



Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-5
Palembang, 28 November 2013

ISBN : 979-587-496-9

PROSIDING



SEMINAR NASIONAL AVoER ke-5 Tahun 2013



ISBN : 979-587-496-9

© Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Aula Fakultas Teknik Kampus Palembang
Jl. Sriwijaya Negara Kampus UNSRI Bukit Besar Palembang
Kamis, 28 November 2013

Disponsori Oleh :





SEMINAR NASIONAL ADDED VALUE OF ENERGY RESOURCES (AVoER) KE-5
Aula Fakultas Teknik Kampus Palembang
Jl. Srijaya Negara Kampus UNSRI Bukit Besar Palembang
Kamis, 28 November 2013

Untuk segala pertanyaan mengenai AVoER Ke-5 Tahun 2013
silakan hubungi :

Sekretariat :

Gedung E Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Kampus Bukit Besar Palembang
Telp. : 0711 370178
Fax. : 0711 352870

Contact Person :

Dr. Budhi Kuswan Susilo, S.T.,
M.T.
(0813-67717091)
Ir. Rudyanto Thoyib, M.Sc.
(0812-7826541)
Ir. Marwani, M.T.
(081367393081)

Email : seminar.avoer.2013@gmail.com
Website : <https://www.avoer.ft.unsri.ac.id>

Reviewer

- 1) Dr. Johanes Adiyanto, S.T., M.T. (koord.)
- 2) Prof. Edy Sutriyono, M.Sc.
- 3) Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S.
- 4) Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA
- 5) Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir
- 6) Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc
- 7) Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA
- 8) Dr. Ir. Samsuri Zaini, M.M.
- 9) Dr. M. Irfan Jambak, S.T., M.T.
- 10) Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.S.
- 11) Dr. Ir. Reini Silvia Ilmiaty, M.T.
- 12) Dr. Ir. Setyo Nugroho, M.Arch.



**Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-5
Palembang, 28 November 2013**

ISBN : 979-587-496-9

Published by :

Faculty of Engineering, University of Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Kampus UNSRI Bukit Besar Palembang
Sumatera Barat,
INDONESIA

ISBN 979-587-496-9
© Copyright reserved.

The organizing Committee is not responsible for any errors or views expressed in the papers as these are responsibility of the individual authors.

Nov 2013

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
KEPANITIAN.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI.....	x

ENERGI BERWAWASAN LINGKUNGAN		
PENGARUH SEDIMENTASI SALURAN DI DAERAH RAWA PASANG SURUT PADA TIPOLOGI LAHAN A/B DELTA TELANG I, KABUPATEN BANYUASIN Achmad Syarifudin, Ishak Yunus		1
KOMPOSISI MIKROSKOPIS BATUBARA TEBAL FORMASI WAHAU, DAERAH MUARA WAHAU, KALIMANTAN TIMUR B. Rahmad, K. Anggayana, G. Harjanto		6
PENGARUH ASAM STEARAT TERHADAP SIFAT KETEGUHAN PATAH/MODULUS OF RUPTURE PAPAN PARTIKEL TERMOPLASTIK BEKAS BERPENGISI TEMPURUNG KELAPA. Muhammad Hendra S Ginting, Rosdanelli Hasibuan		12
DAUR ULANG OLI BEKAS MENGGUNAKAN PROSES SEPARASI MEMBRAN M. H. Dahlan, H. Chandra, Zulkarnain		15
KAJI EKSPERIMENTAL KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL 2KD-FTV D4D <i>COMMON RAIL</i> BERBAHAN BAKAR BIOSOLAR-PERTADEx Marwani, Aidhil Fitriani, M		20
APLIKASI BAHAN PEMANTAP HNS PADA PROSES EKSTRUSI DALAM PEMBUATAN KARET VISKOSITAS MANTAP Afrizal Vachlepi, Didin Suwardin dan Sherly Hanifarianty		25
PENGENDALIAN UDARA PEMBAKARAN MELALUI PENYESUAIAN FAN DAMPER NUMBER DALAM UJI COBA PENGGUNAAN BIODIESEL PADA BOILER Yuanda, M. Nasir Sulas, Leily Nurul Komariah		30
PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT Matrik LOGAM AL-FLY ASH Gustini		36
PENGARUH CAMPURAN BIOETANOL SINGKONG DAN BAHAN BAKAR PREMIUM TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH Ellyanie dan Micael Simaremare		41
PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK RUMAH-TOKO UNTUK KAWASAN PALEMBANG MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY Aryulius Jasuan		46
PENGOLAHAN AIR LIMBAH KAIN JUMPUTAN DENGAN MENGGUNAKAN REAGEN FENTON Tuty Emilia Agustina, Muhammad Alfatawi Bakri, Rifqi Sufra		51
KEBIJAKAN DAN AUDIT ENERGI		
COAL MINE METHANE (CMM) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIVE		57



ANALISIS EKONOMIS PENGGUNAAN PLTG CNG (COMPRESS NATURAL GAS) DI JAKABARING DALAM MEMENUHI ENERGI LISTRIK WAKTU BEBAN PUNCAK DI KOTA PALEMBANG S. Zaini, Herlina, A. Hamdadi, Ansyori, dan D. Ammelia	173
TEKNOLOGI ENERGI	
PERBAIKAN KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS DENGAN PURIFIKASI GELOMBANG MIKRO Yuli Rodiah, Ika Novia Anggraini dan Denson	179
KALIBRASI NILAI KEKASARAN MANNING PADA SALURAN TERBUKA KOMPOSIT (FIBER BERGELOMBANG-KACA) TERHADAP VARIASI KEDALAMAN ALIRAN (KAJIAN LABORATORIUM) M. Baitullah Al Amin, Reini Silvia Ilmiaty, Helmi Haki, Febrian Trianda Rizki	183
EKSTRAKSI MINYAK BIJI KAPUK (CEIBA PENTRANDRA) DENGAN METODE EKSTRAKSI SOXHLET Santi Oktaviani, Fatmawati, Dan Elda Melwita	194
CFD ANALYSIS OF THE EFFECT OF HEATING COIL INSTALLATION ON HEAT AND AIR FLOW DISTRIBUTION WITHIN COMPARTMENT WOOD DRYING KILN Marhaindra Gary Isworo, Kaprawi, Nirundorn Matan	204
PERANCANGAN SISTEM PENJERNIHAN AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN SEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI Khairul Amri, Irnanda Priyadi dan Faisal Hadi	209
DESAIN DAN MANUFAKTUR MESIN PENGGERAK (MEKANISME PISTON) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT UNTUK LAMPU ISYARAT (MERCUSUAR) PADA KAPAL NELAYAN Anizar Indriani, Hendra, Alex Surapati	216
STUDI PENGARUH RASIO PENCAAMPURAN BIODIESEL DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP ANGKA SETANA DAN NILAI KALORNYA Riman Sipahutar	221
PURIFIKASI BIOGAS UNTUK MENINGKATKAN PERSENTASE METANA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT DAN KARBON AKTIF Abdullah Saleh, Aron Budi Levi, Joseph Edbert	227
PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS SEBAGAI INDIKATOR AWAL DALAM MELAKUKAN PENINGKATAN VOLUME PRODUKSI (STUDI KASUS PADA INDUSTRI SEMEN DI SUMATERA SELATAN) Edi Furwanto, Aryanto, Hasan Basri	232
DELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN CARA KOMBINASI KIMIA FISIKA SEBAGAI PERLAKUAN AWAL PRODUKSI BIOETANOL Hermansyah, R. D. Roes, B. Yudono, Julinar, dan Novia	240
SAINS DAN TEKNOLOGI	
PENGUKURAN ARUS INPUT PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ACCUMULATOR PERMANEN Cekmas Cekdin, Abdul Majid dan Ahmad Faroda	243
PERANCANGAN MONITORING DAN PENGENDALIAN PERALATAN PENJEJAK CAHAYA MATAHARI D. Amri, Caroline, I. Bayusari, B.Y. Suprpto, K. Budiono, D.Susanto	247
BACTERIA EXPLORATION LNDIGEN AS MICROBIAL ENHANCE OIL RECOVERY (MEOR) IN OLD WELLS (ABANDON WELL) IN PT PERTAMINA UBEP LEMONS MUARA ENIM Bambang Yudono, Sri Pertiwi Estuningsih	254
ANALISIS RISIKO KERENTANAN BANJIR DI KAWASAN PERUMAHAN (STUDI KASUS : PERUMAHAN OGAN PERMATA INDAH JAKABARING PALEMBANG) Reini Silvia Ilmiaty, Agus Lestari Yuono, Yulia Hastuti, Vinorika	260
BIOREMEDIATION USING A COMBINATION OF SALVINIA MOLESTA DS MITCHELL AND MIXED	267

KALIBRASI NILAI KEKASARAN MANNING PADA SALURAN TERBUKA KOMPOSIT (FIBER BERGELOMBANG-KACA) TERHADAP VARIASI KEDALAMAN ALIRAN (KAJIAN LABORATORIUM)

M. B. Al Amin^{1*}, R. S. Ilmiaty², Helmi Haki², dan Febrian Trianda Rizki³

^{1,3}Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Inderalaya

³Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Inderalaya

Corresponding Author: reini_mahyuddin@yahoo.co.id

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perubahan kedalaman aliran terhadap nilai kekasaran Manning pada saluran komposit atau nilai kekasaran Manning ekuivalen (n_e). Penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan air pada model saluran terbuka dengan permukaan fiber bergelombang sebagai dasarnya dan kaca sebagai dindingnya berdasarkan pengujian di laboratorium. Kedalaman aliran divariasikan, dimana kedalaman hulu 0,4 m; 0,35 m; 0,30 m; 0,25 m; dan 0,20 m dengan pembendungan di hilir serta tanpa pembendungan. Model saluran memiliki penampang melintang persegi dengan tinggi dan lebar masing-masing adalah 0,45 m dan 0,30 m serta kemiringan dasar saluran 0,0001. Pengamatan dan pengukuran dilakukan terhadap parameter kedalaman dan kecepatan aliran tiap jarak 0,30 m, serta profil muka air di sepanjang 10 m saluran. Hasil pengamatan tersebut digunakan sebagai kontrol sekaligus pembandingan dengan hasil perhitungan menggunakan metode integrasi numerik dan simulasi program HEC-RAS 4.1 untuk penentuan nilai kekasaran Manning. Parameter kalibrasi yang digunakan adalah nilai *volume error* dan rezim aliran untuk setiap profil muka air yang disimulasikan. Hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan bahwa profil muka air yang dibendung terjadi aliran balik (*backwater*) dengan jenis aliran subkritik, sedangkan tanpa dibendung terjadi aliran terjunan (*drawdown*) dengan jenis aliran subkritik menjadi superkritik. Hasil perhitungan menggunakan metode integrasi numerik menunjukkan bahwa variasi kedalaman aliran mempengaruhi nilai kekasaran Manning. Untuk profil aliran yang dibendung, semakin rendah kedalaman aliran maka semakin kecil nilai kekasaran Manning. Pada saluran tanpa dibendung karena menggunakan satu macam debit yaitu debit maksimum, maka tidak ada parameter pembandingan nilai koefisien Manning, dimana nilai kekasaran Manning tanpa dibendung untuk kaca (n_{kaca}) = 0,0097 dan fiber bergelombang (n_{fiber}) = 0,0161. Hasil simulasi program HEC-RAS 4.1 menunjukkan profil aliran terjunan (*drawdown*), baik untuk aliran yang dibendung maupun yang tanpa dibendung, sehingga berbeda dengan hasil pengamatan maupun perhitungan dengan metode integrasi numerik.

Kata Kunci : Nilai Manning ekuivalen, Saluran komposit, Profil muka air, Metode Integrasi Numerik, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Parameter nilai kekasaran saluran yang sering disebut sebagai nilai kekasaran Manning merupakan salah satu parameter aliran yang sangat mempengaruhi parameter aliran lainnya seperti debit dan kecepatan aliran, kedalaman aliran dan energi spesifik atau sebaliknya.

Untuk saluran yang memiliki geometri saluran yang seragam, penetapan nilai kekasaran Manning menjadi tidak mudah apabila saluran terdiri dari material yang berbeda. Saluran yang demikian disebut sebagai saluran komposit.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan menyangkut pemilihan nilai kekasaran Manning :

1. Apakah perubahan parameter kedalaman aliran mempengaruhi nilai kekasaran Manning pada saluran terbuka komposit (fiber bergelombang-kaca) ?

2. Apakah hasil kalibrasi nilai kekasaran Manning ekuivalen pada saluran terbuka komposit (fiber bergelombang-kaca) pada berbagai variasi kedalaman aliran sama dengan nilai referensi ?
3. Bagaimana perbandingan perhitungan profil muka air dengan menggunakan metode integrasi numerik dan program HEC-RAS 4.1 ?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi pengaruh perubahan parameter kedalaman aliran terhadap nilai kekasaran Manning pada saluran terbuka komposit (fiber bergelombang-kaca).
2. Verifikasi hasil kalibrasi nilai kekasaran Manning untuk saluran terbuka komposit (fiber bergelombang-kaca) terhadap interval nilai kekasaran Manning pada literatur/ buku referensi .
3. Menganalisis hasil perbandingan perhitungan profil muka air dengan metode integrasi numerik dan program HEC-RAS 4.1.

TINJAUAN PUSTAKA

Aliran Saluran Terbuka

Aliran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu aliran saluran terbuka dan aliran saluran tertutup. Triatmodjo (2008) menyatakan bahwa saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Aliran saluran tertutup adalah aliran yang pada umumnya terjadi pada pipa saluran yang memiliki tampang aliran penuh dan tidak terdapat permukaan air bebas sehingga tekanan yang terjadi adalah tekanan hidrolis.

Berdasarkan fungsi waktu, aliran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Aliran mantap (*steady flow*)
2. Aliran tidak mantap (*unsteady flow*)

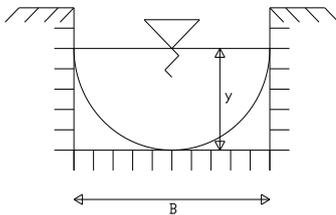
Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Aliran Seragam (*uniform*)
2. Aliran Tidak seragam (*non uniform flow* atau *varied flow*)

Penampang Saluran Terbuka

Pada saluran terbuka (sungai atau saluran non prismatic) variabel aliran sangat tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran saluran, kemiringan dasar saluran, belokan, dan debit aliran.

Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari mulai bentuk trapesium sampai parabola.



Gambar 1. Penampang saluran persegi

Nilai Kekasaran Manning (*n*)

Karakteristik kekasaran saluran dapat digunakan sebagai indikator yang mengontrol kecepatan aliran air. Terlepas dari kekasaran saluran, jenis material yang digunakan berbeda akan menghasilkan nilai kekasaran saluran yang berbeda. Tabel 1 menunjukkan nilai kekasaran Manning untuk berbagai bahan saluran.

Persamaan empiris yang umumnya paling terkenal dan sering digunakan adalah persamaan Manning sebagai berikut :

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

dengan *Q* adalah debit aliran (m³/det), *A* adalah luas tampang basah (m²), *R* adalah jari-jari hidrolis (m), *S₀* adalah kemiringan dasar saluran (m/m) dan *n* adalah nilai kekasaran Manning.

Koefisien Manning Ekuivalen (*n_e*)

Pada kenyataannya, nilai kekasaran Manning sangat tidak tetap dan bergantung pada sejumlah faktor.

Tabel 1. Nilai kekasaran Manning (*n*) sebagai referensi

Bahan/material	<i>n</i>
Concrete	0,013-0,015
Grouted riprap	0,028-0,040
Soil cement	0,020-0,025
Asphalt	0,016-0,018
Bare soil	0,020-0,023
Rock cut	0,025-0,045
Fiberglass roving	0,019-0,028
Woven paper net	0,015-0,016
Jute net	0,019-0,028
Synthetic mat	0,021-0,030
Glass	0,009-0,013

Sumber : Akan (2006) dan Triatmodjo (2008)

Chow (1959) menjelaskan adapun faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning adalah sebagai berikut:

1. Kekasaran permukaan
2. Tumbuh-tumbuhan (vegetasi)
3. Ketidakteraturan saluran
4. Kesejajaran saluran
5. Endapan dan gesekan
6. Halangan
7. Ukuran dan bentuk saluran

Suatu saluran kemungkinan memiliki nilai kekasaran yang berbeda pada bagian parameter penampang basah. Sebagai contoh, adalah menggunakan berbagai jenis bahan lapisan pada sisi dinding samping kaca dan bagian bawah dasar saluran memiliki dasar fiber bergelombang. Bagian yang berbeda dari parameter saluran komposit kemudian diwakili oleh faktor kekasaran Manning yang berbeda. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan kecepatan rata-rata di berbagai belahan bagian saluran komposit.

Dalam Djajadi (2009) di jelaskan bahwa metode untuk menghitung nilai kekasaran Manning ekuivalen (*n_e*) yaitu :

$$n_e = \frac{\sum(P_i \times n_i)}{P} \quad (2)$$

dengan *P_i* dan *n_i* masing-masing adalah keliling basah (m) dan nilai kekasaran Manning tiap bagian *i*, dan *P* adalah keliling basah total (m).

Profil Muka Air

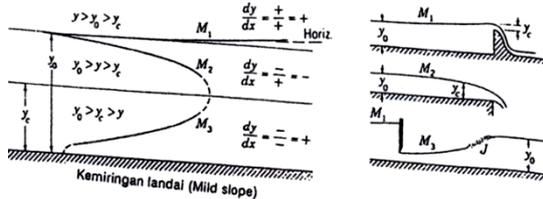
Kemiringan dasar saluran dapat negatif, nol atau positif. Kemiringan negatif disebut kemiringan balik (*adverse slope*) dan kemiringan dasar nol apabila dasar saluran horizontal (*horizontal*), sedangkan kemiringan positif dapat dibedakan menjadi landai (*mild*), kritis (*critical*), dan curam (*steep*).

Klasifikasi profil aliran dibedakan sebagai berikut :

1. Kurva M (*Mild*)
Terjadi apabila *y_n* > *y_c*, dengan *y_n* adalah kedalaman normal, dan *y_c* adalah kedalaman kritis.
a. Profil M₁ (*y* > *y_n* > *y_c*) terjadi pada saluran yang dibendung atau penyempitan dan belokan yang

menyebabkan pembendungan di daerah sebelah hulunya.

- b. Profil M_2 ($y_n > y > y_c$) terjadi pada saluran landai dengan ujung hilirnya adalah saluran curam, pelebaran saluran atau terjunan.
- c. Profil M_3 ($y_n > y_c > y$) terjadi apabila air mengair dari saluran curam menuju saluran landai.



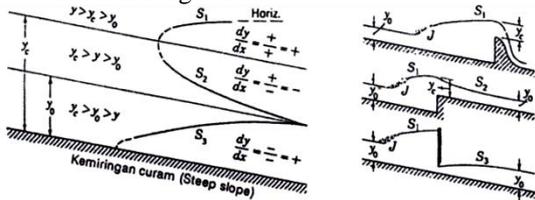
Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 2. Bentuk profil muka air kurva M

2. Kurva S (Steep)

Terjadi apabila $y_n > y_c$.

- a. Profil S_1 ($y > y_c < y_n$) terjadi disebelah hulu bangunan (bendung) yang berada di saluran curam, dimana di sebelah hulunya terdapat loncatan air.
- b. Profil S_2 ($y_c > y < y_n$) biasanya terjadi pada perubahan aliran dari saluran landai masuk ke saluran curam, atau pada pemasukan ke saluran curam.
- c. Profil S_3 ($y_c > y_n < y$) terdapat di sebelah hilir dari pintu air yang berada di saluran curam ke saluran kurang curam.

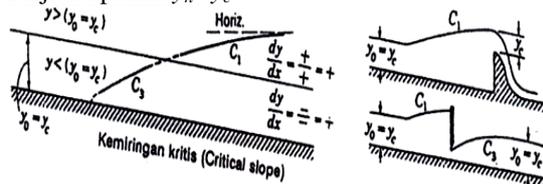


Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 3. Bentuk profil muka air kurva S

3. Profil C (Critical)

Terjadi apabila $y_n = y_c$.

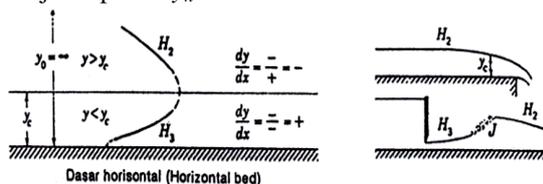


Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 4. Bentuk profil muka air profil C

4. Profil H (Horizontal)

Terjadi apabila $y_n = \infty$.

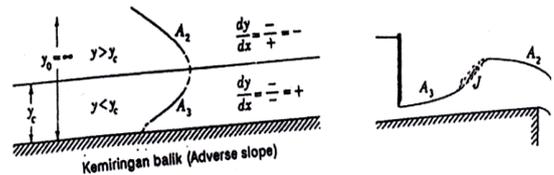


Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 5. Bentuk profil muka air profil H

5. Profil A (Adverse)

Terjadi apabila y_n tidak nyata.



Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 6. Bentuk profil muka air profil A

Kedalaman Kritis (y_c)

Angka Froude (*Froude number*) digunakan sebagai batasan nilai yang membedakan aliran di saluran terbuka menjadi aliran subkritis ($Fr < 1$), superkritis ($Fr > 1$), dan kritis ($Fr = 1$).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times y}} \quad (3)$$

dengan V adalah kecepatan aliran rata-rata (m/det), g adalah percepatan gravitasi (m/det²), dan y adalah kedalaman aliran (m).

Untuk kedalaman kritis (y_c):

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \times b^2}} \quad (4)$$

dengan b adalah lebar dasar saluran (m).

Kedalaman Normal (y_n)

Kedalaman aliran normal dapat dihitung berdasarkan persamaan debit aliran (persamaan 1), dimana nilai kecepatan tersebut berupa nilai kecepatan aliran rata-rata pada suatu penampang saluran.

Distribusi kecepatan arah vertikal dalam aliran laminier merupakan distribusi parabola, maka untuk memperoleh kecepatan rata – rata dapat dilakukan dengan:

1. Pengukuran kecepatan aliran pada 1 titik.

- a. Pada $0,6y$ dilakukan apabila kedalaman air kurang dari $0,75$ m

$$\bar{V} = V_{0,6y} \quad (5)$$

- b. Pada $0,2y$ biasanya dilakukan untuk mengukur debit banjir apabila $0,6y$ dan $0,8y$ tidak dapat dilaksanakan.

$$\bar{V} = V_{0,2y} \quad (6)$$

2. Pengukuran kecepatan aliran 2 titik, dilaksanakan pada $0,2y$ dan $0,8y$ dari permukaan air lebih dari $0,75$ m, dan kecepatan rata – ratanya dinyatakan dengan rumus:

$$\bar{V} = \frac{V_{0,2y} + V_{0,8y}}{2} \quad (7)$$

3. Pengukuran kecepatan aliran 3 titik dilaksanakan pada $0,2y$; $0,6y$; dan $0,8y$ dari permukaan air dan kecepatan aliran rata – rata dinyatakan dengan rumus:

$$\bar{V} = \frac{V_{0,2y} + V_{0,6y} + V_{0,8y}}{3} \quad (8)$$

4. Pengukuran kecepatan aliran dibanyak titik kedalaman, dilaksanakan pada banyak titik dengan jarak antara $1/10$ bagian dari kedalaman mulai dari titik $0,1y$ sampai titik $1,0y$ dan kecepatan rata – rata dapat dihitung secara grafis.

$$\bar{V} = \frac{V_{0,1y} + V_{0,2y} + \dots + V_{1,0y}}{10} \quad (9)$$

Kedalaman aliran normal (y_n) dapat dihitung berdasarkan nilai debit, kemiringan dasar saluran, dan nilai kekasaran Manning yang diberikan untuk suatu tampang melintang saluran.

$$y_n = \frac{1}{n} \frac{bS_0^{1/2}}{Q} \left(\frac{by_n}{b+2y_n} \right)^{2/3} \quad (10)$$

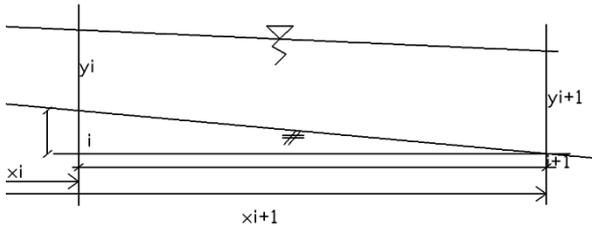
Persamaan (10) di atas dapat diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode iterasi Newton-Raphson atau Secant.

Metode Integrasi Numerik

Penyelesaian secara numerik dilakukan dengan menggunakan persamaan deret Taylor (Triatmodjo, 1992).

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \\ y_{i+1} &= y_i + \frac{dy}{dx} (x_{i+1} - x_i) \\ y_{i+1} &= y_i + \frac{dy}{dx} \Delta x_i \end{aligned} \quad (11)$$

dengan $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$.



Sumber : Triatmodjo (2008)

Gambar 7. Metode integrasi numerik

Indeks i menunjukkan nilai fungsi (y, A, R, T) di sepanjang saluran. Apabila Δx_i kecil, maka dapat dianggap bahwa nilai dy/dx berubah secara linier disepanjang pias Δx_i sehingga :

$$y_{i+1} = y_i + \frac{\left(\frac{dy}{dx}\right)_i + \left(\frac{dy}{dx}\right)_{i+1}}{2} \Delta x_i$$

atau

$$y_{i+1} = y_i + \frac{f_i + f_{i+1}}{2} \Delta x_i \quad (12)$$

dengan

$$f = \frac{dy}{dx}$$

Untuk aliran seragam $S_0 = S_f$, maka pada persamaan (1) menghasilkan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Q &= A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_f^{1/2} \\ S_f &= \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - \frac{Q^2 T}{gA^3}} \quad (14)$$

Kombinasi bentuk persamaan (13) dengan persamaan (14) berarti :

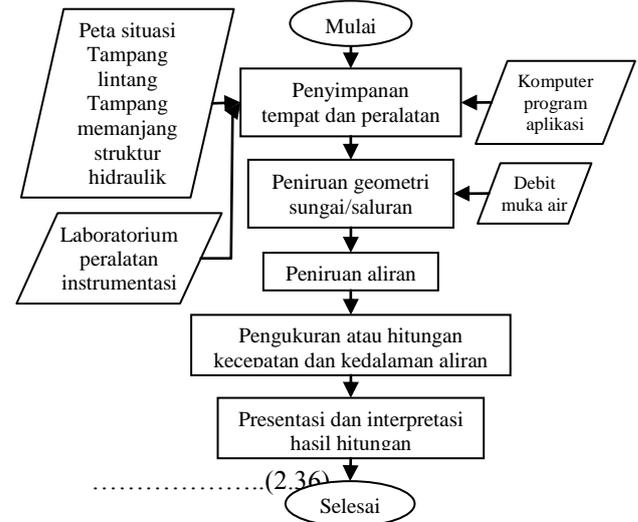
$$f = \frac{S_0 - \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}}}{1 - \frac{Q^2 T}{gA^3}} \quad (15)$$

Pemodelan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi :

1. hitungan profil muka air aliran permanen,
2. simulasi aliran tak permanen,
3. hitungan transport sedimen, dan
4. hitungan kualitas air.

Istianto (2011) menjelaskan secara umum HEC-RAS dapat dipakai untuk menghitung aliran *steady*, berubah perlahan dengan penampang saluran prismatic atau non-prismatic, baik untuk aliran subkritis maupun superkritis, dan aliran *non-steady*.



Gambar 8. Bagan Alir Simulasi HEC-RAS

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

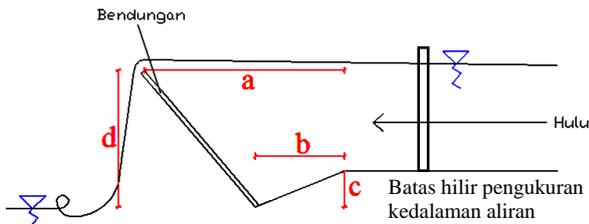
Penelitian ini menggunakan peralatan yang terdapat di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model saluran (*flume*) terbuat dari dinding kaca dan dasar fiber bergelombang (Gambar 10) yang mempunyai penampang persegi dengan ukuran:
 - a. Panjang saluran (L) = 10 m
 - b. Lebar saluran (b) = 0,3 m
 - c. Kemiringan dasar saluran (S_0) = 0,0001

d. Posisi pembendungan di hilir :



Gambar 9. Posisi pembendungan di batas hilir

- Saat ketinggian hulu 0,4 m :
 $a = 0,94 \text{ m}, b = 0,65 \text{ m}, c = 0,18 \text{ m}, d = 0,494 \text{ m}$
- Saat ketinggian hulu 0,35 m :
 $a = 1,02 \text{ m}, b = 0,65 \text{ m}, c = 0,18 \text{ m}, d = 0,428 \text{ m}$
- Saat ketinggian hulu 0,3 m :
 $a = 1,05 \text{ m}, b = 0,65 \text{ m}, c = 0,18 \text{ m}, d = 0,385 \text{ m}$
- Saat ketinggian awal 0,25 m :
 $a = 1,11 \text{ m}, b = 0,65 \text{ m}, c = 0,18 \text{ m}, d = 0,316 \text{ m}$
- Saat ketinggian awal 0,20 m :
 $a = 1,13 \text{ m}, b = 0,65 \text{ m}, c = 0,18 \text{ m}, d = 0,282 \text{ m}$



Gambar 10. Model saluran terbuka (flume)

2. Current meter

Current meter yang digunakan untuk mengukur kecepatan adalah *Current Meter Stream Flo 430* (Gambar 11) yang menghasilkan bacaan dalam satuan frekuensi (Hz) dan dikonversi ke satuan kecepatan (cm/detik) dengan menggunakan grafik konversi.



Gambar 11. Current meter Streamflo 430

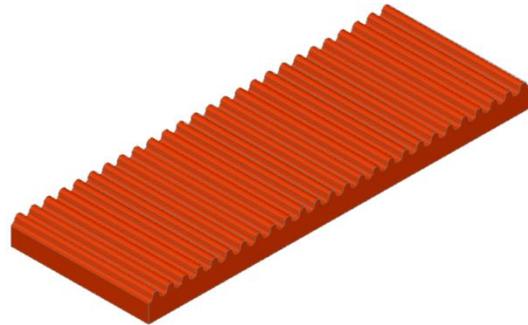


Gambar 12. Proses pengukuran kecepatan aliran

3. Dasar saluran fiber bergelombang

Dasar saluran ini dibuat dari bahan fiber yang dicetak bergelombang (Gambar 13) dengan ukuran sebagai berikut :

- Panjang (L_{fiber}) = 0,8333 m
- Lebar (b_{fiber}) = 0,3 m
- Tinggi dasar (y_{fiber}) = 0,04 m
- Tinggi gelombang = 0,016 m
- Jarak antar gelombang = 0,032 m



Gambar 13. Dasar saluran fiber bergelombang

4. Alat pembaca kedalaman aliran

Alat ukur kedalaman aliran menggunakan meteran yang dipasang pada tiap jarak 0,30 m seperti yang ditunjukkan dalam Gambar (14).



Gambar 14. Alat ukur kedalaman aliran dan proses pengamatan profil muka air

Prosedur Percobaan

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan saluran terbuka, dan peralatan untuk mengukur kedalaman serta kecepatan aliran.
- Mengalirkan air pada dasar saluran kaca dengan debit maksimum yang dibendung di hilir pada ketinggian muka air hulu bervariasi masing-masing setinggi 0,4 m (profil A), 0,35 m (profil B), 0,3 m (profil C), 0,25 m (profil D), dan 0,2 m (profil E) serta tanpa dibendung (profil F).
- Mengukur kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang saluran. Pengukuran kecepatan rata-rata menggunakan *current meter* di setiap panjang saluran 0,3 m dengan metode satu titik di ketinggian 0,6y.
- Mengamati profil aliran di sepanjang saluran.
- Mengulang langkah 2 untuk variasi kedalaman aliran lainnya.
- Memasang dasar saluran fiber bergelombang.
- Mengalirkan air pada saluran komposit dengan debit maksimum yang dibendung di hilir pada ketinggian muka air bersih (telah dikurangi dengan y_{fiber}) di hulu yang bervariasi masing-masing

setinggi 0,36 m (profil A*), 0,31 m (profil B*), 0,26 m (profil C*), 0,21 m (profil D*), dan 0,16 m (profil E*) serta tanpa dibendung (profil F*).

8. Mengukur kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang saluran. Pengukuran kecepatan rata-rata menggunakan alat *current meter* di setiap panjang saluran 0,3 m dengan metode satu titik di ketinggian 0,6y.
9. Mengamati profil aliran di sepanjang saluran.
10. Mengulang langkah 7 untuk variasi kedalaman aliran lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rezim Aliran (Flow Regime)

Berikut hasil rekapitulasi rezim aliran pada tiap variasi kedalaman aliran untuk kaca dan fiber bergelombang sesuai dengan kondisi di laboratorium seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis profil muka air pada saluran terbuka kaca dan komposit (fiber bergelombang-kaca), maka ditentukan bahwa aliran untuk profil A sampai E (saluran kaca) dan profil A* sampai E* (saluran komposit) adalah jenis aliran subkritik ($Fr < 1$). Perhitungan menggunakan metode integrasi numerik dilakukan dari hilir dengan elevasi muka air di hilir harus diketahui sebagai kondisi batas, sedangkan untuk profil F (saluran kaca) dan profil F* (saluran komposit) merupakan jenis aliran peralihan dari subkritik menjadi superkritik sehingga perhitungannya dilakukan dari hulu.

Tabel 2. Rekapitulasi Rezim Aliran

Profil	Angka Froude (Fr)	Jenis Aliran	Rezim Aliran
Profil A	0,253	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil B	0,318	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil C	0,386	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil D	0,442	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil E	0,538	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil F	1,781	Subkritik-SuperKritik	Mild 2 (M_2)-Mild 3 (M_3)
Profil A*	0,266	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil B*	0,310	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil C*	0,383	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil D*	0,444	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil E*	0,618	Subkritik	Mild 1 (M_1)
Profil F*	1,768	Subkritik-SuperKritik	Mild 2 (M_2)-Mild 3 (M_3)

Rezim aliran berdasarkan hasil pengamatan laboratorium ialah untuk profil A sampai E dan profil A* sampai E* termasuk jenis profil landai (*Mild*) pada zona 1 (M_1) dimana $dy/dx > 0$ (positif) terjadi aliran balik (*backwater*), sedangkan untuk profil F dan F* termasuk jenis profil landai (*Mild*) hanya saja berada pada zona 2 (M_2) – zona 3 (M_3) dimana $dy/dx < 0$ (negatif) terjadi aliran terjunan (*drawdown*).

Tabel 3. Kondisi batas (*reach boundary*)

Profil	Kondisi batas			Keterangan
	Q_{hulu} (m^3/det)	y_{hulu} (m)	y_{hilir} (m)	
A	0,031	0.400	0.407	Subkritik
B	0,036	0.350	0.356	Subkritik
C	0,038	0.300	0.305	Subkritik
D	0,036	0.250	0.256	Subkritik
E	0,034	0.200	0.203	Subkritik
F	0,034	0.103	0.061	Subkritik - Superkritik
A*	0,028	0.360	0.365	Subkritik
B*	0,029	0.310	0.315	Subkritik
C*	0,030	0.260	0.265	Subkritik
D*	0,028	0.210	0.215	Subkritik
E*	0,027	0.160	0.163	Subkritik
F*	0,035	0.111	0.063	Subkritik - Superkritik

Kalibrasi Nilai Kekasaran Manning

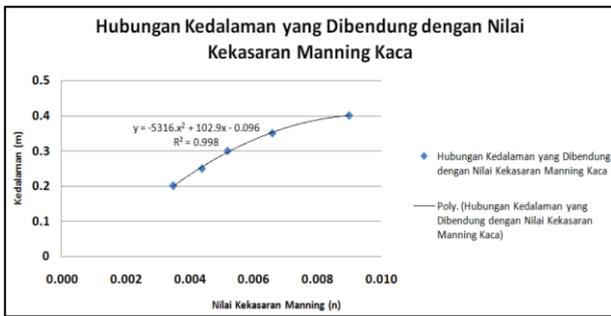
Berikut hasil rekapitulasi perhitungan *volume error* (VE) dan nilai kekasaran Manning pada variasi kedalaman aliran untuk kaca sesuai dengan kondisi di laboratorium seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan VE tiap nilai kekasaran Manning (kaca)

Profil A		Profil B		Profil C	
$y_{hulu} = 0,40$ m		$y_{hulu} = 0,35$ m		$y_{hulu} = 0,30$ m	
n	VE	n	VE	n	VE
0,0090	0,61 %	0,0066	0,93 %	0,0052	0,66 %
Profil D		Profil E		Profil F	
$y_{hulu} = 0,25$ m		$y_{hulu} = 0,20$ m		$y_{hulu} = 0,103$ m	
n	VE	n	VE	n	VE
0,0044	1,16 %	0,0035	0,97 %	0,0097	0,08 %

Berdasarkan Tabel 3 maka dapat dilihat bahwa nilai kekasaran Manning untuk saluran yang dibendung hilir (profil A sampai profil E) memiliki tren yang menurun sehingga parameter kedalaman aliran mempengaruhi perubahan nilai kekasaran Manning untuk saluran kaca. Namun untuk profil F (tanpa dibendung hilir) nilai kekasaran Manning tidak mengikuti tren menurun melainkan sesuai dengan interval yang telah disajikan dalam buku referensi.

Untuk profil muka air dengan jenis aliran subkritik (profil A sampai profil E) dan aliran superkritik (profil F), persentase antara hasil terukur (observasi) dengan hasil perhitungan (simulasi) dengan menggunakan metode integrasi numerik memenuhi dengan persentase *volume error* kurang dari 5% ($VE < 5\%$).



Gambar 15. Grafik hubungan kedalaman yang dibendung terhadap nilai kekasaran Manning kaca

Dari Gambar 15 di atas dapat disimpulkan bahwa semakin rendah kedalaman aliran, maka semakin kecil nilai kekasaran Manning pada aliranyang dibendung.

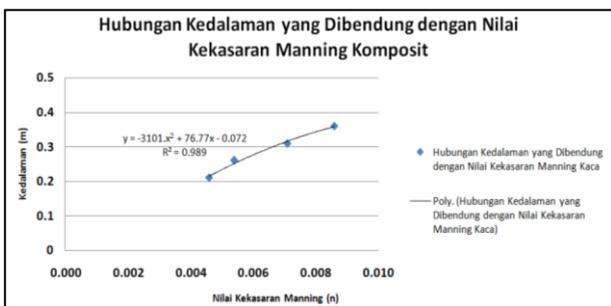
Berikut hasil perhitungan VE tiap nilai kekasaran Manning untuk saluran komposit pada tiap masing-masing profil sesuai dengan kondisi di laboratorium.

Tabel 5. Hasil perhitungan VE tiap nilai kekasaran Manning (komposit)

Profil A*		Profil B*		Profil C*	
$y_{hulu} = 0,36$ m		$y_{hulu} = 0,31$ m		$y_{hulu} = 0,26$ m	
n_e	VE	n_e	VE	n_e	VE
0,0086	0,86 %	0,0071	0,74 %	0,0054	0,46 %
Profil D*		Profil E*		Profil F*	
$y_{hulu} = 0,21$ m		$y_{hulu} = 0,16$ m		$y_{hulu} = 0,111$ m	
n_e	VE	n_e	VE	n_e	VE
0,0046	1,13 %	0,0032	0,63 %	0,0132	0,32 %

Berdasarkan Tabel 5 maka dapat dilihat bahwa nilai kekasaran Manning untuk tiap kedalaman juga memiliki tren yang menurun sehingga parameter kedalaman aliran mempengaruhi perubahan nilai kekasaran Manning untuk saluran komposit. Akan tetapi untuk profil F* (tanpa dibendung hilir) nilai kekasaran Manning tidak mengikuti tren menurun melainkan naik sampai nilai interval paling tinggi pada buku referensi.

Untuk profil muka air dengan jenis aliran subkritik (profil A* sampai profil E*) dan aliran superkritik (profil F*), persentase antara hasil terukur (observasi) dengan hasil perhitungan (simulasi) dengan menggunakan metode integrasi numerik masih memenuhi dengan $VE < 5\%$.



Gambar 16. Grafik hubungan kedalaman yang dibendung terhadap nilai koefisien Manning komposit

Dari Gambar 16 di atas dapat disimpulkan bahwa semakin rendah kedalaman aliran maka semakin kecil nilai kekasaran Manning yang dibendung.

Kalibrasi Koefisien Manning Ekuivalen (n_e)

Dengan menggunakan persamaan (2) diperoleh nilai kekasaran Manning ekuivalen (n_e) dan dasar fiber bergelombang (n_{fiber}) seperti pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Nilai kekasaran Manning untuk dasar fiber bergelombang

Profil A*	Profil B*	Profil C*
$n_1 = 0,0066$	$n_1 = 0,0052$	$n_1 = 0,0044$
$n_2 = 0,0135$	$n_2 = 0,0111$	$n_2 = 0,0072$
$P_1 = 36,5$ m	$P_1 = 31,5$ m	$P_1 = 26,5$ m
$P_2 = 30,0$ m	$P_2 = 30,0$ m	$P_2 = 30,0$ m
$n_e = 0,0086$	$n_e = 0,0071$	$n_e = 0,0054$

Profil D*	Profil F*
$n_1 = 0,0035$	$n_1 = 0,0097$
$n_2 = 0,0062$	$n_2 = 0,0161$
$P_1 = 21,5$ m	$P_1 = 11,1$ m
$P_2 = 30,0$ m	$P_2 = 30,0$ m
$n_e = 0,0046$	$n_e = 0,0132$

- n_2 = nilai kekasaran Manning dasar (fiber)
- n_1 = nilai kekasaran Manning dinding (kaca)
- P_2 = keliling basah dasar
- P_1 = keliling basah dinding

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa pada pemilihan nilai kekasaran Manning kaca untuk Profil A* diambil dari nilai kekasaran Manning kaca pada Profil B, karena kedalaman alirannya mendekati sama begitu pula untuk kedalaman seterusnya. Apabila nilainya mengambil nilai kekasaran manning kaca pada profil A, maka nilai kekasaran Manning fiber bergelombang pada profil A* hasilnya lebih kecil daripada nilai Manning kaca. Oleh karena itu, nilai kekasarannya menjadi tidak benar, karena nilai fiber bergelombang seharusnya lebih kasar dari kaca.

Untuk profil yang dibendung pada hilir (profil A* sampai D*), nilai kekasaran Manning fiber bergelombang tidak masuk interval nilai kekasaran referensi dan memiliki tren yang juga menurun. Namun untuk profil yang tidak dibendung pada hilir (profil F*), nilai kekasaran Manning fiber bergelombang masuk dalam interval nilai referensi.

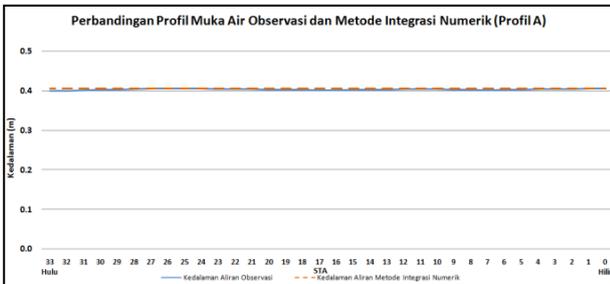
Perbandingan Profil Muka Air Hasil Pengamatan dengan Metode Integrasi Numerik

Hasil perhitungan profil muka menggunakan metode integrasi numerik dibandingkan dengan hasil pengamatan dimana syarat $VE < 5\%$. Apabila $VE > 5\%$, maka nilai kekasaran Manning harus dikalibrasi.

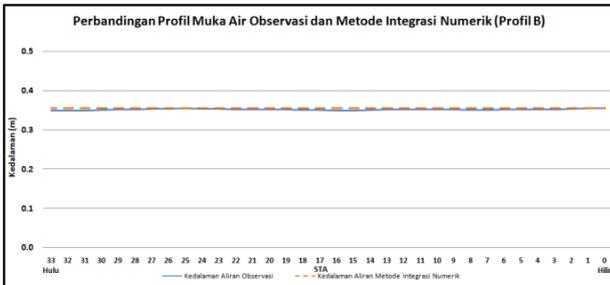
Tabel 7. Perbandingan profil muka air pengamatan dengan metode integrasi numerik

Profil	$\sum y_{obs}$ (m)	$\sum y_{sim}$ (m)	VE
A	13,740	13,827	0,63%
B	11,979	12,093	0,95%
C	10,289	10,360	0,69%
D	8,591	8,695	1,21%
E	6,823	6,894	1,05%
F	2,963	2,961	0,08%
Rata-rata			0,77 %
A*	12,290	12,399	0,89%
B*	10,618	10,700	0,77%
C*	8,916	9,001	0,95%
D*	7,216	7,303	1,20%
E*	5,495	5,536	0,75%
F*	3,114	3,196	2,62%
Rata-rata			1,19 %

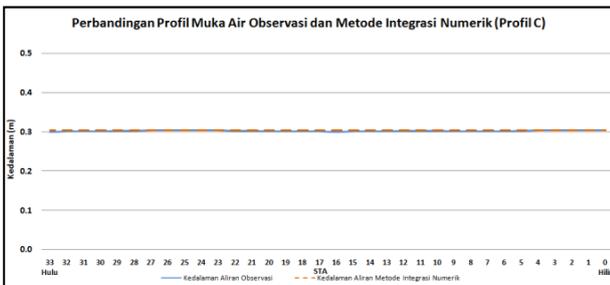
Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa *volume error* tidak melebihi 5%.



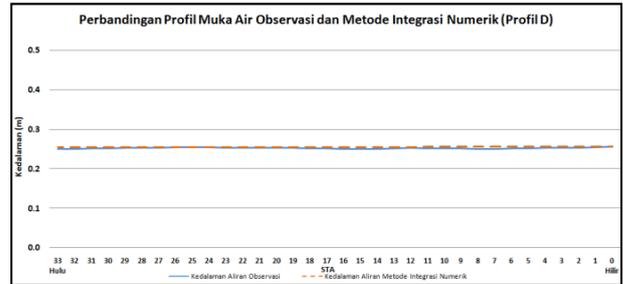
Gambar 17. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil A)



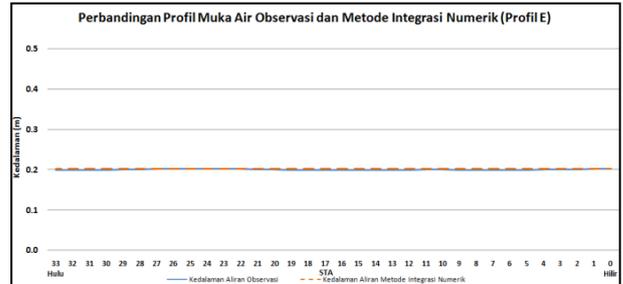
Gambar 18. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil B)



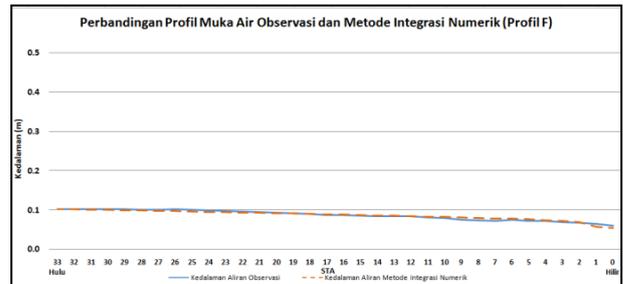
Gambar 19. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil C)



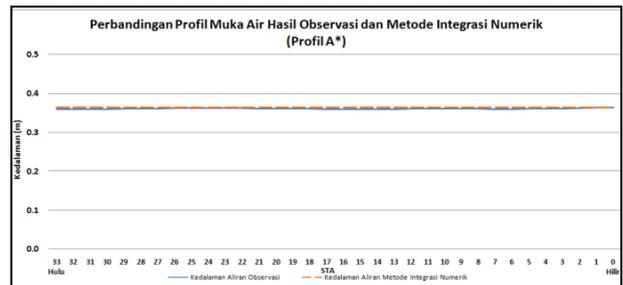
Gambar 20. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil D)



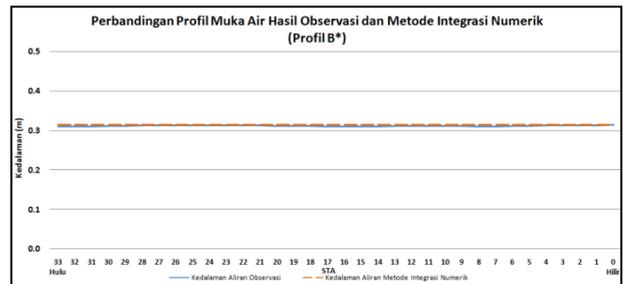
Gambar 21. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil E)



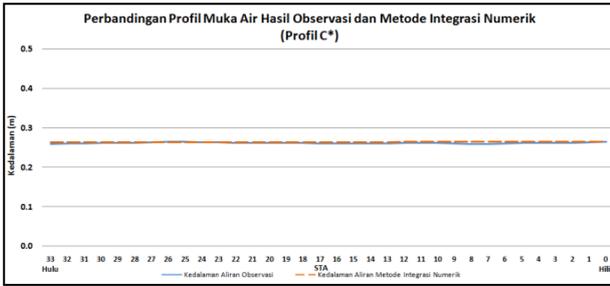
Gambar 22. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil F)



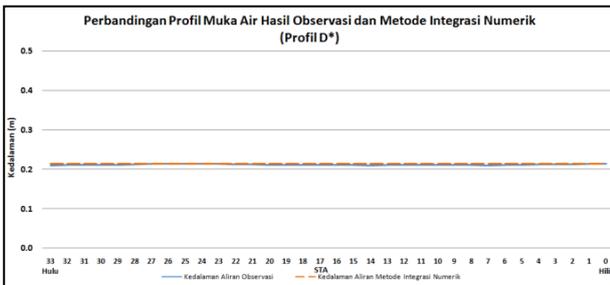
Gambar 23. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil A*)



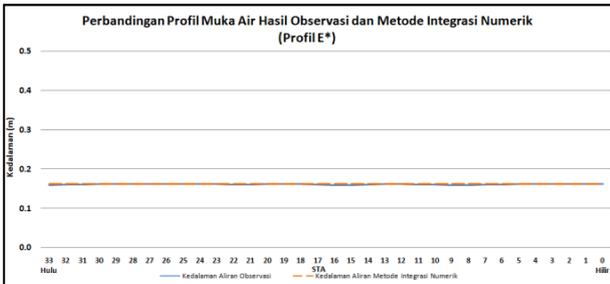
Gambar 24. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil B*)



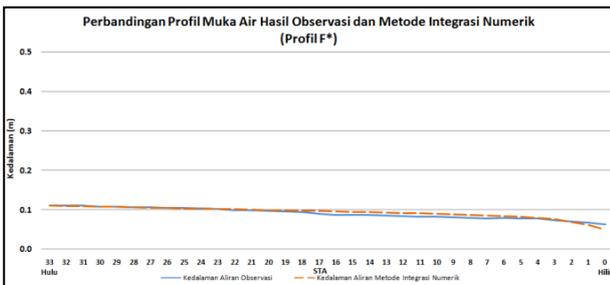
Gambar 25. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil C*)



Gambar 26. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil D*)



Gambar 27. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil E*)



Gambar 28. Perbandingan profil muka air pengamatan dan metode integrasi numerik (profil F*)

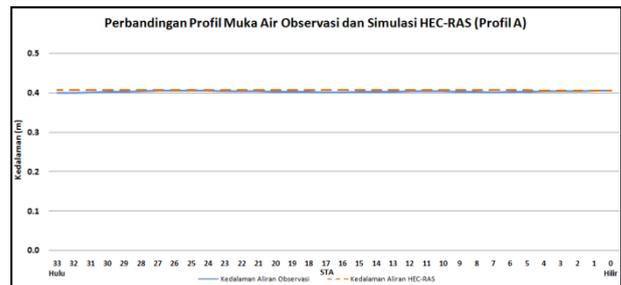
Perbandingan Profil Muka Air Hasil Pengamatan dengan Simulasi HEC-RAS

Input nilai kekasaran Manning untuk mendapat hasil simulasi HEC-RAS menggunakan nilai kekasaran Manning yang didapat dari metode integrasi numerik.

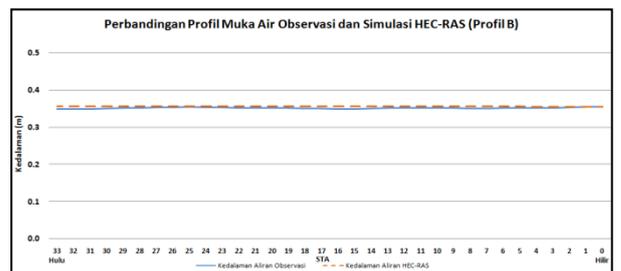
Tabel 8. Perbandingan profil muka air pengamatan dengan simulasi HEC-RAS.

Profil	$\sum y_{obs}$ (m)	$\sum y_{sim}$ (m)	VE
A	13,740	13,852	0,81%
B	11,979	12,121	1,18%
C	10,289	10,391	0,99%
D	8,591	8,722	1,52%
E	6,823	6,919	1,41%
F	2,963	3,524	18,94%
Rata-rata			4,14 %
A*	12,290	12,456	1,35%
B*	10,618	10,746	1,21%
C*	8,916	9,036	1,34%
D*	7,216	7,338	1,69%
E*	5,495	5,565	0,52%
F*	3,114	3,752	20,48%
Rata-rata			5,21 %

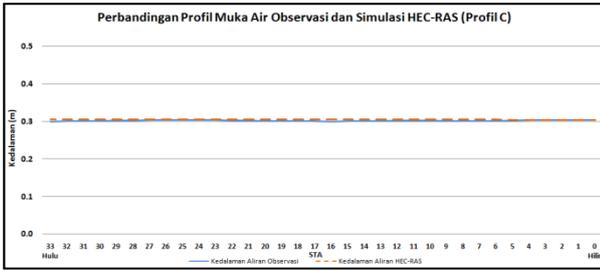
Berdasarkan Tabel 8, profil muka air hasil simulasi HEC-RAS pada aliran yang dibendung masih memiliki $VE < 5\%$, tetapi untuk profil aliran yang tidak dibendung persentase *volume error* melebihi 5% ($VE > 5\%$). Oleh karena itu, metode yang lebih baik digunakan adalah metode integrasi numerik.



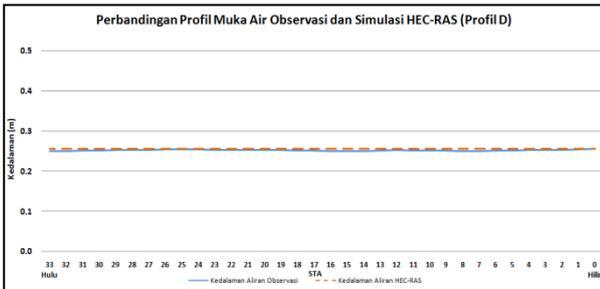
Gambar 29. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil A)



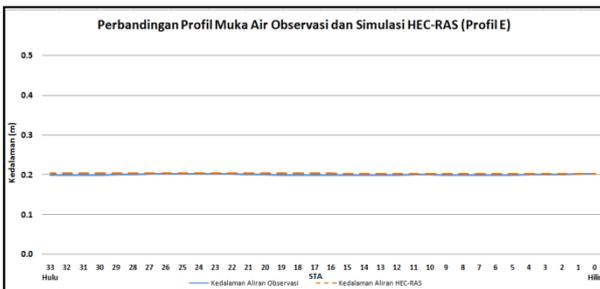
Gambar 30. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil B)



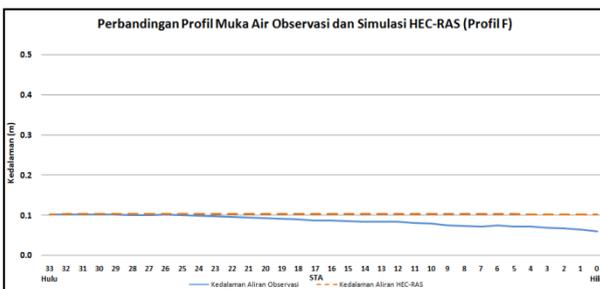
Gambar 31. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil C)



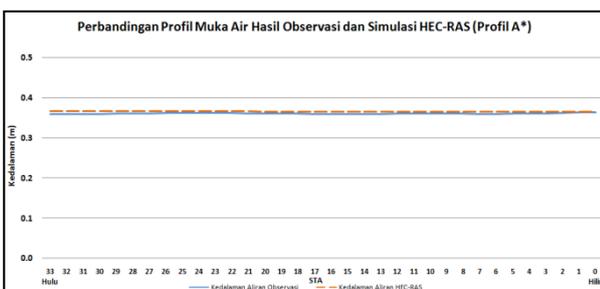
Gambar 32. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil D)



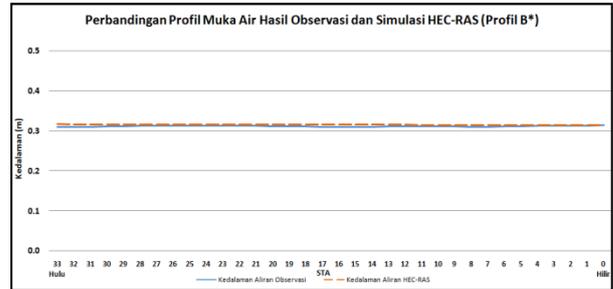
Gambar 33. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil E)



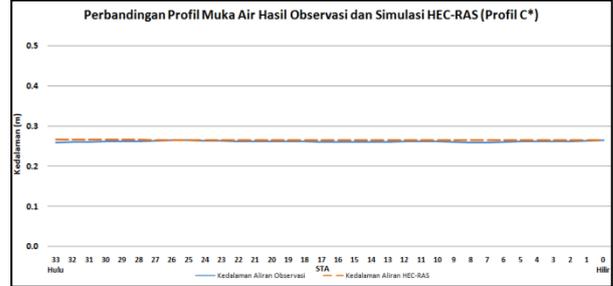
Gambar 34. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil F)



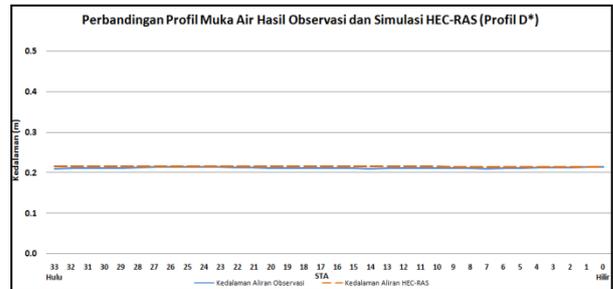
Gambar 35. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil A*)



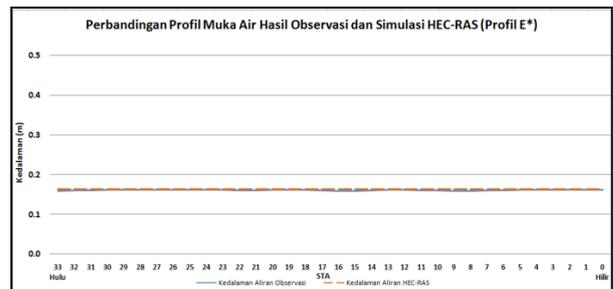
Gambar 36. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil B*)



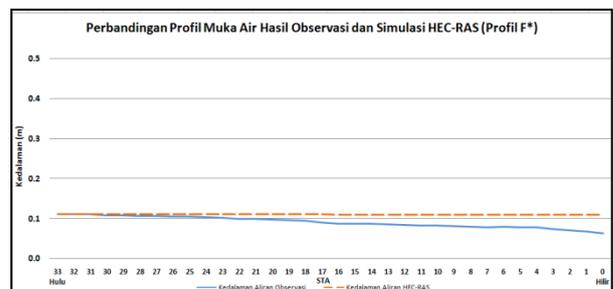
Gambar 37. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil C*)



Gambar 38. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil D*)



Gambar 39. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil E*)



Gambar 40. Perbandingan profil muka air pengamatan dan simulasi HEC-RAS (profil F*)

Profil muka air yang dibendung menghasilkan aliran balik (*backwater*) yang masuk zona M_1 , sedangkan untuk profil yang tidak dibendung menghasilkan aliran arus balik (*drawdown*) yang masuk zona $M_2 - M_3$.

Hasil perbandingan profil muka air antara hasil perhitungan dengan metode integrasi numerik dengan simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa metode integrasi numerik lebih baik yang ditinjau dari *volume error* dan rezim alirannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perubahan parameter kedalaman aliran sangat mempengaruhi nilai kekasaran Manning, semakin rendah kedalaman aliran maka semakin kecil pula nilai kekasaran Manning untuk aliran yang dibendung.
2. Hasil nilai kekasaran Manning tidak sama dengan buku referensi yang ada. Hal ini disebabkan terdapat perbedaan profil muka air hasil simulasi dengan menggunakan nilai kekasaran referensi, sehingga dilakukan kalibrasi nilai kekasaran Manning.
3. Nilai kekasaran Manning referensi adalah sebesar $0,009 < n_{kaca} < 0,013$ dan $0,019 < n_{fiber} < 0,028$, sedangkan hasil perhitungan menggunakan metode integrasi numerik untuk kaca $0,0035 < n_{kaca} < 0,0090$ (dibendung di hilir) dan $n_{kaca} = 0,0097$ (tanpa dibendung), sedangkan untuk fiber $0,0062 < n_{fiber} < 0,0135$ (dibendung di hilir) dan $n_{fiber} = 0,0161$ (tanpa dibendung).
4. Hasil perhitungan profil muka air simulasi HEC-RAS dan metode integrasi numerik adalah berbeda. Untuk simulasi program HEC-RAS, profil aliran disimulasikan sebagai terjunan (*drawdown*), sedangkan metode integrasi numerik sebagai aliran balik (*backwater*) yang sama dengan hasil pengamatan, yaitu aliran balik (*backwater*).
5. Hasil simulasi profil aliran menggunakan metode integrasi numerik lebih baik/mirip terhadap profil aliran pengamatan dibandingkan dengan hasil simulasi HEC-RAS. Hal ini ditinjau dari nilai *volume error* rata-rata dan rezim aliran.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas disarankan untuk penelitian selanjutnya dengan beberapa kemungkinan pengembangan sebagai berikut :

1. Variasi kedalaman aliran diperbanyak sehingga pengukuran profil muka air akan lebih akurat.
2. Pemilihan dasar saluran sebaiknya ditambah seperti dasar beton-kaca, besi yang dilapisi cat-kaca, dan besi tanpa dilapisi cat-kaca.
3. Variasikan kemiringan dasar saluran seperti dasar yang curam (*steep*) ataupun kemiringan balik (*adverse*).
4. Penetapan jarak antar STA sebaiknya diperpendek agar memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi.

5. Untuk profil muka air tanpa dibendung tidak memiliki pembanding dikarenakan debit yang digunakan adalah debit maksimum, sebaiknya digunakan debit yang bervariasi agar didapat pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, M., B., 2011, *Drainase Perkotaan*, Lecture Notes, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Alfarisi, S., 2013, *Analisis Profil Aliran Sungai Lambidaro Akibat Pasang Surut*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang (Tidak dipublikasikan).
- Akan, A. O., 2006, *Open Channel Hydraulics*. First Edition, Butterworth-Heinemann, Burlington.
- Azmon, B., 1992, *Manning Coefficient of Roughness – a Case Study Along Soreq Stream, 1971-1981*. Journal of Hydrology, Vol 132, pp. 361-377.
- Chow, V. T., 1959, *Open Channel Hydraulics*. Kogakusha Company, Tokyo.
- Djajadi, R., 2009, *Comparative Study of Equivalent Manning Roughness Coefficient for Channel with Composite*, Civil Engineering Dimension, Vol. 11, No. 2, pp. 113-118.
- Ding, Y. dan Wang, S. S. Y., 2005. *Identification of Manning's Roughness Coefficient in Channel Network Using Adjoint Analysis*, International Journal of Computational Fluid Dynamics, Vol. 19, No. 1, pp. 3-13.
- Dingman, S. L., 2009, *Fluvial Hydraulics*, Oxford University Press, New York.
- Featherstone, R. E. dan Nalluri C., 1995, *Civil Engineering Hydraulics*, Third Edition, Blackwell Science, London.
- French, R. H., 1986, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Helsel, D. R., dan Hirsch, R. M., 2002, *Statistical Methods in Water Resources*, U.S. Geological Survey, USA.
- Istiarto, 2011, *Modul Pelatihan Simulasi aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan FT UGM, Yogyakarta.
- Mastan, E., 2008, *Studi Perbandingan beberapa metode perhitungan koefisien kekasaran manning untuk saluran yang mempunyai kekasaran majemuk*, Tugas Akhir Universitas Kristen Petra, Surabaya (Tidak dipublikasikan).
- Mays, L.W., 2001, *Water Resources Engineering*, McGraw Hill-Inc, USA.
- Munson, B. R. dkk, 2009, *Fundamental Of Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Parhi, K. P., 2012. *Calibration of Channel Roughness for Mahadi River, (India) Using HEC-RAS Model*, Journal of Water Resource and Protection, Vol. 4, pp. 847-850.
- Triadmodjo, B., 2008, *Hidraulika II*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Triadmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.