



Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilic pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran

Haryono Putro

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Pondok Cina, Depok, Jawa Barat 16424
E-mail: haryono_putro@staff.gunadarma.ac.id

Joetata Hadihardaja

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

Abstract

Based on the book of open channels hydraulics by Ven T. Chow (1988) mentioned that the big problems in application Manning equation is determine of roughness coefficient n , because there is no certain way to choose value of n . At the current knowledge, choosing the actual value of n is estimated flow resistance on certain channels, that really can not be taken into specific value. The purpose of this study is experimentation to describe the differences Manning roughness coefficient (n) at the same material of channel by a different channel slope and discharge. The method used is by modeling the physical channel with a width of 15cm and depth of 20cm with akrilic material thickness of 0.5 cm. Flow in a channel by channel basis slope variation 0.0087; 0.0175; 0.0349 and 0.0524. With the discharge varies from 1 to 4.5 liters / sec. The results of the analysis showed there vairiasi n values between 0.006 to 0.032.

Keywords: Roughness coefficient n , The physical model, The slope of the base channels, Discharge.

Abstrak

Berdasarkan buku open channel hydraulics yang ditulis Ven T. Chow (1988) disebutkan bahwa kesulitan terbesar dalam pemakaian Rumus Manning adalah menentukan koefisien kekasaran n , sebab tidak ada cara yang tertentu untuk pemilihan nilai n . Pada pengetahuan saat ini, memilih nilai n sebenarnya memperkirakan hambatan aliran pada saluran tertentu, yang benar-benar tidak dapat diperhitungkan. Tujuan dari penelitian ini yakni melakukan percobaan guna menggambarkan terjadinya perbedaan angka koefisien kekasaran Manning (n) dari bahan saluran yang sama dari kemiringan dan debit yang berbeda. Metode yang digunakan yaitu dengan pembuatan model fisik saluran dengan lebar 15cm dan kedalaman 20cm dengan bahan akrilic tebal 0,5cm. Aliran pada saluran dengan variasi kemiringan dasar saluran 0,0087; 0,0175; 0,0349 dan 0,0524. Dengan debit bervariasi 1-4,5 liter/detik. Hasil analisis menunjukkan terjadi variasi nilai n antara 0,006-0,032.

Kata-kata kunci: Koefisien kekasaran n , Model fisik, Kemiringan dasar saluran, Debit.

Pendahuluan

Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan ρ (*density*) yang berbeda yaitu udara dan air dimana kerapatan udara jauh lebih kecil dibanding kerapatan air.

Persamaan dasar aliran pada saluran terbuka merupakan penyederhanaan Persamaan Reynold (French, 1987; Hicks, 1990) dan dapat pula dijabarkan dari hukum konservatif yaitu hukum konservatif massa dan hukum konservatif momentum. Asumsi untuk persamaan ini adalah (Kodoatie, 2005):

- tidak tunak / *unsteady*;
- satu dimensi (percepatan vertikal dapat diabaikan);

- saluran terbuka;
- tidak terpampatkan (ρ konstan);
- saluran prismatic dan persegi panjang;
- kemiringan dasar saluran sangat kecil;
- saluran lurus;
- tidak ada aliran lateral.

Perhitungan aliran di sungai sering memakai anggapan bahwa aliran dalam keadaan seragam (Chow, 1988), walaupun dalam prakteknya aliran sungai dan saluran alam aliran jarang terjadi seragam secara mutlak. Pendekatan umum yang dilakukan merupakan penyelesaian yang relatif sederhana dan memuaskan untuk berbagai persoalan teknis.

Aliran seragam (*uniform flow*) dianggap memiliki ciri-ciri pokok:

1. kedalaman, luas basah, kecepatan dan debit pada setiap penampang pada bagian saluran yang lurus adalah konstan;
2. garis energi, muka air dan dasar saluran saling sejajar, berarti kemiringannya sama atau $S_f = S_w = S_0 = S$.

Untuk keperluan praktis, kecepatan konstan dapat ditafsirkan aliran memiliki kecepatan rata-rata yang konstan terhadap waktu dengan kata lain distribusi kecepatan di penampang saluran tidak berubah di bagian saluran yang lurus.

Dalam perhitungan hidrolika, kecepatan rata-rata aliran seragam turbulen dalam saluran terbuka biasanya dinyatakan dengan rumus empiris aliran seragam (*uniform flow formula*). Bentuk umumnya adalah pada Persamaan 1, berikut (Chow, 1959):

$$V = C \cdot R^x \cdot S^y \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- V = kecepatan rata-rata (m³/detik)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan energi
- C = faktor tahanan / hambatan
- x dan y = eksponen

Faktor tahanan (C) ini adalah faktor tahanan aliran yang bervariasi menurut kecepatan rata-rata, jari-jari hidrolis, kekasaran saluran, kekentalan dan berbagai faktor lainnya.

Untuk keperluan praktis, aliran dalam saluran dapat dianggap seragam dalam keadaan normal, yaitu apabila tidak terjadi banjir atau aliran berubah yang jelas tampak akibat ketidak aturan saluran. Ada banyak rumus praktis mengenai

aliran seragam yang telah dihasilkan dan telah dipublikasikan, misalnya Rumus Chezy, Rumus Bazin, Rumus Powel.

Rumus kecepatan Manning seperti pada Persamaan 2 berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- V = kecepatan rata-rata (m/detik)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan garis energi (%), untuk aliran seragam= $S_f = S_w = S_0$
- n = faktor perlawanan/ kekasaran
- S₀ = kemiringan dasar saluran (%)
- S_w = kemiringan permukaan air (%)

Sehingga angka kekasaran dapat dinyatakan seperti Persamaan 3 (Gilley et al. 1991):

$$n = \frac{1}{v} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- V = kecepatan rata-rata (m/detik)
- R = jari-jari hidrolis = A/P (m)
- S = kemiringan energi (%)
- n = faktor perlawanan/ kekasaran
- A = luas basah potongan melintang (m²)
- P = penampang basah saluran (m)

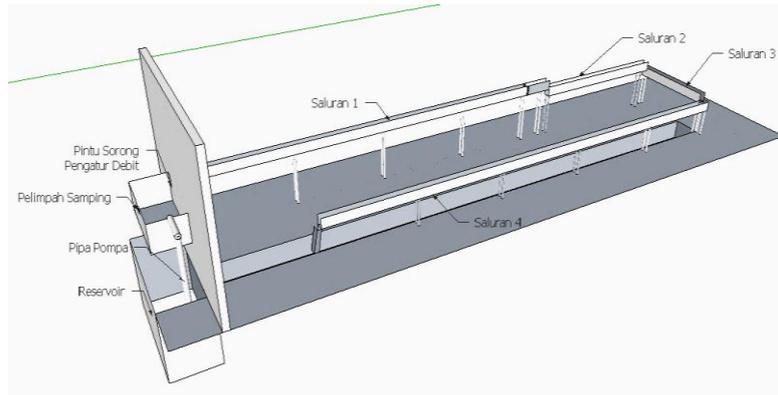
Nilai n selanjutnya dikenal dengan nama koefisien kekasaran Manning, dimana dipengaruhi:

- a). kekasaran permukaan;
- b). tetumbuhan;
- c). ketidak teraturan saluran;
- d). trase saluran;
- e). pengendapan dan penggerusan;
- f). hambatan;
- g). ukuran dan bentuk saluran;
- h). taraf air dan debit.

Sebenarnya sangat sulit untuk menentukan faktor kekasaran atau perlawanan (n), sebab tidak ada cara tertentu untuk pemilihan nilai n. Pada tingkat pengetahuan sekarang ini, memilih n sebenarnya berarti memperkirakan hambatan aliran pada saluran tertentu, yang benar-benar tidak dapat diperhitungkan.

Untuk penentuan nilai n yang wajar diperlukan:

1. memahami faktor-faktor yang mempengaruhi nilai n;
2. mencocokkan tabel dari nilai-nilai n untuk berbagai tipe saluran;



Gambar 1. Perspektif model fisik saluran dengan bahan akrilic

3. memeriksa dan memahami sifat beberapa saluran yang koefisien kekasarannya telah diketahui;
4. menentukan n dengan cara analitis berdasarkan distribusi kecepatan teoritis pada penampang saluran dan data pengukuran kecepatan maupun pengukuran kekasaran.

Penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai koefisien kekasaran manning (n) dari bahan akrilic pada kemiringan saluran tertentu dengan variasi debit aliran.

Metode Penelitian

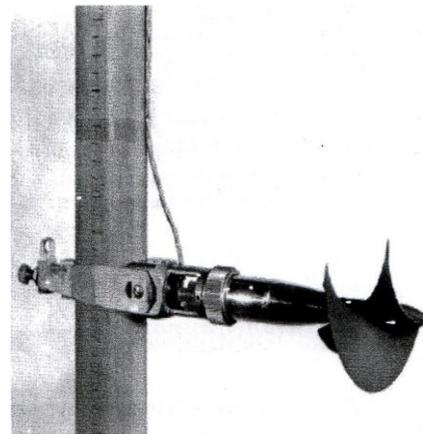
Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan uji model fisik saluran dengan bahan akrilic, dengan lebar saluran 15cm tinggi saluran 20cm. Debit aliran diatur dengan menggunakan pintu sorong yang berada pada hulu saluran, dimana sirkulasi aliran dengan menggunakan pompa. Untuk men-stabilkan debit aliran maka pada reservoir pada tampungan saluran hulu dipasang pelimpah samping. Kemiringan saluran dapat diatur dengan mengatur ketinggian pada penyangga saluran. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengaliran Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.

Dengan kemiringan dasar saluran yang dapat diatur dan kecepatan aliran diukur dengan current meter maka koefisien kekasaran Manning dapat dicari. Perspektif model fisik dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Kemiringan saluran pada masing-masing saluran

Saluran	Kemiringan (o)	Kemiringan (%)
Saluran 1	0,5	0,0087
Saluran 2	3	0,0524
Saluran 3	2	0,0349
Saluran 4	1	0,0175

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan alat ukur kecepatan arus (*current meter*) (Gambar 2).



Gambar 2. Current Meter tipe OTT atau Hoff (Sumber: Fangmeier et al., 2005)

Hasil dan Pembahasan

Kalibrasi current meter

Kalibrasi current meter secara institusional sudah dilakukan oleh lembaga kalibrasi, namun untuk meyakinkan apakah alat berfungsi dengan baik dalam mengukur perlu dilakukan pengecekan kembali. Pengecekan kembali pengukuran dengan cara yang sederhana yakni dengan membandingkan hasil pengukuran current meter dengan pengukuran manual dengan cara menampung air aliran dalam suatu tampungan (misal: ember) dan dihitung per satuan waktu.

Dari hasil pengecekan tersebut terlihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga current meter handal untuk digunakan.

Selanjutnya pengukuran kecepatan dengan *current meter* dan analisis kecepatan aliran dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Pengambilan air dalam saluran per satuan waktu

Tabel 2. Pengecekan debit current meter vs manual

Pengukuran dengan Current Meter		Pengukuran manual	
Waktu pengukuran (det)	10	Waktu pengukuran (det)	3
Jumlah putaran, n1	20	Volum 1 (ml)	3480
n2	20	Volum 2 (ml)	3470
n3	19	Volum 3 (ml)	3480
n rata-rata	19,67	Volume rata-rata (ml)	3476,66
Kecepatan (m/det)	0.235		
Luas (m2)	0,00495		
Debit (m3/det)	0,001161		
Debit (l/det)	1,1611	Debit (l/det)	1,1589

Tabel 3. Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan current meter

No	Saluran	Bukaan	Lebar	Ketinggian	Kedalaman	Waktu	Jumlah putaran				Kecepatan	
		pintu sorong					pias	Pias (h)	alat (0,6 h)	Pengukuran		n1
		cm	cm	cm	cm	dtk						
1	Saluran 1	0,5	15	3,3	0,98	10	20	20	19	19,667	0,235	
2	Saluran 2	0,5	15	0,7	0,42	5	52	50	50	50,667	1,099	
3	Saluran 3	0,5	15	1,0	0,6	5	36	35	34	35	0,767	
4	Saluran 4	0,5	15	1,6	0,96	5	21	21	22	21,333	0,478	
5	Saluran 1	1,0	15	4,0	2,4	10	26	25	25	25,333	0,295	
6	Saluran 2	1,0	15	0,8	0,48	5	70	66	68	68	1,465	
7	Saluran 3	1,0	15	1,3	0,78	5	40	41	43	41,333	0,901	
8	Saluran 4	1,0	15	2,0	1,2	5	26	26	27	26,333	0,584	
9	Saluran 1	1,5	15	4,5	2,7	10	32	32	31	31,667	0,362	
10	Saluran 2	1,5	15	1,0	0,6	5	74	75	77	75,333	1,621	
11	Saluran 3	1,5	15	1,6	0,96	5	47	46	47	46,667	1,014	
12	Saluran 4	1,5	15	2,1	1,26	5	34	35	36	35	0,767	
13	Saluran 1	2,0	15	6,0	3,6	10	28	30	29	29	0,333	
14	Saluran 2	2,0	15	1,3	0,78	5	71	72	71	71,333	1,536	
15	Saluran 3	2,0	15	1,9	1,14	5	48	49	48	48,333	1,049	
16	Saluran 4	2,0	15	2,3	1,38	5	39	40	40	39,667	0,866	
17	Saluran 1	2,5	15	6,2	3,72	10	35	35	35	35	0,397	
18	Saluran 2	2,5	15	1,4	0,84	5	81	82	82	81,667	1,755	
19	Saluran 3	2,5	15	2,3	1,38	5	49	49	49	49	1,063	
20	Saluran 4	2,5	15	2,7	1,62	5	40	42	43	41,667	0,908	
21	Saluran 1	3,0	15	6,5	3,9	5	20	19	20	19,667	0,443	
22	Saluran 2	3,0	15	2,0	1,2	5	67	66	67	66,667	1,437	
23	Saluran 3	3,0	15	2,7	1,62	5	49	49	49	49	0,063	
24	Saluran 4	3,0	15	3,4	2,04	5	38	39	39	38,667	0,845	

$$v = axn/det + b$$

$$a = 0,1058$$

$$b = 0,0265$$

Nilai koefisien kekasaran Manning n dicari dengan menggunakan Persamaan 3. Hasil analisis nilai koefisien kekasaran Manning n pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Analisis nilai koefisien kekasaran Manning n dari kemiringan saluran dan kecepatan saluran pada masing-masing kemiringan saluran

No	Bukaan pintu sorong (cm)	Tinggi muka air sal (cm)	kemiringan saluran	Tan So	Debit saluran (lt/det) Laboratorium	V sal (m/det)	n
1	0,5	3,3	0,5	0,0087	1,161	0,235	0,032
2	1,0	4	0,5	0,0087	1,767	0,295	0,028
3	1,5	4,5	0,5	0,0087	2,440	0,362	0,024
4	2,0	6	0,5	0,0087	3,000	0,333	0,029
5	2,5	6,2	0,5	0,0087	3,690	0,397	0,025
6	3,0	6,5	0,5	0,0087	4,316	0,443	0,023
7	0,5	1,6	1,0	0,0175	1,147	0,478	0,015
8	1,0	2	1,0	0,0175	1,751	0,584	0,014
9	1,5	2,1	1,0	0,0175	2,416	0,767	0,011
10	2,0	2,3	1,0	0,0175	2,987	0,866	0,010
11	2,5	2,7	1,0	0,0175	3,678	0,908	0,011
12	3,0	3,4	1,0	0,0175	4,308	0,845	0,013
13	0,5	1	2,0	0,0349	1,151	0,767	0,010
14	1,0	1,3	2,0	0,0349	1,757	0,901	0,010
15	1,5	1,6	2,0	0,0349	2,434	1,014	0,010
16	2,0	1,9	2,0	0,0349	2,990	1,049	0,011
17	2,5	2,3	2,0	0,0349	3,669	1,063	0,012
18	3,0	2,7	2,0	0,0349	4,307	1,063	0,013
19	0,5	0,7	3,0	0,0524	1,154	1,099	0,007
20	1,0	0,8	3,0	0,0524	1,758	1,465	0,006
21	1,5	1	3,0	0,0524	2,431	1,621	0,006
22	2,0	1,3	3,0	0,0524	2,950	1,536	0,007
23	2,5	1,4	3,0	0,0524	3,685	1,755	0,007
24	3,0	2	3,0	0,0524	4,312	1,437	0,010

Tabel 5. Analisis nilai koefisien kekasaran Manning n dari kemiringan saluran dan kecepatan saluran pada masing-masing ketinggian muka air pada saluran.

No	Bukaan pintu sorong (cm)	Tinggi muka air sal (cm)	kemiringan saluran	Tan So	Debit saluran (lt/det) Laboratorium	V sal (m/det)	n
1	0,5	0,7	3,0	0,0524	1,154	1,099	0,007
2	1,0	0,8	3,0	0,0524	1,758	1,465	0,006
3	0,5	1	2,0	0,0349	1,151	0,767	0,010
4	1,5	1	3,0	0,0524	2,431	1,621	0,006
5	1,0	1,3	2,0	0,0349	1,757	0,901	0,010
6	2,0	1,3	3,0	0,0524	2,995	1,536	0,007
7	2,5	1,4	3,0	0,0524	3,685	1,755	0,007
8	0,5	1,6	1,0	0,0175	1,147	0,478	0,015
9	1,5	1,6	2,0	0,0349	2,434	1,014	0,010
10	2,0	1,9	2,0	0,0349	2,990	1,049	0,011
11	1,0	2	1,0	0,0175	1,751	0,584	0,014
12	3,0	2	3,0	0,0524	4,312	1,437	0,010
13	1,5	2,1	1,0	0,0175	2,416	0,767	0,011
14	2,0	2,3	1,0	0,0175	2,987	0,866	0,010
15	2,5	2,3	2,0	0,0349	3,669	1,063	0,012
16	2,5	2,7	1,0	0,0175	3,678	0,908	0,011
17	3,0	2,7	2,0	0,0349	1,307	1,063	0,013
18	0,5	3,3	0,5	0,0087	1,161	0,235	0,032
19	3,0	3,4	1,0	0,0175	4,308	0,845	0,013
20	1,0	4	0,5	0,0087	1,767	0,295	0,028
21	1,5	4,5	0,5	0,0087	2,440	0,362	0,024
22	2,0	6	0,5	0,0087	3,000	0,333	0,029
23	2,5	6,2	0,5	0,0087	3,690	0,397	0,025
24	3,0	6,5	0,5	0,0087	4,316	0,443	0,023

Dari Tabel 4 terlihat nilai n pada saluran 1 (kemiringan dasar saluran 0,0087) bervariasi antara 0,023-0,032 dengan rata-rata $n = 0,027$. Pada saluran 2 (kemiringan dasar saluran 0,0524) nilai n bervariasi antara 0,006-0,010 dengan rata-rata $n = 0,007$. Pada saluran 3 (kemiringan dasar saluran 0,0349) nilai n bervariasi antara 0,010-0,013 dengan rata-rata $n = 0,011$. Pada saluran 4 (kemiringan dasar saluran 0,0175) nilai n bervariasi antara 0,010-0,015 dengan nilai rata-rata $n = 0,012$.

Variasi nilai n dari pengelompokan tinggi muka air saluran disajikan pada Tabel 5.

Pada Tabel 5 terlihat angka koefisien kekasaran n berbeda untuk ketinggian air yang sama pada kemiringan saluran yang berbeda. Pada kemiringan saluran yang sama dengan tinggi muka air yang berbeda juga menghasilkan nilai n yang berbeda yang diakibatkan adanya perbedaan penampang dasar saluran yang dapat mempengaruhi laju aliran.

Kesimpulan

Dari percobaan penelitian pada *flume* dengan bahan akrilik dengan variasi kemiringan dasar saluran dan debit aliran terdapat variasi nilai koefisien kekasaran Manning (n) dimana dari variasi kemiringan saluran 0,0087; 0,0175; 0,0349 dan 0,0524 dengan variasi debit 1-4,5 liter/detik menghasilkan variasi n antara 0,006-0,032.

Sebagai perbandingan nilai koefisien kekasaran n untuk saluran dilapis / dipoles dicat yaitu 0,012-0,017. Perbedaan nilai n ini selain dari perbedaan keliling basah yang terjadi pada saluran namun juga dipengaruhi oleh kemiringan saluran. Hasil ini memberikan gambaran untuk lebih hati-hati dalam menentukan koefisien kekasaran n pada

rekayasa atau desain saluran. Penggunaan bahan yang seragam (sama) belum tentu menghasilkan nilai koefisien kekasaran yang seragam pula.

Daftar pustaka

Chow, V.T., 1959. *Open Channel Hydraulics*, (Terjemahan Nensi Rosalina). Penerbit Erlangga, Jakarta, v+599p.

Chow, V.T., Maidment, D.R. dan Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill Book Company, International Edition, Singapore, xiii+572p.

Fangmeier, D.D., Elliot, W.J., Workman, S.R., Huffman, R.L. dan Ochwab, G.O., 2006. *Soil and Water Conservation Engineering*, 5th edition. Thomson Delmar Learning, USA, xvii+502p.

Gilley, John E and Finkner, S.C., 1991. Roughness Coefficients as Affected by Random Roughness. *Biological Systems Engineering*, Vol. 34, No. 3, pp. 897-903.

Gilley, John E, Kottwitz, Eugene R and Wieman, Gary A., 1991. Roughness Coefficients for Selected Residue Materials, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 117, No. 4, pp. 503- 514.

Kodoatie, R.J., 2005. *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Penerbit Andi, Yogyakarta, xii+342p.

Te-Hsing Chang, Shen-Ting Hung, Shine Chen, Jun-Cheng Lai, 2010. Estimation of Manning Roughness Coefficients on Precast Ecological Concrete Blocks, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.18, No.2, pp.308-316.