

ANALISIS SENSITIFITAS KOEFISIEN MANNING UNTUK ALIRAN TUNAK 1-D MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS

Ahmad Zakaria

*Laboratorium Hidrolika dan Mekanika Fluida
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia
e-mail: ahmadzakaria@unila.ac.id*

ABSTRAK

Aim of this study is to analyze the sensitivity of the Manning coefficient (n-value) of one dimension steady flow model using HEC-RAS program. The sensitivity is used to approach measured water surface elevations from the field with calculated water surface elevations using the HEC-RAS program. To analyze the Manning coefficient (n), a simple rectangle cross section is used to model a steady flow. This is intended to simplify a sample problem in predicting an more accurate Manning coefficient. This is as a procedure to get the best flow model. The Manning coefficient produced using calibrating procedure can be used to get the best steady flow model. From the results indicate that calibration procedure can provide a better Manning coefficient rather than without applying the calibration procedure.

Keywords: calibration, Manning coefficient, steady flow, HEC-RAS.

1. PENDAHULUAN

Program HEC-RAS versi 4.1 sebagai suatu perangkat lunak gratis untuk memodelkan aliran tunak dan tak tunak satu dimensi sudah sejak lama dikenal oleh insinyur sipil khususnya dan bidang sipil pada umumnya. Program ini sangat membantu dalam hal memodelkan kembali aliran yang terjadi di saluran terbuka dari suatu sungai secara satu dimensi (1-D). Pemodelan aliran di saluran terbuka ini biasanya untuk mengevaluasi aliran dan dampak yang terjadi pada sungai-sungai yang mengalami pendangkalan dan menimbulkan banjir.

Pemodelan untuk menjalankan program HEC-RAS sangat mudah baik bagi mahasiswa, peneliti maupun praktisi. Akan tetapi, akurasi hasil pemodelan program HEC-RAS sangat tergantung dari kualitas data yang dipergunakan didalam pemodelan diantaranya kualitas hasil pengukuran data tampang saluran / sungai (*cross section*), data kemiringan sungai yang berhubungan dengan profil memanjang sungai, serta data koefisien kekasaran saluran antara lain koefisien kekasaran Manning.

Dampak pemodelan dengan menggunakan program HEC - RAS yang menggunakan data pengukuran geometri saluran yang kurang akurat akan berdampak buruk pada hasil pemodelan dan disain serta kesimpulan yang diambil. Untuk alasan ini maka perlu kiranya dilakukan prosedur kalibrasi data pengukuran geometri saluran yang

didapat di lapangan, sebelum data tersebut dipergunakan untuk mensimulasikan banjir yang hasilnya dipergunakan untuk disain atau untuk perencanaan seperti yang sudah dilakukan Arcement dan Schneider (2005) serta Stevenson (2009). Hasil simulasi bisa saja menyimpulkan bahwa tidak terjadi banjir untuk kala ulang tertentu, akan tetapi kenyataan sebenarnya akan dibuktikan dengan kejadian-kejadian banjir di masa yang akan datang. Kesalahan-kesalahan seperti ini sebetulnya dapat dihindari bila pengambilan data lapangan lebih akurat serta dilakukannya prosedur kalibrasi model.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Teori Aliran di Saluran Terbuka 1-D

Metode Penelitian yang dipergunakan pada studi ini adalah metode kalibrasi model dengan menggunakan data sintetik. Dengan menggunakan model yang sederhana diharapkan tujuan dari penelitian ini dapat tercapai.

2.1.1 Persamaan Chezy – Manning

Untuk menghitung kecepatan aliran normal di saluran terbuka, dapat dipergunakan persamaan Chezy sebagai berikut,

$$V = C\sqrt{RS} \quad (1)$$

dimana, C merupakan koefisien hambatan yang dipresentasikan sebagai persamaan

Manning sebagai berikut,

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2)$$

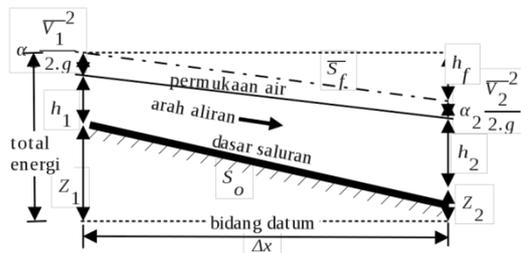
Bila Persamaan (2) disubstitusikan ke Persamaan (1), dapat dihasilkan persamaan sebagai berikut,

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

Persamaan (3) merupakan Persamaan kontinuitas untuk debit aliran (Q) di saluran terbuka yang besarnya ditentukan oleh geometri saluran dan koefisien Manning (n).

2.1.2 Metode Standar Step

Aliran pada saluran terbuka dapat digambarkan mengalir dari penampang 1 ke penampang 2 sebagai berikut (2010a),



Gambar 1. Prinsip persamaan energi aliran di saluran terbuka.

Diketahui persamaan energi aliran di saluran terbuka sebagai berikut,

$$E_1 = E_2 \quad (4)$$

dimana:

$$E_1 = Z_1 + h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2.g} \quad (5)$$

dan

$$E_2 = Z_2 + h_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2.g} + h_f + h_e \quad (6)$$

Selanjutnya Persamaan (6) di atas dapat ditulis menjadi,

$$Z_1 + h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2.g} = Z_2 + h_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2.g} + h_f + h_e \quad (7)$$

dimana:

$h_f = S_f \cdot \Delta x$ = kehilangan energi akibat kekasaran saluran.

$$S_f = \frac{1}{2} \left(\frac{n_1^2 P_1^{4/3}}{A_1^{10/3}} + \frac{n_2^2 P_2^{4/3}}{A_2^{10/3}} \right) = \text{kemiringan total}$$

kehilangan energi.

$$h_e = \frac{k.Q^2}{2.g} \left| \frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right| = \text{kehilangan energi aki-}$$

bat perubahan tampang saluran.

Z_1, Z_2 = tinggi dasar saluran dari bidang datum penampang melintang 1 dan 2.

n_1, n_2 = tinggi muka air pada penampang 1 dan 2 (m).

E_1, E_2 = total energi pada penampang 1 dan 2 (m).

Q = debit aliran pada penampang 1 dan 2 (m³/det).

α_1, α_2 = faktor koreksi kecepatan aliran pada penampang 1 dan 2 (m).

V_1, V_2 = kecepatan rerata aliran pada penampang 1 dan 2 (m/det).

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/det²

Δx = jarak dari penampang 1 ke penampang 2 (m).

k = koefisien kehilangan energi dari penampang 1 ke 2 (nilai: 0,1~ 0,5).

n_1, n_2 = koefisien kekasaran Manning penampang 1 dan 2.

A , A_1, A_2 = luas penampang basah penampang 1 dan 2 (m).

R , R_1, R_2 = jari-jari hidrolis penampang 1 dan penampang 2 (m).

P , P_1, P_2 = keliling basah penampang 1 dan 2 (m).

2.2 Data sintetik yang dipergunakan

Untuk penelitian ini, data debit lapangan (Ql) dan data tinggi elevasi muka air di lapangan (Hl) dipergunakan data sintetik. Bentuk tampang saluran yang dipergunakan adalah saluran empat persegi panjang dengan lebar 2 meter. Data sintetik (lapangan) ini diperhitungkan dengan mempergunakan Persamaan (3). Kemiringan saluran (S) yang dipergunakan sebesar 0,01. Untuk elevasi muka air (Hl) yang dipergunakan sebesar 1 meter, dan untuk koefisien Manning (n) dipergunakan sebesar 0,03. Berdasarkan data di atas didapat debit aliran (Ql) sebesar 4,2 m³/detik. Debit perkiraan (Qh), sebagai data masukan program HEC-RAS yang akan diuji dan dianggap tidak diketahui dan diperkirakan mendekati nilai Ql adalah sebesar 3 m³/detik, 4,2 m³/detik, dan 5

m³/detik. Tinggi muka air lapangan (HI) dianggap sama dengan 1 meter. Berdasarkan data tersebut disimulasikan aliran tunak (*steady*) untuk tampang saluran empat persegi panjang dengan mempergunakan program HEC-RAS (Brunner, 2010b). Dari hasil perhitungan menggunakan HEC-RAS didapat nilai tinggi muka air hasil perhitungan (Hh).

2.3 Perhitungan Kesalahan

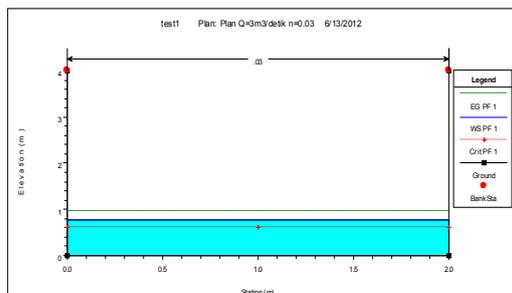
Dengan mempergunakan data debit Qh sebagai input program, dihasilkan tinggi muka air (Hh). 10 tampang saluran empat persegi dengan lebar (b) yang sama dan jarak antara tampang Δx = 10 meter dipergunakan didalam pemodelan HEC-RAS. Kesalahan (*error*) diperhitungkan dengan menghitung selisih tinggi muka air lapangan (HI) dengan tinggi muka air hasil perhitungan (Hh) untuk variasi koefisien Manning (n) seperti berikut,

$$error = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{i=10} \frac{\sqrt{|H_i - Hh_i|}}{0,5 (H_i + Hh_i)} \quad (8)$$

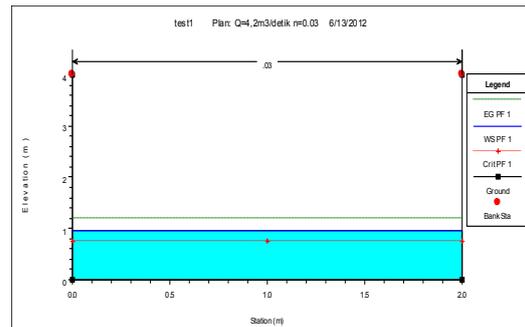
Dengan menggunakan koefisien Manning yang bervariasi, maka persentase kesalahan (*error*) dapat diperhitungkan dengan mempergunakan Persamaan (8) di atas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

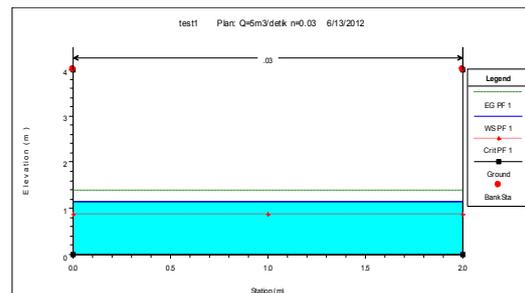
Dengan memasukkan nilai debit hitungan (Qh) yang merupakan pendekatan terhadap debit lapangan (Ql) didapat tinggi muka air (Hh) tiap tampang saluran. Hasil perhitungan tinggi muka air (Hh) menggunakan HEC-RAS pada tampang saluran di posisi hilir saluran untuk 3 variasi Qh yang berbeda dipresentasikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Berdasarkan Gambar 2, 3, dan 4 yang didapat untuk Qh sama dengan 3m³/det, 4,2m³/det dan 5m³/det, didapat persentase kesalahan (*error*) untuk variasi nilai Manning (n) seperti di persentasikan dalam Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.



Gambar 2. Tampang saluran dan tinggi muka air (Hh) hasil perhitungan HEC-RAS untuk Qh=3 m³/detik dan n=0,03.



Gambar 3. Tampang saluran dan tinggi muka air (Hh) hasil perhitungan HEC-RAS untuk Qh= 4,2 m³/detik dan n=0,03.



Gambar 4. Tampang saluran dan tinggi muka air (Hh) hasil perhitungan HEC-RAS untuk Qh= 5 m³/detik dan n=0,03.

Tabel 1: Error (%) dengan variasi nilai Manning (n) untuk Q=3m³/det.

n	Hh	HI	(Hh-HI)	Hh-HI	error (%)
0,020	0,61	1,00	+0,39	0,39	48,45
0,030	0,78	1,00	+0,22	0,22	24,72
0,040	0,96	1,00	+0,04	0,04	04,08
0,041	0,98	1,00	+0,02	0,02	02,02
0,042	1,00	1,00	00,00	0,00	00,00
0,045	1,05	1,00	-0,05	0,05	04,88
0,050	1,14	1,00	-0,14	0,14	13,08

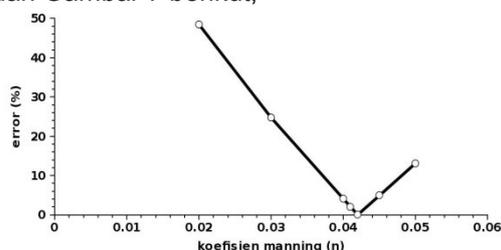
Tabel 2: Error (%) dengan variasi nilai Manning (n) untuk Q=4,2m³/det.

n	Hh	HI	(Hh-HI)	Hh - HI	error (%)
0,010	0,76	1,00	-0,24	0,24	27,27
0,015	0,76	1,00	-0,24	0,24	27,27
0,020	0,76	1,00	-0,24	0,24	27,27
0,020	0,76	1,00	-0,24	0,24	27,27
0,021	0,77	1,00	-0,23	0,23	25,99
0,022	0,79	1,00	-0,21	0,21	23,46
0,025	0,87	1,00	-0,13	0,13	13,90
0,030	1,00	1,00	+0,00	0,00	00,00
0,031	1,02	1,00	+0,02	0,02	01,98
0,035	1,12	1,00	+0,12	0,12	11,32
0,040	1,24	1,00	+0,24	0,24	21,43
0,045	1,36	1,00	+0,36	0,36	30,51
0,050	1,48	1,00	+0,48	0,48	38,71

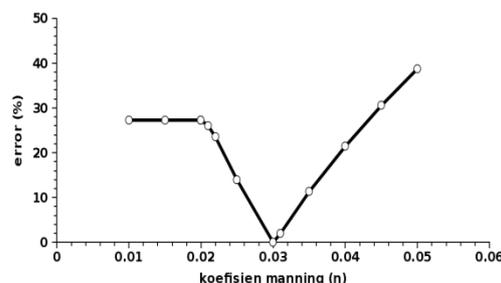
Tabel3: Error (%) dengan variasi nilai Manning (n) untuk Q=5m³/det.

n	Hh	HI	Hh - HI	Hh - HI	error (%)
0,010	0,86	1,00	+0,14	0,14	15,05
0,020	0,86	1,00	+0,14	0,14	15,05
0,025	0,99	1,00	+0,01	0,01	01,01
0,025	1,01	1,00	-0,01	0,01	01,00
0,026	1,02	1,00	-0,02	0,02	01,98
0,030	1,14	1,00	-0,14	0,14	13,08
0,040	1,43	1,00	-0,43	0,43	35,39

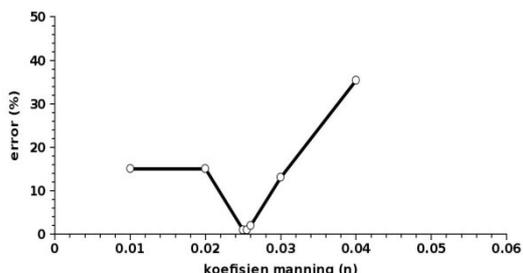
Berdasarkan hasil penelitian yang berupa selisih beda tinggi muka air antara hasil perhitungan dan tinggi muka air lapangan, yang didapat untuk variasi debit (Qh), dapat dihitung dan digambar persentase nilai kesalahan (error) dengan variasi 3 nilai debit yang berbeda versus koefisien Manning (n). Hasil penelitian ini dihasilkan seperti yang dipresentasikan pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 berikut,



Gambar 5. Hubungan antara error dengan koefisien Manning untuk pendekatan debit Qh = 3 m³/detik.



Gambar 6. Hubungan antara error (%) dengan koefisien Manning untuk pendekatan debit Qh = 4,2 m³/detik.



Gambar 7. Hubungan antara error dengan koefisien Manning untuk pendekatan debit Qh = 5 m³/detik.

Dengan menggunakan 3 variasi debit, didapat 3 variasi kurva hubungan antara error tinggi muka air dengan koefisien Manning yang berbeda. Untuk perkiraan debit Qh=3 m³/detik dimana Qh < QI, didapat prosentase kesalahan terkecil untuk koefisien Manning (n) sekitar 0,041. Untuk perkiraan debit Qh = 4,2 m³/detik dimana Qh = QI, didapat persentase kesalahan terkecil untuk koefisien Manning (n) sekitar 0,03. Nilai ini sama dengan data sintetik yang dipergunakan. Untuk perkiraan debit Qh=5 m³/detik dimana Qh > QI, didapat persentase kesalahan terkecil untuk koefisien Manning (n) sekitar 0,025. Ini menunjukkan bahwa nilai Manning (n) sangat sensitif dan ditentukan oleh akurasi data dari lapangan. Perkiraan data debit yang kecil cenderung akan mendapatkan nilai Manning hasil kalibrasi yang besar dari yang sebenarnya. Untuk perkiraan data debit yang besar akan mendapatkan nilai Manning hasil kalibrasi yang cenderung lebih kecil dari yang sebenarnya. Untuk perkiraan debit yang sangat mendekati dengan debit lapangan akan menghasilkan perkiraan nilai Manning hasil kalibrasi yang sangat baik dan mendekati kondisi lapangan. Sehingga koefisien Manning yang didapat dari hasil pengamatan kondisi lapangan dapat diuji dan dikalibrasi sebelum nilai Manning tersebut dipergunakan untuk memodelkan aliran satu dimensi pada suatu saluran atau sungai yang menggunakan debit kala ulang banjir yang berbeda. Tinggi muka air normal atau tinggi muka air sesaat dan tinggi muka air banjir merupakan data lapangan yang sangat penting untuk kalibrasi koefisien Manning. Semakin akurat data lapangan yang didapat, maka akan dapat menghasilkan disain tinggi muka air serta informasi banjir yang akan sangat mendekati kebenaran atau kondisi lapangan. Dari hasil ini juga dapat dikatakan bahwa prosedur kalibrasi nilai Manning sangat perlu dilakukan oleh perencana dan praktisi apabila diinginkan hasil perencanaan yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Kalibrasi nilai Manning (n) sangat perlu dilakukan sebelum memodelkan aliran satu dimensi dengan menggunakan program HEC-RAS.
2. Semakin baik data lapangan maka

akan semakin akurat kalibrasi nilai Manning yang didapat.

3. Diharapkan para praktisi, peneliti dapat melakukan prosedur kalibrasi nilai Manning (n) sebelum melakukan pemodelan dan disain menggunakan program HEC-RAS.

PUSTAKA

Brunner, Gary W. 2010 a. *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual Version 4.1*, USACE, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. 417 p.

Brunner, Gary W. 2010 b. *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual Version 4.1*, USACE, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. 790 p.

Stevenson, David. 2009. *1-D HEC-RAS Model and Sensitivity Analysis for St. Clair River from 1971 – 2007*. International Joint Commission International Upper Great Lakes Study, 234 Laurier Ave. W, 22nd Floor Ottawa, ON, K1P 6K6. 57p.

Arcement, G.J. and Schneider, V.R. 2005. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/wsp2339.pdf>, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. 67p.