

**STUDI PENGARUH ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (*BED LOAD*) DI SALURAN IRIGASI
MENGUNAKAN PROGRAM HEC RAS 6.0**

Dhama Lisayanti¹, Muhammad Amin², Arrizka Yanuar Adipradana³
¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
E-mail : dhama.lisayanti@students.untidar.ac.id
²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
E-mail : muhammadamin@untidar.ac.id
³Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
E-mail : arrizka.yanuar@untidar.ac.id

ABSTRAK

Angkutan sedimen merupakan proses hidrodinamik pada saluran fluvial yang cukup kompleks. Oleh karena itu perhitungan numerik sering digunakan sebagai alternatif dalam menghitung angkutan sedimen dan parameter hidrolik saluran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh angkutan sedimen terhadap penampang saluran induk Soropadan HM.60+00 sampai HM.70+00, serta mengetahui sinkronisasi hasil simulasi numerik 1D dengan hasil pengukuran lapangan. Simulasi dengan HEC-RAS 6.0 menggunakan data *cross section* dan *long section*, angka *Manning*, debit aliran dan temperatur tahun 2015 sampai Maret 2022, serta sampel sedimen. Adapun langkah untuk simulasi angkutan sedimen 1D adalah dengan memasukkan data geometri, data *quasi-unsteady flow*, data *steady flow* dan data sedimen. Selanjutnya model disimulasi untuk tahun 2015 sampai April 2022 kemudian divalidasi menggunakan data pengukuran lapangan dan parameter statistik. Hasil penelitian menggunakan analisis *quasi-unsteady* menunjukkan bahwa pada akhir waktu simulasi terjadi kenaikan elevasi muka air pada setiap penampang. Dengan menggunakan fungsi Ackers-White diketahui terjadi kenaikan elevasi dasar saluran maksimal pada RS 4 setinggi 0,26 m dan debit sedimen sebesar 0,872 hingga 1,041 m³/hari, sedangkan menggunakan fungsi Laursen-Copeland terjadi kenaikan elevasi dasar maksimal pada RS 4 setinggi 0,61 m dan debit sedimen sebesar 0,988 hingga 1,341 m³/hari. Berdasarkan validasi yang dilakukan menggunakan koefisien determinasi (R^2) dan hasil sinkronisasi diperoleh bahwa analisis *quasi-unsteady* menggunakan fungsi Ackers-White dan analisis *steady flow* untuk kondisi eksisting memberikan hasil yang bisa diterima dan relevan digunakan di lokasi penelitian.

Kata kunci : Angkutan Sedimen, HEC-RAS 6.0, Elevasi Muka Air, Perubahan Elevasi Dasar

ABSTRACT

Sediment transport is a hydrodynamic process in fluvial channels which is quite complex. Therefore numerical are often used as alternative in calculating sediment transport and other channel hydraulic parameters. The purpose of study was to determine the effect of sediment transport on the Soropadan main channel HM.60+00 to HM.70+00, and the synchronization of the 1D numerical simulation results and observations. Simulation with HEC-RAS 6.0 used the cross section and long section data, discharge and temperature data from 2015 until March 2022, and sediment samples. The steps for 1D sediment transport are input geometry data, quasi-unsteady flow data, steady flow data and sediment data. Then, simulated for 2015 to April 2022 and validated with observations data and statistic parameter. The results using quasi-unsteady analysis showed that at the end of the simulation there was an increase in water level elevation at each cross section. By using the Ackers-White function, there is an increase in the maximum invert change at RS 4 as 0.26 m and the sediment discharge as 0.872 m³/day to 1.041 m³/day, while using the Laursen-Copeland function, the increase in the maximum invert change at RS 4 as 0.61 m.

sediment discharge as 0.988 m³/day to 1.341 m³/day. Based on the validation using the coefficient of determination (R²) and the synchronization, it was found that the quasi-unsteady analysis using the Ackers-White function and steady flow analysis for the existing conditions at the research site gave acceptable results.

Key words : Sediment Transport, HEC-RAS 6.0, Water Surface Elevation, Invert Change

PENDAHULUAN

Posisi jaringan irigasi Soropadan sebagian besar berdampingan dengan tebing yang terletak disebelah kanan saluran dengan ketinggian yang bervariasi dan sebagian besar belum terpasang tembok pengaman. Dengan posisi tersebut mengakibatkan pada saluran irigasi tersebut sering terjadi sedimentasi akibat longsor tebing dan hasil erosi yang terbawa pada saat turun hujan. Simulasi dan prediksi proses erosi dan sedimentasi merupakan faktor penting untuk menjaga aliran air dan stabilitas penampang saluran dari berbagai kondisi aliran dan angkutan sedimen karena itu merupakan parameter dasar yang menyebabkan perubahan morfologi.[1].

Beberapa studi dan penelitian mengenai angkutan sedimen di Indonesia dalam beberapa dekade terakhir masih banyak menggunakan pendekatan empiris seperti Meyer Peter dan Muller (1948), Einstein (1950), Bagnold (1966), Ackers-White (1973), Engelund-Hansen (1967), Laursen-Copeland (Copeland dan Thomas 1989, 1992; Copeland 1994; Laursen 1958), Toffaleti (1968, 1969), Yang (1973, 1979, 1984, 1991) dll. Tetapi sebagian besar persamaan tersebut didasarkan pada pengujian flume di laboratorium.[2].

Pendekatan numerik dinilai lebih efisien dan dapat menggambarkan mekanisme angkutan sedimen yang terjadi. Sehubungan dengan hal tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh angkutan sedimen terhadap penampang saluran induk Soropadan HM.60+00 sampai HM.70+00, serta mengetahui sinkronisasi hasil simulasi numerik 1D dengan hasil pengukuran lapangan.

Simulasi angkutan sedimen 1D dengan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center -*

River Analysis System) 6.0 dirancang untuk menentukan profil permukaan air, kedalaman dan kecepatan dengan bantuan arus 1D dan profil geometrik. Sifat hidraulik 1D ini digunakan untuk analisis angkutan sedimen, untuk menentukan pengendapan sedimen, perubahan lapisan, dan erosi berdasarkan analisis kontinuitas sedimen [3].

METODE

1. Lokasi Studi

Penelitian ini dilakukan di saluran induk Daerah Irigasi Soropadan. Saluran ini mengalir areal seluas 508 Ha. Air yang dimanfaatkan di jaringan irigasi Soropadan berasal dari Sungai Elo dengan pengambilan utama dari Bendung Soropadan. Dalam penelitian ini penelitian dilakukan pada saluran induk Soropadan HM.60+00-HM.70+00. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps, 2021

2. Pengumpulan Data

Program HEC-RAS 6.0 secara khusus memerlukan data masukan yang secara efisien dapat mensimulasikan analisis data sedimen dari lokasi studi yang ditentukan. Data yang dikumpulkan diantaranya nilai gradasi sampel sedimen, ketinggian muka air, debit harian, temperatur harian, jenis material tanggul dan saluran, dan data geometri penampang. Data tersebut diperoleh dari

instansi terkait dan hasil pengukuran di lapangan

3. Langkah-Langkah Pengaturan Model HEC-RAS

Simulasi angkutan sedimen menggunakan HEC-RAS 6.0 terbagi menjadi tiga tahap *input* data, yaitu data geometri, data aliran pada saluran, dan data sedimen. Data geometri meliputi masukan data *cross section* dan *long section*. Data aliran pada saluran didasarkan pada aliran *quasi-unsteady* dari hulu ke hilir. Selanjutnya data sedimen dengan masukan data gradasi sedimen dari sampel yang telah diambil di lokasi studi kemudian dilakukan analisis di laboratorium.

Selain itu pengaturan penting yang perlu diperhatikan dalam menjalankan simulasi dengan HEC-RAS 6.0 yaitu kalibrasi koefisien kekasaran Manning dan kalibrasi model sedimen dengan menentukan fungsi angkutan sedimen dan kecepatan jatuh yang akan digunakan. Masing-masing fungsi angkutan sedimen kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan, fungsi angkutan sedimen yang memiliki nilai kecocokan tertinggi dengan pengukuran lapangan dipilih sebagai fungsi angkutan yang terbaik

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Ukuran Butir Sedimen

Setelah dilakukan analisis laboratorium diketahui bahwa sampel sedimen pada saluran induk Soropadan memiliki kategori lanau kasar sampai pasir sangat kasar (*coarsed silt – very coarsed sand*) dengan ukuran butir kisaran 0.075 - 2.36 mm.

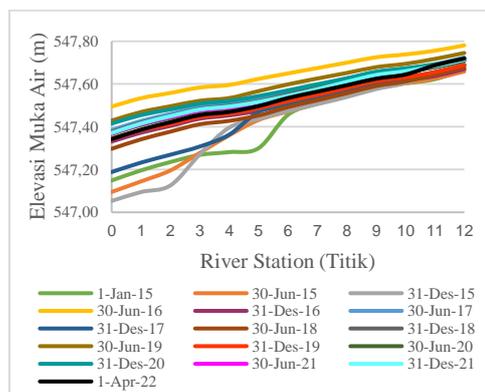
2. Hasil Kalibrasi Koefisien Manning

Untuk kalibrasi model HEC-RAS, dilakukan analisis koefisien Manning yang berbeda, kemudian dilakukan perhitungan dengan menyesuaikan karakteristik hidraulik jangkauan studi dengan mempertimbangkan ketinggian muka air dari hasil pengukuran di lapangan. Analisis koefisien Manning ini

dibantu kalibrasi program 1D HEC-RAS 6.0. Nilai koefisien Manning yang digunakan untuk tanggul kiri (LOB), saluran (Channel), dan tanggul kanan (ROB) masing-masing memiliki nilai 0,025, 0,02, dan 0,03.

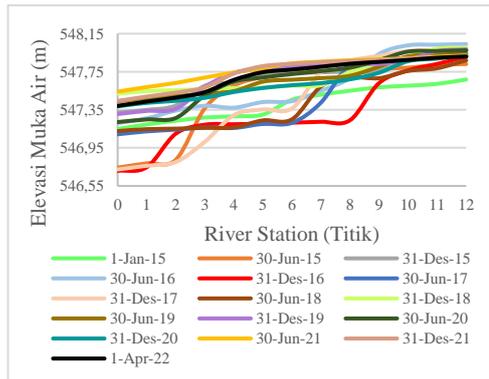
3. Hasil Simulasi Angkutan Sedimen dengan HEC-RAS 6.0

Simulasi angkutan sedimen dikalibrasi dengan bantuan aliran *quasi-unsteady* dan persamaan empiris. Diantara tujuh fungsi angkutan sedimen dipilih fungsi Ackers-White dan Laursen-Copeland dengan kecepatan jatuh Toffaleti karena menghasilkan *output* yang mewakili kondisi di lapangan. **Gambar 2.** Menunjukkan grafik elevasi muka air dengan fungsi Ackers-White selama waktu simulasi.



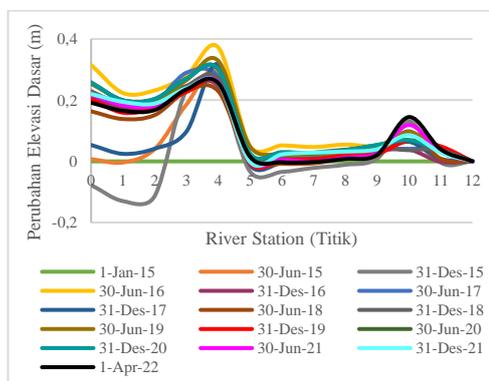
Gambar 2. Grafik Elevasi Muka Air dengan Fungsi Ackers-White

Pada **Gambar 2.** diketahui elevasi muka air tertinggi terjadi pada 30 Juni 2016 (garis kuning) dengan elevasi rata-rata 547,65 m dan elevasi terendah terjadi pada 31 Desember 2015 (garis abu-abu) dengan elevasi rata-rata 547,41 m. Dari awal simulasi pada 1 Januari 2015 (garis hijau) dan akhir simulasi pada 1 April 2022 (garis hitam) diketahui terjadi peningkatan elevasi muka air.



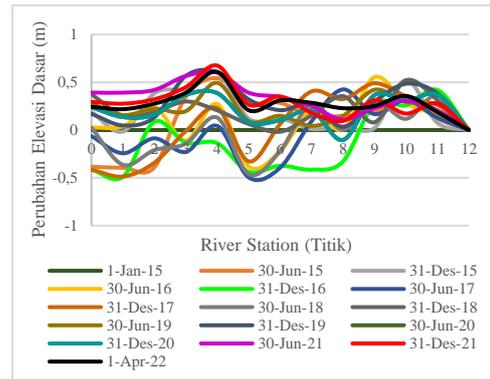
Gambar 3. Grafik Elevasi Muka Air dengan Fungsi Laursen-Copeland

Pada **Gambar 3** diketahui elevasi muka air tertinggi terjadi pada 31 Juni 2021 (garis kuning) dengan nilai elevasi rata-rata 547,78 m dan elevasi terendah terjadi pada 31 Desember 2016 (garis merah) dengan nilai elevasi rata-rata 547,31 m. Dari grafik juga terlihat bahwa terjadi peningkatan elevasi muka air dari awal simulasi pada 1 Januari 2015 (garis hijau) dengan akhir simulasi pada 1 April 2022 (garis hitam).



Gambar 4. Perubahan Elevasi Dasar Saluran Fungsi Ackers-White

Berdasarkan **Gambar 4**, dengan fungsi Ackers-White diketahui bahwa pada akhir simulasi (garis hitam) terjadi kenaikan elevasi hampir di setiap penampang, dengan kenaikan elevasi terbesar terjadi pada RS 4 yaitu sebesar 0,26 m.

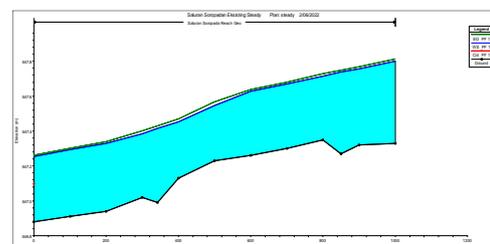


Gambar 5. Perubahan Elevasi Dasar Saluran Fungsi Laursen-Copeland

Berdasarkan **Gambar 5**, selama waktu simulasi diketahui terjadi kenaikan elevasi maksimal setinggi 0,67 m di RS 4 pada akhir tahun 2021 (garis merah) dan terjadi penurunan elevasi maksimal sepanjang waktu simulasi yaitu setinggi -0,49 m di RS 1 pada akhir tahun 2016 (garis hijau) dan RS 5 pada pertengahan tahun 2017 (garis biru). Pada akhir simulasi (garis hitam) terjadi kenaikan elevasi tertinggi pada RS 4 setinggi 0,61 m.

4. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dengan Steady Flow 1D

Selain melakukan simulasi dengan analisis *quasi-unsteady* dalam penelitian ini juga dilakukan analisis *steady flow* 1D. Analisis *steady flow* 1D dilakukan untuk mensimulasikan kondisi eksisting dari hasil pengukuran lapangan menggunakan HEC-RAS 6.0 dengan perhitungan profil permukaan air yang tidak memperhitungkan angkutan sedimen, erosi atau pengendapan dalam perhitungannya. **Gambar 6**, menunjukkan profil longitudinal dari hasil analisis *steady flow* 1D.



Gambar 5. Profil Longitudinal dengan Analisis Steady Flow 1D

5. Uji Reliabilitas

Untuk menghitung reliabilitas pemodelan, dilakukan verifikasi indeks statistik dengan koefisien determinasi (R^2) dengan hasil pengukuran lapangan. Semakin tinggi nilai R^2 atau mendekati 1 berarti mewakili hasil simulasi yang lebih baik dan mudah diterima.

Tabel 1 Perbandingan Elevasi Muka Air Hasil Pengukuran Lapangan dengan Hasil Simulasi

RS	Observasi	Ackers-White	Laursen-Copeland	Steady Flow
12	547,91	547,72	547,91	547,8
11	547,87	547,69	547,90	547,76
10	547,92	547,64	547,87	547,74
9	547,89	547,63	547,85	547,72
8	547,86	547,59	547,83	547,67
7	547,77	547,56	547,80	547,63
6	547,78	547,53	547,77	547,55
5	547,66	547,50	547,75	547,45
4	547,54	547,47	547,66	547,42
3	547,60	547,45	547,54	547,38
2	547,46	547,42	547,48	547,33
1	547,41	547,39	547,44	547,29
0	547,40	547,34	547,39	547,25

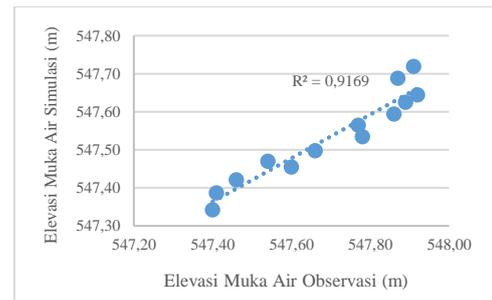
Tabel 2 Perbandingan Elevasi Dasar Saluran Hasil Pengukuran Lapangan dengan Hasil Simulasi

RS	Observasi	Ackers-White	Laursen-Copeland	Steady Flow
12	547,41	547,33	547,33	547,33
11	547,46	547,34	547,49	547,32
10	547,40	547,40	547,61	547,27
9	547,42	547,25	547,48	547,35
8	547,36	547,21	547,43	547,3
7	547,29	547,18	547,47	547,26
6	547,34	547,15	547,46	547,23
5	547,18	547,15	547,34	547,13
4	547,11	547,17	547,52	546,99
3	547,22	547,14	547,29	547,02
2	547,00	547,05	547,16	546,94

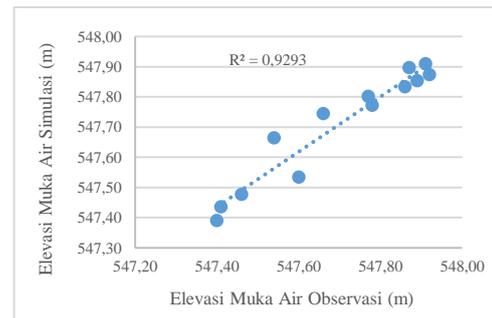
Lanjutan **Tabel 2** Perbandingan Elevasi Dasar Saluran Hasil Pengukuran Lapangan dengan Hasil Simulasi

RS	Observasi	Ackers-White	Laursen-Copeland	Steady Flow
1	547,01	547,03	547,08	546,91
0	547,00	547,02	547,07	546,88

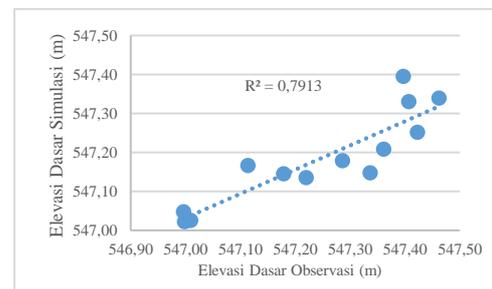
Verifikasi hasil pemodelan dengan aliran *quasi-unsteady* ditunjukkan pada **Gambar 6.** sampai **Gambar 9.**



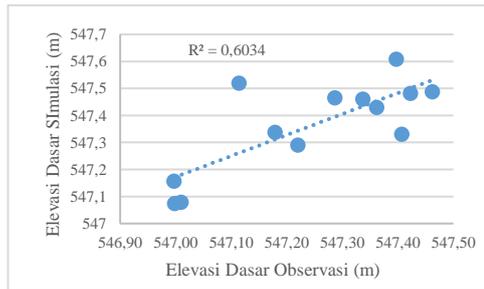
Gambar 6. Verifikasi Elevasi Muka Air dengan Fungsi Ackers-White



Gambar 7. Verifikasi Elevasi Muka Air dengan Fungsi Laursen-Copeland

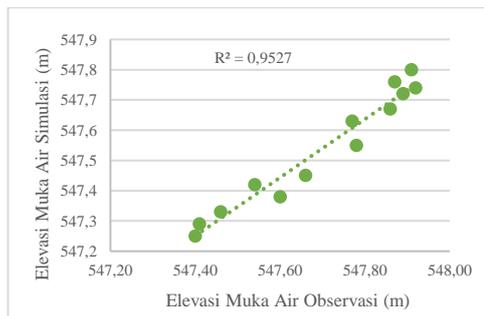


Gambar 8. Verifikasi Elevasi Dasar Saluran dengan Fungsi Ackers-White

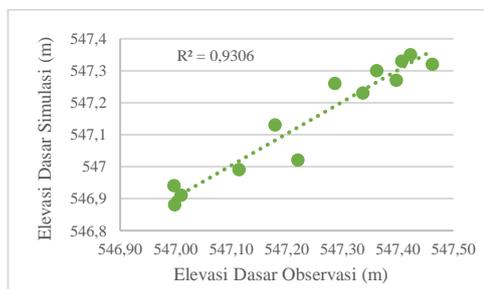


Gambar 9. Verifikasi Elevasi Dasar Saluran dengan Fungsi Laursen-Copeland

Berdasarkan analisis diatas diketahui bahwa fungsi Ackers-White memiliki nilai R^2 lebih tinggi daripada fungsi Laursen-Copeland. Sehingga dapat disimpulkan bahwa simulasi angkutan sedimen dengan program HEC-RAS 6.0 menggunakan fungsi Ackers-White dan kecepatan jatuh Toffaleti dapat diandalkan untuk lokasi studi. Untuk verifikasi hasil pemodelan kondisi eksisting dengan *steady flow* 1D disajikan pada **Gambar 10.** dan **Gambar 11.**



Gambar 10. Verifikasi Elevasi Muka Air (Aliran Tunak 1D)



Gambar 11. Verifikasi Elevasi Dasar Saluran (Aliran Tunak 1D)

Verifikasi dengan koefisien determinasi (R^2) untuk simulasi kondisi eksisting dengan aliran tunak 1D memiliki nilai R^2 yang sangat baik. Ini menunjukkan bahwa simulasi kondisi eksisting menggunakan aliran tunak 1D dapat diterima karena memiliki kecocokan yang baik dengan kondisi di lapangan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa adanya angkutan sedimen pada saluran irigasi memberikan pengaruh terhadap penampang yaitu menyebabkan perubahan elevasi permukaan air dan elevasi dasar. Hasil validasi hasil simulasi dengan pengukuran lapangan dan koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa diantara persamaan angkutan sedimen dan kecepatan jatuh, persamaan Ackers-White dan kecepatan jatuh Toffaleti memberikan prediksi yang terbaik. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa simulasi pengaruh angkutan sedimen pada saluran irigasi menggunakan HEC-RAS 6.0 terverifikasi dengan baik dan memberikan hasil yang relevan untuk lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Damte, B. G. Mariam, M. T. Ayana, T. K. Lohani, "Computing the Sediment and Ensuing its Erosive Activities Using HEC-RAS to Surmise the Flooding in Kulfo River in Southern Ethiopia," World Journal of Engineering., 2021, [DOI 10.1108/WJE-01-2021-0002].
- [2] A. Gosh, M. B. Roy, P. K. Roy, S. Mukherjee, "Assessing the Nature of Sediment Transport with Bridge Scour by 1D Sediment Transport Model in The Sub-Catchment Basin of Bhagirathi-Hooghly River," Springer, Modeling Earth Systems and Environment, 2020, <https://doi.org/10.1007/s40808-020-01058-4>
- [3] N. Joshi, G. R. Lamicchane, M. M. Rahaman, A. Kaira, S. Ahmad, "Application of HEC-RAS to Study the Sediment Transport Characteristics of Maumee River in Ohio," World Environment and Water Resources Congress 2019, 257-267.