

APLIKASI DEBIT ALIRAN MENGGUNAKAN KOEFISIEN DASAR DENGAN DIDASARKAN BENTUK KONFIGURASI DASAR SALURAN

Hari Wibowo¹

¹Dosen Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

Abstrak

Kekasaran dasar saluran sangat berpengaruh pada karakteristik aliran, terutama dalam menghitung kecepatan dan debit aliran. Kekasaran dasar saluran dinyatakan dalam koefisien kekasaran. Koefisien kekasaran saluran yang digunakan dalam aliran seragam adalah nilai koefisien kekasaran Manning (n). Banyak penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien kekasaran Manning. Penggunaan koefisien kekasaran Manning saat ini hanya didasarkan n tabel. Sedangkan nilai n tabel Manning hanya disarankan untuk saluran kondisi baik. Penerapan n tabel Manning pada saluran alami memberikan hasil yang kasar, karena keadaan aliran lebih banyak tergantung pada faktor yang tidak diketahui. Diantaranya adanya bentuk konfigurasi dasar, dan penelitian sebelumnya belum ada yang memperhitungkannya. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan suatu rumusan empiris nilai koefisien kekasaran Manning saluran alam berdasarkan modifikasi koefisien kekasaran Manning, yang berkaitan dengan bentuk dasar dan bentuk dasar yang ada dilapangan. Metode yang akan dilaksanakan berupa pengambilan data lapangan dalam upaya mencari hubungan bentuk bentuk dasar saluran terhadap koefisien kekasaran dasar material non kohesif. Aplikasi penerapan rumusan akan dilakukan pada studi kasus Sungai Jawi dan Parit Tokaya di kota Pontianak.

Kata kunci: *Kekasaran dasar, bentuk dasar, koefisien kekasaran Manning*

Abstract

The channel bed roughness is very influential on flow characteristics, especially in calculating the velocity and flow rate. The bed roughness of the channel is expressed in the roughness coefficient. The channel roughness coefficient used in uniform flow is the Manning (n) roughness coefficient value. A lot of research is done to get the Manning roughness coefficient value. The current Manning roughness coefficient is only based on n tables. While the value of the Manning table is only recommended for good channel conditions. Application of Manning tables on natural channels gives rough results, because the flow state depends more on unknown factors. Among them is the form of basic configuration, and no previous research has taken into account. The aim of the study was to obtain an empirical formula for Manning's roughness coefficient value of natural channels based on the modification of Manning's roughness coefficient, which relates the basic grain and the basic form that exists in the field. The method to be implemented is in the form of field data collection in an effort to find the relationship between the shape of the basic channel shape and the basic roughness coefficient of non-cohesive material. The application of the formulation application will be carried out in the case study of Sungai Jawi and Parit Tokaya in Pontianak.

Keywords: *author guidelines; Teknik journal; article template*

1. Pendahuluan

Aliran pada saluran aluvial material lepas non-kohesif, umumnya mengalir dalam satu arah dan kompleks (Wibowo et al., 2017; Best, 2005). Interaksi yang

kompleks antara aliran dan angkutan sedimen menimbulkan berbagai jenis bentuk konfigurasi dasar (Hölscher, 2016; Naqshband, 2014; Wang & White, 1993).

Kekasaran dasar material lepas non kohesif memiliki dua elemen penyusun berbeda. Pertama, partikel merupakan fungsi dari ukuran kekasaran butiran dan bentuk material, dan kedua butiran yang membentuk

¹⁾ Penulis Korespondensi.

E-mail: Hariwibowo13@yahoo.com

struktur dasar saluran atau kekasaran bentuk (Van der Mark, 2009; Pramono, 2005). Ukuran kekasaran butiran menunjukkan keadaan yang tidak rata pada bagian permukaan dasar saluran (Pramono, 2005). Permukaan dasar ini senantiasa menunjukkan nilai koefisien kekasaran dasar (Nohani and Bakhtiar, 2014; Ansari, 2011; Pramono, 2005).

Kesalahan dalam menentukan besarnya nilai koefisien kekasaran dasar pada saluran aluvial material non kohesif, dapat menimbulkan kesalahan dalam menghitung kecepatan dan debit aliran (Al Adili, 2016; Chow, 1959).

Penentuan nilai koefisien kekasaran dasar sama halnya memperkirakan perlawanannya aliran pada dasar saluran (Chow, 1959). Perlawanannya aliran dasar saluran terdiri dari beberapa komponen, diantaranya perlawanannya gesekan butiran (*grain friction*), yang pada gilirannya tergantung pada ukuran butiran dasar (Pramono, 2005; Shen, Fehlman, & Mendoza, 1990). Selanjutnya perlawanannya bentuk, karena adanya kekasaran bentuk akibat bentuk konfigurasi dasar, dapat menyebabkan kenaikan signifikan pada fluktuasi permukaan air (Kitsikoudis et al., 2015; Mark, 2009; Morvan et al., 2008; Yen, 2002; Griffiths, 1989).

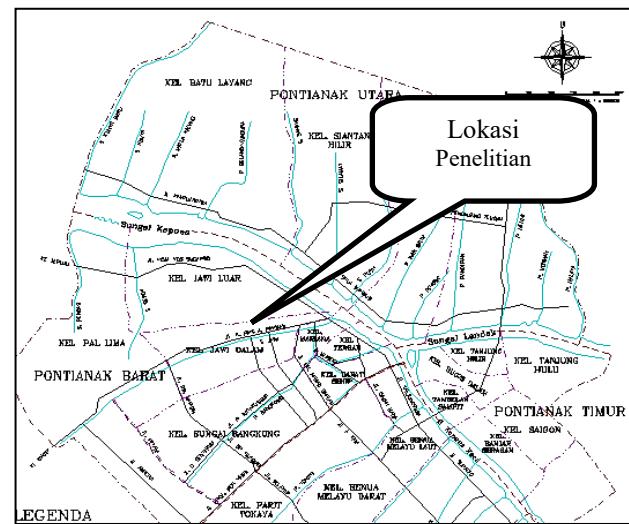
Metode perkiraan nilai koefisien kekasaran Manning pertama dilakukan oleh Chow (1959). Ia menggunakan nilai pendekatan berdasarkan jenis material dan kekasaran permukaan saluran. Kekasaran permukaan ini ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan, yang membentuk luas basah (Chow, 1959; Wigati & Kironoto, 2008) 1959; Nurhadini dan Yulistiyanto, 2007). Penentuan koefisien kekasaran Manning selanjutnya disusun dalam tabel (Chow, 1959). Penggunaan nilai koefisien kekasaran Manning didasarkan pada tabel. hanya disarankan untuk saluran kondisi baik. Pada kondisi aliran saluran alami, penerapan pada tabel Manning sering memberikan hasil sangat kasar. Hal ini dikarenakan keadaan aliran lebih banyak tergantung pada faktor-faktor yang tidak diketahui dari saluran buatan(Putro & Hadihardja, 2015; Hari Wibowo, 2015). Penelitian selanjutnya yang dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien kekasaran Manning, diantaranya Limerinos and Resources (1970). Mereka melakukan penelitian koefisien kekasaran Manning di saluran alami atau sungai. Brownlie, (1981) melakukan kajian nilai koefisien kekasaran Manning pada hubungan kedalaman aliran dalam bentuk kondisi hidraulik dan karakteristik material dasar dengan data flume dan lapangan. Jarrett (1985) melakukan kajian nilai koefisien kekasaran Manning pada kemiringan yang besar ($S > 0,03$). Babai (2008), Md Ali and Saib. (2011) dan Nohani and Bakhtiar (2014) melakukan penerapan rumusan Manning pada kondisi lapangan. Greco et al. (2014) mendapatkan nilai koefisien kekasaran Manning dengan pendekatan metode *entropi*.

Penelitian yang ada tersebut belum memasukan unsur bentuk konfigurasi dasar.

Pengembangan dan verifikasi dari metode perkiraan nilai koefisien kekasaran Manning terus dilakukan dan masih sangat diperlukan (Bilgil & Altun, 2008). Kajian mendalam mengenai nilai koefisien kekasaran Manning, dan hubungannya dengan bentuk konfigurasi dasar menjadi sangat penting untuk dikembangkan, sehingga dapat digunakan dalam menentukan nilai koefisien kekasaran yang lebih objektif.

2. Pustaka dan Metodelogi

Peta lokasi penelitian



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2. Pertimbangan Teoritis Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Apabila aliran terjadi di dalam suatu saluran, perlawanannya akan menghambat aliran air dari hulu ke hilir. Perlawanannya tersebut berlawanan dengan komponen gaya gravitasi dalam arah aliran (Chow, 1959).

Aliran seragam terbentuk apabila perlawanannya diimbangi oleh gaya gravitasi. Gaya perlawanannya tersebut menimbulkan gaya atau tegangan geser yang arahnya sejajar dengan permukaan pada gaya bekerja (Chow, 1959; Wigati and Kironoto, 2008). Tegangan geser merupakan gaya angkat suatu cairan dibagi luas permukaan pada badan saluran oleh aliran (Potter, Wiggert, & Ramadan, 2016).

Modifikasi pada rumusan nilai koefisien kekasaran Manning, dikembangkan dengan meninjau kembali kajian literatur dan membandingkan hasil dari tinjauan analisis dimensi. Modifikasi ini diperlukan, untuk menjelaskan pengaruh perlawanannya kekasaran butiran dan kekasaran bentuk. Rumusan tersebut dituliskan dalam Persamaan 1 dan Persamaan 2 :

$$\frac{n''}{n'} = \left(\frac{R''}{R'}\right)^{\frac{1}{6}} \frac{a \sqrt{C_D} \sqrt{k_f} \frac{\rho_s}{\rho}}{\sqrt{2A(\cos \beta \tan \theta - \sin \beta)} \left(1 - \frac{2 k_f \rho_s}{3 C_D A \rho}\right)} \quad (1)$$

$$\frac{n''}{n'} = \left(\frac{R''}{R'}\right)^{\frac{1}{6}} \frac{a \sqrt{C_D} \sqrt{k_f} \frac{\rho_s}{\rho}}{\sqrt{\frac{1}{d_5} a (\cos \beta \tan \theta - \sin \beta)}} \quad (2)$$

dengan $\frac{n''}{n'}$ merupakan koefisien kekasaran Manning relative, R' jari-jari hidraulik dasar karena butiran (S. Yang, Tan, & Lim, 2005; S.-Q. Yang & Tan, 2008). R'' jari-jari hidraulik dasar karena bentuk. C_D = koefisien drag (Liu, 2001)

3. Rumusan Pemisahan Linear Bajorunas (1952) dan Talebbeydokhti et al (2006)

Bajorunas (1952) dan Talebbeydokhti et al. (2006) telah meneliti mengenai pemisahan pada nilai koefisien kekasaran Manning. Rumusan pemisahan linaer, sebagaimana yang ditunjukkan pada Persamaan 3 :

$$n = n' + n'' \quad .(3)$$

dimana :

n' = perlawanan butiran dasar yang berhubungan dengan kekasaran butiran.

n'' = perlawanan aliran yang berkaitan dengan keberadaan perlawanan bentuk.

Beberapa peneliti telah menghubungkan kekasaran butiran dasar dengan ukuran material dasar saluran, pada nilai koefisien kekasaran Manning. Rumusan tersebut dikembangkan dari rumusan Strickler (1923) dalam (Yen, 1992). Penelitian nilai koefisien kekasaran Manning tersebut, sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n') berdasarkan pada Persamaan Strickler (Nohani, 2015)

Peneliti	Rumusan	unit
Keulegan (1938)	$n' = 0.039 d_{50}^{1/6}$	m
MPM (1948)	$n' = 0.038 d_{50}^{1/6}$	m
Bajorunas (1952)	$n' = 0.034 d_{50}^{1/6}$	m
Henderson (1966)	$n' = 0.034 d_{50}^{1/6}$	ft
Simons - Senturk (1976)	$n' = 0.047 d_{50}^{1/6}$	m
Raudkidvi (1976)	$n' = 0.042 d_{50}^{1/6}$	m
Bajorunas (1952)	$n' = 0.034 d_{50}^{1/6}$	m
Wong dan Parker, (2006)	$n' = 0.043 d_{50}^{1/6}$	m

dengan n' = perlawanan yang dikarenakan kekasaran butiran dan k'_s = kekasaran dasar berkaitan dengan butiran.

4. Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Koefisien kekasaran n Manning dikembangkan oleh beberapa ahli beberapa ahli hidraulik dalam skala laboratorium, diantaranya di Illinois dan New York (Schnepper and Chow, 1954) dalam (Chow, 1959). Chow (1959), memperpanjang ruang lingkup dan memberi suatu Tabel, yang agak komprehensif dari nilai n , maka dibuatlah suatu daftar nilai-nilai koefisien kekasaran Manning (n) untuk saluran dengan bahan pembentuk saluran yang berbeda. Berikut ini adalah beberapa dari Tabel n Manning sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Koefisien Kekasaran Manning n (Chow, 1959).

Tipe saluran dan jenis bahan	Nilai Koefisien Kekasaran n		
	Min	Normal	Maksimum
Tanah, lurus dan seragam			
▪ Bersih baru	0,016	0,018	0,020
▪ Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
▪ Berkrikil	0,022	0,025	0,030
Saluran alam			
▪ Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
▪ Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
▪ Banyak tanaman penggang	0,050	0,070	0,080

5. Metode Penjumlahan Komponen pada Perlawanan Saluran Aluvial.

Metode penjumlahan komponen perlawanan saluran aluvial ini telah diakui secara luas oleh para ahli hidraulik sebagai suatu prinsip pendekatan pada penjumlahan komponen perlawanan (Meyer-Peter & Müller, 1948; Einstein, 1950). Prinsip ini telah dikembangkan pada komponen perlawanan alami dengan dasar kaku dan komponen perlawanan alami dengan dasar fleksibel (Einstein, 1950; Yen, 2002; S.-Q. Yang & Tan, 2008)

Einstein (1950) juga memisahkan jari-jari hidraulik dibagi lagi menjadi dua komponen, sebagaimana Persamaan 4:

$$R = R' + R'' \quad (4)$$

dimana R' adalah jari-jari hidraulik yang berkaitan dengan gesekan butiran dan R'' adalah jari-jari hidraulik yang berkaitan dengan bentuk

Einstein (1950) dan Engelund (1966) mengusulkan persamaan yang digunakan untuk memperoleh jari-jari hidraulik berkaitan dengan gesekan butiran, sebagaimana Persamaan 5 :

$$\frac{V}{V_s} = 5,75 \log \left(12,27 \frac{R'}{k_s} x \right) ; V_s' = \sqrt{g R' S} \quad (5)$$

Einstein dan Barbarossa (1952) melanjutkan penelitian Einstein (1950) dengan menggunakan data keduanya, yakni data flume dan lapangan. Mereka mengungkapkan bahwa perlawanan bentuk (*form resistance*) merupakan fungsi pada besarnya angkutan sedimen, sebagaimana Persamaan 6 :

$$\frac{V}{V_*} = \phi(\psi') = \left(\frac{v_s - v}{v} \right) \frac{d_{ss}}{S_f R^r} \quad (6)$$

Dimana

V_* = kecepatan geser dikarenakan gesekan butiran

R^r = jari – jari hidraulik dikarenakan gesekan kulit (*skin friction*).

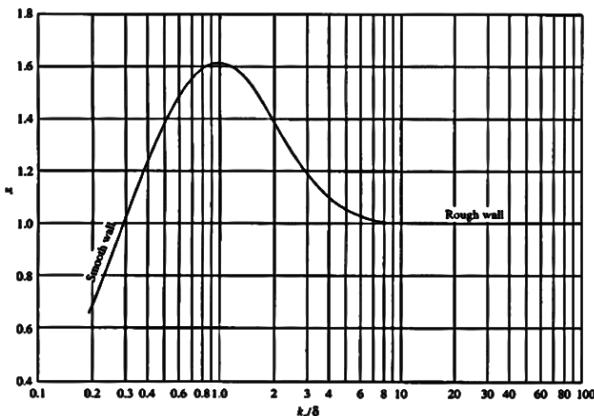
k_s = kekasaran butiran equivalen = d_{65} dan d_{35}

x = fungsi pada k_s/δ

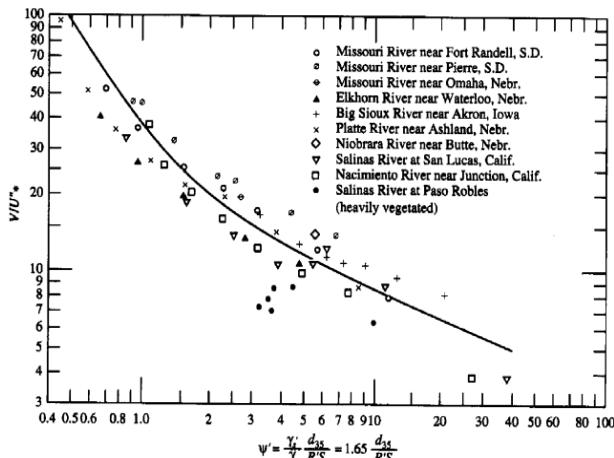
δ = ketebalan lapisan batas $\delta = 11.6v/V_*$

V_* = kecepatan geser dikarenakan kekasaran bentuk.

ψ' = parameter aliran karena kekasaran bentuk



Gambar 2 Faktor Koreksi Distribusi Kecepatan (Einstein, 1950)



Gambar 3 Kehilangan Gesekan dikarenakan Ketidakteraturan Saluran sebagai fungsi Angkutan Sedimen (Einstein and Barbarossa, 1952)

6. Prosedur penelitian

Langkah – langkah penelitian sebagai berikut :

- Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penerapan lapangan
- Pelaksanaan penelitian di lapangan akan di lakukan di dua tempat, yakni Parit Sei Jawi di Jalan di Hasanudin dan Parit Tokaya Kota Pontianak Kalimantan Barat
- Metode lapangan dengan cara pengambilan data kecepatan dan debit aliran dengan menggunakan alat *current meter*
- Pelaksanaan di lapangan meliputi langkah-langkah sebagai berikut:
 - ① Menentukan lokasi pengukuran.
 - ② Ukur penampang melintang tiap titik saluran
 - ③ Bagi penampang saluran tersebut dalam beberapa segmen atau pias yakni 1/6 L, 1/3 L, 1/2 L, 2/3 L, dan 5/6 L.
 - ④ Ukur kedalaman dari muka air
 - ⑤ Letakkan alat Current meter diperlukan; pada kedalaman 0,2h; 0,6h; 0,8h dan didasar saluran pada tiap segmen atau pias.
 - ⑥ Pengukuran dilakukan pada waktu Pasang dan pada waktu Surut
- Kecepatan aliran di setiap titik dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling selama 50 detik.
- Penentuan koefisien Manning didapat berdasarkan kompilasi kecepatan aliran dan dimensi penampang dengan cara seperti berikut;
 - ① Hitung kecepatan aliran rata-rata tiap penampang dengan rumus; $Q = \bar{V} A$ dan
 - ② Hitung nilai koefisien kekasaran Manning dengan persamaan; $\bar{V} = (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$ dan

$$n = (R^{2/3}) (S^{1/2}) / (\bar{V}) \quad (7)$$

③ Rata-ratakan nilai n untuk seluruh titik

$$\text{pengukuran : } n = \Sigma n / (\text{jumlah titik}) \quad (8)$$

④ Selanjutnya didapatkan nilai koefisien Manning di lapangan.

7. Pendekatan Statistik

Penyajian data statistik data ditampilkan dalam bentuk penyajian dengan tabel dan gambar.

Pengujian uji kesalahan dalam perhitungan dilakukan dengan membandingkan hasil nilai koefisien kekasaran dasar hitungan terhadap data rumusan Manning.

⑤ Perhitungan Nilai Rasio n data dan n dihitung dengan n rumus empiris

Perhitungan nilai koefisien kekasaran (n) hasil hitungan, dibandingkan dengan nilai koefisien kekasaran Manning. Rumusan yang digunakan sebagaimana Persamaan 9 :

$$\text{Rasio koe kekasaran} = n \text{ hitung} / n \text{ data} \quad (9)$$

⑥ Perhitungan Persentase Penyimpangan dengan nilai koefisien kekasaran Manning

Penentuan persentase penyimpangan nilai koefisien kekasaran Manning, dimaksudkan untuk memudahkan, dalam meneliti keakuratan atau kebenaran hasil hitungan. Metode yang digunakan adalah metode kesalahan absolute rata-rata (KAR). Rumusan kesalahan absolute rata-rata ini didasarkan persentase penyimpangan. Hal ini digunakan untuk mempermudah dalam meneliti keakuratan atau kebenaran hitungan. Rumusan dituliskan dalam Persamaan 10:

$$(KAR) = \frac{1}{N} \sum \frac{(n_{\text{dihitung}} - n_{\text{data}})}{n_{\text{data}}} \times 100\% \quad (10)$$

8. Data Percobaan

Data percobaan pada sampel percobaan, selanjutnya dilakukan analisa butiran, seperti Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Butiran Material Dasar

Diameter (mm)	Pasir Sei Jawi (A)	Pasir Parit Tokaya (B)
d ₁₆	0.010 mm	0.040 mm
d ₃₅	0.150 mm	0.240 mm
d ₅₀	0.280 mm	0.328 mm
d ₆₅	0.420 mm	0.450 mm
d ₈₄	0.820 mm	0.681 mm
d ₉₀	0.900 mm	0.770 mm

Hasil uji pemeriksaan material dasar di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tanjungpura, sebagaimana yang ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Karakteristik pada Material Dasar

Nama sampel	Berat volume (γ_s)g/cm ³	Gs	Porositas	ϕ derajat
Pasir (A)	1,032	1,908	0,797	30°
Pasir (B)	1,302	2,678	0,791	31,04°

9. Kecepatan Aliran pada Penampang Saluran

Kecepatan aliran diukur melalui aliran permukaan sebagai kecepatan aliran permukaan. Kecepatan aliran tidak sama pada setiap kedalaman saluran atau sungai. Aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan aliran tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dasar dan juga debit aliran.

① Lokasi Sungai Jawi

Hasil pengukuran kecepatan aliran pada lokasi Sungai Jawi Seperti Tabel 5 dan Tabel 6

Tabel 5 Resumen Perhitungan Debit Aliran pada Saluran Parit Sungai Jawi Pontianak

No	Lebar b (m)	h (m)	S (m/m)	R (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)
1	16.55	1.218	0.000009	0.427	0.435	8.613
2	16.55	1.165	0.000030	0.429	0.445	8.691
3	15.60	1.158	0.000012	0.419	0.735	12.839
4	15.60	1.105	0.000009	0.401	0.783	13.066
5	16.37	1.053	0.000033	0.384	0.723	11.990
6	16.37	0.954	0.000033	0.357	0.760	11.447

h = Kedalaman(m) ; S = kemiringan dan R = jari hidrolis (m)

② Lokasi Parit Tokaya

Tabel 6 Data Hasil Perhitungan Luas Penampang dan Debit Aliran Parit Tokaya

Lokasi	V (m/det)	h (m)	b (m)	Q (m ³ /s)
Mall Ramayana	0.255	0.841	12.800	3.345
Pasar Flamboyan	0.363	0.923	11.400	4.281
Gedung Kartini	0.147	0.552	13.870	1.385
Simpang Purnama	0.214	0.856	6.900	1.491
Hulu Parit Tokaya	0.270	0.517	4.200	0.664

10. Perhitungan Koefisien Kekasaran Manning pada Tiap Penampang

Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran menggunakan rumusan Manning (Pers. 7). Persamaan Manning menggunakan parameter kecepatan aliran rata-rata (\bar{V}), jari-jari hidrolik (R), dan kemiringan saluran (S).

Hasil Perhitungan pada masing-masing lokasi sebagaimana Tabel 7 dan Tabel 8

Tabel 7 Hasil Perhitungan Koefisien Kekasaran Manning Parit Sungai Jawi Pontianak

No	h (m)	(S)	V (m/s)	Debit Q(m ³ /s)	Koef. Kekasaran Manning n
1	1.218	0.000009	0.435	8.613	0.008
2	1.165	0.000030	0.445	8.691	0.014
3	1.158	0.000012	0.735	12.839	0.005
4	1.105	0.000009	0.783	13.066	0.004
5	1.053	0.000033	0.723	11.990	0.008
6	0.954	0.000033	0.760	11.447	0.007

Tabel 8. Hasil Perhitungan Koefisien Kekasarhan Manning Parit Tokaya Kota Pontianak

No	Lokasi	V (m/s)	Koef. Kekasarhan Maning n
1	Mall Ramayana	0.255	0.0635
2	Pasar Flamboyan	0.363	0.0476
3	Gedung Kartini	0.147	0.0500
4	Simpang Purnama	0.214	0.0460
5	Hulu Parit Tokaya	0.270	0.0260

11. Perhitungan Nilai Koefisien Kekasarhan Saluran Dengan Persamaan Cowan

Rumus yang digunakan;

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Dari analisa diatas didapat nilai n; $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$

$$= (0,020 + 0,005 + 0,000 + 0,000 + 0,000) \times 1,000$$

$$= 0,025$$

12. Penentuan Nilai Koefisien Kekasarhan Saluran.

Nilai koefisien kekasaran Manning untuk saluran yang dilapisi, dipoles, yang terbuat dari pasangan batu pecah yang disemen. Nilai-nilai berikut merupakan nilai koefisien kekasaran Manning menurut Tabel *Chow (1959)*, untuk saluran alami , sebagaimana Tabel 2. Resume hasil kajian koefisien Manning seperti pada Tabel 9

Tabel 9 Resume Nilai n Tabel 2, Persamaan Cowan, dan Pengukuran Lapangan

Tabel 2.2			n Pers. Cowan	n Lapangan	
Minimum	Normal	Maks		Sungai Jawi	Parit Tokaya
0,025	0,030	0,033	0,025	0,008	0,0466

13. Pendekatan pada Mekanisme Perlawanahan Aliran atas Penggerakan Dasar.

Perhitungan perlawanahan aliran yang ditimbulkan oleh butiran material dasar saluran dan ketidakteraturan bentuk dasar, digunakan rumusan *Einstein-Barbarossa*. Hasil perhitungan pemisahan jari -jari hidraulik akibat kekasaran butiran dan kekasaran bentuk berkaitan ukuran diameter butiran, sebagaimana Tabel 10 dan Tabel 11

Tabel 10. Hasil perhitungan Pemisahan Jari -Jari Hidraulik Akibat Kekasarhan Butiran dan Kekasarhan Bentuk Berkaitan Ukuran diameter Butiran Sungai Jawi

No	R' (m)	V' (m/s)	ψ'	R'' (m)	Q (m³/s)
1	0.0631	0.0024	505.46	1.155	8.6134
2	0.1028	0.0055	94.66	1.062	8.6906
3	0.0861	0.0032	281.58	1.072	12.8392
4	0.0732	0.0025	436.06	1.032	13.0664
5	0.1289	0.0065	67.60	0.924	11.9897
6	0.1256	0.0064	69.41	0.828	11.4468

Tabel 11. Hasil perhitungan Pemisahan Jari -Jari Hidraulik Akibat Kekasarhan Butiran dan Kekasarhan Bentuk Berkaitan Ukuran diameter Butiran Parit Tokaya

No	R' (m)	V' (m/s)	ψ'	R'' (m)	Q (m³/s)
1	0.091	0.017	11.219	0.750	3.345
2	0.120	0.020	8.508	0.803	4.281
3	0.038	0.007	74.870	0.514	1.385
4	0.058	0.008	49.231	0.798	1.491
5	0.040	0.007	70.208	0.477	0.664

14. Nilai Koefisien Kekasarhan Manning Berdasarkan Perlawanahan Butiran

Nilai koefisien kekasaran Manning dengan perlawanahan akibat butiran, maka diperlukan nilai jari-jari hidraulik dasar perlawanahan butiran (R').

$$R' = \frac{R''^{1/6}}{5.75\sqrt{g} \log(12.27 \frac{R''}{k_s})} \quad 11$$

Nilai koefisien kekasaran Manning (n') Penelitian Terdahulu pada Tabel 2.2. Hasil penelitian terdahulu disajikan dalam Tabel 12

Tabel 12 Nilai Koefisien Kekasarhan Manning (n') Penelitian Terdahulu

Peneliti Terdahulu	Dia. butiran (d)		Persamaan 11	
	Sungai Jawi	Parit Tokaya	0.28mm	0.32mm
Keulegan (1938)	0.0100	0.0102		
MPM (1948)	0.0118	0.0115	0.0113	0.0102

Tabel 12 Nilai Koefisien Kekasarannya Manning (n') Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Peneliti Terdahulu	Dia. butiran (d)		Persamaan 11	
	Sungai Jawi	Parit Tokaya	0.28mm	0.32mm
Henderson (1966)	0.0106	0.0109		
Simons Senturk (1976)	0.0120	0.0123	0.0113	0.0102
Raudkidvi (1976)	0.0107	0.0110		
Bajorunas (1952)	0.0106	0.0109		
Wong & Parker (2006)	0.0110	0.0113		

Berdasarkan pada Tabel 12, menunjukkan nilai koefisien kekasaran Manning berkaitan dengan bentuk (n') mendekati hasil penelitian, seperti yang dilakukan Keulegan (1938), yakni $n' = 0,038 d_{50}^{-1/6}$.

15. Nilai Koefisien Kekasarannya Manning Berdasarkan Perlawanan Bentuk

perlawanannya aliran dasar dalam kaitannya dengan keberadaan bentuk dasar dan perubahannya yang dikenal dengan kekasaran bentuk (n''). Bajorunas (1952) telah mengembangkan nilai perlawanannya aliran karena keberadaan bentuk berkaitan dengan parameter intensitas aliran. Rumusan yang dinyatakan dalam Persamaan 12

$$n'' = \phi \left(\frac{R S_f}{1.67 d_{50}} \right) = \frac{1}{V} \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad 12$$

Hasil penelitian Bajorunas (1952) disajikan dalam Tabel 13 dan Tabel 14

Tabel 13 Nilai Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'') Sungai Jawi

Kemiringan (S)	Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'')	Perlwanan butiran n'	Nilai Koefisien Kekasarannya Manning $n = n' + n''$
0.000009	0.009	0.0106	0.0196
0.000030	0.005	0.0106	0.0156
0.000012	0.007	0.0106	0.0176
0.000009	0.007	0.0106	0.0176
0.000033	0.004	0.0106	0.0146
0.000033	0.004	0.0106	0.0146

Tabel 14 Nilai Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'') Parit Tokaya

Kemiringan (S)	Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'')	Perlwanan butiran n'	Nilai Koefisien Kekasarannya Manning $n = n' + n''$
0.000331	0.0425	0.0109	0.0534
0.000331	0.0373	0.0109	0.0482
0.000119	0.0616	0.0109	0.0725
0.000119	0.0618	0.0109	0.0727
0.000119	0.0559	0.0109	0.0668

Selanjutnya hasil Persamaan 1 dan Persamaan 2, disajikan dalam Tabel 15 dan Tabel 16

Tabel 15 Nilai Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'') Sungai Jawi

Kemiringan (S)	Nilai Koefisien Manning Perlawanan Bentuk (n'')	Perlwanan butiran n'	Nilai Koefisien Kekasarannya Manning $n = n' + n''$
0.000009	0.017	0.0113	0.0283
0.000030	0.020	0.0113	0.0313
0.000012	0.017	0.0113	0.0283
0.000009	0.017	0.0113	0.0283
0.000033	0.019	0.0113	0.0303
0.000033	0.019	0.0113	0.0303

Tabel 16 Nilai Koefisien Manning karena Perlawanan Bentuk (n'') Parit Tokaya

Kemiringan (S)	Koefisien Manning Perlawanan Bentuk (n'')	Perlwanan butiran n'	Nilai Koefisien Kekasarannya Manning $n = n' + n''$
0.000331	0.047	0.01022	0.05722
0.000331	0.046	0.01022	0.05622
0.000119	0.028	0.01022	0.03822
0.000119	0.021	0.01022	0.03122
0.000119	0.015	0.01022	0.02522

16. Analisa Data Pengujian Kesalahan pada Nilai Koefisien Kekasarannya Manning

Pengujian uji kesalahan dalam perhitungan dilakukan dengan membandingkan hasil nilai koefisien kekasaran dasar hitungan terhadap data rumusan Manning di lapangan. Pendekatan yang digunakan seperti pada

Persamaan 9 dan Persamaan 10. Hasil Perhitungan sebagaimana tertuang pada Tabel 17 dan Tabel 18

Tabel 17 Uji Kesalahan Rata-rata Nilai Koefisien Kekasaran Manning Hitungan dan n data Berdasarkan n Tabel

n data (Tabel 2)	Penelitian	n hitung	rasio nilai n	Kesalahan Absolut Rata-rata (KAR) (%)
0,030	Cowan 1956	0,025	0,833	16,667
n lapangan				
1	Sei Jawi	0.0080	0,267	73.333

2	Parit Tokaya	0.0466	1.553	55.333
n akibat perlwanan aliran				
Bajorunas (1952)	Sei Jawi Parit Tokaya	0.0166 0.0672	0.553 2.240	44.667 124.00
Wibowo (2017)	Sei Jawi Parit Tokaya	0.02948 0.04162	0.983 1.387	1.733 38.733

Tabel 18 Uji Kesalahan Rata-rata Nilai Koefisien Kekasaran Manning Hitungan dan n data Berdasarkan n Pengamatan Lapangan

Penelitian	Lokasi	n hitungan	rasio n hitungan n data	Kesalahan Absolut Rata-rata (KAR) (%)
n lapangan	Nilai koefi. kekasaran	Cowan 1956		
Sei Jawi	0.0080	0.025	3.125	
Parit Tokaya	0.0466	0.025	0.536	46.352
Nilai koefisien kekasaran	Tabel 17			
Sei Jawi	0.0080	0.030	3.750	
Parit Tokaya	0.0466	0.030	0.644	35.622
n akibat perlwanan aliran				
Bajorunas (1952)	Sei Jawi Parit Tokaya	0.0166 0.0672	2.075 1.442	
Wibowo (2017)	Sei Jawi Parit Tokaya	0.02948 0.04162	3.685 0.893	10.687

17. Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi lapangan pada Parit Sungai Jawi dan parit Tokaya Kota Pontianak, untuk penentuan koefisien kekasaran saluran, maka dapat ditarik kesimpulan Nilai koefisien kekasaran (n) Manning didasarkan mekanisme perlwanan aliran atas pergerakan dasar dengan pemisahan radius hidraulik diperoleh hasil yang lebih baik, untuk kesalahan absolut parit Sungai Jawi (1.733 %) dan Parit Tokaya (10.687%). Penggunaan rumusan ini dapat digunakan dalam menghitung kecepatan maupun debit aliran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak, yang telah mendanai keberlangsungan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Al Adili, A. (2016). Investigation of the Effect of Manning Roughness on Froude Number in Subcritical Flow. *Journal of Construction and Building Materials*, 1(1).
- Ansari, K. (2011). Boundary Shear Stress Distribution and Flow Structures in Trapezoidal Channels.
- Best, J. (2005). The Fluid Dynamics Of River Dunes: A Review And Some Future Research Directions:Fluid Dynamics Of River Dunes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 110(F4). doi:10.1029/2004JF000218

- Bilgil, A., & Altun, H. (2008). Investigation Of Flow Resistance In Smooth Open Channels Using Artificial Neural Networks. *Flow Measurement and Instrumentation*, 19(6), 404–408.
- Brownlie, W. R. (1981). Prediction Of Flow Depth And Sediment Discharge In Open Channels.
- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics* (Vol. 1). McGraw-Hill New York.
- Greco, M., Mirauda, D., & Plantamura, A. V. (2014). Manning's Roughness through the Entropy Parameter for Steady Open Channel Flows in Low Submergence. *Procedia Engineering*, 70, 773–780.
- Griffiths, G. A. (1989). Form Resistance In Gravel Channels With Mobile Beds. *Journal of Hydraulic Engineering*, 115(3), 340–355.
- Hölscher, R. (2016). Development Of A New Bedform Predictor.
- Jarrett, R. D. (1985). *Determination Of Roughness Coefficients For Streams In Colorado*. US Geological Survey.
- Kitsikoudis, V., Sidiropoulos, E., Iliadis, L., & Hrissanthou, V. (2015). A Machine Learning Approach For The Mean Flow Velocity Prediction In Alluvial Channels. *Water Resources Management*, 29(12), 4379–4395.
- Limerinos, J. T., & California. Dept. of Water Resources. (1970). Determination Of The Manning Coefficient From Measured Bed Roughness In Natural Channels.
- Mark, C. F. (2009). *A Semi-Analytical Model For Form Drag Of River Bedforms*. University of Twente [Host].
- Md Ali, Z., & Saib, N. A. (2011). Influence of Bed Roughness in Open Channel.
- Morvan, H., Knight, D., Wright, N., Tang, X., & Crossley, A. (2008). The Concept Of Roughness In Fluvial Hydraulics And Its Formulation In 1D, 2D And 3D Numerical Simulation Models. *Journal of Hydraulic Research*, 46(2), 191–208.
- Naqshband, S. (2014). Morphodynamics Of River Dunes: Suspended Sediment Transport Along Mobile Dunes And Dune Development Towards Upper Stage Plane Bed.
- Nohani, E., & Bakhtiari, M. (2014). Determining The Stage-Discharge Curve And Changing It Into A Regression Equation Using Hydraulic Software. *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.* 21, 1. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 21(1), 1.
- Pramono, G. H. (2005). The Study Of Bedforms And Equivalent Roughness Sizes In The Central Dithmarschen Bight.
- Putro, H., & Hadihardaja, J. (2015). Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilik pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19(2), 141–146.
- Shen, H. W., Fehlman, H. M., & Mendoza, C. (1990). Bedform Resistances in Open Channel Flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 116(6), 799–815.
- Van der Mark, C. (2009). A Semi-Analytical Model For Form Drag Of River Bedforms. *University of Twente, the Netherlands*.
- Wang, S., & White, W. R. (1993). Alluvial Resistance in Transition Regime. *Journal of Hydraulic Engineering*, 119(6), 725–741. doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(1993)119:6(725)
- Wibowo, H., Suripin, J Kodoatje, R., & Isdiyana. (2017). Hubungan Bentuk Konfigurasi Dasar Saluran Terhadap Koefisien Kekasaran Dasar Material Non Kohesif. <Https://Scholar.Google.Co.Id>.
- Wibowo, Hari. (2015). Analisa Perubahan Geometri Penampang Sungai Menggunakan HEC-6 untuk Menaksir Debit Sedimen pada Sungai Citanduy di Jawa Barat. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19(2), 191–197.
- Wigati, R., & Kironoto, I. B. A. (2008). Perubahan Gradasii Material Sedimen Terangkut Terhadap Material Dasar Butiran Tidak Seragam.
- Yen, B. C. (2002). Open Channel Flow Resistance. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(1), 20–39.