pengerukan untuk penambahan dimensi kedalaman sebesar 1,5 meter. Pada ukuran lebar saluran drainase *eksisting* sebesar 0,5 meter akan dilakukan pelebaran menjadi 1 meter,

sehingga diperlukan adanya lahan yang tersedia dari pengadaan tanah oleh warga sekitar sebesar 1 meter. Besarnya keperluan lahan sebesar 1 m<sup>2</sup> tersebut akan digunakan untuk penambahan dimensi saluran sebesar 0,5 meter dan (0,25 meter x 0,25 meter) sebagai bahu drainase yang dilapisi oleh beton.

**Total Biaya Konsolidasi Tanah**

Biaya konsolidasi tanah yang diperlukan berupa biaya ganti rugi yang akan dibayarkan pada warga yang merelakan Sebagian tanahnya untuk pelebaran dimensi saluran. Penentuan biaya ganti rugi didasarkan pada harga nilai tanah di lokasi penelitian. Berdasarkan data Zona Nilai Tanah dari Badan Pertanahan Nasional, lokasi penelitian yaitu Jalan Jambu dan Jalan Manggis masuk ke dalam dua zona. Jalan Jambu yang memiliki panjang 155 meter, dibagi menjadi dua bagian yaitu 65 meter masuk Zona 1 dan 90 meter masuk Zona 2. Sedangkan pada Jalan Manggis yang memiliki Panjang 183 meter, dibagi menjadi dua bagian, yaitu 90 meter masuk Zona 1 dan 93 meter masuk Zona 2. Pada masing-masing zona memiliki harga nilai tanah yang berbeda, pada Zona 1 harga tanah per meternya yaitu Rp.5.000.000 - Rp.10.000.000. Sedangkan pada Zona 2 harga tanah per meternya yaitu Rp.1.000.000 -Rp.2.000.000.

Tabel 9. Perhitungan biaya ganti rugi rentang nilai tanah minimum

Nilai Rentang Minimum							
	Zona	Nilai Tanah	Ruas Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Tanah (m)	Luas Bidang Tanah (m <sup>2</sup> )	Biaya Ganti Rugi
Jalan Jambu	1	Rp5.000.000	Kanan	65	1	65	Rp325.000.000
			Kiri	65		65	Rp325.000.000
	2	Rp1.000.000	Kanan	90		90	Rp90.000.000
			Kiri	90		90	Rp90.000.000
Jalan Manggis	1	Rp5.000.000	Kanan	90		90	Rp450.000.000
			Kiri	90		90	Rp450.000.000
	2	Rp1.000.000	Kanan	93		93	Rp93.000.000
			Kiri	93		93	Rp93.000.000
TOTAL							Rp1.916.000.000

Tabel 10. Perhitungan biaya ganti rugi rentang nilai tanah maksimum

Nilai Rentang Maksimum							
	Zona	Nilai Tanah	Ruas Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Tanah (m)	Luas Bidang Tanah (m <sup>2</sup> )	Biaya Ganti Rugi
Jalan Jambu	1	Rp10.000.000	Kanan	65	1	65	Rp650.000.000
			Kiri	65		65	Rp650.000.000
	2	Rp2.000.000	Kanan	90		90	Rp180.000.000
			Kiri	90		90	Rp180.000.000
Jalan Manggis	1	Rp10.000.000	Kanan	90		90	Rp900.000.000
			Kiri	90		90	Rp900.000.000
	2	Rp2.000.000	Kanan	93		93	Rp186.000.000
			Kiri	93		93	Rp186.000.000
TOTAL							Rp3.832.000.000

Perhitungan biaya ganti rugi yang telah didapatkan berdasarkan harga nilai tanah dari Peta Zona Nilai Tanah Badan Pertanahan Nasional dilakukan validasi terhadap nilai tanah tersebut dengan dilakukannya penilaian lahan untuk mendapatkan harga bidang tanah per meternya sesuai dengan penilaian yang dilakukan. Penentuan nilai tanah dilakukan menggunakan metode pendekatan pasar yaitu dengan membandingkan data objek tanah yang berlokasi di Jalan Jambu zona dua yang akan dinilai dan objek lainnya sebagai data pembanding yang dilakukan dengan indikasi nilai kesesuaian. Data pembanding yang digunakan dalam penentuan nilai tanah

dengan pendekatan pasar sejumlah tiga data pembanding yang berlokasi berdekatan dengan data objek penilaian selanjutnya dilakukan penyesuaian terhadap penilaian dengan indikasi nilai penyesuaian dengan standar deviasi sebesar 14%.

Tabel 11. Validasi biaya ganti rugi rentang minimum zona nilai tanah 2

Sumber	Nilai Tanah	Nama Jalan	Ruas	Luas (m <sup>2</sup> )	Biaya Ganti Rugi	Total
Badan Pertanahan Nasional	Rp1.000.000	Jalan Jambu	Kanan	90	Rp90.000.000	Rp366.000.000
			Kiri	90	Rp90.000.000	
		Jalan Manggis	Kanan	93	Rp93.000.000	
			Kiri	93	Rp93.000.000	
Penilaian dengan Pendekatan Pasar	Rp1.991.000	Jalan Jambu	Kanan	90	Rp179.190.000	Rp728.706.000
			Kiri	90	Rp179.190.000	
		Jalan Manggis	Kanan	93	Rp185.163.000	
			Kiri	93	Rp185.163.000	

Tabel 12. Biaya ganti rugi rentang maksimum zona nilai tanah 2

Sumber	Nilai Tanah	Nama Jalan	Ruas	Luas (m <sup>2</sup> )	Biaya Ganti Rugi	Total
Badan Pertanahan Nasional	Rp2.000.000	Jalan Jambu	Kanan	90	Rp180.000.000	Rp732.000.000
			Kiri	90	Rp180.000.000	
		Jalan Manggis	Kanan	93	Rp186.000.000	
			Kiri	93	Rp186.000.000	
Penilaian dengan Pendekatan Pasar	Rp2.270.700	Jalan Jambu	Kanan	90	Rp204.363.000	Rp831.076.200
			Kiri	90	Rp204.363.000	
		Jalan Manggis	Kanan	93	Rp211.175.100	
			Kiri	93	Rp211.175.100	

Nilai tanah yang didapatkan dari Peta Zona Nilai Tanah Badan Pertanahan Nasional dibandingkan dengan penilaian pendekatan pasar mengalami kenaikan sebesar 99% pada nilai tanah rentang minimum. Sedangkan pada nilai tanah rentang maksimum, kenaikan yang didapatkan sebesar 14%. Berdasarkan hasil penilaian yang dilakukan pada tanggal 18 Mei 2024, dihasilkan bahwa harga nilai tanah yang dilakukan validasi dengan penilaian pendekatan pasar berada di zona nilai tanah dua. Harga nilai tanah yang didapatkan sebagai validasi harga nilai tanah dari Badan Pertanahan Nasional yang dapat digunakan sebagai acuan biaya ganti rugi yang harus dibayarkan pada proses konsolidasi tanah yang dilakukan. Hasil validasi penilaian nilai tanah yang dilakukan didapatkan bahwa harga nilai tanah yang signifikan dengan harga nilai tanah Badan Pertanahan Nasional yaitu pada harga nilai tanah rentang maksimum.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini yang sesuai dengan hasil dan pembahasan yang sudah dijelaskan diatas yaitu:

1. Kondisi *eksisting* saluran drainase di Jalan Jambu dan Jalan Manggis memiliki ukuran dimensi sebesar 0,5 x 0,5 meter dan tidak mampu menampung debit hujan rencana ( $Q_r$ ) yang didapatkan dari analisis hidrologi. Oleh sebab itu, diperlukan adanya upaya untuk menangani banjir yang terjadi dengan melakukan konsolidasi tanah pada sistem saluran drainase yaitu dengan penambahan dimensi pada saluran drainase.
2. Model konseptual perencanaan saluran berupa jenis saluran terbuka dengan bentuk penampang persegi panjang. Dimensi saluran di Jalan Jambu dilakukan penambahan ukuran kedalaman saluran ( $h$ ) menjadi 2 meter dan lebar saluran ( $b$ ) menjadi 1 meter karena debit hujan rencana ( $Q_r$ ) yang harus ditampung sebesar  $2,046 - 2,632 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sedangkan di Jalan Manggis dilakukan penambahan dimensi ukuran kedalaman saluran ( $h$ ) menjadi 2,5 meter dan lebar saluran ( $b$ ) menjadi 1 meter karena debit hujan rencana ( $Q_r$ ) yang harus ditampung sebesar  $2,631 - 2,805 \text{ m}^3/\text{s}$ .

3. Konsolidasi tanah yang dilakukan pada pelebaran dimensi saluran drainase membutuhkan adanya lahan yang tersedia sebesar  $676 m^2$  yang berasal dari pengadaan tanah oleh warga. Total biaya yang diperlukan sebagai biaya ganti rugi pada pengadaan tanah sebesar Rp. 1.916.000.000 - Rp. 3.832.000.000 yang didapatkan dari dua zona nilai tanah.

## 5. Referensi

- Agustri, M. P., & Asbi, A. M. (2020). Tingkat Risiko Bencana Banjir di Kota Bandar Lampung dan Upaya Pengurangannya Berbasis Penataan Ruang. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, Vol. 11 No(1), 23–38.
- Juono, P. T., & Subagiyo, A. (2017). *Ruang Air dan Tata Ruang Pendekatan Penataan Ruang dan Pengelolaan DAS Berkelanjutan*.
- Nurrohawati, P. (2023). *Rapid Mapping untuk Respon Banjir*. Institut Teknologi Sumatera.
- Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 4 Tahun 1991 Tentang Konsolidasi Tanah.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 12/PRT/M/2014 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014).
- Ramadhani, M. A. (2023). Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir di Kota Bandar Lampung Berbasis GIS (Geographic Information System) dan Citra LANDSAT 8 OLI. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(4), 510–514.
- Rohman, A., & Prasetya, D. B. (2019). Rapid Mapping for Simple Flood Mitigation Using Commercial Drone at Way Galih Village, Lampung, Indonesia. *Forum Geografi*, 33(1), 101–113. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v33i1.8421>
- Saidah, H., Nur, N. K., Rangan, P. R., Mukrim, M. I., Tamrin, T., Tumpu, M., Jamal, M., Mansida, A., & Sindagamanik, F. D. (2021). *Drainase Perkotaan* (R. Watrianthos (Ed.)). Yayasan Kita Menulis.
- Undang-Undang (UU) Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan Dan Kawasan Permukiman (2011).
- Waryono, T. (2001). *Fenomena Banjir diwilayah Perkotaan (Studi Kasus Banjir DKI Jakarta 2002)*.
- Wismarini, T. D., & Ningsih, D. H. U. (2010). Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam Membantu Pengambilan Keputusan bagi Penanganan Banjir. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, XV(1), 41–51.

# JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

**Stabilisasi Fly Ash pada Tanah Gedebage Bandung**  
*Ricardo MORRISON, Asriwiyanti DESIANI*

**Konsolidasi Tanah pada Sistem Saluran Drainase dalam Upaya Penanganan Banjir  
(Studi Kasus: Kelurahan Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung)**  
*Mulia Ayu ROSANTY, Rizky Ahmad YUDANEGARA, Ratna Mustika SARI,  
Tera Melya Patrice SIHOMBING*

**Evaluasi Tingkat Korelasi Data Hujan Satelit GPM Terhadap Data Hujan Ground  
Station di DAS Seluang pada Kawasan IKN**  
*Kahar H. Prima PUTRA, Mohammad FARID, Dimas H. WISANGGENI,  
Fiqih Jul FACHRI*

**Kinerja Operasional Moda Kereta Api Siantar Ekspres Rute Medan–Siantar  
Menurut Penumpang Masa Panca Pandemi Covid-19**  
*Oloan SITOANG, Febby Yola LUMBAN TOBING, Reynaldo SIAHAAN*

**Perbandingan Biaya, Durasi, dan Kerugian Pendapatan Operasional Metode  
Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang Gedung Pabrik**  
*Camelia Rafella SURYAMISENA, Roi MILYARDI, Cindrawaty LESMANA*



**Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)**

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

**Penasihat :**

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

**Ketua Penyunting (Editor in Chief) :**

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

**Manajer Penyunting (Managing Editor):**

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

**Anggota Penyunting (Editorial Board):**

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Pusat Riset Teknologi Transportasi, BRIN)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

**Mitra Bestari (Peer Reviewer):**

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Akademi Teknik Deli Serdang, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Worley)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

**Ilustrator Sampul:**

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

**Penerbit & Alamat Redaksi:**

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

## Konten

<b>REKAYASA GEOTEKNIK</b>	hal.
<b>Stabilisasi Fly Ash pada Tanah Gedebage Bandung</b>	47-57
<i>Ricardo MORRISON, Asriwiyanti DESLANI</i>	
<b>TEKNIK SUMBER DAYA AIR</b>	
<b>Konsolidasi Tanah pada Sistem Saluran Drainase dalam Upaya Penanganan Banjir (Studi Kasus: Kelurahan Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung)</b>	59-70
<i>Mulia Ayu ROSANTY, Rizky Ahmad YUDANEGARA, Ratna Mustika SARI, Tera Melya Patrice SIHOMBING</i>	
<b>Evaluasi Tingkat Korelasi Data Hujan Satelit GPM Terhadap Data Hujan Ground Station di DAS Seluang pada Kawasan IKN</b>	71-80
<i>Kahar H. Prima PUTRA, Mohammad FARID, Dimas H. WISANGGENI, Fiqih Jul FACHRI</i>	
<b>REKAYASA TRANSPORTASI</b>	
<b>Kinerja Operasional Moda Kereta Api Siantar Ekspres Rute Medan–Siantar Menurut Penumpang Masa Panca Pandemi Covid-19</b>	81-91
<i>Oloan SITOANG, Febby Yola LUMBAN TOBING, Reynaldo SLAHAAN</i>	
<b>MANAJEMEN KONSTRUKSI</b>	
<b>Perbandingan Biaya, Durasi, dan Kerugian Pendapatan Operasional Metode Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang Gedung Pabrik</b>	93-103
<i>Camelia Rafella SURYAMISENA, Roi MILYARDI, Cindravaty LESMANA</i>	

## Pengantar Redaksi

Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih karuniaNYA kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 7 Nomor 2 di bulan Oktober tahun 2024 ini. Pada edisi ini, telah diterbitkan lima artikel yang telah melewati proses *peer-review* dan penyuntingan artikel. Kelima artikel tersebut terdiri atas satu artikel dalam topik Rekayasa Geoteknik, dua artikel dalam topik Teknik Sumber Daya Air, satu artikel dalam topik Rekayasa Transportasi, dan satu artikel dengan topik Manajemen Konstruksi.

Pada artikel pertama, Morrison dan Desiani menginvestigasi dampak pencampuran *fly ash* terhadap karakteristik kuat geser tanah lunak di daerah Gedebage, Bandung. Artikel kedua ditulis oleh Rosanti, dkk., yang mengembangkan model konseptual kebijakan penataan ulang pertanahan untuk kasus Keluaran Way Dadi, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung. Dalam artikel ketiga, Prima Putra dkk. melakukan uji korelasi dan validasi antara data hujan GPM dan data hujan *ground station* untuk kebutuhan data penunjang pembangunan Kawasan Ibu Kota Nusantara. Pada artikel keempat, Sitohang dkk. mengevaluasi kinerja pelayanan moda transportasi penumpang KA Siantar Ekspres pasca pandemi Covid-19. Artikel kelima ditulis oleh Suryamisena dkk., yang melakukan komparasi antara metode steel jacketing (SJ) dan penggunaan carbon fiber reinforced polymers (CFRP) pada gedung pabrik berdasarkan aspek biaya, durasi pekerjaan, dan dampak kerugian pendapatan operasional pabrik.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang karyanya diterbitkan pada volume ini, atas kerja samanya merespon komentar dan rekomendasi dari mitra bestari dan tim editorial. Ungkapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para mitra bestari atas kontribusi dukungannya dan kesediaannya menyambut permintaan kami untuk menelaah karya ilmiah yang masuk. Kami berharap kolaborasi yang terjadi semakin baik, dan JRKMS dapat menjadi media publikasi ilmiah yang semakin kredibel dan berkontribusi dalam dunia ketekniksipilan.

Salam hangat dan Salam sehat.

Medan, Oktober 2024

Tim Editorial



**JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL**  
| Volume 7 | Nomor 2 | Oktober 2024 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas  
<https://doi.org/10.54367>



9 772614 570002



**GARUDA**  
GASA RUKUKAN DIGITAL



**ISJDNeo**

