Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2776-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 41703-41715

Analisis Profil Kecepatan Aliran di Saluran Pembuang Primer sebagai Dasar Evaluasi Kinerja Sistem Drainase (Studi Kasus: Sungai Gangga, Universitas Negeri Padang)

Hafifah Oktari[1], Totoh Andayono[2], Fahmi Rizal[3], Eka Juliafad[4]
[1234]Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Email: oktarihafifah@gmail.com

Published: Juli, 2026

ABSTRACT

Kinerja sistem drainase perkotaan sangat bergantung pada karakteristik hidraulik aliran, khususnya distribusi kecepatan yang memengaruhi kapasitas pengangkutan sedimen (*self-cleansing*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil kecepatan aliran vertikal dan horizontal serta mengevaluasi kinerja hidraulik Saluran Pembuang Primer (Sungai Gangga) di kawasan Universitas Negeri Padang (UNP). Metode penelitian menggunakan pengukuran lapangan (*field measurement*) pada 22 titik penampang selama kondisi hujan, dengan instrumen *Current Meter* tipe Flowatch FL-03 sesuai standar SNI 8066:2015 pada tiga kedalaman vertikal (0,2D, 0,6D, 0,8D) dan tiga posisi horizontal.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aliran berkembang secara tidak seragam (*non-uniform flow*) dengan debit aktual berfluktuasi antara 0,444 m^3/s hingga 1,513 m^3/s. Sekitar 65% momentum aliran terkonsentrasi di bagian tengah saluran, sementara sisi kiri dan kanan berkontribusi minimal akibat gesekan dinding dan hambatan vegetasi. Secara kritis, kecepatan rata-rata dominan berada pada kisaran 0,10–0,30 m/s, nilai yang secara konsisten berada di bawah ambang batas *self-cleansing velocity* (0,30–0,60 m/s menurut SNI 03-2406-1991). Kondisi ini mengonfirmasi ketidakmampuan saluran untuk mengangkut sedimen secara alami, yang diperparah oleh adanya *bottleneck* di Titik 14 (lebar 3,38 m) dan akumulasi sampah. Studi ini merekomendasikan normalisasi berkala melalui pengerukan sedimen, restrukturisasi geometri pada segmen penyempitan, serta penerapan konsep *eco-drainage* di hulu untuk mengurangi beban limpasan puncak.

Keywords: Profil Kecepatan; Saluran Drainase Primer; Self-Cleansing Velocity; Non-Uniform Flow; Sungai Gangga UNP.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan memegang peran krusial dalam pengendalian banjir, di mana menurut Ibrahim et al. (2022), sistem ini berfungsi melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah atau bawah permukaan tanah. Subekti et al. (2023) juga menegaskan bahwa saluran drainase merupakan infrastruktur penting dalam pengelolaan air di perkotaan guna mencegah genangan air dan melindungi lingkungan. Namun, tantangan utama muncul seiring pesatnya perkembangan lahan terbangun; Cahyono & Miguez (2024) menyatakan bahwa banyak sistem drainase perkotaan dirancang berdasarkan kondisi tata guna lahan lama sehingga tidak mampu menampung limpasan akibat urbanisasi yang cepat. Kondisi ini sangat relevan di kawasan kampus seperti Universitas Negeri Padang (UNP), di mana perubahan tata guna lahan dari area resapan menjadi permukaan kedap air telah meningkatkan beban limpasan secara signifikan (Asmorowati et al., 2021; Kuncoro et al., 2024). Kondisi ini menuntut kinerja sistem drainase yang andal, di mana Hardjosuprapto et al. (2024) dan Maulidin et al. (2023) menekankan bahwa evaluasi dan perencanaan drainase perkotaan harus mampu mengantisipasi perubahan tata guna lahan agar infrastruktur tidak kehilangan fungsinya dalam mencegah genangan.

Dalam hierarki sistem drainase, saluran pembuang primer berperan sebagai kolektor utama yang kinerjanya sangat ditentukan oleh karakteristik hidraulik aliran, khususnya profil distribusi kecepatan. Erikson et al. (2023) menjelaskan bahwa saluran dengan kecepatan aliran yang terlalu rendah cenderung mengalami pengendapan sedimen, sedangkan aliran dengan kecepatan yang terlalu

tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya erosi atau pengikisan pada bagian dasar maupun tepi saluran. Meskipun demikian, evaluasi kinerja saluran primer seringkali masih dilakukan secara sederhana tanpa mempertimbangkan detail distribusi kecepatan. Nugraha et al. (2025) menekankan pentingnya analisis profil distribusi kecepatan aliran bidang vertikal dan kecepatan rerata aliran karena distribusi kecepatan aliran pada saluran terbuka sangat bervariasi dan tidak merata pada seluruh penampang saluran terbuka. Pemahaman mendalam mengenai profil kecepatan ini esensial untuk mendeteksi zona berkecepatan rendah penyebab sedimentasi atau zona turbulen pemicu erosi yang tidak dapat teridentifikasi hanya melalui asumsi kecepatan rata-rata satu dimensi.

Permasalahan spesifik terkait kinerja hidraulik saat ini terjadi pada saluran pembuang primer di UNP, yang dikenal secara lokal sebagai Sungai Gangga. Saluran ini mengalami indikasi ketidaksesuaian kapasitas yang nyata, tercatat dari kejadian luapan air di sekitar kawasan FMIPA pada tanggal 28 November 2025 akibat hujan intensitas tinggi, serta genangan di akses Fakultas Seni dan Bahasa (FBS) pada 22 November 2024. Selain genangan, kondisi eksisting saluran diperburuk oleh sedimentasi yang cepat, penumpukan sampah, pertumbuhan vegetasi liar, serta keberadaan bangunan pelintas seperti jembatan yang memengaruhi kapasitas dan pola aliran. Hambatan-hambatan antropogenik dan fisik tersebut menyebabkan penyempitan penampang efektif dan menciptakan kondisi aliran yang kompleks, mengindikasikan adanya ketidakseimbangan antara kapasitas hidraulik desain dengan beban aliran aktual di lapangan.

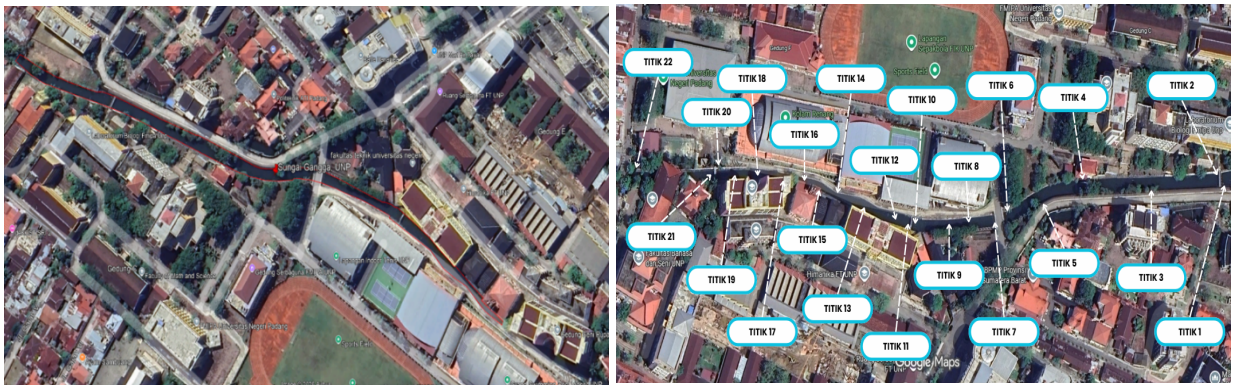
Kajian mengenai profil kecepatan aliran sebenarnya telah banyak dilakukan, namun mayoritas berfokus pada saluran alami atau irigasi. Prismayuda et al. (2020) menganalisis distribusi kecepatan pada Sungai Pelat yang berfungsi sebagai sumber air baku dan irigasi, sementara Musa et al. (2023) meneliti saluran sekunder irigasi D.I Bantimurung, dan Anggreni dkk. (2024) membandingkan karakteristik aliran pada saluran pasangan batu dan saluran tanah. Di sisi lain, Syarif et al. (2023) menganalisis pengaruh variasi geometri penampang terhadap kecepatan aliran, serta Putra (2016) yang melakukan studi eksperimental distribusi kecepatan pada saluran lurus. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum merepresentasikan kondisi saluran pembuang primer di kawasan kampus yang memiliki karakteristik unik berupa dominasi hambatan antropogenik. Kebaruan penelitian ini terletak pada kajian eksperimental profil kecepatan aliran di saluran primer kawasan kampus yang dipengaruhi secara signifikan oleh aktivitas manusia, termasuk akumulasi sampah, vegetasi liar, dan modifikasi geometri oleh bangunan pelintas. Faktor-faktor ini diduga menyebabkan penyimpangan profil kecepatan dari pola teoritis logaritmik dan menciptakan distribusi aliran tidak seragam *non-uniform flow* yang berbeda dengan temuan pada saluran alami maupun irigasi sebelumnya.

Berdasarkan urgensi dan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini bertujuan untuk menganalisis profil kecepatan aliran pada saluran pembuang primer Sungai Gangga berdasarkan distribusi kecepatan secara vertikal dan horizontal dari hasil pengukuran lapangan, serta mengevaluasi kinerja sistem drainase berdasarkan profil kecepatan aliran tersebut guna mengidentifikasi efektivitas aliran dan potensi gangguan hidraulik sebagai dasar rekomendasi teknis pengelolaan drainase kampus yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di saluran pembuang primer (Sungai Gangga) yang berada di kawasan Universitas Negeri Padang, Kota Padang. Saluran pembuang primer (Sungai Gangga) di kawasan Universitas Negeri Padang merupakan komponen utama dalam sistem drainase kampus yang berfungsi menampung dan mengalirkan limpasan permukaan dari jaringan saluran sekunder dan tersier menuju badan air penerima. Seiring dengan perubahan tata guna lahan yang signifikan, beban aliran yang masuk ke saluran ini cenderung meningkat. Kondisi ini berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan beban aliran Sungai Gangga, Universitas Negeri Padang, mengingat kawasan tangkapan airnya didominasi oleh permukaan kedap air akibat padatnya infrastruktur akademik dan jalan lingkungan. Lokasi ini dipilih karena memiliki peran penting dalam sistem drainase kampus dan merepresentasikan kondisi nyata aliran permukaan di kawasan perkotaan, serta belum adanya kajian yang meneliti kecepatan aliran secara langsung pada lokasi tersebut. Hingga saat ini, data empiris yang menggambarkan profil kecepatan aliran di saluran pembuang primer (Sungai Gangga), Universitas Negeri Padang masih sangat terbatas. Oleh karena itu, fokus studi pada segmen ini dinilai strategis

untuk mengisi kesenjangan data hidraulik aktual yang selama ini hanya mengandalkan parameter geometrik dan debit rencana.



Gambar 1 & 2. Lokasi Penelitian dan Sketsa Titik Pengamatan

Teknik pengumpulan data primer pada penelitian ini menggunakan teknik observasi dan pengukuran langsung (*field measurement*) sebagai metode utama pengumpulan data karena data primer yang dikaji berupa parameter hidraulik yang harus diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran kuantitatif di lapangan. Pengukuran dilakukan pada saat terjadi hujan sehingga kondisi aliran yang diamati merupakan kondisi ketika saluran menerima tambahan limpasan permukaan dari daerah tangkapan di sekitar Universitas Negeri Padang. Akuisisi data mengandalkan instrumen utama berupa *Current Meter* tipe Flowatch FL-03 untuk merekam kecepatan aliran, *staff gauge* untuk monitoring tinggi muka air, serta meteran roll untuk pengukuran dimensi geometri saluran.

Pengukuran kecepatan aliran secara vertikal pada penelitian ini ditujukan untuk mengetahui sebaran dan karakteristik perubahan laju aliran air berdasarkan faktor kedalaman penampang. Berdasarkan tata cara yang diatur dalam SNI 8066 Tahun 2015, pengambilan data dilakukan secara berlapis pada tiga titik kedalaman hidraulik aktual, yaitu pada kedalaman 0,2D (dekat permukaan bebas), 0,6D (tengah kedalaman), dan 0,8D (dekat dasar saluran). Pada setiap titik dilakukan pengukuran kecepatan aliran secara horizontal pada tiga posisi pengukuran, yaitu bagian kiri (1/4 B), tengah (1/2 B), dan kanan (1/4 B) saluran. Prosedur pengukuran vertikal ini diterapkan secara konsisten pada 22 titik pengamatan di sepanjang saluran pembuang primer Sungai Gangga Universitas Negeri Padang. Jumlah penampang tersebut ditetapkan secara sistematis untuk merepresentasikan variasi geometri, perubahan kemiringan dasar, serta hambatan hidraulik akibat sedimentasi dan vegetasi yang tersebar di sepanjang lokasi studi.

Tabel 1. Instrumen Penelitian

No.	Instrumen Penelitian	Fungsi
1.	*Current Meter*	Mengukur kecepatan aliran pada beberapa titik vertikal dan horizontal dalam satu penampang untuk memperoleh distribusi dan kecepatan rata-rata aliran
2.	Meteran / *Roll meter*	Mengukur lebar saluran, kedalaman aliran, serta dimensi geometrik penampang.
3.	Tongkat ukur/ *Staff gauge*	Mengukur tinggi muka air dan kedalaman aliran pada titik pengamatan.
4.	Patok ukur / Marker titik	Menentukan dan menjaga konsistensi titik pengukuran pada penampang.
5.	*Stopwatch* (jika *current meter* tipe baling-baling manual)	Menghitung waktu putaran baling-baling untuk konversi kecepatan aliran.
6.	Alat tulis dan lembar pencatatan lapangan	Mencatat seluruh data hasil pengukuran secara sistematis dan terkontrol.
8.	Kamera dokumentasi	Mendokumentasikan kondisi eksisting saluran, material dasar, dan proses pengukuran

Debit aktual pada Saluran Pembuang Primer Sungai Gangga dihitung menggunakan Metode Penampang–Kecepatan (*Velocity-Area Method*). Dalam penelitian ini, setiap penampang melintang dibagi menjadi tiga segmen, yaitu sisi kiri, tengah, dan kanan. Luas penampang basah parsial (Ai) pada masing-masing segmen dihitung berdasarkan lebar parsial (bi) dan kedalaman aliran (di) menggunakan persamaan: $\mathrm{A_i} = \mathrm{b_i} \times \mathrm{d_i}$ Selanjutnya, debit total diperoleh dari penjumlahan debit parsial pada ketiga bagian tersebut yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{\text{aktual}} = (A_{\text{kanan}} \times v_{\text{kanan}}) + (A_{\text{tengah}} \times v_{\text{tengah}}) + (A_{\text{kiri}} \times v_{\text{kiri}})$$

dengan:

- Q_{aktual}= debit aktual total (m^3/s);
- A_i= luas penampang parsial (m^2);
- v_i= kecepatan rata-rata pada masing-masing posisi (m/s).

Nilai *vi* diperoleh dari rerata hasil pengukuran pada kedalaman 0,2D, 0,6D, dan 0,8D. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi aliran secara lebih representatif dengan mempertimbangkan variasi distribusi kecepatan dan geometri pada setiap bagian penampang.

Lebih lanjut, distribusi profil kecepatan hasil pengukuran akan dianalisis menggunakan pendekatan teori logaritmik Prandtl-von Kármán. Secara teoritis, aliran pada saluran terbuka diklasifikasikan berdasarkan perubahan waktu, ruang, dan bilangan Froude (Hendratta & Tangkudung, 2020). Analisis energi spesifik dan perilaku aliran pada penampang terbuka ini menjadi dasar dalam memahami interaksi antara kekasaran, geometri, dan debit aliran (Suhudi & Pandawa, 2022), yang selanjutnya diuji tingkat kesesuaiannya terhadap kondisi teoritis aliran turbulen di saluran terbuka. Evaluasi kinerja sistem drainase pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan hasil analisis profil kecepatan aliran, hasil perhitungan debit aktual, karakteristik geometri saluran, serta kondisi fisik saluran yang diperoleh melalui observasi lapangan. Tahap evaluasi difokuskan pada komparasi kecepatan aktual terhadap standar kecepatan izin (*self-cleansing velocity*) mengacu pada SNI 03-2406-1991, yaitu pada kisaran 0,30–0,60 m/s. Kecepatan di bawah 0,30 m/s diindikasikan sebagai zona rawan sedimentasi dan penurunan kapasitas pengaliran, sedangkan kecepatan di atas 0,60 m/s menjadi indikator potensi erosi pada struktur saluran. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya didasarkan pada besarnya debit yang mengalir, tetapi juga mempertimbangkan bagaimana distribusi

kecepatan berkembang pada setiap penampang serta bagaimana kondisi fisik saluran memengaruhi efektivitas pengaliran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran profil kecepatan aliran dilakukan pada kondisi eksisting saat terjadi hujan, di mana Saluran Pembuang Primer Sungai Gangga menerima tambahan limpasan permukaan dari kawasan kampus Universitas Negeri Padang. Observasi lapangan menunjukkan bahwa kondisi fisik saluran sangat bervariasi dan jauh dari kondisi ideal perencanaan. Ditemukan akumulasi sedimen yang signifikan di dasar saluran, penumpukan sampah padat, serta pertumbuhan vegetasi liar di tepi maupun dasar saluran. Keberadaan hambatan-hambatan ini secara visual teramati mengurangi luas penampang basah efektif dan meningkatkan kekasaran hidraulik saluran, yang berpotensi mendistorsi pola aliran alami.



Gambar 3 & 4. Dokumentasi kondisi fisik saluran

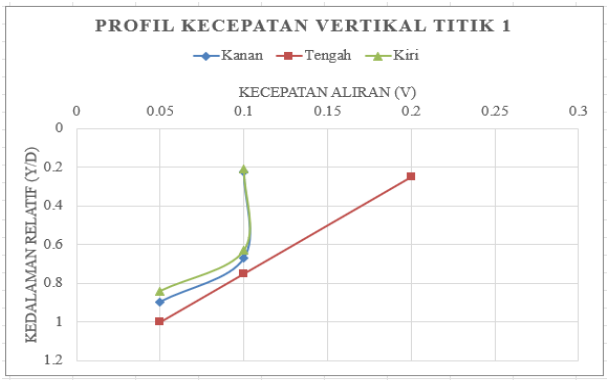
Analisis geometri pada 22 titik pengamatan mengungkapkan bahwa penampang saluran bersifat tidak seragam (*non-uniform*). Lebar saluran berfluktuasi antara 3,38 m hingga 9,82 m, dengan variasi kedalaman aliran yang dipengaruhi oleh topografi dasar dan tingkat sedimentasi lokal. Titik 14 teridentifikasi sebagai segmen penyempitan (*bottleneck*) dengan lebar hanya 3,38 m, yang secara hidraulik menjadi pengendali kapasitas aliran di segmen tersebut. Variasi dimensi ini dikonfirmasi melalui perhitungan luas penampang basah menggunakan *Mid-Section Method*, yang menunjukkan perbedaan kapasitas tampung antar segmen meskipun berada dalam satu sistem saluran primer.

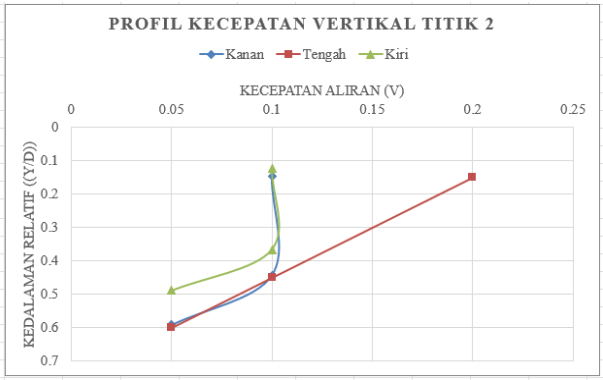
Tabel 2. Karakteristik Geometri dan Hidraulik pada Titik-Titik Kritis Saluran

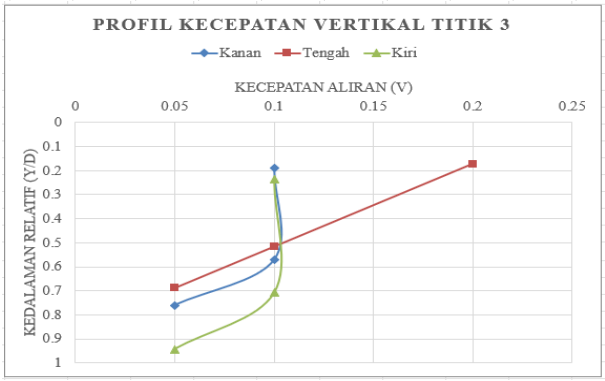
Titik	Kategori Kondisi	Lebar (m)	Kedalaman Rata-rata (m)	Luas Basah (m^2)	Debit Aktual (m^3/s)
2	Debit Terendah	6,18	0,70	4,40	0,444
8	Debit Tertinggi	8,63	0,93	8,20	1,513
12	Lebar Maksimum	9,82	0,78	7,51	0,744
14	Bottleneck (Sempit)	3,38	0,83	2,69	0,453
21	Profil Asimetris	8,90	0,56	5,27	1,273

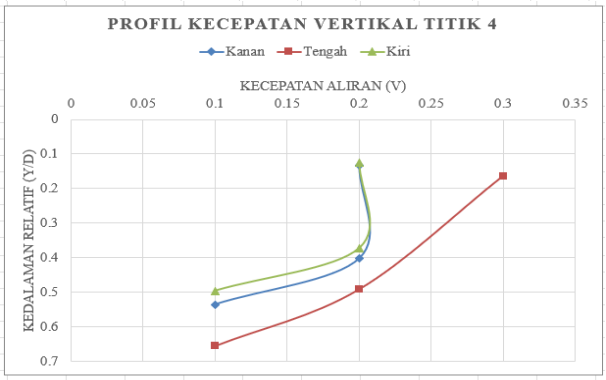
Pengukuran kecepatan vertikal dilakukan pada tiga kedalaman relatif (0,2D; 0,6D; dan 0,8D) sesuai SNI 8066:2015 untuk merepresentasikan distribusi kecepatan dari permukaan hingga dasar saluran. Kecepatan rata-rata pada setiap posisi vertikal dihitung untuk menggambarkan karakteristik energi aliran di masing-masing titik. Secara umum, nilai kecepatan tertinggi tercatat pada kedalaman 0,2D dan terendah pada 0,8D, namun besaran gradien kecepatannya sangat bervariasi antar titik pengamatan.

Profil datar yang ditemukan pada beberapa titik (seperti Titik 1, 2, 6, dan 7) mengindikasikan dua kondisi yang terjadi secara simultan: (1) rendahnya energi kinetik aliran akibat dominasi gesekan dasar, dan (2) keterbatasan teknis instrumen pengukuran. Alat Current Meter Flowatch FL-03 yang digunakan memiliki resolusi batas baca 0,10 m/s, sehingga variasi kecepatan mikro di bawah ambang tersebut tidak dapat terekam dan terbaca sebagai nilai konstan. Oleh karena itu, profil datar pada segmen-segmen ini harus diinterpretasikan sebagai kombinasi dari kondisi aliran berenergi rendah dan artefak limitasi deteksi alat, bukan semata-mata sebagai indikasi keseragaman kecepatan aliran yang sempurna. Sebaliknya, profil tidak beraturan menunjukkan adanya gangguan turbulensi lokal akibat hambatan fisik di dalam saluran.

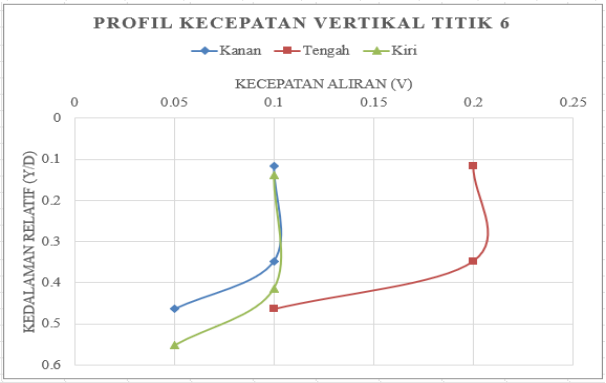


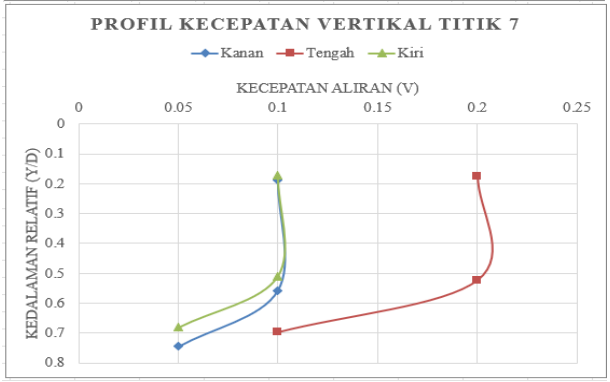


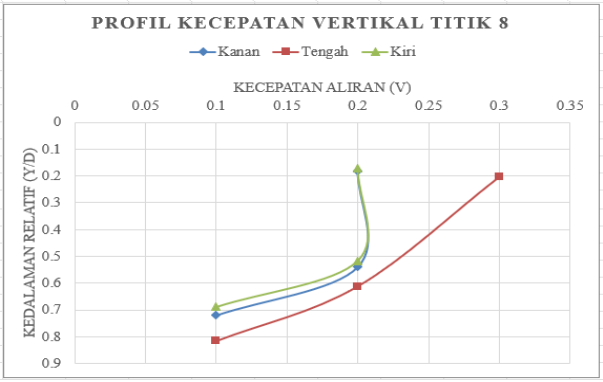


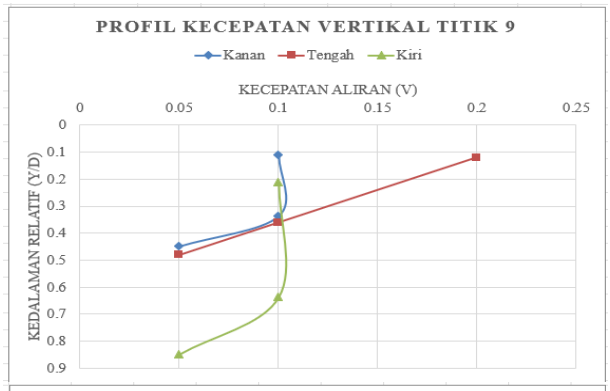


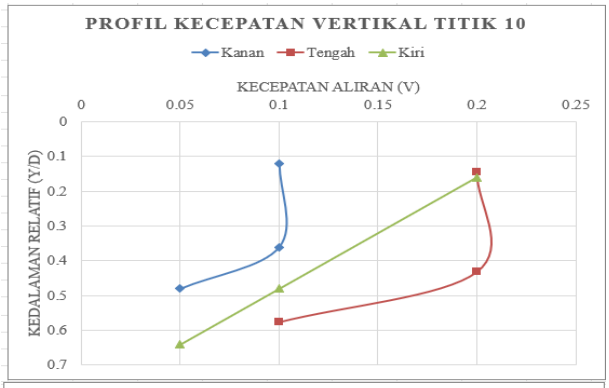


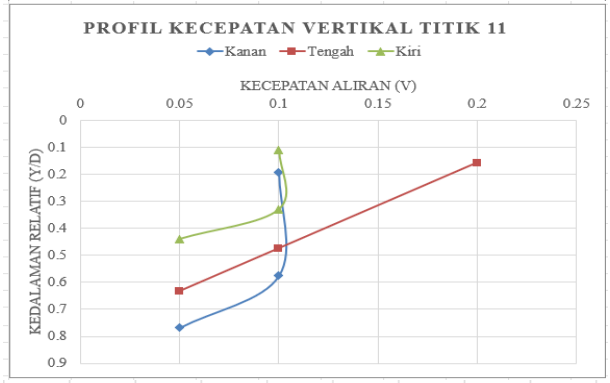


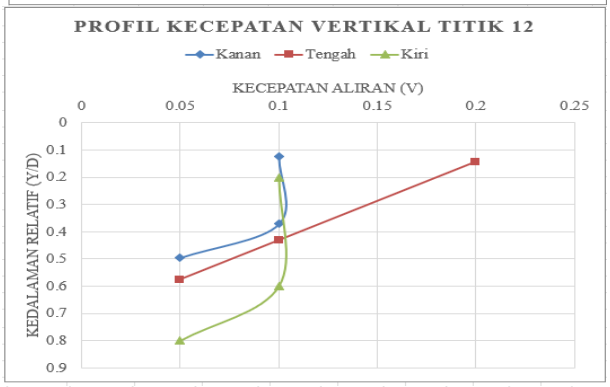


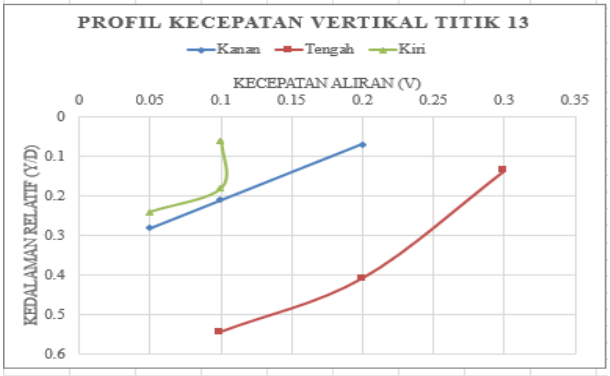


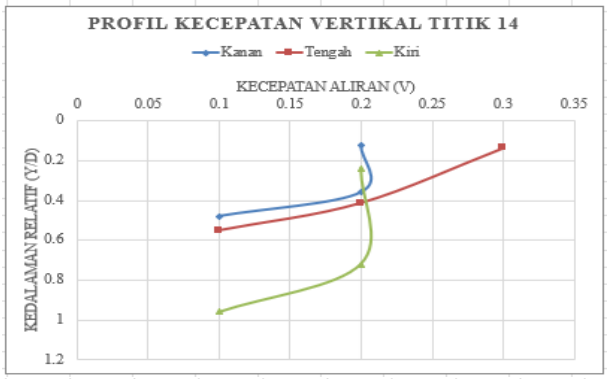

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 9
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

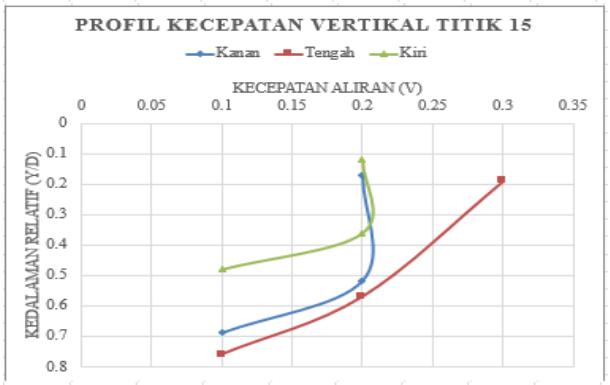

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 10
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

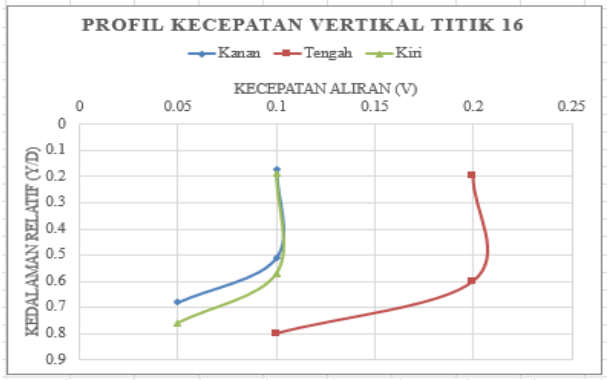

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 11
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

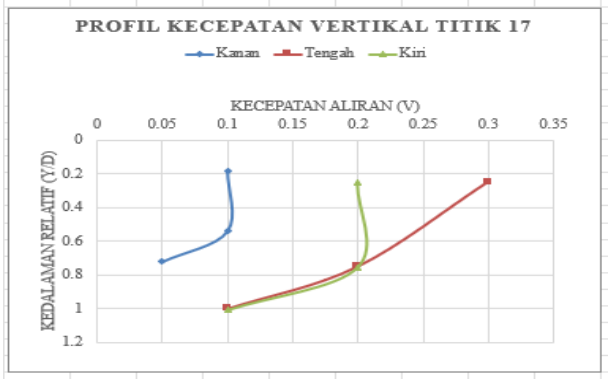

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 12
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

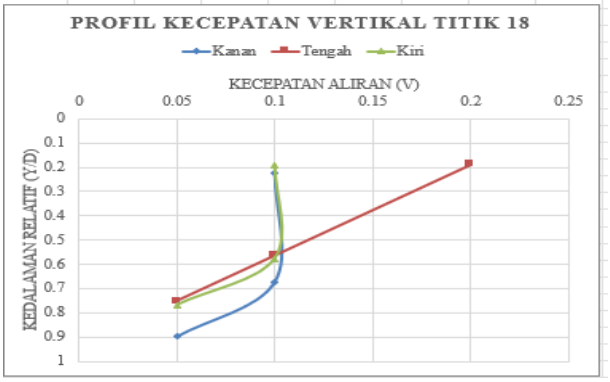

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 13
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

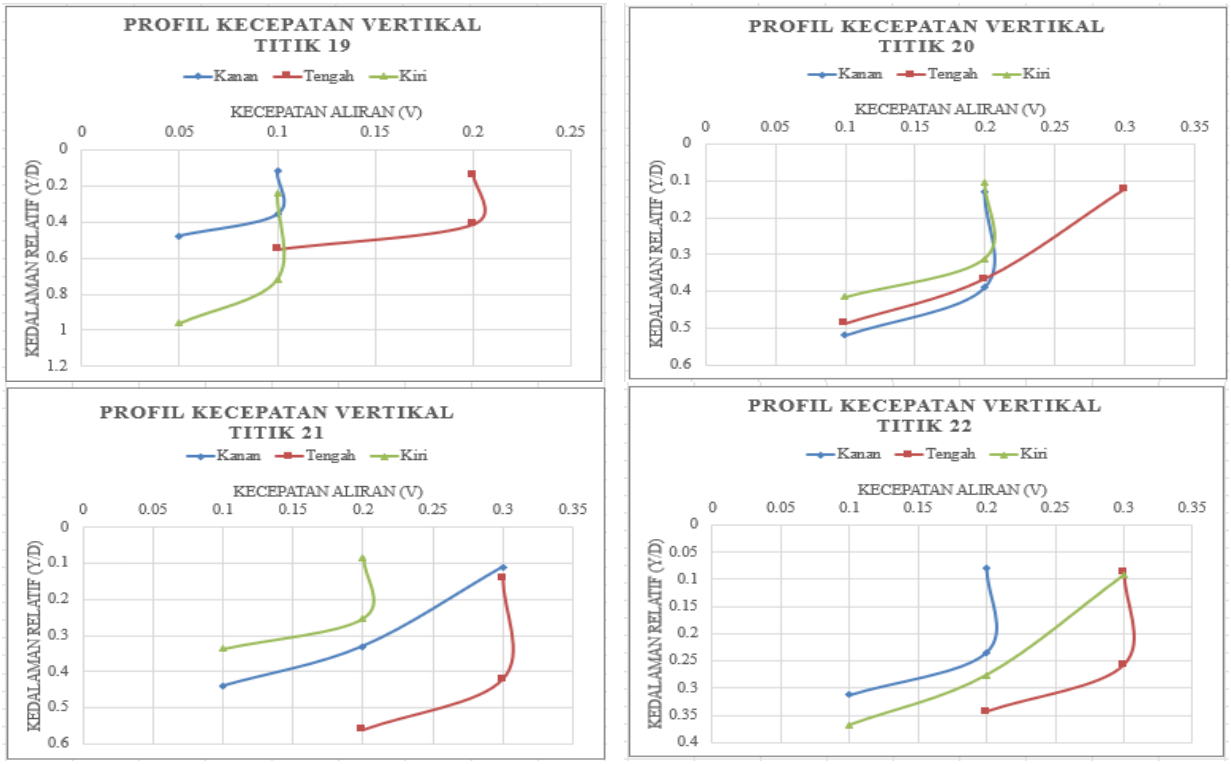

PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 14
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)


PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 15
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)


PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 16
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)


PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 17
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)


PROFIL KECEPATAN VERTIKAL TITIK 18
Kanan
Tengah
Kiri
KECEPATAN ALIRAN (V)
KEDALAMAN RELATIF (Y/D)

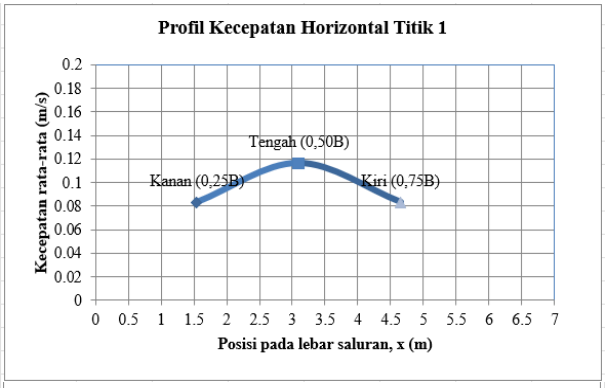


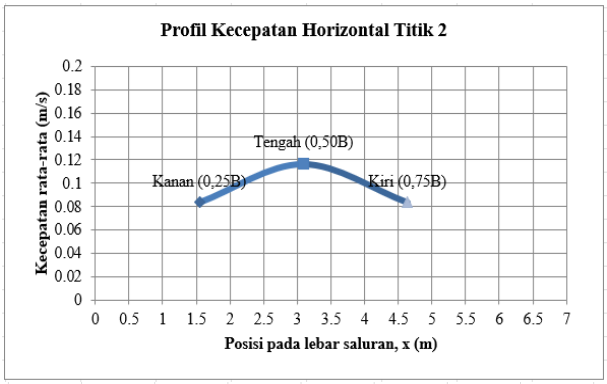
Gambar 5. Profil Kecepatan Vertikal di 22 Titik Pengukuran

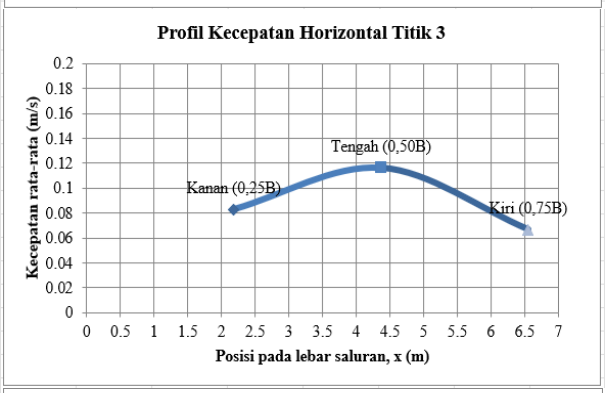
Penyimpangan profil kecepatan dari teori logaritmik Prandtl-von Kármán pada penelitian ini membuktikan bahwa aliran di Sungai Gangga berkembang sebagai *non-uniform flow*. Secara teoritis, kecepatan seharusnya meningkat secara logaritmik dari dasar ke permukaan akibat penurunan tegangan geser. Namun, keberadaan sedimen kasar di dasar saluran meningkatkan kekasaran hidraulik secara drastis, meredam gradien kecepatan di zona dekat dasar. Selain itu, vegetasi dan sampah menciptakan hambatan tambahan yang mendistribusikan ulang tegangan geser. Hal ini sejalan dengan temuan Wang et al. (2024) yang menyatakan bahwa keberadaan vegetasi dan perubahan kekasaran dasar secara signifikan memengaruhi struktur turbulensi dan distribusi kecepatan. Lebih lanjut, Rohmanto et al. (2021) juga membuktikan bahwa hambatan fisik di saluran terbuka menyebabkan pola aliran berubah dari seragam menjadi tidak seragam. Distribusi kecepatan yang tidak merata ini juga dikonfirmasi oleh Al Hindasi dan Abushandi (2023), di mana interaksi antara gaya gesek dan kekasaran permukaan sangat menentukan karakteristik hidraulik saluran. Fenomena kompleks ini sejalan dengan pemodelan karakteristik aliran saluran terbuka yang dikaji oleh Kakavandi et al. (2024), menyebabkan profil kecepatan kehilangan bentuk kurva logaritmiknya dan cenderung merata atau bahkan terbalik pada segmen tertentu.

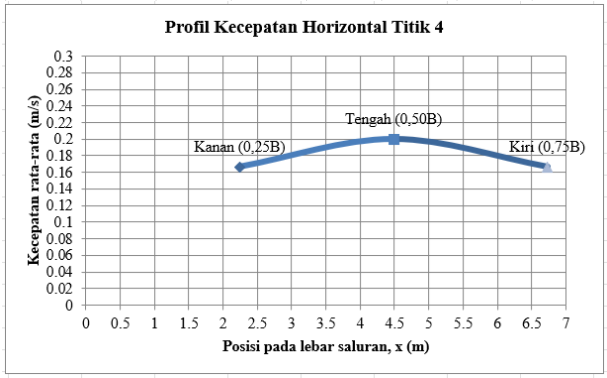
Distribusi kecepatan horizontal dianalisis pada tiga posisi melintang: ¼ lebar kiri, tengah, dan ¼ lebar kanan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa secara umum momentum aliran terkonsentrasi di bagian tengah penampang, membentuk pola parabola sebagaimana diprediksi oleh teori hidraulika saluran terbuka. Kecepatan di tepi saluran secara konsisten lebih rendah akibat pengaruh gesekan dinding lateral dan hambatan vegetasi yang tumbuh di bantaran saluran.

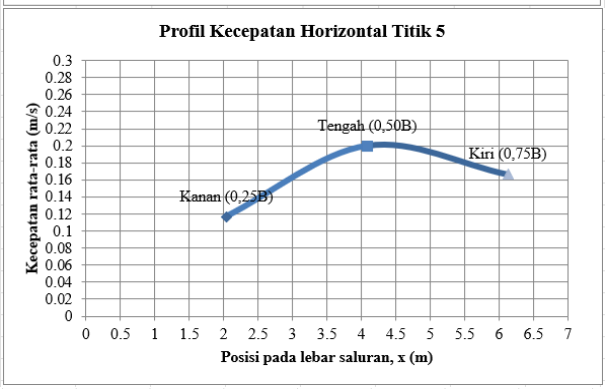
Profil kecepatan horizontal diklasifikasikan menjadi tiga tipe: (1) Parabola simetris, (2) Parabola landai, dan (3) Asimetris. Tipe parabola simetris mendominasi sebagian besar titik, menandakan distribusi momentum yang stabil. Namun, tipe parabola landai dan asimetris yang muncul di beberapa lokasi mengindikasikan ketidakseragaman kekasaran dinding dan pengaruh geometri lokal. Ketidaksimetrian ini sering kali berkorelasi dengan keberadaan bangunan pelintas (jembatan) atau tumpukan sampah yang hanya terjadi di satu sisi saluran, sehingga menggeser pusat kecepatan maksimum menjauhi sumbu tengah saluran.

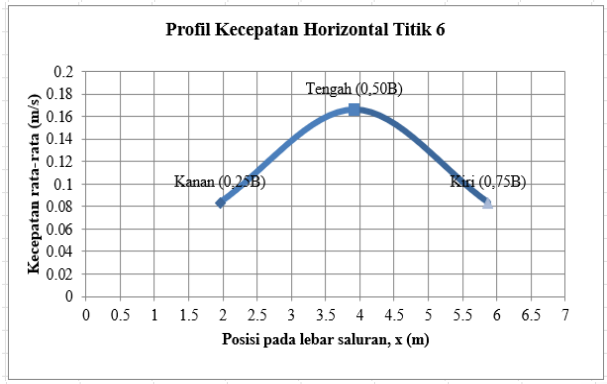

Profil Kecepatan Horizontal Titik 1
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

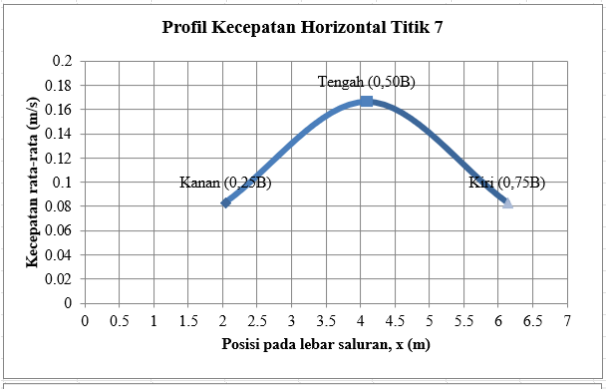

Profil Kecepatan Horizontal Titik 2
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

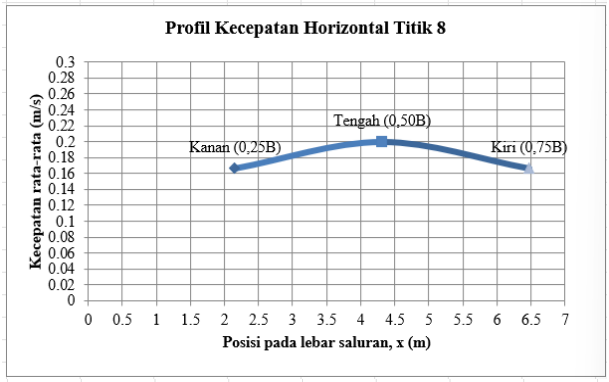

Profil Kecepatan Horizontal Titik 3
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

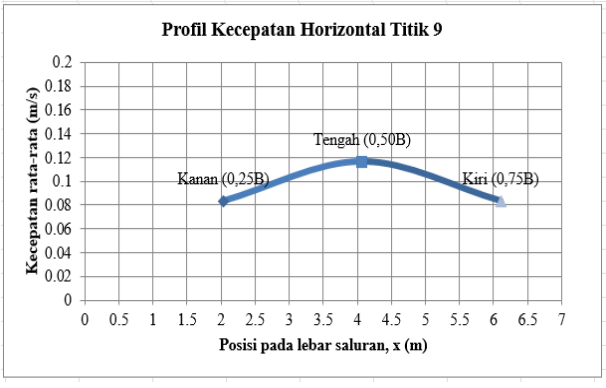

Profil Kecepatan Horizontal Titik 4
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

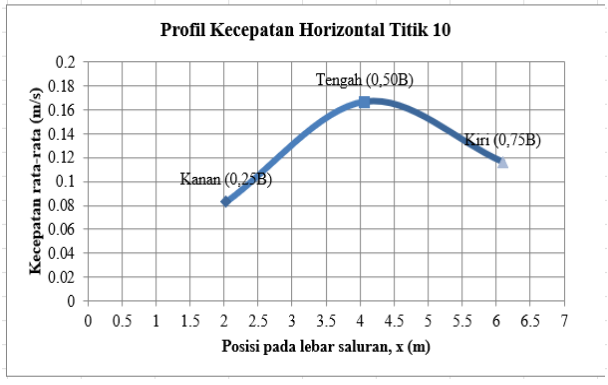

Profil Kecepatan Horizontal Titik 5
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

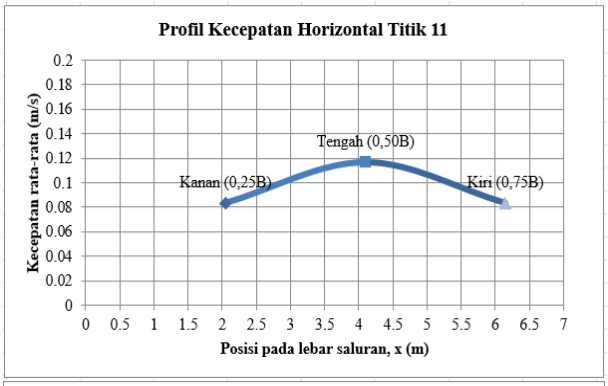

Profil Kecepatan Horizontal Titik 6
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

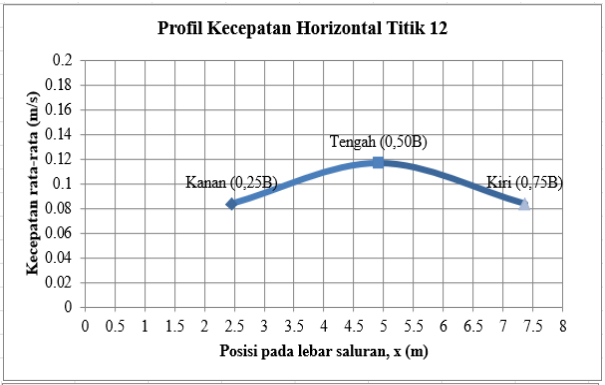

Profil Kecepatan Horizontal Titik 7
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

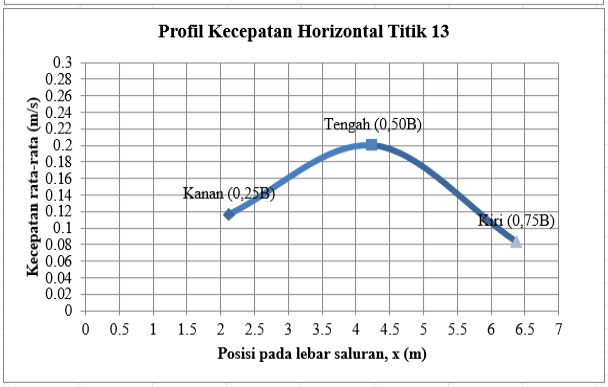

Profil Kecepatan Horizontal Titik 8
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

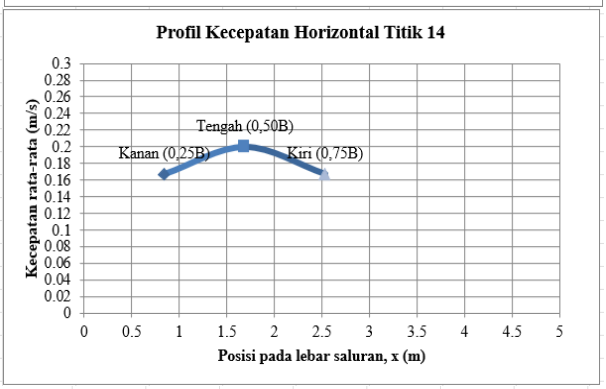

Profil Kecepatan Horizontal Titik 9
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

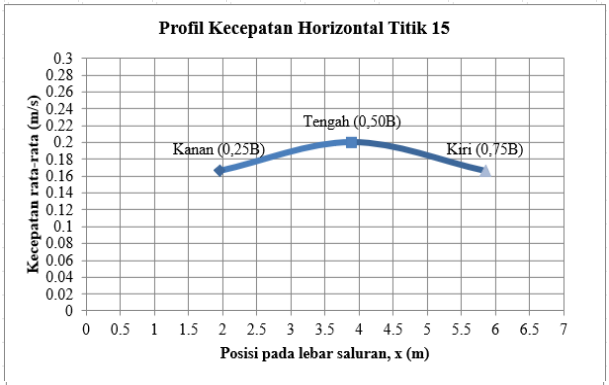

Profil Kecepatan Horizontal Titik 10
Kecepatan rata-rata (m/s)
Posisi pada lebar saluran, x (m)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)

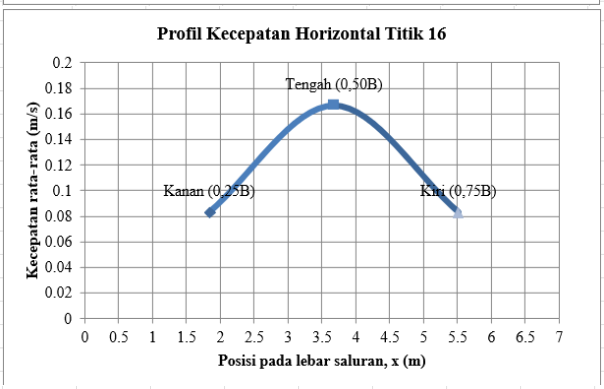

Profil Kecepatan Horizontal Titik 11
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)

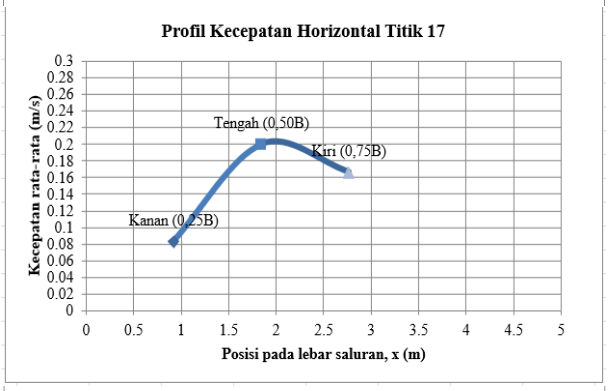

Profil Kecepatan Horizontal Titik 12
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)

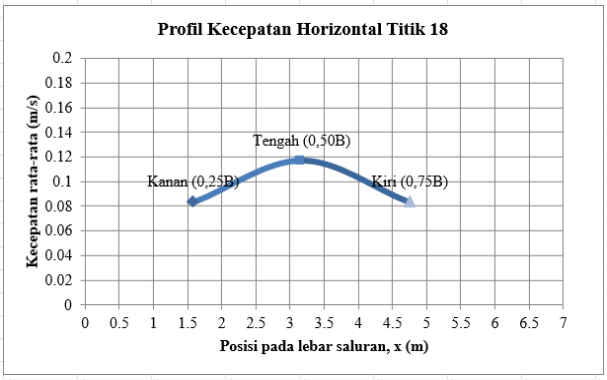

Profil Kecepatan Horizontal Titik 13
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)

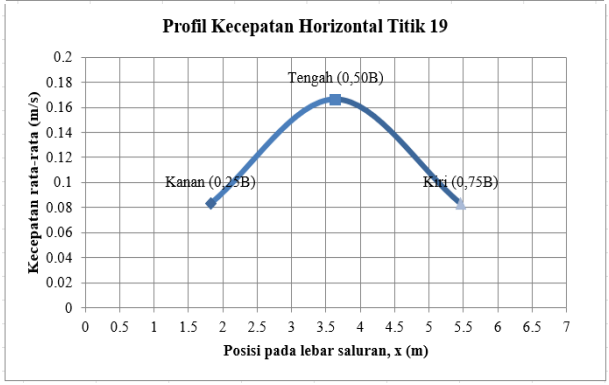

Profil Kecepatan Horizontal Titik 14
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)

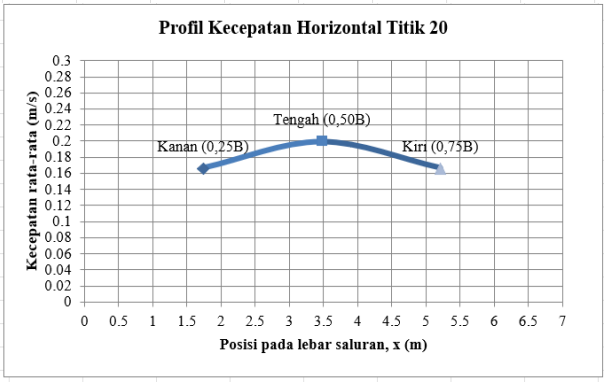

Profil Kecepatan Horizontal Titik 15
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)

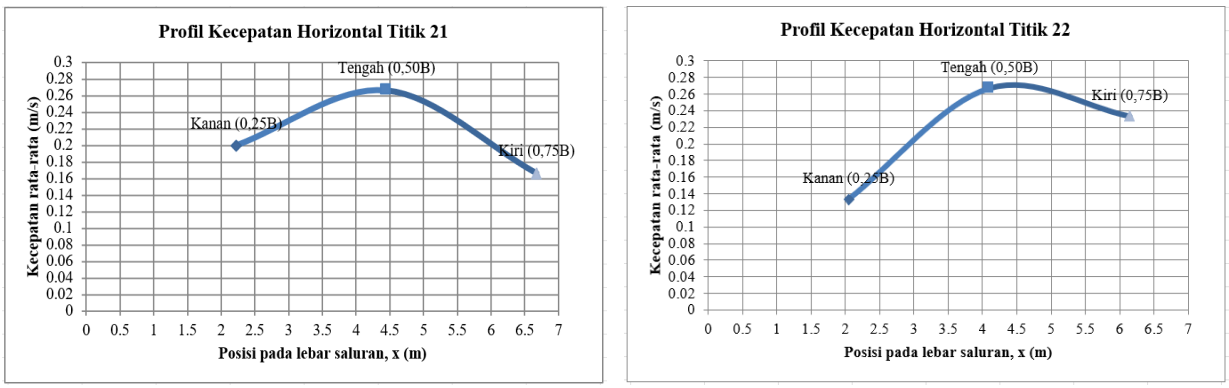

Profil Kecepatan Horizontal Titik 16
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)


Profil Kecepatan Horizontal Titik 17
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kiri (0,75B)
Kanan (0,25B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)


Profil Kecepatan Horizontal Titik 18
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)


Profil Kecepatan Horizontal Titik 19
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)


Profil Kecepatan Horizontal Titik 20
Kecepatan rata-rata (m/s)
Tengah (0,50B)
Kanan (0,25B)
Kiri (0,75B)
Posisi pada lebar saluran, x (m)



Gambar 6. Profil Kecepatan Horizontal di 22 Titik Pengukuran

Fenomena asimetris dan kurva landai pada profil horizontal (misalnya di Titik 14 dan 21) berkorelasi langsung dengan observasi fisik berupa akumulasi sampah di sisi tepi dan penyempitan geometri. Hal ini menciptakan dead zone yang mereduksi luas penampang basah efektif, memvalidasi mengapa kapasitas aktual saluran lebih kecil dari kapasitas teoritis geometriknya, karena distribusi kecepatan yang tidak merata mengurangi efektivitas penampang basah dalam mengalirkan air.

Perhitungan debit aktual menggunakan metode *Velocity-Area* menunjukkan fluktuasi kapasitas aliran yang signifikan sepanjang saluran, berkisar antara 0,444 m^3/s (Titik 2) hingga 1,513 m^3/s (Titik 8). Variasi ini bukan hanya disebabkan oleh perubahan dimensi geometri, tetapi juga oleh distribusi kecepatan yang tidak seragam. Analisis detail menunjukkan bahwa sekitar 65% dari total debit terkonsentrasi di bagian tengah saluran, sementara kontribusi sisi kiri dan kanan relatif kecil. Konsentrasi aliran di tengah ini memvalidasi temuan profil horizontal bahwa penampang saluran tidak bekerja secara efektif penuh, melainkan hanya mengandalkan jalur aliran utama di tengah.

Evaluasi kinerja drainase didasarkan pada perbandingan kecepatan aktual dengan standar SNI 03-2406-1991. Hasil pengukuran menunjukkan kecepatan dominan berada pada kisaran 0,10–0,30 m/s, yang secara konsisten berada di bawah ambang batas *self-cleansing velocity* (0,30–0,60 m/s). Kondisi ini mengindikasikan bahwa aliran tidak memiliki energi kinetik yang cukup untuk mengangkut partikel sedimen. Rendahnya kecepatan ini secara langsung memengaruhi penurunan tegangan geser dasar saluran (Achmad et al., 2017), sehingga material padat cenderung mengendap di dasar saluran dan mengurangi kapasitas tampung secara bertahap.

Rendahnya kecepatan aliran ini merupakan akar permasalahan penurunan kinerja sistem drainase Sungai Gangga. Meskipun secara geometrik dimensi saluran masih terlihat memadai, ketidakmampuan aliran mencapai kecepatan *self-cleansing* menyebabkan sedimentasi progresif yang mengurangi kapasitas tampung secara bertahap. Dengan demikian, masalah genangan yang terjadi bukan semata-mata akibat curah hujan ekstrem atau dimensi saluran yang kurang besar, melainkan akibat inefisiensi hidraulik yang disebabkan oleh rendahnya kecepatan aliran dan tingginya hambatan internal saluran.

Berdasarkan analisis empiris, rekomendasi perbaikan difokuskan pada pemulihan kinerja hidraulik melalui intervensi fisik dan non-fisik. Pertama, normalisasi saluran melalui pengerukan sedimen (*dredging*) direkomendasikan secara berkala, khususnya pada segmen dengan profil kecepatan vertikal datar dan kecepatan dasar rendah seperti Titik 3, 4, dan 12. Pengerukan bertujuan mengembalikan kedalaman efektif dan mengurangi kekasaran dasar, sehingga gradien kecepatan vertikal dapat pulih dan kemampuan *self-cleansing* meningkat.

Kedua, perbaikan geometri pada segmen *bottleneck* di Titik 14 (lebar 3,38 m) menjadi prioritas untuk menghilangkan hambatan aliran yang menyebabkan backwater effect. Jika pelebaran tidak memungkinkan, pendalaman dasar atau pemasangan lapisan beton (*lining*) dapat diterapkan untuk mengurangi koefisien kekasaran dan meningkatkan kelancaran aliran di segmen kritis tersebut. Ketiga, pengendalian hambatan non-struktural dilakukan melalui pemasangan *trash rack* sebelum area penyempitan dan jembatan, serta pemeliharaan rutin vegetasi di tepi saluran untuk memperbaiki profil kecepatan horizontal yang asimetris.

Terakhir, penerapan konsep *eco-drainage* melalui pembangunan sumur resapan, lubang biopori, dan kolam retensi direkomendasikan di kawasan hulu kampus untuk mereduksi volume limpasan puncak sebelum masuk ke saluran primer. Pembangunan fasilitas konservasi air seperti sumur resapan,

biopori, dan kolam retensi di kawasan kampus berfungsi mengurangi volume limpasan yang masuk ke Sungai Gangga. Dengan menurunkan beban hidraulik dari sumbernya, kecepatan aliran di saluran primer dapat dijaga agar tetap berada dalam rentang yang aman dan efisien, sekaligus mendukung keberlanjutan pengelolaan air di lingkungan universitas.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan karakteristik distribusi kecepatan aliran pada Saluran Pembuang Primer Sungai Gangga, Universitas Negeri Padang, yang menunjukkan variasi signifikan baik secara vertikal maupun horizontal akibat kompleksitas kondisi eksisting lapangan. Secara vertikal, meskipun sebagian besar titik pengamatan mengikuti kecenderungan teori logaritmik Prandtl-von Kármán dengan peningkatan kecepatan dari dasar (0,8D) menuju permukaan (0,2D), terdapat anomali berupa profil datar dan tidak beraturan pada segmen tertentu yang disebabkan oleh rendahnya energi aliran serta hambatan lokal seperti sedimentasi dan vegetasi. Secara horizontal, distribusi kecepatan umumnya membentuk pola parabola dengan kecepatan maksimum di tengah saluran (0,50B), namun beberapa segmen menunjukkan ketidaksimetrian akibat penyempitan penampang (*bottleneck*) dan keberadaan bangunan pelintas yang mengganggu keseragaman momentum aliran.

Evaluasi kinerja hidraulik berdasarkan metode *Velocity-Area* mengungkapkan bahwa kapasitas aktual saluran sangat dipengaruhi oleh ketidakmerataan distribusi kecepatan, di mana sekitar 65% kontribusi debit berasal dari bagian tengah saluran sementara sisi kiri dan kanan berkontribusi minimal akibat gesekan dinding dan akumulasi sampah. Secara kritis, kecepatan rata-rata aliran di seluruh segmen berkisar antara 0,10–0,30 m/s, nilai yang berada di bawah batas minimum *self-cleansing velocity* menurut SNI 03-2406-1991 (0,30–0,60 m/s). Kondisi ini mengonfirmasi bahwa saluran saat ini tidak mampu mengangkut sedimen secara alami, yang berkorelasi langsung dengan temuan lapangan berupa pendangkalan dasar saluran dan potensi genangan saat hujan ekstrem, sehingga kinerja drainase lebih ditentukan oleh kondisi operasi dan pemeliharaan daripada kapasitas geometrik desain awal.

Berdasarkan temuan tersebut, strategi perbaikan harus bersifat holistik dan terintegrasi: (1) Normalisasi berkala melalui pengerukan sedimen (*dredging*) pada segmen berkecepatan rendah untuk mengembalikan luas penampang efektif; (2) Perbaikan geometri pada *bottleneck* (khususnya di Titik 14) untuk meratakan distribusi kecepatan horizontal; dan (3) Integrasi konsep *eco-drainage* (sumur resapan/biopori) di daerah tangkapan air kampus untuk mengurangi beban limpasan puncak. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi hidraulik saluran, mitigasi risiko banjir, dan mendukung pengelolaan infrastruktur kampus yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, F. R., Ikhsan, C., & Suyanto. (2017). Analisis Tegangan Geser pada Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, *5*(1), 289–296. https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i1.36970

Al Hindasi, H., & Abushandi, E. (2023). Quantifying flow and velocity distributions in open channels with varied roughness and slopes : a modelling approach. *Water Science*, *37*(1), 269–275. https://doi.org/10.1080/23570008.2023.2244783

Anggreni, A. A., Bakri, H. R. A., & Sar, M. (2024). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran pada Saluran Pasangan Batu dan Saluran Tanah. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, *9*(1), 63–73. https://doi.org/10.33096/k023q245

Asmorowati, E. T., Rahmawati, A., Sarasanty, D., Kurniawan, A. A., Rudiyanto, M. A., Nadya, E., Nugroho, M. W., & Findia. (2021). *Drainase Perkotaan* (E. Sutrisno (ed.)). Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (Anggota IKAPI Jawa Barat).

Badan Standardisasi Nasional. (1991). SNI 03-2406-1991: Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 8066:2015: Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. Badan Standardisasi Nasional.

Cahyono, C., & Miguez, M. G. (2024). *Analisis Kapasitas dan Kinerja Saluran Drainase terhadap Perubahan Tata Guna Lahan Perkotaan*. https://doi.org/https://doi.org/10.70716/reswara.v2i1.376

Erikson, A., Manik, H., Yupi, H. M., & Nindito, D. A. (2023). *Uji Model Fisik Gerusan Akibat Pengaruh Waktu, Kecepatan, dan Tinggi Muka Air di Hilir Sekat Kanal*. *7*(2), 186–195. https://doi.org/10.31961/gradasi.v7i2.1448

Hardjosuprapto, Masduki, M., & Wardhani, E. (2024). *Diktat: Buku Drainase Perkotaan: Vol. I*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS.

Hendratta, L. A., & Tangkudung, H. (2020). *Hidraulika*. UNSRAT PRESS.

Ibrahim, N. I., Berhitu, P. T., & Puturuhu, F. (2022). Evaluasi Sistem Drainase dalam Upaya Penanggulangan Banjir di Kelurahan Honipopu Kota Ambon. *Jurnal Geografi*, *20*(2), 131–143. https://doi.org/10.26740/jggp.v20n2.p131-143

Kakavandi, H., Mehdi, M., & Rasool, H. (2024). A Numerical Model for Calculating Velocity Distribution in cross - section of an Open Channel. *Applied Water Science*, *14*(3), 1–11. https://doi.org/10.1007/s13201-023-02090-2

Kuncoro, N. R., Sukaris, Widiharti, & Rahim, A. R. (2024). *Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan di Kawasan Kelurahan Kemuteran Kota Gresik*. *6*(No. 2), 211–219. https://doi.org/10.30587/dedikasimu.v6i2.7748

Maulidin, I., Feriska, Y., Taufik, M., Khamid, A., & Wahidin. (2023). Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal. *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan dan Informatika*, *1*(1), 19–44. https://jurnal.eraliterasi.com/index.php/erasains/article/view/99

Musa, R., Mallombasi, A., Haris, M., Zulmhi, A. M. N., & Firdaus, M. A. R. A. (2023). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran pada Saluran Sekunder (Studi Kasus D.I Bantimurung Kab. Maros). *Jurnal Teknik Sipil (MACCA)*, 142–151. https://doi.org/10.33096/hrtc7205

Nugraha, S. A., Yupi, H. M., & Nindito, D. A. (2025). *Profil Distribusi Kecepatan Aliran di Dua Kanal Berbeda pada Lahan Gambut Tropis*. *6*(April), 18–29. https://doi.org/10.34010/crane.v6i1.15379

Prismayuda, O. B., Purnama, A., & Najimuddin, D. (2020). *Analisis Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka (Studi Kasus: Sungai Pelat, Desa Pelat)*. https://doi.org/10.58406/sainteka.v1i1.285

Putra, W. A. (2016). Studi Experimen Distribusi Kecepatan pada Saluran Lurus di Sungai Batang. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil UPP*, *2*(2), 1–10. https://www.neliti.com/publications/110569/studi-experimen-distribusi-kecepatan-pada-saluran-lurus-di-sungai-batang-lubuh#cite

Rohmanto, H., Sawito, K., & Siregar, H. (2021). Analisis Pola Aliran Saluran Terbuka Dengan Hambatan Persegi Panjang, Bulat, Segitiga, dan Wing. *Seminar NasionalKetekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)*, *1*(1), 357–365. https://prosiding.uika-bogor.ac.id/index.php/kiijk/article/view/374

Subekti, A., Khairiadi, M., Riswan, M., Sofia, E., & Afief, M. (2023). Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase pada Wilayah Loktabat Utara dan Landasan Ulin Utara. *Senastika*, *2023*, 47–54. http:/dx.doi.org/10.31602/piuk.v0i0.13782

Suhudi, & Pandawa, A. (2022). Analisis Energi Spesifik pada Saluran Terbuka dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar.pdf. *Jurnal Qua Teknika*, *12*, 25–44. https://doi.org/10.35457/quateknika.v12i01.2106

Syarif, M., Yusuf, A. R., & Badrun, B. (2023). Analisis Kecepatan Aliran Pada Penampang Saluran Segi Empat Dan Trapesium Di Saluran Induk Bantimurung Kabupaten Maros. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, *1*(2), 107–111. https://doi.org/10.56326/jptsk.v1i2.3025

Wang, W., Long, A., Lai, X., Zhang, J., & Xu, T. (2024). Flow Characteristics in Open Channels with Non-Submerged Rigid Vegetation Landscape. *Jurnal Water MDPI*, *16*(19), 1–14. https://doi.org/10.3390/w16192759