

LAPORAN PENELITIAN

“TINJAUAN PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN DRAINASE”

Fransiska Yustiana, MT



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2018**

TINJAUAN PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN DRAINASE

Fransiska Yustiana¹, Resha Aditya Mahendra²

Institut Teknologi Nasional
fransiskayustiana@yahoo.com

Intisari

Sedimen dasar tidak hanya menyebabkan pendangkalan atau dimensi saluran berkurang, tetapi juga ditengarai menyebabkan kecepatan aliran berkurang. Penelitian Tofan dan Fransiska (2017) menunjukkan bahwa nilai kecepatan hasil pengukuran *currentmeter* pada saluran drainase dengan sedimentasi setebal 40 cm cenderung lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan yang dihitung dari debit rencana saluran tersebut.

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran kecepatan langsung di lapangan, yaitu pada jaringan drainase Soreang – Kabupaten Bandung. Kecepatan aliran diukur menggunakan *currentmeter* pada titik 0,2h, 0,6h dan 0,8h. Kecepatan hasil pengukuran *currentmeter* dipakai sebagai nilai kecepatan acuan. Kecepatan acuan dibandingkan dengan kecepatan hitungan rumus manning dengan manning yang bervariasi. Koefisien manning dihitung menggunakan rumus Stickler (1923), rumus Meyer-Peter & Muller (1948), rumus Lane & Carlson (1953), rumus Limerinos (1970), rumus Bray (1979), rumus Brownlie (1983) dan rumus Bruschin (1985).

Manning yang ditentukan dengan menggunakan diameter sedimen memberikan nilai lebih besar dari pada nilai manning dari saluran dengan lapisan beton. Hal ini akan mempengaruhi dalam perhitungan kecepatan dan penentuan dimensi saluran saat perencanaan. Persamaan Lane dan Carlson memberikan nilai hitungan kecepatan dan nilai manning yang paling sesuai dengan hasil pengukuran di lapangan. Hal itu dibuktikan dengan nilai faktor koreksi yang mendekati nilai 1.

Kata kunci : kecepatan, koefisien manning, diameter sedimen.

PENDAHULUAN

Pemanasan global ternyata sudah berdampak di daerah tropis demikian juga di Indonesia. Pemanasan global di daerah tropis memberikan dampak pada peningkatan suhu, peningkatan intensitas hujan, dan peningkatan permukaan air laut. Bandung dan sebagian wilayah di Pulau Jawa mengalami dampak peningkatan intensitas hujan yang cukup tinggi serta frekuensi hujan yang lebih sering. Hal tersebut berpotensi terjadinya aliran permukaan yang sangat besar, mengingat daerah resapan makin berkurang dan permukaan kedap air makin banyak di beberapa kota di Pulau Jawa, terutama di kota-kota besar. Aliran permukaan yang tidak tertampung dalam saluran drainase akan tetap melimpas di permukaan sehingga menyebabkan adanya banjir atau genangan yang cukup

tinggi. Aliran permukaan yang meluap dari saluran bukan hanya akibat debit limpasan yang meningkat tetapi juga akibat kapasitas saluran yang berkurang.

Saluran drainase pada umumnya minim pemeliharaan sehingga sering dijumpai adanya sampah, vegetasi dan sedimentasi. Hal itulah yang membuat kapasitas saluran drainase berkurang dan aliran air dalam saluran terhambat sehingga air meluap dari permukaan saluran. Sedimen pada dasar saluran merupakan fenomena alami yang menjadi penyebab utama dari berkurangnya kapasitas saluran secara permanen jika tidak dilakukan pemeliharaan. Sedimen yang selalu bertambah menyebabkan pendangkalan atau dimensi saluran berkurang.

Sedimen dasar tidak hanya menyebabkan pendangkalan atau dimensi saluran berkurang, tetapi juga ditengarai menyebabkan kecepatan aliran berkurang. Penelitian Tofan dan Fransiska (2017) menunjukkan bahwa nilai kecepatan hasil pengukuran *currentmeter* pada saluran drainase dengan sedimentasi setebal 40 cm cenderung lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan yang dihitung dari debit rencana saluran tersebut. Hal itu menunjukkan bahwa keberadaan sedimen dasar menyebabkan kecepatan berkurang. Jika kecepatan dan dimensi saluran berkurang maka debit yang bisa ditampung pada saluran drainase juga pasti berkurang. Penelitian ini akan meninjau penentuan kecepatan aliran dengan berbagai nilai koefisien manning yang dihitung berdasarkan nilai diameter sedimen dasar yang terdapat pada saluran drainase.

TINJAUAN PUSTAKA

Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur di tengah saluran dengan menggunakan currentmeter. Pengukuran dilakukan pada titik 0,2h, 0,6h dan 0,8h (h adalah kedalaman saluran). Kecepatan dipengaruhi tegangan geser di dasar dan dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas. Kecepatan pada kedalaman 0,2 h mewakili kecepatan tertinggi yang dekat dengan permukaan bebas sedangkan kecepatan di 0,8h mewakili kecepatan di dekat dasar saluran. Kecepatan rata-rata aliran dihitung dengan 1, 2 dan 3 titik dengan persamaan berikut ini.

$$\bar{V}_1 = V_{0.6H} \quad (1)$$
$$\bar{V}_2 = \frac{0.5(V_{0.2H} + V_{0.8H})}{2} \quad (2)$$
$$\bar{V}_3 = \frac{0.5(V_{0.2H} + V_{0.8H}) + V_{0.6H}}{3} \quad (3)$$

dengan:

\bar{V}_1 = Kecepatan rata-rata dari 1 titik (m/s).

\bar{V}_2 = Kecepatan rata-rata dari 2 titik (m/s).

\bar{V}_3 = Kecepatan rata-rata dari 3 titik (m/s).

$V_{0.2H}$ = Kecepatan aliran pada titik 0,2 h (m/s).

$V_{0.6H}$ = Kecepatan aliran pada titik 0,6 h (m/s).

$V_{0.8H}$ = Kecepatan aliran pada titik 0,8 h (m/s).

Rumus Kecepatan Manning

Kecepatan dihitung berdasarkan nilai manning dari dasar saluran dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

dengan:

V = kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan dasar saluran.

Koefisien Manning

Kekasaran dasar saluran sangat mempengaruhi kecepatan aliran. Pada rumus manning menunjukkan bahwa makin besar nilai manning maka kecepatan aliran makin kecil dan sebaliknya. Penentuan nilai manning sangat berpengaruh pada penentuan dimensi saluran. Berikut ini nilai manning berdasarkan

Tabel 1. Nilai manning saluran.

Material	Typical Manning roughness coefficient
Concrete	0.012
Gravel bottom with sides — concrete	0.020
— mortared stone	0.023
— riprap	0.033
Natural stream channels	
Clean, straight stream	0.030
Clean, winding stream	0.040
Winding with weeds and pools	0.050
With heavy brush and timber	0.100
Flood Plains	
Pasture	0.035
Field crops	0.040
Light brush and weeds	0.050
Dense brush	0.070
Dense trees	0.100

Kecepatan aliran tergantung pada bahan pembentuk dasar saluran. Dasar saluran yang dipenuhi sedimen menyebabkan nilai manning berubah, bukan lagi manning yang direncanakan tetapi berubah sesuai dengan kekasaran butiran-butiran bahan pembentuk sedimen saluran tersebut. Nilai koefisien manning bisa ditentukan berdasarkan diameter sedimen. Berikut ini rumus koefisien manning yang ditentukan berdasarkan diameter sedimen D_{50} .

rumus Stickler (1923):

$$n_{st} = \frac{d_{50}^{\frac{1}{6}}}{21.1} \quad (5)$$

rumus Meyer(1948):

$$n_m = \frac{d_{90}^{\frac{1}{6}}}{26} \quad (6)$$

Rumus Lane and Carlson (1953) :

$$n_{lc} = \frac{d_{75}^{\frac{1}{6}}}{21.14} \quad (7)$$

rumus Simons dan Senturk (1977):

$$n_{ss} = 0,0395(d_{50})^{1/5} \quad (8)$$

Rumus Limerinos (1970) :

$$n_{li} = \frac{0,113y_o^{\frac{1}{6}}}{1,09 + 2,2 \log_{10} \frac{y_o}{d_{50}}} \quad (9)$$

Rumus Bray (1979) :

$$n_{by} = \frac{0,113R^{\frac{1}{6}}}{0,35 + 2 \log_{10} \frac{R}{d_{50}}} \quad (10)$$

rumus Brownlie (1983)

$$n_{bw} = \left[1,893 \left(\frac{R}{d_{50}} \right)^{0,1374} x S_o^{0,1112} \right] x 0,034(d_{50})^{0,167} \quad (11)$$

Rumus Bruschin (1985)

$$n_{bs} = \frac{d_{50}^{\frac{1}{6}}}{12,38} x \left(\frac{R}{d_{50}} x S_o \right)^{\frac{1}{7,3}} \quad (12)$$

Dengan :

d_{50} = Diameter butiran yang fraksi butirannya lolos saringan no.50.

d_{75} = Diameter butiran yang fraksi butirannya lolos saringan no.75.

d_{90} = Diameter butiran yang fraksi butirannya lolos saringan no.90.

R = jari-jari hidrolis

S_o = kemiringan dasar saluran

y_o = Kedalaman aliran.

n_{st} = manning dengan rumus Stickler

n_m = manning dengan rumus Meyer

n_{lc} = manning dengan rumus Lane dan Carlson

n_{ss} = manning dengan rumus Simon dan Sentruck

n_{li} = manning dengan rumus Limerinos

n_{by} = manning dengan rumus Bray

n_{bw} = manning dengan rumus Brownlie

n_{bs} = manning dengan rumus Bruschin

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran kecepatan langsung di lapangan, yaitu pada jaringan drainase di daerah Soreang – Kabupaten Bandung. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan *currentmeter*. Pengukuran dilakukan dengan metoda pengukuran pada titik 0,2h, 0,6h dan 0,8h. Kecepatan hasil pengukuran Currentmeter dihitung menggunakan peramaan (1), (2) dan (3). Kecepatan hasil pengukuran *currentmeter* selanjutnya akan dipakai sebagai nilai kecepatan acuan. Kecepatan acuan dibandingkan dengan hitungan

rumus kecepatan manning dengan 9 variasi manning, yaitu manning dari tabel dan maning yang dihitung dengan persamaan (6) sampai dengan (13).

Penentuan rumus manning dilakukan dengan membandingkan nilai manning acuan dengan nilai manning baik dari tabel maupun manning hasil hitungan berdasarkan diameter sedimen. Manning acuan diperoleh dengan membandingkan rumus manning dengan kecepatan acuan. Nilai manning yang terbaik memiliki nilai faktor koreksi terkecil atau persentase rasio mendekati angka 100%.

Diameter sedimen diperoleh dengan melakukan pengambilan sedimen dasar langsung dari dasar saluran drainase. Butiran sedimen dipilah dengan menggunakan analisa saringan sehingga diketahui berat sedimen yang lolos dari masing-masing ukuran diameter saringan. Nilai d_{50} , d_{75} dan d_{90} dihitung dari persentase perbandingan antara berat yang tertahan masing-masing nomor saluran dengan berat total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan Acuan.

Kecepatan acuan diukur dari pengukuran di lapangan menggunakan *currentmeter* pada kedalaman 0,2h, 0,6h dan 0,8h. Nilai kecepatan rata-rata dihitung menggunakan persamaan (1), (2) dan (3) seperti tersaji pada Tabel 2. Kecepatan acuan dipilih berdasarkan hitungan persamaan (3) atau pengukuran kecepatan rata-rata berdasar tiga titik. Nilai kecepatan dari v_3 dipilih karena tidak terlalu besar maupun terlalu kecil, sehingga dianggap mewakili kecepatan aliran rata-rata dan nilai kecepatan lebih mendekati nilai kecepatan masing-masing titik pengukuran.

Tabel 2. Data Kecepatan Acuan Saluran Drainase

No	Lokasi (Nama Jalan)	Penampang Saluran		Kecepatan Aliran			Kecepatan Rata-rata		
		b(m)	h(m)	0.2h	0.6h	0.8h	V_1	V_2	V_3
1	Soreang – Kopo	1	0.64	0.50	0.60	0.50	0.60	0.50	0.55
2	Gading tutuka	0.80	0.36	0.50	0.40	0.40	0.40	0.45	0.425
3	Gading tutuka - Soreang	1	0.43	0.40	0.50	0.50	0.50	0.45	0.475
4	Banjaran - Soreang	0.90	0.26	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
5	Cincin - Soreang	0.80	0.41	0.40	0.40	0.50	0.50	0.45	0.475

Koefisien Manning

Nilai manning berikut ini ditentukan berdasarkan diameter sedimen, yaitu diameter butiran yang fraksi butirannya lolos saringan nomor 50, 75 dan 90 (d_{50} , d_{75} dan d_{90}). Manning dihitung menggunakan persamaan (5) sampai dengan (13) sehingga diperoleh hasil sebagaimana pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Koefisien Manning Berdasarkan Diameter Sedimen

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Stickler	0.071	0.074	0.083	0.087	0.087	0.080
Meyer Peter & Muller	0.049	0.049	0.056	0.063	0.062	0.056
Lane & Carlson	0.063	0.064	0.073	0.080	0.080	0.072
Simon & Sentruck	0.065	0.068	0.077	0.081	0.082	0.075
Limerinos	0.230	0.228	0.241	0.233	0.240	0.235
Bray	0.087	0.083	0.087	0.082	0.087	0.085
Brownlie	0.035	0.031	0.036	0.033	0.032	0.034
Bruschin	0.039	0.035	0.040	0.037	0.035	0.037

Hasil hitungan menunjukkan bahwa nilai manning pada dasar saluran bersedimen cenderung lebih besar dari nilai manning saluran dengan lapisan beton (manning pada table 1). Nilai terbesar adalah hasil hitungan persamaan Limerinos sedangkan nilai terkecil dihasilkan persamaan Brownlie.

Kecepatan dengan Rumus Manning

Kecepatan dihitung menggunakan persamaan (2) sehingga diperoleh hasil hitungan pada Tabel.4 berikut ini

Tabel 4. Kecepatan Dihitung dengan Rumus Manning

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Tabel	2.248	1.278	2.147	1.426	1.219	1.664
Stickler	0.630	0.343	0.520	0.329	0.280	0.421
Meyer Peter& Muller	0.920	0.525	0.764	0.452	0.392	0.611
Lane & Carlson	0.715	0.400	0.590	0.354	0.304	0.473
Simon & Sentruck	0.696	0.376	0.559	0.350	0.298	0.456
Limerinos	0.196	0.112	0.178	0.122	0.102	0.142
Bray	0.519	0.306	0.492	0.349	0.279	0.389
Brownlie	1.277	0.813	1.198	0.861	0.763	0.983
Bruschin	1.142	0.813	1.067	0.774	0.697	0.899

Hasil hitungan kecepatan berbanding terbalik dengan hasil hitungan manning. Jika nilai manning besar maka nilai kecepatan kecil. Kecepatan terbesar dihitung menggunakan nilai manning berdasarkan table, sedangkan nilai kecepatan terkecil dihitung menggunakan persamaan manning dari Limerinos. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan manning akan mempengaruhi hasil hitungan kecepatan dan pada akhirnya akan mempengaruhi penentuan dimensi saluran. Nilai manning yang kecil akan menghasilkan dimensi saluran yang kecil. Hal ini bisa mempengaruhi kemampuan saluran menampung air drainase saat dioperasikan di lapangan.

Faktor koreksi dibutuhkan agar mempermudah dalam menghitung kecepatan sesungguhnya dilapangan yang dibandingkan dengan kecepatan hasil hitungan. Faktor koreksi dihitung dengan rumus $V_{hitung} \times f = V_{acuan}$

Tabel 5. Faktor Koreksi Kecepatan Hitungan terhadap Kecepatan Acuan

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Tabel	0.245	0.333	0.221	0.281	0.390	0.294
Stickler	0.873	1.238	0.913	1.216	1.694	1.187
Meyer Peter& Muller	0.598	0.809	0.622	0.885	1.213	0.825
Lane & Carlson	0.769	1.062	0.805	1.128	1.564	1.066
Simon & Sentruck	0.790	1.129	0.850	1.143	1.594	1.101
Limerinos	2.810	3.796	2.671	3.271	4.678	3.445
Bray	1.060	1.387	0.966	1.146	1.704	1.253
Brownlie	0.431	0.522	0.396	0.465	0.622	0.487
Bruschin	0.482	0.575	0.445	0.517	0.682	0.540

Nilai manning yang memberikan hasil hitungan kecepatan sesuai dengan kecepatan di lapangan (acuan) adalah nilai manning yang memiliki koefisien koreksi kecepatan mendekati satu ($f \approx 1$). Hal tersebut ditunjukkan oleh persamaan Lane & Carlson.

Perbandingan antara kecepatan hasil hitungan terhadap kecepatan acuan diperlukan untuk mendapatkan metoda yang memberikan nilai manning yang memberikan hasil hitungan kecepatan mendekati hasil pengukuran di lapangan. Sehingga metoda tersebut dapat digunakan untuk penentuan dimensi saluran. Persamaan yang paling sesuai adalah persamaan yang memiliki nilai perbandingan mendekati angka 100%. Hasil pada table 6 menunjukkan bahwa persamaan Lane dan Carlson memberikan hasil yang cenderung mendekati kecepatan di lapangan.

Tabel 6. Persentase Kecepatan Rumus Manning terhadap Kecepatan Acuan

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Tabel	408.741	300.607	452.061	356.416	256.632	354.891
Stickler	114.513	80.787	109.541	82.255	59.033	89.226
Meyer Peter& Muller	167.298	123.608	160.844	112.963	82.471	129.437
Lane & Carlson	129.987	94.201	124.192	88.622	63.931	100.187
Simon & Sentruck	126.588	88.567	117.628	87.471	62.735	96.598
Limerinos	35.589	26.346	37.438	30.570	21.376	30.264
Bray	94.338	72.091	103.507	87.276	58.688	83.180
Brownlie	232.199	191.395	252.307	215.223	160.727	210.370
Bruschin	207.684	173.852	224.665	193.438	146.677	189.263

Faktor koreksi Manning

Faktor koreksi dibutuhkan agar mempermudah dalam menghitung kecepatan sesungguhnya dilapangan yang dibandingkan dengan kecepatan hasil hitungan. Faktor koreksi dihitung dengan rumus $n_{hitung} xf = n_{acuan}$

Tabel 7. Faktor Koreksi Nilai Manning dari Beberapa Persamaan.

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Tabel	4.087	3.006	4.521	3.564	2.566	3.549
Stickler	1.145	0.808	1.095	0.823	0.590	0.892
Meyer Peter& Muller	1.673	1.236	1.608	1.130	0.825	1.294
Lane & Carlson	1.300	0.942	1.242	0.886	0.639	1.002
Simon & Sentruck	1.266	0.886	1.176	0.875	0.627	0.966
Limerinos	0.356	0.263	0.374	0.306	0.214	0.303
Bray	0.943	0.721	1.035	0.873	0.587	0.832
Brownlie	2.322	1.914	2.523	2.152	1.607	2.104
Bruschin	2.077	1.739	2.247	1.934	1.467	1.893

Persamaan Lane dan Carlson memberikan nilai faktor koreksi yang mendekati angka 1. Nilai faktor koreksi terbesar dihasilkan oleh manning hasil hitungan persamaan Limerinos. Nilai faktor koreksi terbesar dihasilkan oleh

manning berdasarkan tabel, sekaligus dianggap yang memberikan nilai manning paling jauh dari nilai manning acuan.

Persamaan perhitungan manning yang bisa mewakili kekasaran dasar saluran di lapangan adalah persamaan Lane dan Carlson. Persamaan Lane dan Carlson berulang kali memberikan nilai faktor koreksi yang mendekati satu, baik dalam perhitungan kecepatan maupun dalam perhitungan manning. Carlson juga memiliki persentase perbandingan yang mendekati 100%, baik dalam perhitungan kecepatan maupun dalam perhitungan manning.

Tabel 8. Persentase Manning Hasil Hitungan terhadap Nilai Manning Acuan

Rumus Manning	Soreang -Kopo	Gading tutuka	Gading tutuka - Soreang	Banjaran - Soreang	Cincin - Soreang	Rata-rata
Tabel	24.465	33.266	22.121	28.057	38.966	29.375
Stickler	87.326	123.782	91.290	121.573	169.396	118.673
Meyer Peter& Muller	59.774	80.901	62.172	88.525	121.254	82.525
Lane & Carlson	76.931	106.156	80.520	112.839	156.418	106.573
Simon & Sentruck	78.996	112.909	85.014	114.324	159.399	110.129
Limerinos	280.987	379.565	267.106	327.120	467.819	344.519
Bray	106.002	138.713	96.612	114.579	170.392	125.260
Brownlie	43.066	52.248	39.634	46.463	62.217	48.726
Bruschin	48.150	57.520	44.511	51.696	68.177	54.011

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian ini diharapkan akan memberikan pengetahuan bahwa sedimen dasar tidak hanya menyebabkan pendangkalan atau berkurangnya dimensi saluran tetapi juga membuat kecepatan aliran di dalam saluran drainase berkang hingga 400% (jika manning ditetapkan dengan tabel).
- Kecepatan aliran berkang karena dasar saluran yang direncanakan sudah tertutup dengan sedimen sehingga kekasaran dasar saluran pun berubah, yaitu sesuai dengan gradasi sedimen dasar. Persamaan yang menentukan nilai Manning dengan baik adalah persamaan Lane dan Carlson.
- Penelitian ini akan memberikan koreksi dalam penentuan nilai koefisien manning dalam perencanaan saluran drainase sesuai Tabel 5 dan Tabel 7.

Saran :

Pemeliharaan saluran Drainase harus dilakukan secara berkala terutama melakukan pengeringan sedimen dasar. Kekasaran sedimen dasar harus selalu

diusahakan sesuai dengan kondisi awal perencanaan sehingga kecepatan aliran tetap sesuai dengan kecepatan yang direncanakan.

Daftar Pustaka

- Einstein H.A., et all, 1952, *River Channel Roughness*, American Society of Civil Engineering
- Ghani Aminuddin AB., et all, 2007, *Revised Equation for Manning's Coeficient for Sand Bed Rivers*, International Journal River Basin Management, Volume 5, No 4, pp329-346, IAHR
- Hickin Edward J., 1984, *River Hydraulic and Channel Form*,