

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Banyaknya penelitian yang mengkaji mengenai penelitian tentang nilai kekasaran Manning. W.Andrew Marcus, Roberts Keith, Harvey Leslie, dan Gary Tackman (1992) melakukan studi lapangan mengenai “*An Evaluation of Methods for Estimating Manning’s in Small Mountain Streams*”. Marcus dkk, melakukan penelitian menggunakan metode pengukuran langsung di lapangan dengan menambahkan penilaian langsung terhadap geometri sungai, dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa penyimpangan terjadi cukup besar dari beberapa metode yang dipakai, sehingga nilai kekasaran yang menyatakan terhadap sungai tersebut perlu dievaluasi kembali.

Miskar Maini dan Djoko Legono (2021) melakukan penelitian mengenai ”Sensitivitas Hasil Uji Model Fisik Terhadap Perbedaan Penggunaan Angka Kekasaran n -Manning”. Miskar Maini dan Djoko Legono mereview jurnal penelitian Webb et al (2010) dan Allen (2014), dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa nilai sensitivitas skala penggunaan n -Manning dari tes model sebesar 27,27% dengan skala perencanaan 25% maka terdapat deviasi sebesar 2,27% dengan rata-rata tingkat kesalahan sebesar 31% , sehingga jika pada rezim aliran yang kasar sepenuhnya maka perlu dipilih atau jika prototip tidak beroperasi dalam kondisi aliran yang kasar sepenuhnya perlu dilakukan penskalaan khusus untuk kekasaran tidak berlaku.

Miskar Maini, Mashuri, dan Junita Eka Susanti (2021) melakukan penelitian mengenai “Efek Angkutan Sedimen *Bed-load* terhadap Hambatan Aliran di Sungai Baturusa Pulau Bangka”. Miskar Maini, Mashuri, dan Junita Eka Susanti melakukan penelitian menggunakan metode pengukuran sampel sedimen *Bed-load* Sungai Baturusa Pulau Bangka dengan analisis saringan untuk mengetahui gradasi pada sedimen. Dalam penelitian tersebut didapatkan koefisien Manning yang digunakan untuk menghitung debit estimasi memiliki selisih yang besar,

meningkatnya rasio U/U^* maka nilai koefisien Manning memiliki tren menurun dan sebaliknya, Bertambahnya nilai Fr maka koefisien Manning berkurang dan sebaliknya, tingkat *error* melebihi estimasi sebesar 25% yaitu pada angka 33,33%, serta angkutan sedimen sangat berpengaruh pada nilai koefisien kekasaran di Sungai Baturusa.

Hari Wibowo (2017) melakukan penelitian mengenai “Aplikasi Debit Aliran Menggunakan Koefisien Dasar Dengan Didasarkan Bentuk Konfigurasi Dasar Saluran”. Hari Wibowo melakukan penelitian ini menggunakan metode penerapan lapangan di dua lokasi yaitu parit Sei Jawi di jalan Hasanudin dan Parit Tokaya Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil nilai koefisien Manning dengan mekanisme perlawanan aliran atas pergerakan dasar dengan pemisahan radius hidraulik diperoleh hasil yang lebih baik dengan tingkat kesalahan Parit Sei Jawi (1,733%) dan Parit Tokaya (10,687%). Sehingga rumusan tersebut dapat digunakan dalam perhitungan debit dan kecepatan aliran.

Fasdarsyah (2016) melakukan penelitian mengenai “Analisis Karakteristik Sedimen Dasar Sungai Terhadap Parameter Kedalaman”. Fasdarsyah melakukan penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data langsung di lapangan dan meminta data terkait dengan instansi yang berwenang. Pada penelitian ini didapatkan hasil kecepatan pada bagian tengah penampang lebih besar daripada pinggir, lebar muka air sungai akan menyesuaikan diri sesuai dengan kecepatan terhadap ruang dan waktu, koefisien Manning akan berkurang dengan semakin tinggi taraf air dan debitnya bertambah, butiran tanah halus tidak mengendap pada bagian tengah saluran, dan pada bagian tengah sungai terdapat banyak sedimen butiran kasar.

2.2 Nilai Kekasaran Manning berdasarkan Parameter Hidraulik

Nilai kekasaran Manning merupakan koefisien kekasaran yang dikembangkan oleh beberapa ahli hidraulik dalam lingkup laboratorium, diantaranya di Illinois dan New York (Schnepfer dan Chow, 1954). Simons dan Senturk menjelaskan bahwa pada tahun 1889, Robert Manning menyajikan formula untuk menghitung kecepatan rata-rata dalam saluran terbuka yang dilakukan di Irlandia. Manning

melakukan penelitian dengan melihat pengaruh hidraulik saluran terhadap aliran air. Dengan begitu dapat diambil formula yang sekarang kita kenal. Formula ini menyajikan kekasaran aliran. Bentuk umum dari formula ini adalah:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Untuk satuan metrik, dan.....(2.1)}$$

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Untuk satuan inggris..... (2.2)}$$

Sehingga,

$$n = \frac{1}{V} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- n = Nilai koefisien Manning (tanpa satuan)
- R = Jari-jari hidraulik (m)
- S = Kemiringan saluran arah memanjang (%)

Maka,

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- Q = Debit (m³/s)
- A = Luas Penampang (m²)
- V = Kecepatan Aliran (m/s)

Karena itu hubungan kecepatan, debit aliran, luas tampang dan nilai kekasaran biasanya dihasilkan melalui hubungan daya tahan aliran seperti terlihat dalam persamaan kecepatan Manning. Kekasaran yang dimaksudkan disini adalah suatu angka kekasaran yang dapat menghambat kecepatan aliran air di saluran. Angka tersebut lazim disebut sebagai angka kekasaran Manning.

Secara teoritis koefisien kekasaran Manning berpengaruh kepada kecepatan dan debit aliran, jika nilai hambatan besar, maka nilai kecepatan dan debit aliran menjadi mengecil. Dengan demikian kecepatan aliran tergantung pada bahan

pembentuk saluran, bila saluran dilapisi oleh tanah dimana butiran-butiran bahan pembentuk saluran seperti lempung atau lanau mempunyai efek hambatan jauh lebih kecil bila dibanding dengan bahan kasar seperti pasangan batu atau kerikil (Ichwana, Satrio dan Nurrahmi, 2003).

Bila bahan pembentuknya halus, maka nilai hambatan menjadi rendah dan relatif tidak terpengaruh dengan perubahan taraf aliran. Sebaliknya bila bahan pembentuk saluran dari pasangan batu atau kerikil, maka nilai hambatan tinggi dan terjadi baik pada pada taraf air tinggi maupun rendah (Triatmojo, 1993). Pada taraf air tinggi sebagian energi air terpakai untuk menggelincir batu-batu atau kerikil yang mengakibatkan meningkatnya hambatan aliran di dalam saluran.

2.3 Nilai Kekasaran Manning berdasarkan Geometri Sungai

Metode komponen berdasarkan geometri sungai memberikan pendekatan untuk memperkirakan n Manning yang mencakup banyak faktor penghasil kekasaran (Cowan, 1956; Chow, 1959; Benson dan Dalrymple, 1967; Arcement dan Schneider, 1989). Sebagian besar metode komponen berdasarkan geometri sungai merupakan variasi dari teknik Cowan (1956) untuk memperkirakan nilai kekasaran. Pendekatan Cowan adalah memecah perkiraan kekasaran menjadi enam factor yaitu: ukuran sedimen, derajat keseragaman, variasi penampang saluran, pengaruh bangunan penghalang, vegetasi, dan tingkat dari meander sungai. Berikut ini merupakan nilai koefisien kekasaran Manning menurut Cowan disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Koefisien Kekasaran n Manning Menurut Cowan (1956)

KEADAAN SALURAN		Harga	
Material Dasar	Tanah	n ₀	0,02
	Batu		0,025
	Gravel Halus		0,024
	Gravel kasar		0,028
Tingkat ketidak seragaman saluran	Halus	n ₁	0
	Agak Halus		0,005
	Sedang		0,01
	Kasar		0,02
Variasi Penampang melintang saluran	Lambat laun	n ₂	0
	Berubah (kadang kadang)		0,005

KEADAAN SALURAN		Harga	
	Sering Berubah		0,010-0,015
Pengaruh adanya bangunan, penyempitan, dll. Pada penampang melintang	Diabaikan	n ₃	0
	Agak berpengaruh		0,010-0,015
	Cukup berpengaruh		0,020-0,030
	Terlalu berpengaruh		0,040-0,060
Tanaman	Rendah	n ₄	0,005-0,010
	Menengah/sedang		0,010-0,015
	Tinggi		0,020-0,030
	Sangat Tinggi		0,040-0,060
Tingkat dari pada meander	Rendah	n ₅	1
	Menengah		1,15
	Tinggi		1,3

Sumber : cowan 1956

Dimana, formula yang digunakan ialah:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * n_5 \dots \dots \dots (2.5)$$

Keenam faktor kekasaran dapat ditentukan dengan observasi visual dan tidak memerlukan pengukuran lapangan meskipun tidak ada yang dapat diperkirakan. Ada studi yang menghubungkan kekasaran dengan ukuran sedimen dan kedalaman aliran. Dalam aliran dengan sedimen berukuran kerikil dan lebih besar, misalnya Jarret (1985) menggunakan koefisien kekasaran Benson dan Dalrymple untuk bahan dasar memperkirakan nilai n Manning.

2.4 Metode Penilaian Manning berdasarkan Gradasi Butiran Material Dasar Sungai

Paramater kekasaran yang digunakan sebagai satuan kekasaran untuk suatu percobaan di laboratorium, harus dapat diaplikasikan pada suatu material seperti pasir dan kerikil yang mempunyai bentuk dan variasi yang berbeda. Distribusi ukuran material diasumsikan bahwa material dengan ukuran yang besar mempunyai pengaruh yang lebih dominan daripada ukuran material yang lebih kecil (halus).

Ukuran yang biasa digunakan sebagai kesatuan kekasaran adalah d_{90} , d_{84} , d_{65} , d_{50} , d_{35} , yang dikenal dengan d_n dimana d_n adalah ukuran dari nilai tengah yang digunakan sebagai $n\%$ dari jumlah keseluruhan material, yang menjadi perbandingan antara batas tahanan dan mempunyai pengaruh yang sama terhadap

suatu tempat dan jenis aliran. Keadaan yang sesungguhnya mungkin tidak akan ditemui dengan suatu pendekatan, tetapi pendekatan ini diharapkan dapat memenuhi, sepanjang variasi skala kekasaran, distribusi ukuran sedimen, bentuk dan orientasi jarak dari suatu tempat tidak terlalu jauh perbedaannya.

2.4.1 Metode Anderson (1970)

Pada tahun 1970, Anderson menggunakan data dari 77 pengukuran debit pada saluran yang dilakukan pada percobaan laboratorium dengan ukuran sedimen pasir 0,0005 – 1,0 ft, $S < 0,01$, menggunakan material dasar adalah d_{84} yang mempunyai kisaran 0,36 – 2,6 cm; nilai bilangan Froude adalah 0,22 – 0,97; ukuran sedimen dasar mempunyai nilai 0,0005 – 1,00. Anderson memberikan pendekatan untuk menghitung angka kekasaran dengan menggunakan rumus persamaan (Simons dan Senturk, 1977):

$$n = 0,0395 (d_{50})^{1/5} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

d_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirannya lolos saringan.

n = Koefisien kekasaran

2.4.2 Metode Raudviki (1971)

Simons dan Senturk (1977) menjelaskan bahwa pada tahun 1971, Raudkivi menghitung angka kekasaran saluran dengan menggunakan rumus pendekatan:

$$n = 0,42 h^{1/6} \text{ atau } n = 0,042 d_{65}^{1/6} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

d_{65} = Diameter butiran yang 65% fraksi butirannya lolos saringan.

h = Kedalaman tinggi muka air (m)

n = Koefisien kekasaran

2.4.3 Metode Meyer

Rumus Meyer digunakan untuk material dasar campuran (ukuran butiran kasar) dan memprediksi daerah pegunungan yang terdiri dari material dasar gravel dan pasir

kasar serta kerikil, juga bongkahan batu (Simons dan Senturk, 1977). Meyer memodifikasi nilai kekasaran dengan pendekatan:

$$n = \frac{d_{50}^{1/6}}{26} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

d_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirannya lolos saringan.

n = Koefisien kekasaran.

2.4.4 Metode Subramaya

Hukum tahanan aliran yang diajukan oleh Subramaya (Simons dan Senturk, 1977) pada aliran sungai adalah persamaan kekasaran dengan menggunakan pendekatan:

$$n = 0,047 d_{50}^{1/6} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

d_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirannya lolos saringan.

n = Koefisien kekasaran.

2.4.5 Metode Bajorunas (1952)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hari Wibowo pada tahun 2017, Hari Wibowo menggunakan rumusan yang dipakai Bajorunas (1952) yaitu;

$$n = 0,034 d_{50}^{1/6} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

d_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirannya lolos saringan.

n = Koefisien kekasaran.

2.4.6 Metode Wong Parker (2006)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hari Wibowo pada tahun 2017, Hari Wibowo menggunakan rumusan yang dipakai Wong Parker (2006) yaitu;

$$n = 0,043 d_{50}^{1/6} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

d_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirannya lolos saringan.

n = Koefisien kekasaran

2.5 Pengaruh Paramter Hidraulik terhadap Koefisien Kekasaran Manning

Suatu saluran tidak harus memiliki satu nilai kekasaran saja untuk setiap keadaan. Sebenarnya nilai kekasaran sangat bervariasi dan tergantung dari berbagai faktor, antara lain: kekasaran permukaan, ketidak teraturan saluran, ukuran, bentuk saluran dan tinggi muka air serta debit aliran (Chow 1997). Faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran ialah;

1. Kekasaran Permukaan Saluran
2. Ketidak Teraturan Saluran
3. Ukuran dan Bentuk Saluran
4. Tinggi Muka Air
5. Tipe Aliran

2.5.1 Tipe Aliran

Pengaruh dari jenis aliran juga mempengaruhi dari kekasaran Manning yang didapatkan. Hal tersebut terjadi akibat adanya gaya yang akan saling bersentuhan antar penampang. Gaya tersebut adalah gaya gesek antara permukaan air dengan permukaan saluran. Akibat gaya tarik bumi terhadap aliran dinyatakan dengan rasio gaya inersia dengan gaya tarik bumi (g). Rasio ini diterapkan sebagai bilangan Froude (Fr) yang di definisikan dengan rumus (Raju Rangga. K. G, 1986):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

g = Percepatan grafitasi (m/s²)

L = Panjang karakteristik (m)

Menurut bilangan Froude tipe aliran dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus.
2. Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr<1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
3. Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr>1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan aliran relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Selain itu juga tipe aliran dapat dibedakan berdasarkan bilangan Reynolds. Perbandingan gaya inersia terhadap gaya kental (per satuan volume) dikenal dengan bilangan *Reynold* (Re) di mana persamaannya ditulis sebagai berikut (Raju Ranga. K. G, 1986):

$$Re = \frac{VL}{\nu} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

Re = Bilangan Reynolds

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

L = Panjang karakteristik (m)

ν = Kekentalan Kinematik (m^2/s)

Menurut bilangan Reynolds tipe aliran dibedakan sebagai berikut:

1. Aliran Laminer adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel cairan menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai bilangan Reynolds lebih kecil dari lima ratus ($Re < 500$).
2. Aliran Turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari dua belas ribu lima ratus ($Re > 12500$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali.
3. Aliran Transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynolds antara lima ratus hingga dua belas ribu lima ratus ($500 < Re < 12500$).

2.6 Analisis Penyimpangan Debit Perhitungan dengan Debit Terukur

Metode untuk mengukur penyimpangan menggunakan metode uji statistic *Mean Error Relative* (MER). Rumus sederhana yang sudah sering digunakan serta memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Merujuk dalam perbandingan dua buah nilai akan dihasilkan sebuah nilai galat (*error*) yang menjadi sebuah acuan penyimpangan yang terjadi dari hasil yang dihitung. Sehingga nilai persen penyimpangan debit dapat diketahui dengan menggunakan metode ini. Nilai galat *error* dapat dihitung dengan menggunakan rumus;

$$MER = \frac{\sum(\frac{O-C}{C})}{N} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

O = Debit Lapangan (m³/s)

C = Debit Perhitungan (m³/s)

N = Jumlah Data