Akurasi Waktu Konsentrasi Model Manning's dalam Pendugaan Limpasan Permukaan Berdasarkan Metode Rasional

(Manning's Model Concentration Time Accuracy in Estimating Surface Runoff Based on Rational Method)

Dian Kamisna¹, Syahrul¹, Devianti^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: devianti@unsyiah.ac.id

Abstrak. Analisis debit limpasan permukaan menjadi salah satu bagian terpenting dalam perencanaan desain dan pemilihan bangunan pengendali erosi yang terbaik. Pendugaan debit limpasan dapat dilakukan dengan menggunakan metode, salah satunya adalah metode rasional. Metode rasional adalah rumus perhitungan debit paling tua dengan parameter yang dibutuhkan yaitu koefisien limpasan (C), Intensitas Hujan (I), dan luas lahan (A). Penentuan intensitas hujan membutuhkan waktu konsentrasi dimana waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan air hujan dari titik terjauh ke titik yang ingin ditinjau. Penentuan waktu konsentrasi sangat mempengaruhi hasil debit limpasan, sehingga ketepatan nilai waktu konsentrasi sangat penting. Debit limpasan diamati pada lahan perkebunan kurma di dalam plot uji dengan ukuran panjang 22 m dan lebar 4 m pada kemiringan lahan 25% dengan jarak tanam pohon kurma 8m x 8m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu konsentrasi tepat terhadap pendugaan limpasan permukaan, dapat dilihat dari hasil waktu konsentrasi model Manning's menggunakan metode rasional menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) dan nilai determinasi (R^2) yang akurat. Nilai korelasi (r) yang didapatkan 0,9901 sehingga dari hasil tersebut termasuk kedalam tingkat hubungan yang sangat kuat antara pengukuran limpasan secara aktual dengan pendugaan limpasan secara prediksi, dan nilai determinasi (R^2) 0,9804 sehingga dari hasil tersebut menyatakan bahwa prediksi metode ini termasuk ke dalam prediksi yang sangat baik.

Kata Kunci : Limpasan Permukaan, Waktu Konsentrasi, Metode Rasional.

Abstract. The analysis of surface runoff is one of the most important parts in planning the design and selection of the best erosion control building. Estimation of runoff discharge can be done by using methods, one of which is the rational method. The rational method is the oldest discharge calculation formula with the required parameters, namely runoff coefficient (C), Rain Intensity (I), and land area (A). Determination of rain intensity requires concentration time where concentration time is the time required for rainwater to travel from the farthest point to the point you want to review. Determination of the time of concentration greatly affects the results of runoff, so the accuracy of the time value of concentration is very important. The runoff discharge was observed on the date palm plantations in the test plot with a length of 22 m and a width of 4 m on a land slope of 25% with a date palm tree spacing of 8 m x 8 m. The results showed that the exact concentration time for the estimation of surface runoff, can be seen from the results of the Manning's model concentration time using the rational method to produce an accurate correlation coefficient (r) and determination value (R^2). The correlation value (r) obtained is 0.9901 so that from these results it is included in the level of a very strong relationship between the actual runoff measurement and the predicted runoff estimate, and the determination value (R^2) is 0.9804 so that the results state that the prediction of this method included in very good predictions.

Keywords: Surface Runoff, Time of Concentration, Rational Method

PENDAHULUAN

Sebagai bagian dari daur hidrologi, limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan komponen yang sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya debit sungai. Limpasan permukaan berasal dari bagian curah hujan yang tidak masuk ke dalam tanah, sehingga mengalir di permukaan. Karakteristik daerah yang berpengaruh terhadap besarnya limpasan air permukaan antara lain adalah topografi, ordo tanah dan penggunaan lahan atau penutup lahan. Proses terjadinya limpasan permukaan ketika hujan turun berlangsung terus menerus sampai mencapai suatu taraf dimana intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah, dan cekungan – cekungan juga sudah terpenuhi oleh air maka akan terjadi limpasan permukaan. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya limpasan permukaan adalah intensitas hujan, topografi, luas daerah aliran sungai dan tata guna lahan (Soemarno, 2016).

Besaran limpasan permukaan dapat dilakukan dengan dua cara, yang pertama adalah mengukur secara di lapangan dengan pembuatan plot dan yang kedua dengan memprediksi limpasan permukaan. Metode yang digunakan untuk menganalisa dan memprediksi besaran limpasan permukaan salah satunya adalah metode rasional. Menurut Asdak (2014) Metode rasional merupakan metode untuk menghitung debit limpasan, debit sungai dan debit banjir, Parameter yang di butuhkan yaitu koefisien limpasan, intensitas hujan dan luas daerah aliran sungai. Salah satu parameter dari intensitas hujan membutuhkan waktu konsentrasi (t_c). Adapun metode waktu konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode waktu konsentrasi Manning's.

Waktu Konsentrasi Model Manning (Arcement, 1989) untuk menghitung kecepatan rata-rata. Parameter yang dibutuhkan yaitu Kecepatan (v), jari – jari hidrolis (R), Jari-jari hidrolis membutuhkan luas penampang (A) dan parameter basah (P), dimana penampang yang digunakan pada penelitian ini yaitu penampang persegi panjang, kemiringan saluran (S), dan koefisien kekasaran manning (n).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di PT. Kebun Kurma Lembah Barbatee yang berada di Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2020 sampai dengan November 2020.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi ombrometer, gelas ukur, cangkul, parang, plat seng, bak gabus penampung air limpasan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah, air limpasan yang tertampung pada bak penampung dan data curah hujan.

Metode Pelaksanaan

1. Pembuatan Plot Penelitian

Plot penelitian yang di rancang yaitu plot pada perkebunan kurma yang berumur 4 tahun dengan luas plot penelitian (4 m x 22 m). Luas keseluruhan plot adalah 88 m² serta kemiringan lereng 25% yang mengarah ke Timur. Pembatas plot erosi yang digunakan yaitu plat seng dengan lebar 45 cm yang dibenamkan ke tanah sedalam 30 cm, sehingga

ketinggian pembatas plot erosi adalah 15 cm dari permukaan tanah, hal ini dilakukan untuk menghindari keluarnya air dari samping plot dan masuknya air dari luar plot penelitian.

Gambar 1. Plot Penelitian

4. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan di lapangan berupa pengambilan sampel tanah untuk analisis sifat tanah, pencatatan curah hujan dengan menggunakan Ombrometer serta mengukur limpasan permukaan yang tertampung pada bak penampung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah pada Plot Penelitian

Jenis tanah di lokasi penelitian termasuk jenis tanah Ultisol, yang memiliki porositas tanah dengan nilai 0,43., struktur tanah granular dengan nilai 2,2%. Permeabilitas tanah 1,84 cm/jam. dan tekstur tanah lempung berpasir dengan persentase fraksi debu 30%, pasir 60% dan fraksi liat 10% serta kandungan C organik 1,35%.

Curah Hujan

Pengukuran curah hujan hanya dilakukan pada saat terjadinya hujan, dalam penelitian ini pengukuran curah hujan menggunakan alat pengukur ombrometer dengan satuannya adalah millimeter (mm) dan selama penelitian hanya terjadi 37 hari hujan seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Selama Penelitian

NO	Tanggal	CH (mm)
1	11/03/2020	11,46
2	15/03/2020	9,55
3	16/03/2020	15,29
4	18/03/2020	22,93
5	19/03/2020	7,64
6	21/03/2020	5,73
7	22/03/2020	37,58
8	27/03/2020	1,27
9	28/03/2020	38,85
10	01/04/2020	1,91
11	03/04/2020	1,91
12	09/04/2020	11,46

13	13/04/2020	6,37
14	18/04/2020	16,18
15	24/04/2020	28,03
16	25/04/2020	22,93
17	26/04/2020	42,04
18	27/04/2020	38,22
19	29/04/2020	7,01
20	30/04/2020	2,55
21	08/05/2020	12,10
22	09/05/2020	3,18
23	15/05/2020	8,28
24	21/05/2020	8,92
25	23/05/2020	3,82
26	24/05/2020	7,01
27	26/05/2020	8,28
28	28/05/2020	23,57
29	29/05/2020	14,01
30	31/05/2020	5,1
31	03/06/2020	12
32	12/06/2020	31
33	19/06/2020	36
34	26/06/2020	54
35	06/09/2020	23
36	04/11/2020	42
37	26/11/2020	60

Tabel 1 memperlihatkan curah hujan yang terjadi selama penelitian berlangsung dari bulan Maret 2020 sampai November 2020 dengan total jumlah curah hujan 681,18 mm. Curah hujan relatif bervariasi mulai dari curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 26 November 2020 yaitu 60 mm dan curah hujan terendah terjadi pada tanggal 27 Maret 2020 dengan nilai curah hujan 1,27 mm dengan selisih curah hujan 58,73 mm. Sedangkan untuk curah hujan rata-rata selama penelitian adalah sebesar 18,41 mm.

Limpasan Permukaan Aktual

Limpasan permukaan didapatkan dengan cara mengambil air limpasan yang tertampung pada bak penampungan plot erosi yang berada pada ujung plot yaitu reservoir. Pengukuran air limpasan dilakukan pada jam 07.00 Wib pagi setelah hari sebelumnya hujan, kemudian air limpasan diukur dengan menggunakan gelas ukur dengan satuan mililiter (ml) kemudian diubah menjadi milimeter (mm). Hasil pengukuran limpasan permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Limpasan Permukaan Aktual Selama Penelitian

NO	Tanggal	Limpasan (mm)
1	11/03/2020	0,44
2	15/03/2020	0,26
3	16/03/2020	0,57
4	18/03/2020	0,77

5	19/03/2020	0,31
6	21/03/2020	0,19
7	22/03/2020	1,31
8	27/03/2020	0
9	28/03/2020	1,30
10	01/04/2020	0
11	03/04/2020	0
12	09/04/2020	0,33
13	13/04/2020	0,16
14	18/04/2020	0,48
15	24/04/2020	0,88
16	25/04/2020	0,82
17	26/04/2020	1,46
18	27/04/2020	1,33
19	29/04/2020	0,23
20	30/04/2020	0
21	08/05/2020	0,29
22	09/05/2020	0,11
23	15/05/2020	0,22
24	21/05/2020	0,28
25	23/05/2020	0,13
26	24/05/2020	0,25
27	26/05/2020	0,28
28	28/05/2020	0,79
29	29/05/2020	0,48
30	31/05/2020	0,18
31	03/06/2020	0,36
32	12/06/2020	1,34
33	19/06/2020	1,3
34	26/06/2020	1,98
35	06/09/2020	0,91
36	04/11/2020	1,30
37	26/11/2020	2,36

Berdasarkan Tabel 2 rata – rata curah hujan yang terjadi selama penelitian adalah 18,41 mm sehingga menghasilkan rata – rata limpasan adalah 0,6324 mm dengan persentase limpasan sebesar 8,84%. Selisih antara curah hujan dengan limpasan adalah 0,48 mm sehingga sebahagian air hujan yang tidak menjadi limpasan akan menjadi air perkolasi atau menuju air bawah tanah dan sebagiannya lagi akan terjadi evapotrasnpirasi. Limpasan terendah terjadi pada tanggal 9 Mei 2020 dengan limpasan 0,11 mm dan curah hujannya yaitu 3,18 mm, kemudian limpasan tertinggi terjadi pada tanggal 26 November 2020 dengan nilai limpasan 2,36 mm dan curah hujannya yaitu 60 mm, kemudian tidak terjadinya limpasan pada tanggal 27 maret 2020 dengan curah hujan 1,27 mm disebabkan karena curah hujan yang rendah dan empat hari sebelumnya tidak terjadinya hujan

sehingga infiltrasi yang terjadi tinggi dan porositas tanah masih bisa menyimpan air. Hal yang sama juga terjadi pada tanggal 01 April 2020 dan 03 April 2020 dengan curah hujan yang sama yaitu 1,93 mm. Pada 30 April 2020 juga tidak terjadi limpasan disebabkan curah hujan yang rendah yaitu 2,55 mm.

Hubungan Limpasan Dan Curah Hujan

Adapun hubungan curah hujan terhadap limpasan permukaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Limpasan dan Curah Hujan Selama Penelitian

NO	Tanggal Hari Hujan	CH (mm)	Limpasan (mm)
1	11/03/2020	11,46	0,44
2	15/03/2020	9,55	0,26
3	16/03/2020	15,29	0,57
4	18/03/2020	22,93	0,77
5	19/03/2020	7,64	0,31
6	21/03/2020	5,73	0,19
7	22/03/2020	37,58	1,31
8	27/03/2020	1,27	0
9	28/03/2020	38,85	1,30
10	01/04/2020	1,91	0
11	03/04/2020	1,91	0
12	09/04/2020	11,46	0,33
13	13/04/2020	6,37	0,16
14	18/04/2020	16,18	0,48
15	24/04/2020	28,03	0,88
16	25/04/2020	22,93	0,82
17	26/04/2020	42,04	1,46
18	27/04/2020	38,22	1,33
19	29/04/2020	7,01	0,23
20	30/04/2020	2,55	0
21	08/05/2020	12,10	0,29
22	09/05/2020	3,18	0,11
23	15/05/2020	8,28	0,22
24	21/05/2020	8,92	0,28
25	23/05/2020	3,82	0,13
26	24/05/2020	7,01	0,25
27	26/05/2020	8,28	0,28
28	28/05/2020	23,57	0,79
29	29/05/2020	14,01	0,48
30	31/05/2020	5,1	0,18
31	03/06/2020	12	0,36
32	12/06/2020	31	1,34
33	19/06/2020	36	1,3
34	26/06/2020	54	1,98
35	06/09/2020	23	0,91
36	04/11/2020	42	1,30
37	26/11/2020	60	2,36

Berdasarkan Tabel 3 curah hujan yang menyebabkan terjadinya limpasan berjumlah 33 kali dan 4 kali tidak terjadinya limpasan dengan total curah hujan sebesar 681,18 mm dan rata-rata 18,41 mm. Adapun keseluruhan limpasan yang terjadi 23,4 mm dan rata-rata limpasan 0,63 mm. Curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 26 November

2020 yaitu 60 mm dengan limpasan sebesar 2,36 mm dan curah terendah terjadi pada tanggal 27 Maret 2020 yaitu 1,27 mm dengan tidak terjadinya limpasan.

Limpasan permukaan tidak terjadi pada curah hujan dibawah 3 mm walaupun pada hari sebelumnya terjadi limpasan yang besar seperti pada tanggal 28 Maret 2020. Hal demikian dapat dilihat pada tanggal 1 dan 3 April 2020 dengan curah hujan yang sama yaitu 1,91 mm, limpasan pada curah hujan tersebut tidak terjadi disebabkan hujan yang jatuh langsung terinfiltrasi sehingga tidak sampai masuk ke bak penampung. Kemudian tidak selamanya Curah hujan yang tinggi limpasan yang terjadi juga tinggi adakalanya curah hujan tinggi tetapi limpasannya rendah, misalnya yang terjadi pada 11 Maret dan 09 April dimana dengan curah hujan yang sama yaitu 11,46 mm tetapi menghasilkan limpasan yang berbeda, limpasan yang terjadi pada tanggal 11 Maret lebih besar yaitu 0,44 mm sedangkan limpasan yang terjadi pada tanggal 09 April yaitu 0,33 mm hal ini disebabkan sebelum tanggal 9 April memiliki selisih 6 hari tidak terjadinya hujan sehingga pori-pori tanah masih bisa menyimpan air sedangkan pada 11 Maret karena terjadi hujan di hari sebelumnya, sehingga air yang terinfiltrasi lebih sedikit dan langsung menjadi limpasan.

Analisis Waktu Konsentrasi Metode Manning's

Adapun untuk menghitung waktu konsentrasi metode Manning's membutuhkan parameter jari-jari hidrolis yang didapatkan dari luas penampang (A) dan parameter basah (P). Penampang yang digunakan pada penelitian ini yaitu persegi panjang, dengan luas penampang (A) menggunakan persamaan 22, dimana lebar dasar saluran (b) yaitu 0,568 m dan kedalaman aliran (y) yaitu 0,284 m. Adapun untuk mendapatkan nilai parameter basah (P) didapatkan dengan menggunakan persamaan 23, sehingga dari parameter tersebut didapatkan nilai jari – jari hidrolisnya (R) adalah 0,142 m. Kemiringan lahan (S) adalah 0,2509 dan koefisien kekasaran manning's berupa tanah lurus dan seragam yang merupakan tipe saluran dan jenis bahan di daerah penelitian yaitu 0,018 nilainya dapat dilihat pada Lampiran 5, Sehingga dengan menggunakan persamaan 20 didapatkan nilai waktu konsentrasi sebesar 11,2552 m/s. nilai waktu konsentrasi ini harus diubah menjadi jam yaitu dengan cara dibagikan dengan panjang lintasan aliran dengan nilai 22 m sehingga menghasilkan nilai waktu konsentrasi metode manning's 0,0005427 jam.

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan yang terkonsentrasi (Wesli, 2008). Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan dalam penelitian ini menggunakan persamaan Manonobe, dimana dalam persamaan Manonobe ini variabel R24 yaitu curah hujan selama 24 jam atau curah hujan dengan menggunakan ombrometer yang diasumsikan sebagai puncak terjadinya hujan, kemudian waktu konsentrasi (Tc). Waktu konsentrasi Tc yang digunakan yaitu Model Manning's. Berdasarkan data curah hujan dimana terjadi curah hujan maksimum setiap hari yang berbeda-beda, maka intensitas hujan (I) untuk setiap hari yang didapatkan juga berbeda – beda. Hasil analisis curah hujan yang tertinggi 60 mm didapatkan intensitas hujan dengan menggunakan waktu konsentrasi Manning's yang tertinggi sebesar 3123,7255 dan yang terendah curah hujan yang rendah 1,27 mm didapatkan intensitas hujannya sebesar 66,118857 mm/jam.

Analisis Limpasan Permukaan Menggunakan Metode Rasional Berdasarkan Waktu Konsentrasi Manning's

Limpasan permukaan dengan menggunakan waktu konsentrasi manning's memperlihatkan bahwa nilai limpasan aktual dan nilai limpasan prediksi memiliki nilai limpasan yang saling mendekati. Perbandingan limpasan aktual dan limpasan prediksi menggunakan waktu konsentrasi Manning's dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Grafik Hubungan Limpasan Permukaan Aktual dan Prediksi Manning's

Berdasarkan Gambar 2 memperlihatkan bahwa Grafik perbandingan antara nilai limpasan Aktual dan nilai perhitungan limpasan prediksi menggunakan model waktu konsentrasi Manning's memiliki nilai persamaanya yaitu $y = 13272x + 0,0007$ dengan nilai korelasi r sebesar 0,9901 sehingga limpasan aktual dan limpasan prediksi mempunyai tingkat hubungan keakuratan yang sangat kuat, dan nilai RMSE diperoleh sebesar 0,0122 sedangkan nilai R^2 sebesar 0,9804. Sehingga berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa berdasarkan pernyataan (Nicolai *et al*, 2007) mengatakan apabila nilai RMSE yang rendah atau semakin mendekati 0 dan R^2 yang tinggi menandakan bahwa semakin akurat model perhitungan yang digunakan dalam memprediksi jumlah limpasan permukaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Adapun waktu konsentrasi tepat terhadap pendugaan limpasan permukaan, dapat dilihat dari hasil waktu konsentrasi model Manning's menggunakan metode rasional menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) yang sama yaitu 0,9901. Sehingga dari hasil tersebut termasuk kedalam tingkat hubungan yang sangat kuat antara pengukuran limpasan secara aktual dengan pendugaan limpasan secara prediksi.

2. Adapun waktu konsentrasi model Manning's menghasilkan nilai determinasi (R^2) yang sama yaitu 0,9804. Sehingga dari hasil tersebut menyatakan bahwa Prediksi metode ini termasuk ke dalam prediksi yang sangat baik.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebaiknya penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Sehingga dapat terlihat hujan bulan basah dan hujan bulan kering untuk melihat hasil limpasan yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arcement, G. J., V. R. Schneider. 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channel and Flood Plains. (U.S. Geological Survey water Supply Paper 2339). U. S. Geological Survey.
- Asdak. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., dan Lamertyn, J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy : A review. *Postharvest Biology and Technology*. 46: 99-118.
- Soemarno, M.S.R. 2016. Pengelolaan Lahan untuk Kebun Kopi. Penerbit Gunung Samudera. Malang.
- Wesli, 2008. Drainase Perkotaan. Graha Ilmu. Yogyakarta.