

Pemetaan Distribusi Kecepatan Arus Saluran Drainase Akibat Pasang Purnama (*Spring Tide*) Menggunakan HEC-RAS (Studi Kasus Ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat Kota Samarinda)

Rio Adiputra^a, Feri Fadlin^b, Dwi Agung Pramono^c, & Nia Kurniadin^b

^a Program Diploma 3 Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda.

^b Program Studi Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda.

^c Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda.

ABSTRACT

The flow velocity patterns in drainage channels are crucial to study and understand in the context of water and environmental management. Drainage channels play a vital role in conveying rainwater and wastewater. A deep understanding of the flow velocity patterns in drainage channels is essential to manage water availability, reduce flood risks, and ensure good water quality. These flow velocity patterns are significantly influenced by the geometry, channel topography, water discharge, and other hydrological conditions. Advances in hydraulic modeling technology, such as the use of HEC-RAS software, have enabled more accurate and detailed hydraulic flow simulations. This hydraulic modeling technology is applied to address hydrological issues in the drainage channel on H. Hassan Alwie - Niaga Barat Street, Samarinda City, which frequently experiences water overflow, disrupting mobility and user safety. This study aims to determine the spring tide conditions on the flow velocity distribution in the drainage channel on H. Hassan Alwie - Niaga Barat Street, Samarinda City. Tidal data obtained from the Mahakam River during the spring tide period were used as input in modeling using HEC-RAS 6.5 software. The research results show significant variations in water level and flow velocity in the drainage channel during the spring tide period. The water level reached a maximum of 1.89 meters and a minimum of 0.01 meters, while the flow velocity varied between 0.03 m/s and 0.48 m/s. Mapping the flow velocity distribution revealed clear patterns, with areas of low flow velocity tending to accumulate sediment, potentially causing flooding. These findings provide a better understanding of the interaction between the spring tide phenomenon and urban drainage systems, which can be used to improve drainage planning and management in affected areas.

How to cite: Adiputra, R., Fadlin, F., Pramono, D. A., & Kurniadin, N. (2025). Pemetaan Distribusi Kecepatan Arus Saluran Drainase Akibat Pasang Purnama (*Spring Tide*) Menggunakan HEC-RAS (Studi Kasus Ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat Kota Samarinda). *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science*, 3(2), 35-41. <https://doi.org/10.51967/gets.v3i2.51>

1. PENDAHULUAN

Arus adalah perpindahan massa air yang terjadi secara horizontal maupun vertikal dari satu lokasi ke

lokasi lain, sementara pasang surut adalah fenomena naik turunnya permukaan air. Setiap siklus pasang dan surut akan memicu terbentuknya arus pasang surut (Mansur dkk., 2023). Arus merupakan proses

CONTACT Feri Fadlin ✉ ferifadlin@politanisamarinda.ac.id

© 2025 The Author(s). Published by Tanesa Press, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits, unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

pergerakan massa air menuju kesetimbangan yang menyebabkan perpindahan massa air secara horizontal dan vertikal (Modalo dkk., 2018). Pola kecepatan arus dalam saluran drainase merupakan hal yang penting untuk dipelajari dan dipahami dalam konteks pengelolaan air dan lingkungan.

Drainase adalah sistem bangunan air yang dirancang untuk mengalirkan atau mengurangi kelebihan air dari suatu area atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat digunakan secara maksimal (Rahayu, 2019). Sistem drainase di wilayah perkotaan berperan dalam mengalirkan kelebihan air dengan memanfaatkan saluran di permukaan atau bawah tanah, yang kemudian mengarahkannya ke sungai, danau, atau laut untuk pembuangan (Ibrahim dkk., 2022). Dalam perencanaan tata ruang, drainase memiliki peran krusial dalam mengelola aliran air guna mencegah terjadinya genangan atau banjir. Selain itu, sistem drainase turut berkontribusi dalam menjaga kualitas air tanah (Hasmar, 2011; Frans dkk., 2020).

Perkembangan teknologi dalam pemodelan hidraulik telah mengalami kemajuan pesat dengan hadirnya perangkat lunak seperti *Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System* (HEC-RAS), yang merupakan perangkat lunak non-komersial. Program ini didesain untuk menghitung profil muka air untuk aliran tetap (*steady*) dan aliran berubah-beraturan (*gradually-varied flow*) pada saluran alami atau buatan manusia (Aprizal & Meris, 2020). HEC-RAS merupakan model sistem yang sudah terintegrasi dan dikembangkan dalam bentuk aplikasi yang interaktif yang memudahkan penggunaannya (Destania, 2020).

Aplikasi HEC-RAS juga dapat digunakan untuk membuat simulasi profil muka air yang biasa digunakan untuk memodelkan aliran sungai terbuka maupun tertutup. Perangkat lunak ini memungkinkan simulasi aliran hidraulik dalam saluran sungai, termasuk analisis aliran satu dimensi dan dua dimensi. Salah satu contoh penerapan teknologi ini adalah dalam mengatasi masalah hidrologi pada saluran drainase di ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat di Kota Samarinda.

Seringnya terjadi peluapan air pada saluran drainase di daerah ini telah menimbulkan gangguan signifikan terhadap penggunaan dan akses jalan, menghambat mobilitas dan mengancam keselamatan pengguna jalan. Dengan menggunakan HEC-RAS 6.5, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan dan analisis mendalam terhadap pola kecepatan arus dan distribusi aliran air dalam saluran drainase tersebut. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi peluapan air dan membantu dalam merumuskan strategi

pengelolaan yang lebih efektif untuk mencegah banjir serta memastikan kelancaran penggunaan jalan.

Penggunaan HEC-RAS dalam penelitian ini merupakan langkah strategis untuk memanfaatkan teknologi canggih dalam mengatasi masalah lingkungan yang kompleks dan mendesak, serta memastikan bahwa solusi yang dihasilkan berbasis pada data dan analisis yang akurat dan komprehensif.

Penelitian mengenai pemetaan arus menggunakan aplikasi HEC-RAS saat ini kerap dilakukan. Wijaya (2021) melakukan pemodelan pengaruh banjir rob terhadap sistem drainase di kawasan Sringin menggunakan HEC-RAS 2D. Studi ini menganalisis kecepatan dan kedalaman aliran air dalam saluran drainase, serta mempertimbangkan kondisi pasang surut. Wibisono dkk., (2016) menganalisis profil aliran dan arus balik air pada saluran drainase primer Gayam menggunakan software HEC-RAS 4.1.0. Studi ini bertujuan untuk mengetahui profil muka air permukaan saluran drainase dan arus balik air guna mencegah terjadinya banjir. Ifanda & Rosariawari (2024) menganalisis kondisi eksisting sistem drainase di Jalan Raya Mayjend Sungkono, Surabaya, menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Studi ini melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder, analisis hidrologi dan hidrolika, serta simulasi dengan HEC-RAS untuk menilai kapasitas saluran drainase dalam menampung debit air saat periode hujan intens.

Pemahaman yang baik tentang pola kecepatan arus dalam saluran drainase sangat penting dalam mengelola ketersediaan air, mengurangi risiko banjir, dan memastikan kualitas air yang baik. Sebagaimana diketahui Pola kecepatan arus dalam saluran drainase sangat dipengaruhi oleh geometri dan topografi saluran, debit air, dan kondisi hidrologi lainnya. Misalnya, saluran drainase dengan bentuk dan dimensi tertentu dapat menghasilkan pola arus yang berbeda-beda, seperti pola turbulen dan pola aliran laminar. Perubahan topografi saluran juga dapat mempengaruhi pola arus air, dengan peningkatan kemiringan saluran dapat meningkatkan kecepatan arus.

Pola kecepatan arus dalam saluran drainase juga penting dalam hal mitigasi banjir. Dengan memahami kecepatan arus dalam saluran drainase, kita dapat merancang sistem drainase yang dapat mengalirkan air hujan dengan efisien dan mengurangi risiko banjir. Selain itu, pemahaman yang baik tentang kecepatan arus dalam saluran drainase juga dapat membantu kita memahami bagaimana polutan dan bahan pencemar lainnya tersebar dalam saluran drainase dan mempengaruhi kualitas air.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas,

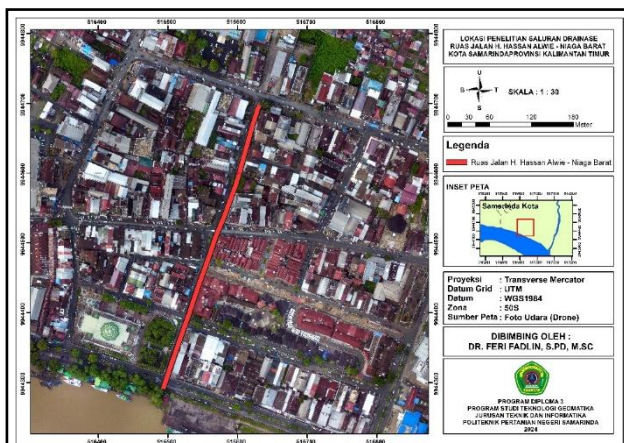
tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi pasang surut Sungai Mahakam saat *spring tide* (pasang purnama) pada ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat Kota Samarinda dan mengetahui distribusi kecepatan arus air saluran drainase pada ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat Kota Samarinda.

Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah diperoleh informasi mengenai kondisi pasang surut sungai mahakam pada saat pasang purnama, dan distribusi kecepatan arus pada ruas jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat. *Outcome* penelitian ini dapat menjadi rekomendasi bagi pemegang kebijakan dalam mendesain saluran drainase agar memiliki kapasitas yang mampu menampung debit aliran dari kawasan pemukiman di ruas jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat maupun inputan debit air dari sungai Mahakam.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Laptop ASUS TUF GAMING F15, 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-11400H, NVIDIA GEFORCE RTX 3050 RAM 8GB, SSD 500GB, Windows 11.
- Software HEC-RAS.
- Software ArcGIS 10.3.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data topografi saluran drainase ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat, data pasang surut dan data OrthoPhoto ruas Jalan H. Hassan Alwie - Niaga Barat.

2.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tiga tahapan utama yakni tahap persiapan, tahap pengumpulan data, serta tahap pengolahan dan analisis data. Tahapan persiapan meliputi identifikasi masalah, studi pustaka, survei lokasi penelitian, penentuan lokasi penelitian, serta perumusan masalah dan tujuan pelaksanaan penelitian. Selanjutnya, tahapan pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data topografi saluran drainase pada ruas jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat, data pasang surut sungai Dama Karang Mumus, serta foto udara Sungai Karang Mumus.

Adapun untuk tahap pengolahan data, proses pengolahan data penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan meliputi laptop ASUS TUF GAMING F15 dengan spesifikasi tinggi dan aplikasi HEC-RAS 6.5 untuk pengolahan data serta ArcMap 10.8 untuk pembuatan peta. Bahan yang diperlukan adalah data topografi saluran drainase, data pasang surut, dan foto udara Karang Mumus. Setelah persiapan, langkah pertama adalah membuat project baru di HEC-RAS 6.5.

Selanjutnya, data topografi saluran drainase dimasukkan dengan membuka menu *view/ edit* geometric data dan membuat file geometri. Proses berikutnya adalah pembuatan terrain dengan membuka menu RAS Mapper, membuat terrain baru, dan memasukkan data topografi. Pembuatan perimeter dilakukan dengan menambahkan geometri baru dan mengatur properti *2D flow area* serta perimeter, termasuk pengaturan titik spacing menjadi 0,1.

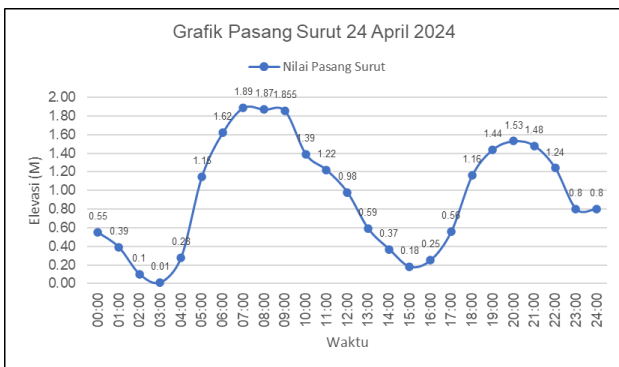
Setelah perimeter dibuat, langkah berikutnya adalah pembuatan *boundary condition line* dengan membuat *boundary* di arah muara dari drainase. Data pasang surut diinput melalui menu *view/ edit unsteady flow* data dengan membuat file baru dan memasukkan data pasang surut selama 24 jam. Terakhir, simulasi pola kecepatan arus dilakukan dengan *running unsteady flow analysis*, memastikan semua kotak yang diperlukan dicentang, tanggal dan waktu simulasi diisi, dan proses komputasi dilakukan.

Setelah simulasi selesai, data kecepatan arus diekspor sebagai data raster untuk pembuatan layout. Proses ini memungkinkan analisis mendalam mengenai pola kecepatan arus dan distribusi dalam saluran drainase selama periode yang ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

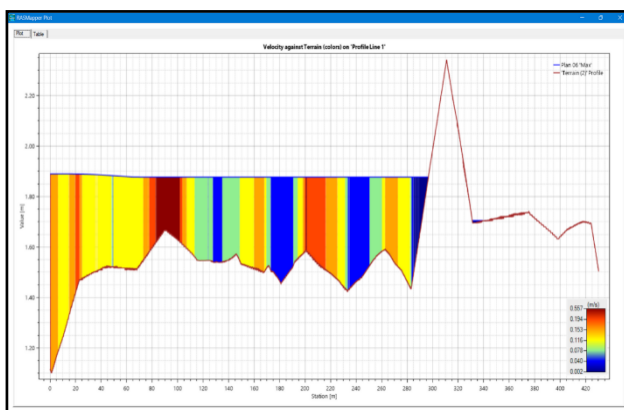
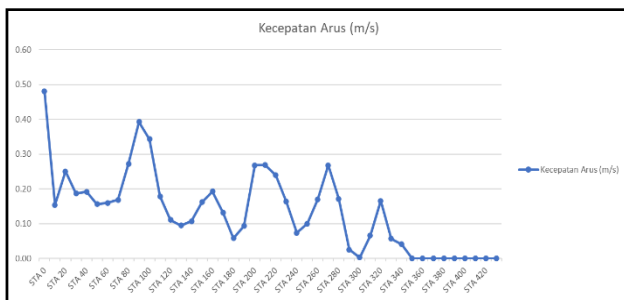
Berdasarkan pelaksanaan penelitian, diketahui pasang surut Sungai Mahakam pada kondisi *spring tide* atau pasang purnama, ketinggian air pada saluran drainase mencapai 1,89 m maksimum dan 0,01 m

minimum, dan kecepatan arus tertinggi mencapai 0,48 m/s dan terendah 0,03 m/s, dalam sehari terjadi surut sebanyak 3 kali pada jam 00:00 – 03:00, 07:00 – 15:00, dan 20:00 – 23:30 serta pasang sebanyak 2 kali pada jam 03:00 – 07:00 dan 15:00 – 20:00. Elevasi Pasang tertinggi terjadi pada jam 08:00 setinggi 1,89 m dan surut terendah terjadi pada jam 03:00 setinggi 0,01 m. Amplitudo atau beda tinggi antara pasang tertinggi dan surut terendah adalah 1,88 m, waktu yang dibutuhkan air dari surut menjadi pasang kurang lebih 3 jam dan dari pasang menjadi surut kurang lebih 4 jam. Grafik pasang surut pada tanggal 24 April 2024 tersaji pada Gambar 2.



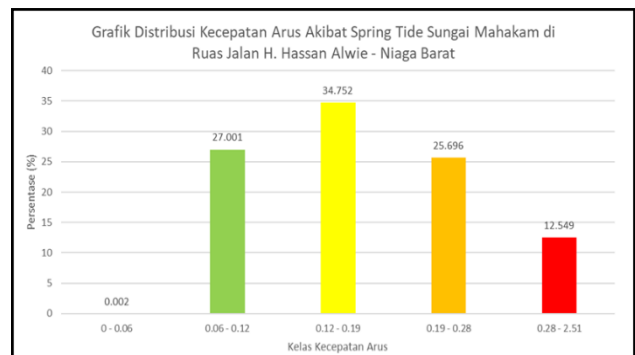
Gambar 2. Grafik Pasang Surut 24 April 2024

Selain itu, dari pengolahan data menggunakan software HEC-RAS 6.5 juga menghasilkan informasi kecepatan arus pada saluran drainase ruas jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat Kota Samarinda. Hasil pengolahan kecepatan aliran pada saluran drainase disajikan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Kecepatan Arus

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasang surut Sungai Mahakam pada kondisi *spring tide* atau pasang purnama memiliki dampak signifikan terhadap kondisi hidrologi saluran drainase di ruas Jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat, Kota Samarinda. Data pasut yang digunakan sebagai input yaitu bacaan pasut selama 24 jam pada tanggal 24 April 2024. Dalam satu hari, fenomena pasang surut terjadi secara berkala dengan tiga kali surut dan dua kali pasang. Waktu surut terjadi pada jam 00:00 – 03:00, 07:00 – 15:00, dan 20:00 – 23:30, sementara waktu pasang terjadi pada jam 03:00 – 07:00 dan 15:00 – 20:00. Dari pengamatan ini, dapat disimpulkan bahwa siklus surut dan pasang di Sungai Mahakam selama kondisi *spring tide* tidak hanya teratur tetapi juga kompleks, dengan masing-masing fase (pasang dan surut) memerlukan waktu sekitar 3 hingga 4 jam. Selama periode *spring tide*, ketinggian air di saluran drainase mencapai maksimum 1,89 meter dan minimum 0,01 meter. Variasi ketinggian ini menunjukkan bahwa saluran drainase dipengaruhi secara langsung oleh perubahan pasang surut Sungai Mahakam. Dari grafik pada Gambar 4, dapat dilihat distribusi kecepatan terbanyak berada pada range 0,12 – 0,19 sebesar 34,752%.



Gambar 4. Grafik Distribusi Kecepatan Arus

Kecepatan arus di saluran drainase selama *spring tide* bervariasi antara 0,03 m/s hingga 0,48 m/s. Kecepatan tertinggi pada STA 0, di mana kecepatan arusnya mencapai 0,48 m/s yang merupakan jalur masuk air sungai. Sebaliknya pada STA 280 kecepatan arusnya mencapai 0,03 m/s menunjukkan area tersebut memiliki aliran yang lebih lambat, dikarenakan bagian saluran yang lebih lebar atau datar.

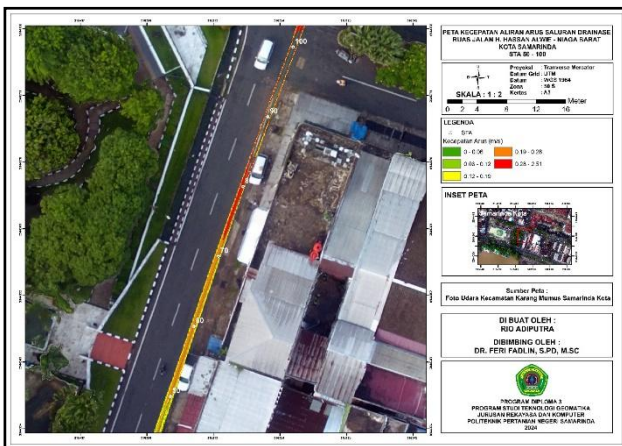
Hasil analisis kecepatan arus pada titik-titik saluran drainase ruas Jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat menunjukkan variasi signifikan yang sangat dipengaruhi oleh topografi dasar saluran. Pada titik STA 0 - 50, kecepatan arus yang cukup tinggi di tengah saluran disebabkan oleh topografi dasar saluran yang menanjak dan berperan sebagai jalur masuk air sungai. Kondisi ini menciptakan aliran yang lebih kuat saat air mengalir ke saluran drainase. Sebaliknya, pada titik

STA 50 - 80, kecepatan arus menurun karena dasar saluran yang terus menanjak, menghambat laju aliran air. Peta kecepatan arus tersaji pada Gambar 5 berikut.

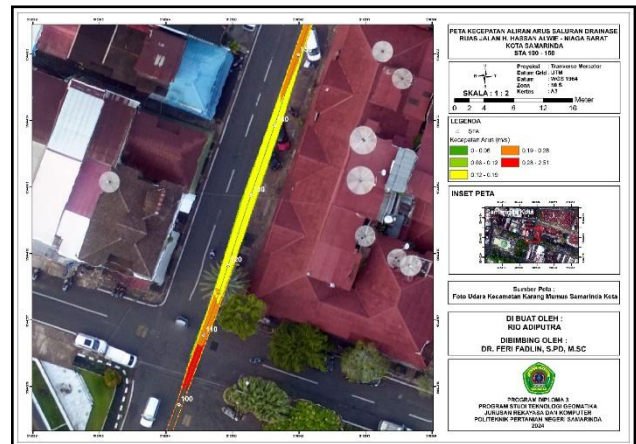


Gambar 5. Peta Kecepatan Arus STA 0 – 50

Namun, pada titik STA 80 - 100, kecepatan arus kembali meningkat seiring dengan perubahan topografi yang menurun, memungkinkan air mengalir lebih cepat. Hal serupa terjadi pada titik STA 100 - 110, di mana dasar saluran yang menurun menyebabkan peningkatan kecepatan arus. Pada titik STA 110 - 150, kecepatan arus stabil dan rendah karena saluran drainase melebar, yang mengurangi kecepatan aliran air. Peta kecepatan arus pada STA 50 – 100 dan 100 - 150 tersaji pada Gambar 6 dan Gambar 7 berikut.



Gambar 6. Peta Kecepatan Arus STA 50 – 100



Gambar 7. Peta Kecepatan Arus STA 100 – 150

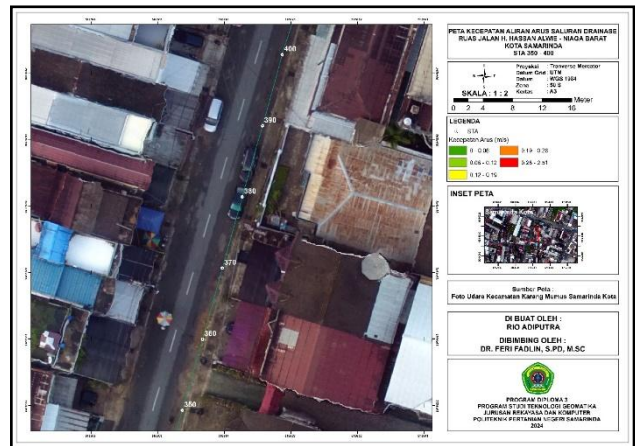
Selanjutnya, pada STA 150 - 180, kecepatan arus meningkat lagi akibat dasar saluran yang menurun, tetapi kembali stabil rendah pada titik STA 180 - 190 karena topografi saluran yang menanjak. Perubahan topografi yang menurun pada titik STA 190 - 230 meningkatkan kecepatan arus di tengah saluran. Pada titik STA 230 - 260, kecepatan arus tetap stabil meskipun ada variasi topografi dasar saluran yang menurun lalu menanjak. Peta kecepatan arus pada STA 150 – 200 dan 200 - 250 tersaji pada Gambar 8 dan Gambar 9 berikut.



Gambar 8. Peta Kecepatan Arus STA 150 – 200



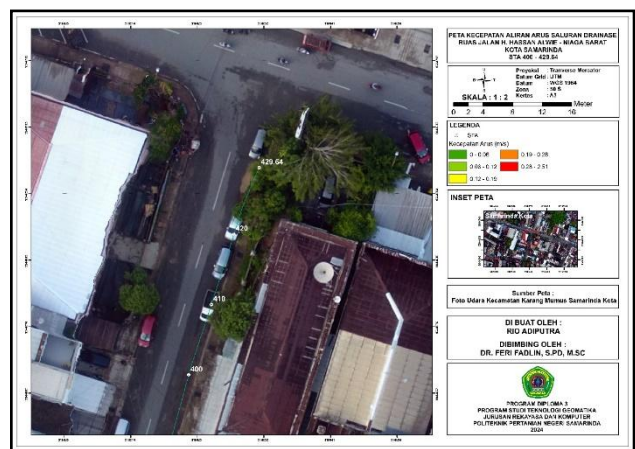
Gambar 9. Peta Kecepatan Arus STA 200 – 250



Gambar 12. Peta Kecepatan Arus STA 350 – 400



Gambar 10. Peta Kecepatan Arus STA 250 – 300



Gambar 13. Peta Kecepatan Arus STA 400 - 429.64

Lebih lanjut, pada titik STA 260 – 280 Gambar 10 di atas, menunjukkan peningkatan kecepatan arus di tengah saluran drainase karena bentuk topografinya yang menurun. Namun, pada titik STA 280 - 340, kecepatan arus menurun lagi karena topografi yang menanjak. Pada titik STA 340 – 429,64, tidak ada kecepatan arus yang terdeteksi karena air tidak mencapai bagian tersebut dari saluran drainase. Peta kecepatan arus pada STA 300 – 429 tersaji pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 13 berikut.



Gambar 11. Peta Kecepatan Arus STA 300 – 350

Variasi kecepatan arus dari hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya memahami topografi dasar saluran dalam merancang dan mengelola sistem drainase. Area dengan kecepatan arus tinggi dapat menjadi titik kritis untuk erosi saluran, sementara area dengan kecepatan rendah mungkin mengalami sedimentasi yang dapat menghambat aliran air.

Pemetaan distribusi kecepatan arus yang dihasilkan menggunakan software HEC-RAS 6.5 memperlihatkan pola yang jelas dari distribusi kecepatan arus di sepanjang saluran drainase. Pada area yang memiliki kecepatan arus rendah akan menjadi tempat menumpuknya sedimen dan dapat berpotensi banjir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan, elevasi pasang tertinggi sungai mahakam pada kondisi spring tides pada ruas jalan H. Hassan Alwie – Niaga Barat adalah 1,89 m dan elevasi surut terendah adalah 0,01 m dengan amplitudo beda tinggi antara surut terendah dan pasang tertinggi adalah 1,88 m. Hasil simulasi kecepatan arus diperoleh distribusi kecepatan arus terbesar pada ruas jalan H. Hassan Alwie berada pada rentang 0,28 – 2,51 m/s pada STA 80 sedangkan

distribusi kecepatan aliran terdah dominan adalah pada range 0,06 – 0,12 m/s pada STA 280.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa hormat dan terima kasih yang tulus, penulis ingin menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih yang mendalam saya sampaikan kepada tenaga pendidik dan kependidikan di Program Studi D3 Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi masyarakat luas.

6. REFERENSI

- Aprizal, & Meris, A. (2020). Aplikasi HEC-RAS dalam Pengendalian Banjir Sungai Way Kandis - Lampung Selatan. *Jurnal Teknik Sipil ITP Volume 7 Nomor 1*, 1-9.
- Destania, H. R. (2020). Pelatihan HEC-RAS Bagi Pemula. *Jurnal Abdimas Mandiri Volume 4 Nomor 2*, 123-127.
- Frans, J. H., Nesimnasi, A. E., Bunganaen, & Wilhelmus. (2020). Perencanaan Drainase Kawasan Undana Menggunakan Program Autocad Civil 3D dan Global Mapper. *Jurnal Teknik Sipil Volume 9 Nomor 2*, 194-206.
- Ibrahim, N. I., Berhita, P. T., & Puturuhi, F. (2022). Evaluasi Sistem Drainase dalam Upaya Penanggulangan Banjir di Kelurahan Honipopu Kota Ambon. *Jurnal Geografi Volume 20 Nomor 2*, 131-143.
- Ifanda, N., & Rosariawari, F. (2024). Evaluasi Sistem Saluran Drainase dengan Software HEC-RAS (Studi Kasus Jalan Raya Mayjen Sungkono, Surabaya). *Jurnal EnviScience Volume 8 Nomor 2*, 58-72.
- Mansur, L. K., Kasim, M., & Dalupi, R. D. (2023). Karakteristik Pola Arus dan Nutrien Perairan pada Areal Budi Daya Rumput Laut di Pantai Bone-Bone Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan Volume 16, Nomor 2*, 125-138.
- Modalo, R. J., Rampengan, R. M., & Opa, E. T. (2018). Arah dan Kecepatan Arus Perairan Sekitar Pulau Bunaken pada Periode Umur Bulan Perbani di Musim Pancaroba II. *Jurnal Pesisir dan laut Tropis Volume 1 Nomor 1*, 61-68.
- Rahayu, T. (2019). Analisis Sistem Drainase untuk Menanggulangi Banjir Kawasan Jalan Meranti Belakang Plaza Medan Fair. *Buletin Utama Teknik Volume 15 Nomor 1*, 20-23.
- Wibisono, C., Muttaqien, A. Y., & Hadiani, R. (2016). Analisis Arus Balik Air pada Saluran Drainase Primer Ngestiharjo dan Karangwuni Kabupaten Kulon Progo dengan Menggunakan Metode Tahapan Langsung. *Jurnal Matriks Teknik Sipil Volume 4 Nomor 1*, 66-74.
- Wijaya, H. I. (2021). *Model Pengaruh Rob pada Sistem Drainase Sringin dan Tenggang terhadap Banjir di Kawasan Semarang Rimur*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh November.