



HIMPUNAN
AHLI TEKNIK HIDRAULIK
INDONESIA



Pertemuan
Ilmiah Tahunan
PIT XXXVIII
HATHI
Surabaya
30 Oktober 2021

JILID **2** Prosiding

Pertemuan Ilmiah Tahunan **PIT XXXVIII** **HATHI**

Surabaya, 30 Oktober 2021

Tema :

**“ DIRGAHAYU 60 TAHUN PENGELOLAAN
WILAYAH SUNGAI DI INDONESIA:
Pengelolaan Infrastruktur
untuk Ketahanan Air Berkelanjutan “**

Bekerjasama dengan



KEMENTERIAN
PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA



PEMERINTAH
PROPINSI
JAWA TIMUR



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

ISBN 978-602-6289-30-8 (no.jil.lengkap)



9 786026 289308

ISBN 978-602-6289-32-2 (jil.2)



9 786026 289322

Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI ke-38 Surabaya, 30 Oktober 2021

Tema ““DIRGAHAYU 60 TAHUN PENGELOLAAN WILAYAH SUNGAI DI INDONESIA: Pengelolaan Infrastruktur untuk Ketahanan Air Berkelanjutan”

Jilid 2

550 halaman, xii

21cm x 30cm

ISBN 978-602-6289-30-8 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-602-6289-32-2 (jil.2)

Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI),
Sekretariat HATHI, Gedung Direktorat Jenderal SDA Lantai 8
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta 12110 - Indonesia
Telepon/Fax. +62-21 7279 2263
<http://www.hathi-pusat.org> | email: hathi.pusat@gmail.com

Penasehat	: Ketua Umum HATHI
Pengarah	: Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc. PU – SDA, ACPE Ir. Moh. Sulaiman, M.Eng Prof. Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT., IPU Ir. Eko Subekti, Dipl.HE., PU-SDA Ir. Fauzi Idris, ME Pengurus Pusat HATHI
Pelaksana	:
Ketua Panitia	: Dr. Ir. Muhammad Rizal, M.Sc. PU-SDA
Wakil Ketua I	: Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc., PMa-SDA
Wakil Ketua II	: Dr. Gusfan Halik, ST. MT., PU-SDA
Sekretaris	: Dedi Yudha Lesmana, ST. MT
Wakil Sekretaris I	: Ima Solikhati, ST. MT
Wakil Sekretaris II	: Novi Andriany Teguh, ST. M.Sc
Wakil Sekretaris III	: Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM, PU-SDA
Bendahara	: Indah Kusuma Hidayati, ST. MT
Wakil Bendahara I	: Ir. Edy Tambeng Wijaya, MM
Wakil Bendahara II	: Nastasia Festy Margini, ST. MT
Wakil Bendahara III	: Sri Wahyuni, ST. M.Eng., Ph.D
SEKSI - SEKSI	:
Seksi Sekretariat dan Dokumentasi	: Ir. Rudi Novyanto Ridwan, CES, PMa-SDA Dr. Ir. Edijatno, CES. DEA Ir. Karwito, Sp.1., PU-SDA Anton Dharma PM, ST. MT. Hesti Nurina Paramita, ST. M.Sc Muhammad Yunus, ST. M.PSDA Joko Santoso, SE Mochamad Hasan Wijaya, ST, M.PSDA

Seksi Publikasi dan Humas	: Ir. Bambang Sarwono, M.Sc, PMA-SDA Fauzi Nasruddin, ST, M.Sc Ir. Endang Wasianti, ME., PMA-SDA Ir. Amos Sangka, Sp.1 Wiel Mushawiry Suryana, ST. MT Mohamad Muchlisin Mahzum, ST. MT Suwandi, SE. MM Deny Bayu Prawesto, SH. M.PSDM Johanes Kristoni, SE
Seksi Materi	: Ir. Djoko Sukalisno Kadiro, Dipl.HE.,PU-SDA. ACPE Ir. Novia Rosalita, Sp.1 Mohamad Bagus Ansori, ST. M.Sc Dr. Ir. Minarni Nur Trilita, MT. Novita Andrianie, ST. MT Harri Pranowo, ST. MT Mustofa Mukti Hidayati, ST. M.Eng Tami Adiningtyas, ST. MT Henty Diorina Maharastri, ST. MT Arochma Leliyana, ST
Seksi Persidangan	: Ir. Sri Purwaningsih, MT Wahyu Setianto, ST. MT Dr. Mahendra Andiek Maulana, ST. MT Retno Utami Agung Wiyono, ST. M.Eng., Ph.D Annas Wibowo, ST. MT Ir. Bahmid Tohari, M.Eng., PU-SDA Evy Harmani, ST. M.Eng Rizal Ariffudin Kurniawan, ST. MT Agung Purnayudha, ST. M.PSDA Rosita Ardila, ST. MT Eny Setyoningrum, ST. MT Kholivia Desi Ekasari, ST. MT Bambang Risharnanda, ST Indriani, ST. MT
Seksi Acara	: Ir. Sri Hardini Suprapti, MT Wiwik Yunarni, ST. MT Ir. Theresia Sri Sidharti, MT., PU-SDA Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST. MT Titin Suhartini, ST. MT Kadek Widyaswaari, ST. MWM Lucky Dyah Ekorini, ST. MT Abdul Somat Bukori, S.ST. MT Arianto, ST. MT Eddy Hari Poerwanto, ST. MT
Seksi Teknologi Informasi (TI)	: Kalpin Nur, ST. MM Dr. A.A. Ngr. Satria Damar Negara, ST. MT Saifurridzal, ST. M.Eng Achmad Ainur Rofiq Irawan, ST. MT Ir. Soenoko, CES., PU-SDA

	<p>Hendri, ST. MT Arif Rahmad Darmawan, ST. MT Achmad Hariyadi, ST. MT Endro Prasetyo Utomo</p>
Seksi Akomodasi, Transportasi, dan Konsumsi	<p>: Ir. Kuntjoro, PMA-SDA Cahyo Handono, ST. M.PSDA Yogi Pandhu Satriyawan, ST. MT Yudha Tantra Ahmadi, MT Vina Citrasari, ST. MT Budiyono, ST Febby Ardhiyanti, S.IP Rojikan, SE. MM Drs. Anang Wahyudi, MM Priambada, AM.d</p>
Komite Ilmiah / Scientific Committee	<p>: Prof. Nadjadji Anwar (ITS, Indonesia) Prof. Djoko Legono (UGM, Indonesia) Prof. Robertus Wahyudi Triweko (Unpar, Indonesia) Prof. Indratmo Soekarno (ITB, Indonesia) Prof. Suripin (Undip, Indonesia) Prof. Pitojo Tri Juwono (UB, Indonesia) Prof. Fatihah Suja' (UKM, Malaysia) Prof. Zulkifli Yusop (UTM, Malaysia) Prof. Daizo Tsutsumi (Mie University, Japan) Prof. Riuji Kakimoto (Kumamoto University, Japan) Dr. Yu-Shiu Chen (NCKU, Taiwan) Prof. Dosun-Kang (Kyung Hee University, Korea) : Prof. Seoktae-Kang (KAIST, Korea) Prof. Xie Yuebo (Hohai University, China) Prof. Liong She Yui (NUS, Singapore) Dr. FX. Suryadi (IHE Delft, the Netherlands) Prof. Mukand Babel (AIT, Thailand) Prof. D.S. Arya (IIT Roorkee, India)</p>
Reviewer	<p>: Prof. Nadjadji Anwar Dr. Moch. Amron Prof. Indratmo Soekarno Prof. Djoko Legono Prof. Suripin Prof. Budi S. Wignyosukarto Prof. Radiana Triatmadja Prof. Sriyana Prof. Lily Montarcih Limantara Dr. Doddi Yudianto Dr.techn Umboro Lasminto</p>

Editor : Dr. Doddi Yudianto
Dr. Heri Suprpto
Dr. Roby Hambali
Dr. Muhammad Ramdhan Oliy
Dr. Ani Hairani
Dr. Evi Anggraheni
Dr. Albert Wicaksono
Dr. Mahendra Andiek Maulana
Dr-ing Bobby Minola Ginting
Dr. Retno Utami Agung Wiyono
Dr. Benazir
Dr. Juliastuti
Mrs. Finna Fitriana

Copy Editor : Mr. Asep Harhar Muharam
& Layout Editor

Desain Cover : Mr. Rahmat Hidayat (Tamil)

ANALISIS PROFIL ALIRAN BERUBAH LAMBAT LAUN SALURAN TIDAK PRISMATIS DI MUARA SUNGAI

Liany Hendratta^{1*}, Isri Mangangka¹, Hanny Tangkudung¹, Bastari², Imanuel Makasahe², Tiny Mananoma¹

¹Universitas Sam Ratulangi

²Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

*lianyhendratta@unsrat.ac.id

Intisari

Permukaan air yang mengalir pada saluran atau sungai tidak selamanya membentuk garis lurus. Daerah sekitar muara sungai dengan salurannya yang tidak prismatis dapat terjadi kenaikan dan penurunan muka air sehingga membentuk profil aliran berubah lambat laun. Profil aliran berubah lambat laun tidak dapat ditentukan secara eksak pada setiap penampang aliran sehingga diperlukan cara pendekatan untuk menentukan titik-titik yang menggambarkan profil aliran. Penelitian ini bersifat studi literatur menganalisis profil aliran berubah lambat laun dengan Metode Tahapan Standart untuk mengetahui bentuk profil aliran yang terjadi pada suatu saluran tidak prismatis. Hasil analisis selanjutnya dibandingkan dengan Metode Integrasi Grafis dan Metode Runge-Kutta. Data sekunder untuk kebutuhan analisis diambil dari pengamatan lapangan yang dianalisis dengan model HEC-RAS. Hasil penelitian mendapatkan profil muka air pada metode tahapan standart dan model HEC RAS sangat mendekati satu dengan lainnya. Perbedaan H hanya bervariasi antara 0,088-0,118 meter. Metode integrasi grafis dianalisis dengan menetapkan beberapa nilai y pada 2 penampang berturut kemudian dihitung jaraknya (ΔX). Hasil analisis menunjukkan ΔX mendekati antara hasil analisis metode integrasi grafis dan metode tahapan standart. Perbedaan profil aliran air ditunjukkan dengan perbedaan antara nilai H pada metode tahapan standart dan nilai Y_2 pada metode Runge –Kutta. Hasil analisis mendapatkan untuk setiap titik tinjauan terjadi perbedaan kecil antara nilai H dengan Y_2 dan nilainya bervariasi antara 0,0894 - 0,124235 meter. Secara keseluruhan profil muka aliran berubah lambat laun dengan Model HEC-RAS, metode tahapan standart, metode integrasi grafis dan metode Runge-Kutta mendapatkan hasil yang cukup mendekati untuk diaplikasikan pada saluran tidak primatis di muara sungai.

Kata kunci : profil aliran berubah lambat laun, saluran tidak prismatis, muara sungai, metode tahapan standar

Latar Belakang

Secara umum permukaan air yang mengalir pada saluran atau sungai tidak selamanya membentuk atau mengikuti suatu garis lurus. Pembangunan bendung pada sungai dapat menaikkan tinggi muka air pada bagian hulu bendung dan sebaliknya bila ada bangunan terjunan dapat terjadi penurunan tinggi muka air terhadap garis lurus tersebut.

Daerah sekitar bendung, terjunan, atau bangunan teknik sipil lainnya dimana dapat terjadi kenaikan dan penurunan muka air akan terbentuk profil aliran berubah tiba-tiba dan profil aliran berubah lambat laun. Pengetahuan tentang bentuk dan pengaruh profil aliran air yang terjadi dapat mengurangi berbagai permasalahan seperti luapan air sungai yang menggenangi kawasan pemukiman, dan lain-lain.

Beberapa metode perhitungan profil aliran berubah lambat laun seperti Metode Esra, Metode Debit-Penurunan Tinggi dan Metode Integrasi Langsung hanya dapat diaplikasikan pada saluran-saluran prismatis, sedangkan yang sering terjadi permasalahan adalah pada saluran-saluran alamiah dan pada saluran tidak prismatis lainnya. Penelitian ini akan menggunakan simple numerical methods yaitu dengan Metode Tahapan Standart agar dapat menganalisis profil aliran berubah lambat laun pada saluran tidak prismatis.

Profil aliran berubah lambat laun tidak dapat ditentukan secara eksak untuk setiap penampang aliran sehingga diperlukan cara pendekatan untuk menentukan titik-titik yang menggambarkan profil aliran. Kemajuan teknologi komputer saat ini mendorong berkembangnya upaya-upaya pemecahan persoalan dengan menggunakan metode numerik. Dengan metode numerik, persamaan-persamaan yang tidak dapat diselesaikan secara analitis dapat diselesaikan dengan ketelitian yang memuaskan untuk penggunaan praktis.

Penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Bersifat studi pustaka.
2. Menggunakan hasil penelitian sebelumnya sebagai data sekunder untuk menganalisis profil aliran berubah lambat laun.
3. Profil aliran yang ditinjau akan terbagi menjadi 5 segmen dengan tinggi muka air atau jarak yang bervariasi
4. Aliran yang terjadi dianggap steady flow

Penelitian ini bertujuan menganalisis profil aliran berubah lambat laun dengan Metode Tahapan Standart yang pada intinya untuk mengetahui bentuk profil aliran yang terjadi pada suatu saluran tidak prismatis. Hasil analisis selanjutnya akan dibandingkan dengan Metode Integrasi Grafis dan Metode Runge-Kutta.

Umum

Aliran saluran terbuka dapat diklasifikasikan dengan berbagai cara berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan waktu dan ruang. Aliran berubah lambat laun terjadi jika kedalaman aliran berubah secara berangsur-angsur pada jarak yang cukup panjang.

Bilangan Reynolds

Perbandingan gaya inersia terhadap gaya kental (*viscous forces*) per satuan volume dikenal sebagai Bilangan Reynolds (*Re*) yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$Re = \frac{V L}{\nu} \quad (1)$$

dengan:

Re = Bilangan Reynolds
V = kecepatan karakteristik (umumnya sebagai kecepatan rata-rata penampang)
L = panjang karakteristik (disini dianggap sama dengan jari-jari hidrolis saluran)
v = kekentalan kinematis cairan

Aliran dengan harga Re yang rendah mengikuti garis edar tertentu yang dapat diamati dan ditandai dengan meluncurnya satu lapisan di atas lapisan yang lain. Aliran yang demikian dikenal sebagai aliran Laminar (laminar flow). Pada harga bilangan Reynolds yang lebih tinggi terjadi campuran antara lapisan-lapisan fluida yang berbeda. Jenis aliran ini, dimana hampir tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat, dikenal sebagai aliran Turbulen (*turbulent flow*). Jelasnya, pada bilangan Reynolds yang tinggi, gaya kental terlalu kecil untuk merendam gangguan sehingga aliran menjadi Turbulen.

Penelitian laboratorium pada saluran terbuka menunjukkan bahwa aliran tetap Laminar terjadi apabila $Re \leq 500$ dan aliran menjadi Turbulen apabila $Re \geq 2000$. Diantara kedua batasan ini aliran berada dalam keadaan Transisi.

Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran berubah lambat laun dapat dihitung dengan rumus aliran seragam. Diantara berbagai rumus kecepatan yang ada, rumus Manning merupakan rumus yang paling banyak digunakan karena kesederhanaannya dan derajat akurasi yang dapat diterima dalam berbagai pemakaian praktis. Rumus Manning untuk kecepatan aliran di saluran terbuka adalah:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (2)$$

Dimana V adalah kecepatan rata-rata, n adalah koefisien kekasaran Manning, R adalah jari-jari hidrolis, S_f adalah kemiringan energi

Karena pada aliran seragam kemiringan energi = kemiringan muka air = kemiringan dasar saluran atau $S_f = S_w = S_0$, maka persamaan (4) dapat ditulis:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} \quad (3)$$

Dimana S_0 adalah kemiringan dasar saluran

Kedalaman Normal

Kedalaman normal adalah kedalaman aliran dalam keadaan seragam. Debit Q pada suatu penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan:

$$Q = V.A \quad (4)$$

Dimana menurut rumus Manning,

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$
$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_0^{1/2} \quad (5)$$

Persamaan (7) ini dapat digunakan untuk menghitung kedalaman normal. Dengan mengelompokkan faktor-faktor penampang, persamaan (7) dapat ditulis

$$A R^{2/3} = \frac{Q n}{S_0^{1/2}} \quad (6)$$

Kemiringan Garis Energi

Kemiringan energi pada aliran berubah lambat laun sama dengan kemiringan energi aliran seragam yang kecepatan dan jari-jari hidrolisnya sama. Menurut anggapan ini, rumus aliran seragam dapat dipakai untuk menyatakan kemiringan energi aliran berubah lambat laun pada penampang tertentu, dan koefisien kekasaran untuk aliran seragam, berlaku pula untuk aliran berubah lambat laun. Sehingga

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad \text{atau} \quad S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \quad (7)$$

Analisis Profil Aliran Berubah Lambat Laun

Analisis profil aliran berubah lambat laun pada dasarnya merupakan penyelesaian terhadap persamaan diferensial dari aliran berubah lambat laun. Sasaran utama dari perhitungan ini adalah menentukan bentuk profil aliran. Kedalaman aliran serta jarak penampang merupakan unsur yang penting untuk mendapatkan bentuk profil aliran khususnya profil aliran berubah lambat laun. Bentuk profil aliran dapat ditempuh dengan menentukan kedalaman-kedalaman aliran secara berurutan dan selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antara setiap penampang pada kedalaman masing-masing. Sebaliknya, dapat pula ditentukan jarak setiap penampang dan dilakukan perhitungan kedalaman alirannya.

Dalam analisis profil aliran berubah lambat laun dapat menggunakan beberapa metode yang dibagi atas tiga kelompok metode, yaitu: Metode-metode grafis (Metode Integrasi Grafis) dan metode-metode numerik (Metode tahapan standar dan *Standard fourth order Runge-Kutta method*)

Metode Tahapan Standar

Proses analisis dilaksanakan dengan mengambil contoh saluran berbentuk trapesium. Tahapan selanjutnya menghitung besaran-besaran geometri penampang saluran sebagai dasar perhitungan awal. Setiap variabel yaitu luas penampang saluran (A), kecepatan aliran (V), jari-jari hidraulis (R), keliling basah saluran (P), kemiringan dasar saluran (So), dan lainnya digunakan sebagai data input dalam persamaan yang ada pada metode tahapan standar untuk menghitung profil aliran. Metode tahapan standar akan menganalisis data dengan cara coba-coba.

Misalnya akan dicari kedalaman air dari suatu bangunan air (bendung, terjunan, dll) pada jarak yang diketahui ΔX

1. Tetapkan elevasi muka air di bangunan air = Z_2
2. Hitung $y_2 = Z_2 - z_2$ (z_2 = elevasi dasar saluran di bangunan air)
3. Hitung pada penampang 2, berturut-turut: Luas penampang A_2 , Kecepatan aliran V_2 , Keliling basah P_2 , Jari-jari hidrolis R_2
4. Hitung juga pada penampang 2 nilai :

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \quad S_{f2} = \frac{n^2 V_2^2}{R_2^{4/3}}$$

5. Perkirakan elevasi muka air dipenampang 1 = Z_1
6. Tentukan nilai y_1 dimana $Z_1 = y_1 + Z_2 + So \cdot \Delta X$
7. Hitung pada penampang 1, berturut-turut : Luas penampang A_1 , Kecepatan aliran V_1 , Keliling basah P_1 , Jari-jari hidrolis R_1
8. Hitung juga pada penampang

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \qquad Sf_1 = \frac{n^2 V_1^2}{R_1^{4/3}}$$
9. Hitung Sf rata-rata dimana $Sf = \frac{1}{2} (Sf_1 + Sf_2)$
10. Hitung $hf = Sf \cdot \Delta X$
11. Hitung $H_1 = H_2 + hf$
12. Periksa H_1 yang diperoleh pada langkah 11, terhadap H_1 yang diperoleh pada langkah 8. Kedua nilai H_1 harus sama atau mendekati, jika tidak maka ulangi mulai langkah 5 dengan memilih Z_1 yang lain.

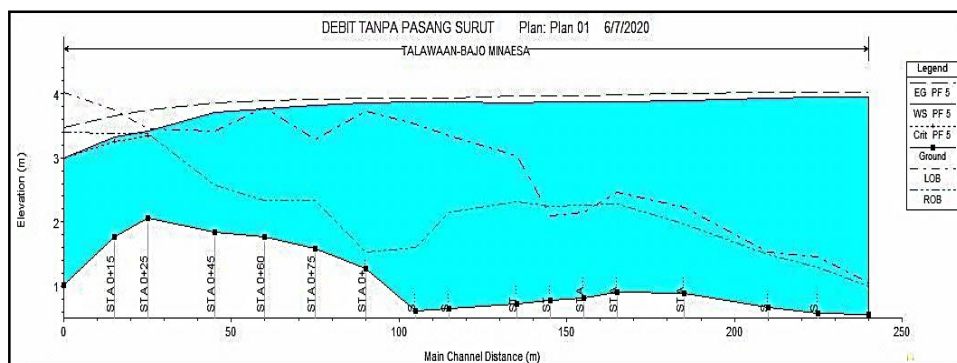
Metodologi Studi

Penelitian ini akan menganalisis profil aliran berubah lambat laun dengan Metode Tahapan Standar yang merupakan salah satu metode dalam kelompok *Simple Numerical Method*. Proses analisis dilaksanakan dengan menggunakan hasil penelitian sebelumnya yang menganalisis tinggi muka air banjir dengan Program HEC-RAS. Data debit banjir, jarak setiap penampang (*cross section*), tinggi muka air banjir dan besaran-besaran geometri penampang saluran yaitu luas penampang saluran (A), kecepatan aliran (V), keliling basah saluran (P), jari-jari hidraulic (R), kemiringan dasar saluran (So), dan lainnya digunakan sebagai data input data sekunder pada Metode Tahapan Standart. Selanjutnya hasil analisis Metode Tahapan Standar dibandingkan dengan 2 metode yang lain yaitu metode integrasi grafis dan metode tahapan langsung.

Hasil Studi dan Pembahasan

Analisis Dengan HEC-RAS

Hasil analisis tinggi muka air banjir untuk setiap penampang melintang pada beberapa STA dengan program komputer HEC-RAS menggunakan hasil penelitian sebelumnya yang berjudul “Analisis Pengaruh Backwater Di Muara Sungai Talawaan-Bajo Kabupaten Minahasa Utara”.



Gambar 1. Tinggi muka air potongan memanjang $Tr = 100$ tahun

Penelitian ini meninjau sebanyak 5 segmen, sehingga diambil 6 penampang Metode integrasi grafis dianalisis dengan menentukan nilai H dan menghitung jarak antara 2 penampang melintang. Dari hasil analisis, ΔX antara STA 0+155 dan STA 0+165 adalah 9,9999890 meter \approx 10 meter.

Dari Tabel 2. terlihat mulai dari STA 0+155 sampai STA 0+240, jarak antara 2 segmen (ΔX) hasil analisis metode integrasi grafis dan jarak pada metode tahapan standart sangat mendekati. Pada Metode tahapan standart, ΔX nilainya berturut-turut adalah 10 m, 20 m, 25 m, 15 m dan 15 m.

Gambar profil muka air menggunakan metode integrasi grafis dibandingkan dengan metode tahapan langsung dapat dilihat pada Gambar 2. melintang yaitu yang terletak pada STA 0+155 m, STA 0+165 m, STA 0+185 m, STA 0+210 m, STA 0+225 m, STA 0+240 m.

Analisis dengan Metode Tahapan Standar

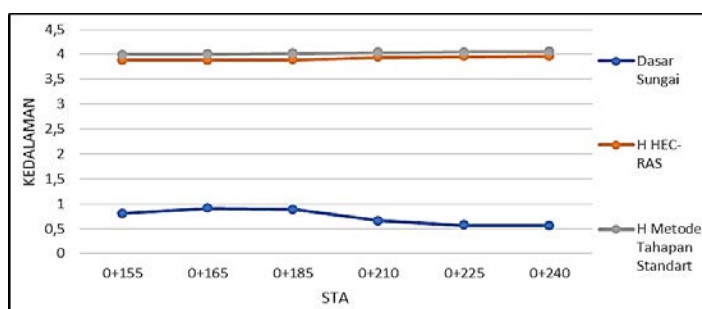
Tabel 1. Hasil analisis metode tahapan standar

STA (meter)	Y (meter)	H (meter)
0+155	3,071876	3,998428
0+165	2,971400	4,005393
0+185	3,008037	4,020543
0+210	3,280804	4,035693
0+225	3,378380	4,042203
0+240	3,399454	4,048218

Metode integrasi grafis dianalisis dengan menentukan nilai H dan menghitung jarak antara 2 penampang melintang. Dari hasil analisis, ΔX antara STA 0+155 dan STA 0+165 adalah 9,9999890 meter \approx 10 meter.

Dari Tabel 2 terlihat mulai dari STA 0+155 sampai STA 0+240, jarak antara 2 segmen (ΔX) hasil analisis metode integrasi grafis dan jarak pada metode tahapan standart sangat mendekati. Pada Metode tahapan standart, ΔX nilainya berturut-turut adalah 10 m, 20 m, 25 m, 15 m dan 15 m. Gambar profil muka air menggunakan metode integrasi grafis dibandingkan dengan metode tahapan langsung dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari hasil analisis terlihat tinggi muka air (H) antara metode tahapan standart dan hasil HEC RAS sangat mendekati satu dengan lainnya. Perbedaan H antara kedua metode hanya bervariasi antara 0,088 meter (pada STA 0+240) sampai 0,118 (pada STA 0+155). Hasil analisis profil muka air menggunakan metode tahapan standart dibandingkan dengan hasil program HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 2.

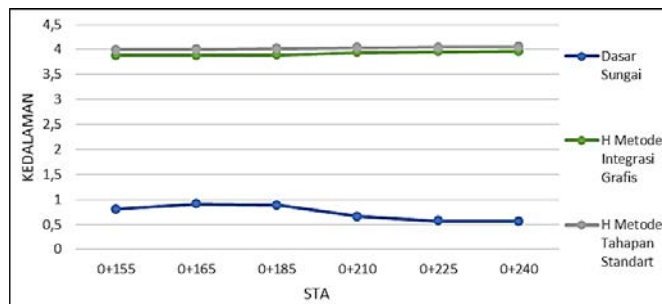


Gambar 2. Profil muka air metode tahapan standar dan HEC-RAS

Analisis Dengan Metode Integrasi Grafis

Tabel 2. Hasil analisis metode integrasi grafis

STA (m)	Y (m)	H (m)	ΔX
0+155	3,0718760	3,88	
0+165	3,0760243	3,88	9,9999890
0+185	3,0852105	3,89	19,9998411
0+210	3,0936568	3,94	24,999755
0+225	3,0975299	3,95	14,9999976

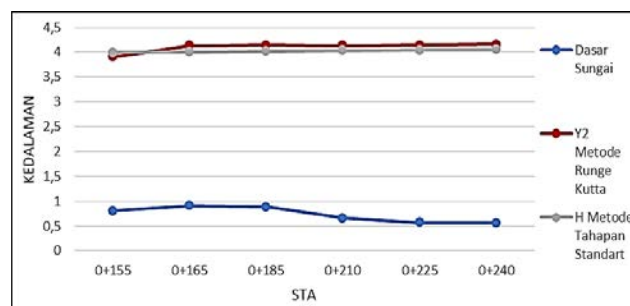


Gambar 3. Profil muka air metode integrasi grafis dan metode tahapan standart

Analisis Dengan Metode Runge-Kutta Standart orde-4

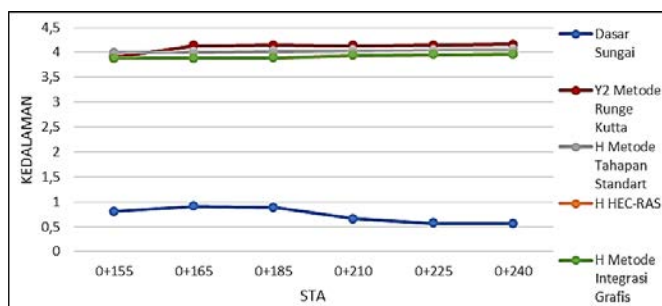
Dari hasil analisis terlihat tinggi muka air (H) antara metode tahapan standart dan nilai Y2 pada metode Runge –Kutta nilainya mendekati satu dengan lainnya untuk setiap STA. Perbedaan H dan Y2 antara kedua metode bervariasi antara 0,0894 meter (pada STA 0+155) dan 0,105451 meter (pada STA 0+240). Perbedaan paling besar terjadi pada STA 0+165 yaitu sebesar 0,124235 meter

Hasil analisis profil muka air menggunakan metode tahapan standar dibandingkan dengan hasil Runge-Kutta dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil muka air metode Runge-Kutta dan metode tahapan standar

Gambar 5. menunjukkan profil muka aliran berubah lambat laun dari 4 metode yaitu dengan HEC-RAS, metode tahapan standart , metode integrasi grafis dan metode Runge-Kutta.



Gambar 5. Profil muka air HEC-RAS, metode tahapan standart, metode integrasi grafis dan metode Runge-Kutta

Kesimpulan

1. Profil muka air pada metode tahapan standart dan program HEC RAS sangat mendekati satu dengan lainnya. Perbedaan H antara kedua metode hanya bervariasi antara 0,088 meter (STA 0+240) sampai 0,118 (STA 0+155).
2. Metode integrasi grafis dianalisis dengan menetapkan nilai-nilai y pada 2 penampang berturut kemudian dihitung jarak antara dua penampang tersebut (ΔX). Hasil analisis menunjukkan bahwa ΔX dari STA 0+155 sampai STA 0+240 mendapatkan hasil yang dapat dikatakan sama antara hasil analisis metode integrasi grafis dan jarak setiap STA pada metode tahapan standart.
3. Perbedaan profil aliran air ditunjukkan dengan perbedaan antara nilai H pada metode tahapan standart dan nilai Y2 pada metode Runge –Kutta. Hasil analisis mendapatkan untuk setiap STA terjadi perbedaan kecil antara nilai H dengan Y2 Perbedaan antara kedua metode bervariasi antara 0,0894 meter (pada STA 0+155) dan 0,105451 meter (pada STA 0+240) dan perbedaan paling besar terjadi pada STA 0+165 yaitu sebesar 0,124235 meter
4. Secara keseluruhan profil muka aliran berubah lambat laun dari 4 metode (HEC-RAS, tahapan standart, integrasi grafis, dan Runge-Kutta) mendapatkan hasil yang cukup mendekati untuk diaplikasikan pada saluran tidak primatis.100 tahun tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh tinggi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

Daftar Referensi

- Chow V. T, Rosalina, N. N. V, Kristanto, S. V. F. X, Suyatman. 1989, Hidrolika Saluran Terbuka. Erlangga, Jakarta
- French, R. H. 1985, *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- Henderson, F. M. 1969, *Open Channel Flow*. McMillan. Co, New York.
- Hendratta, L., Tangkudung, H. 2020, *Hidrolika*, Unsrat Press, Manado
- La'la Monica, Liany A. Hendratta, Cindy J. Supit, 2020, Analisis Pengaruh *Backwater* di Muara Sungai Talawaan Bajo Kabupaten Minahasa Utara, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol.10 No.2, pp. 125-134.
- Tanudjaja, L. 2003, Mekanika Fluida dan Hidrolika II, Unsrat, Manado
- Triatmodjo B. 1993, Hidraulika II. Beta Offset, Yogyakarta.