

Analisis Koefisien Kekasaran Sungai Di Sungai Sario Dengan Persamaan Manning

Adenancy A. Montjai⁽¹⁾, Johan A. Rombang⁽¹⁾, Josephus I. Kalangi⁽¹⁾

¹Program Studi Ilmu Kehutanan, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian,

Universitas Sam Ratulangi, Manado

ABSTRACT

Analysis of River Roughness Coefficient in Sario River with Manning Equation

Sario river is the main river of Sario Watershed. Due to rapidly increasing population, protected area alongside river border had become settlement. This causes a decrease of river channel capacity so that flood could happen as a case in January 2014. Manning equation is the formula frequently used to calculate the flow capacity of open channel. The purpose of this research is to determine roughness coefficient of Sario River by using Manning equation. This research was done in three months starting from January 2015 to March 2015. Observed and measured variables were river width, top width, bottom width, water depth, river channel depth, river pseudosection profile, flow velocity, gradient of bottom channel, and channel description. Method applied was survey method and the determination of measurement and observation points was done with certain consideration (purposive sampling). The averages of calculated roughness coefficients of Sario River are 0,049 for upstream, 0,050 for middlestream, and 0,060 for downsrteam. The average of Sario River roughness coefficient is 0,048. Garbage and water countaining dispersed particles caused roughness coefficient greater than secondary data for natural channel.

Keywords : River Roughness, Manning equation, Sario River

ABSTRAK

Sungai Sario merupakan sungai utama dari DAS Sario. Pertambahan penduduk yang pesat mengakibatkan sempadan sungai berubah fungsi menjadi area permukiman. Hal ini menyebabkan penurunan kapasitas aliran Sungai yang pada akhirnya mengakibatkan banjir seperti yang terjadi pada bulan Januari 2014. Persamaan Manning merupakan rumus yang banyak digunakan untuk menghitung kapasitas aliran saluran terbuka. Tujuan penelitian adalah menghitung nilai koefisien kekasaran sungai Sario dengan menggunakan persamaan manning dan membandingkannya dengan data sekunder. Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan yaitu bulan Januari-Maret 2015. Variabel yang diamati dan diukur yaitu lebar sungai, lebar puncak/atas sungai, lebar dasar sungai, kedalaman air sungai, kedalaman saluran sungai, bentuk profil melintang saluran sungai, kecepatan aliran sungai, kemiringan sungai, dan deskripsi saluran. Metode yang digunakan adalah metode survei dan penentuan titik pengukuran dan pengamatan berdasarkan pertimbangan tertentu (purposive sampling). Data dianalisis dengan persamaan Manning. Nilai rata-rata koefisien kekasaran sungai Sario yang dihitung dengan persamaan Manning pada bagian hulu, tengah dan hilir adalah 0,049 , 0,050 , dan 0,060. Nilai rata-rata koefisien kekasaran Sungai Sario yaitu 0,048. Sampah dan air yang keruh menyebabkan nilai kekasaran lebih besar dari data sekunder untuk saluran alami.

Kata Kunci : Kekasaran Sungai, Persamaan Manning, Sungai Sario

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai Sario merupakan sungai utama dari DAS Sario dengan panjang aliran sungai 15 km dan luas 2.986 ha. Ditinjau dari segi administratif DAS Sario mencakup sebagian wilayah Kota Manado dan Kabupaten Minahasa. Kota Manado merupakan hilir dari DAS Sario yang meliputi daerah Citraland, Wanea, Tanjung Batu, dan Sario.

Keadaan Topografi DAS Sario didominasi oleh kelerengan datar sebesar 44%. Wilayah berlereng landai terdapat di wilayah hilir DAS Sario, namun kelerengan agak curam, curam dan sangat curam memiliki persentasi sekitar 50%. Kelerengan yang curam menyebabkan aliran air yang menjadi limpasan akan mengalir secara cepat. Penggunaan lahan di DAS Sario yaitu Hutan lahan kering sekunder (187,16 ha), Pemukiman (1075,33 ha), Pertanian lahan kering (211,1 ha), Pertanian lahan kering campur semak (1512,83ha) (BPDAS 2014).

Perkembangan penduduk yang cukup pesat di wilayah Sungai Sario mengakibatkan intensitas penggunaan lahan yang semakin tinggi. Kecenderungan meluasnya lahan untuk pemenuhan kebutuhan akan bahan pangan serta tempat tinggal mengakibatkan terjadinya penyempitan aliran di beberapa tempat. Hal ini menyebabkan penurunan kapasitas aliran Sungai yang pada akhirnya mengakibatkan banjir seperti yang terjadi pada bulan Januari 2014.

Karakteristik sungai terdiri dari kemiringan, kekasaran dasar permukaan, kedalaman air, dan lebar sungai. Karakteristik tersebut akan menentukan kapasitas sungai dalam mengalirkan air. Apabila kapasitas aliran sungai terlampaui maka akan terjadi luapan (banjir) di sekitar aliran sungai. Perubahan morfologi dan permukaan suatu sungai berpengaruh terhadap nilai koefisien kekasaran sungai dan fungsi sungai dalam mengalirkan air limpasan atau larian.

Persamaan manning atau rumus manning merupakan rumus yang banyak digunakan untuk menghitung kapasitas aliran saluran terbuka karena rumus ini cukup praktis dan hasilnya cukup memuaskan dalam penerapannya. Masalah dari persamaan ini adalah kurangnya data koefisien kekasaran sungai yang akurat sehingga sulit untuk menduga kapasitas aliran secara tepat. Pada tahun 1889 seorang insinyur Irlandia, Robert Manning mengemukakan sebuah rumus yang akhirnya diperbaiki menjadi rumus yang sangat dikenal saat ini (Chow,1985) yakni

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

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung koefisien kekasaran Sungai Sario dengan menggunakan persamaan manning dan membandingkannya dengan data sekunder.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan informasi mengenai nilai koefisien kekasaran sungai di Sungai Sario dengan menggunakan persamaan manning.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

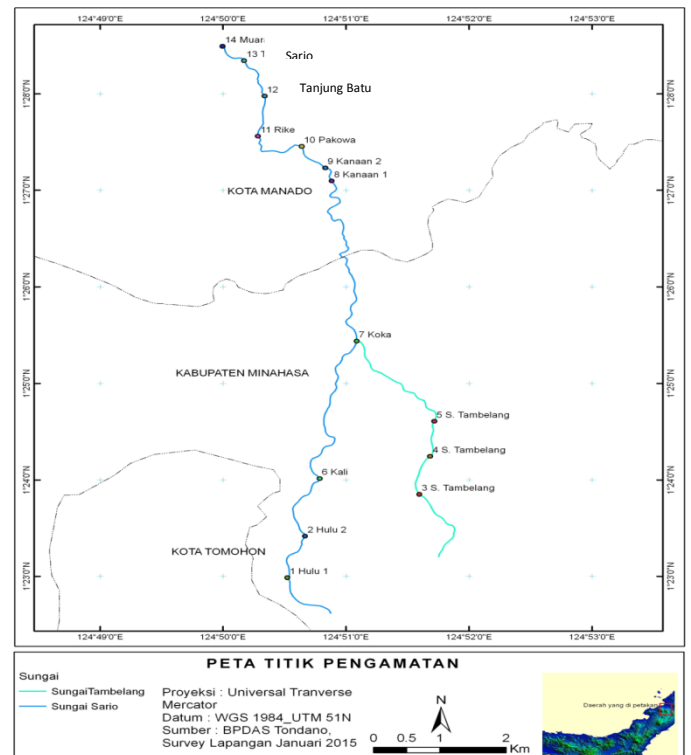
Penelitian ini dilakukan di Sungai Sario pada bulan Januari - Maret 2015.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah Current meter, Clinometer, GPS, Meteran, Tali, Alat Tulis Menulis, Kalkulator, Kamera, Seperangkat PC, dan Peta Rupa Bumi (RBI) Provinsi Sulawesi Utara, Skala 1 : 50.000 (Bakosurtanal), Peta Kawasan Hutan dan Konservasi Perairan Provinsi Sulawesi Utara, Skala 1 : 250.000 (Lamp Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : 734/KPTS-II/2014, Tanggal 2 September 2014), Peta Tutupan Lahan.

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode survei dan penentuan titik pengukuran dan pengamatan berdasarkan pertimbangan tertentu (purposive sampling). Titik lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan pertimbangan bahwa sungai Sario merupakan pertemuan dari beberapa anak sungai, sehingga setiap titik pengamatan yang diambil mewakili beberapa anak sungai tersebut. Selain itu, pertimbangan yang lain untuk titik pengamatan yang berada di daerah hilir ditentukan berdasarkan kerentanan lokasi terhadap banjir. Titik-titik lokasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.4. Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dan diukur pada setiap titik pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1). Lebar sungai, lebar puncak/atas sungai, lebar dasar sungai
- 2). Kedalaman air sungai, kedalaman saluran sungai
- 3). Bentuk profil melintang saluran sungai
- 4). Kecepatan aliran sungai
- 5). Kemiringan sungai
- 6). Deskripsi Saluran

3.5. Prosedur Kerja

3.5.1. Persiapan

Kegiatan ini meliputi penyiapan alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian.

3.5.2. Survei Lokasi

Sebelum penelitian, dilakukan survei lokasi untuk menentukan lokasi penelitian. Lokasi penelitian yang telah ditentukan pada saat survei lokasi yaitu 14

titik pengamatan yang mewakili daerah hulu, tengah, dan hilir.

3.5.3. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah kecepatan aliran sungai, lebar sungai, lebar puncak/atas sungai, lebar dasar sungai, kemiringan saluran sungai, kedalaman air sungai, kedalaman sungai, bentuk profil melintang sungai, dan deskripsi saluran.

Kecepatan aliran sungai diukur menggunakan alat Currentmeter. Lebar sungai yang diukur adalah lebar penampang saluran pada permukaan bebas. Lebar puncak/atas sungai yang diukur adalah lebar penampang yang diliputi air dan tegak lurus arah aliran. Lebar dasar sungai yang diukur adalah lebar dasar dari aliran terdalam air. Kemiringan saluran sungai diukur dengan menggunakan alat Clinometer. Kedalaman air yang diukur adalah jarak vertikal dari titik terendah pada suatu penampang sampai permukaan bebas. Kedalaman air sungai yang diukur adalah jarak vertikal dari dasar sungai sampai lebar puncak/atas. Bentuk profil melintang saluran sungai ditentukan dengan mengukur kedalaman pada beberapa titik dan pengamatan visual di lapangan. Deskripsi saluran sungai diamati langsung di lapangan.

Luas penampang aliran dan jari-jari hidrolis dihitung menggunakan rumus yang disesuaikan dengan bentuk profil melintang saluran sungai yaitu:

$$A = b \cdot d + Z \cdot d^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$R = \frac{b \cdot d + Z \cdot d^2}{b + 2d\sqrt{Z^2 + 1}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana b adalah lebar dasar sungai, d adalah kedalaman aliran, $Z=e/d$ adalah tan sudut α , t adalah lebar puncak/atas.

1.6. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan persamaan manning (persamaan 1) dan

hasil analisa disajikan dalam bentuk tabel dan gambar (secara deskriptif).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Bentuk Profil Melintang dan Luas Profil Melintang Saluran Sungai Sario dari Hulu sampai Hilir

Hasil pengamatan yang diperoleh pada titik 1 sampai 14 bentuk profil melintang sungai adalah trapesium. Bentuk profil melintang sungai diperoleh dari hasil pengukuran kedalaman air sungai. Perhitungan luas profil melintang sungai dilakukan dengan memperhitungkan nilai kedalaman sungai dan lebar sungai serta kemiringan sisi profil melintang trapesium.

Untuk mendapatkan luas penampang di titik-titik pengamatan digunakan persamaan (2). Walaupun bentuk sungai yang diperoleh bukanlah trapesium simetris namun perhitungan dilakukan dengan persamaan tersebut. Nilai rata-rata luas profil melintang sungai Sario pada bagian hulu (titik pengamatan 1-6) yaitu 7,92 m².

Selanjutnya dengan persamaan yang sama diperoleh nilai rata-rata luas profil melintang sungai Sario pada bagian tengah (titik pengamatan 7-10) yaitu 13,24 m². Untuk bagian hilir (titik pengamatan 11-14) nilai rata-rata luas profil melintang sungai Sario yang diperoleh yaitu 24,81 m².

Nilai rata-rata yang diperoleh terlihat bahwa ada peningkatan nilai luas profil melintang sungai Sario dari hulu sampai hilir. Hal ini disebabkan karena semakin ke hilir terjadi pertemuan dari beberapa anak-anak sungai sehingga semakin ke hilir debit aliran sungai semakin besar.

Tabel 2. Luas Profil Melintang Sungai di Beberapa Titik Aliran Sungai Sario

Titik/Lokasi	Koordinat	Luas Profil Melintang (m²)
Titik 1 (Hulu 1)	124° 50' 31,9" E 1° 22' 59,2" N	7,73
Titik 2 (Hulu 2)	124° 50' 40,0" E 1° 23' 25,0" N	8,15
Titik 3 (Tambelang 1)	124° 51' 43,0" E 1° 24' 36,4" N	7,58
Titik 4 (Tambelang 2)	124° 51' 41,1" E 1° 24' 14,5" N	7,20
Titik 5 (Tambelang 3)	124° 51' 35,7" E 1° 23' 50,9" N	8,94
Titik 6 (Kali)	124° 50' 47,1" E 1° 24' 0,8" N	6,67
Titik 7 (Koka)	124° 51' 5,2" E 1° 25' 26,2" N	14,57
Titik 8 (Kanaan 1)	124° 50' 53,0" E 1° 27' 5,7" N	11,25
Titik 9 (Kanaan 2)	124° 50' 49,8" E 1° 27' 13,9" N	15,98
Titik 10 (Pakowa)	124° 50' 38,3" E 1° 27' 27,3" N	11,18
Titik 11 (Rike)	124° 50' 17" E 1° 27' 33,6" N	10,88
Titik 12 (Tanjung Batu)	124° 50' 19,0" E 1° 28' 1,9" N	10,36
Titik 13 (Sario)	124° 50' 11,0" E 1° 28' 11,0" N	18,93
Titik 14 (Muara)	124° 49' 59,7" E 1° 28' 29,6" N	59,06

4.2. Kecepatan Aliran Sungai, Jari-Jari Hidrolik, dan Kemiringan Dasar Saluran Sungai

Tabel 3 menunjukkan Kecepatan Aliran Sungai, Jari-Jari Hidrolik dan Kemiringan Dasar Sungai pada titik-titik lokasi pengamatan .

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai kecepatan pada bagian hulu adalah yang paling besar dibandingkan dengan bagian tengah dan hilir. Nilai rata-rata kecepatan yang diperoleh pada bagian hulu adalah 1,42 m/s, dengan rata-rata kemiringan kemiringan dasar saluran sungai 0,0164 (0,93°).

Pada bagian tengah nilai kecepatan mulai berkurang. Hal ini disebabkan karena semakin jauh dari hulu nilai kemiringan semakin kecil. Nilai rata-rata yang diperoleh pada bagian tengah adalah 0,98 m/s, dengan rata-rata kemiringan dasar saluran sungai 0,0093 (0,53°).

Pada bagian hilir nilai kecepatan yang diperoleh juga semakin berkurang. Nilai rata-rata kecepatan pada bagian ini adalah 0,80 m/s dengan rata-rata kemiringan dasar saluran sungai 0,0078 (0,44°). Jelas terlihat bahwa semakin ke

hilir nilai kecepatan dan kemiringan semakin berkurang.

Bervariasinya nilai jari-jari hidrolis sungai Sario disebabkan oleh bervariasinya

nilai luas penampang dan keliling basah sungai. Nilai rata-rata jari-jari hidrolis sungai sario dari hulu, tengah, dan hilir yaitu 0,2628, 0,3624, dan 0,3859

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai, Jari-Jari Hidrolis, dan Kemiringan Dasar Sungai

Titik	Kecepatan (m/s)	Jari –Jari Hidrolis (R)	Kemiringan		
			m/m	%	Derajat
1	1,41	0,1129	0,016	1,6	0,9
2	1,37	0,1961	0,016	1,6	0,9
3	1,45	0,4505	0,016	1,6	0,9
4	1,19	0,1120	0,014	1,4	0,8
5	1,00	0,4044	0,010	1,0	0,6
6	0,72	0,3008	0,010	1,0	0,6
7	1,14	0,3638	0,010	1,0	0,6
8	0,91	0,3568	0,009	0,9	0,5
9	0,88	0,3374	0,009	0,9	0,5
10	1,00	0,3915	0,009	0,9	0,5
11	0,84	0,3312	0,009	0,9	0,5
12	1,00	0,3188	0,009	0,9	0,5
13	0,85	0,3606	0,009	0,9	0,5
14	0,53	0,5333	0,004	0,4	0,2

4.3. Koefisien Kekasaran di Beberapa Titik Aliran Sungai Sario

Tabel 4 menunjukkan koefisien kekasaran di beberapa titik aliran Sungai Sario yang diperoleh berdasarkan persamaan manning.

Tabel 4. Koefisien Kekasaran Di Beberapa Titik Aliran Sungai Sario

Titik	Koordinat		Deskripsi Sungai	n
	E	N		
1	124° 50' 31,9"	1° 22' 59,2"	Dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,02

2	124° 50' 40,0"	1° 23' 25,0"	Dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,03
3	124° 51' 43,0"	1° 24' 36,4"	Dasar berkerikil, tumbuhan bawah, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,05
4	124° 51' 41,1"	1° 24' 14,5"	Dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,02
5	124° 51' 35,7"	1° 23' 50,9"	Dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,05
6	124° 50' 47,1"	1° 24' 0,8"	Dasar berlumpur, banyak sampah, tebing yang ditumbuhi vegetasi, air keruh	0,06
7	124° 51' 5,2"	1° 25' 26,2"	Dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi, air jernih mengalir	0,04
8	124° 50' 53,0"	1° 27' 5,7"	Dasar berkerikil, berpasir, dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,05
9	124° 50' 49,8"	1°27' 13,9"	Dasar berkerikil, berpasir, dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,05
10	124° 50' 38,3"	1° 27' 27,3"	Dasar berpasir , banyak sampah dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,05
11	124° 50' 17"	1°27' 33,6"	Dasar berpasir, banyak sampah dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,05
12	124° 50' 19,0"	1°28' 1,9"	Dasar berpasir, banyak sampah dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,04
13	124° 50' 11,0"	1° 28' 11,0"	Dasar berpasir, banyak sampah dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,06

14	124° 49' 59,7"	1° 28' 29,6"	Dasar berpasir , banyak sampah dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh	0,08
----	----------------	--------------	--	------

Hasil perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa titik 1, 2, 4, 5 yang berada di hulu sungai Sario memiliki deskripsi yang sama yaitu dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi dan air jernih mengalir. Pada titik 5 nilai n yang diperoleh yaitu 0,05. Nilai ini lebih besar dari titik 1 dan 2. Hal ini disebabkan karena jari-jari

hidrolik di titik ini lebih besar dari titik-titik yang lain. Selain itu pada daerah hulu yaitu pada titik 3 mempunyai dasar berkerikil dan tumbuhan bawah sehingga nilai kekasarannya mencapai 0,05. Nilai ini lebih besar dibandingkan nilai rata-rata koefisien kekasaran sungai pada bagian hulu yaitu 0,049. Hal ini dipengaruhi oleh adanya tumbuhan bawah saluran. Pada titik pengamatan ini tumbuhan bawah saluran berada pada bagian tepi saluran, jenis tumbuhannya yaitu rumput. Pengaruh tumbuhan terhadap angka kekasaran bergantung pada tinggi, kerapatan, distribusi, dan jenis tumbuhannya (Doland dan Chow, 1952). Sementara pada titik 6 ditemukan deskripsi sungai yang berbeda dari titik-titik yang lain yang berada di hulu yaitu dasar berlumpur, banyak sampah, tebing yang ditumbuhi vegetasi, dan air keruh. Nilai koefisien kekasaran sungai pada titik 6 yaitu 0,06. Nilai ini lebih besar dibandingkan nilai kekasaran di titik-titik yang lain. Hal ini disebabkan karena adanya hambatan berupa sampah dan air yang keruh. Sampah dapat meningkatkan tingkat kekasaran sungai. Air yang keruh mengandung partikel-partikel yang terdispersi sehingga dapat meningkatkan hambatan pada aliran.

Pada bagian tengah sungai yaitu titik 7 dengan kekasaran 0,04 memiliki deskripsi sungai seperti dasar berbatu, tebing sungai ditumbuhi vegetasi dan air

jernih mengalir. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata koefisien kekasaran sungai pada bagian tengah yaitu 0,050. Hal ini disebabkan aliran airnya masih jernih sehingga menyebabkan nilai kekasaran sungai pada titik ini kecil. Pada titik 8 dan 9, keduanya memiliki deskripsi yang sama yaitu dasar berkerikil, berpasir, dikiri kanan sungai terdapat dinding beton, air keruh dan nilai kekasaran yang sama yaitu 0,05. Jika dibandingkan dengan titik 10 nilai koefisien kekasarannya sama namun deskripsinya berbeda. Deskripsi pada titik 10 yaitu dasar berpasir, banyak sampah, dikiri kanan sungai terdapat dinding beton dan air keruh. Kesamaan nilai yang diperoleh ini karena pada titik 8 dan 9 hambatannya disebabkan adanya kerikil sementara pada titik 10 terdapat hambatan berupa sampah.

Pada bagian hilir diperoleh deskripsi yang sama untuk keempat titik pengamatan yaitu dasar berpasir, banyak sampah, dikiri kanan sungai dibatasi oleh dinding beton dan air keruh mengalir. Walaupun deskripsinya sama, nilai koefisien kekasaran yang diperoleh berbeda satu sama lain. Pada titik 12 diperoleh nilai kekasaran lebih kecil dari yang lainnya yaitu 0,04. Hal ini disebabkan karena pada titik pengamatan ini hambatan berupa sampah lebih sedikit dibandingkan titik yang lain. Pada titik 14 diperoleh nilai yang terbesar dibandingkan semua titik pengamatan. Selain letaknya yang berada di muara, hal ini juga disebabkan karena adanya jembatan. Pilar-pilar jembatan mengakibatkan aliran sungai terhambat. Selain itu, sampah di bagian muara jauh lebih banyak dibandingkan dengan titik-titik yang lain. Seperti yang telah dijelaskan di atas pada bagian hilir juga mengalir air yang keruh. Hal ini disebabkan karena letaknya berada

pada area permukiman sehingga aliran air limbah rumah tangga menambah kekeruhan dan menyebabkan peningkatan nilai kekasaran sungai pada bagian hilir.

Nilai koefisien kekasaran yang besar diakibatkan oleh adanya hambatan-hambatan berupa kerikil, lumpur, pasir, batu, sampah, tumbuhan bawah saluran, air keruh, dan bangunan jembatan. Adanya hambatan-hambatan tersebut maka kecepatan aliran sungai menurun sehingga debit aliran sungai juga berkurang. Kondisi-kondisi inilah yang menyebabkan penurunan kapasitas saluran sungai. Kapasitas saluran sungai yang menurun berpeluang mengakibatkan banjir.

Jika dibandingkan dengan data sekunder yaitu Tabel 1 maka deskripsi sungai pada bagian hulu dengan rata-rata nilai kekasaran sungai 0,049 mendekati nilai rata-rata tipe 1 saluran alami walaupun deskripsi yang ditemukan pada bagian hulu sungai Sario berbeda dengan data sekunder. Pada bagian tengah dengan rata-rata nilai kekasaran sungai 0,050 sesuai dengan nilai rata-rata tipe 2 daerah banjir namun deskripsi salurannya berbeda dengan data sekunder. Pada bagian hilir dengan rata-rata nilai kekasaran sungai 0,060 sesuai dengan data sekunder mendekati nilai maksimum untuk tipe 2 daerah banjir walaupun deskripsi sungai juga berbeda dengan data sekunder.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Nilai koefisien kekasaran sungai Sario yang dihitung dengan persamaan Manning rata-rata dari hulu, tengah dan hilir adalah 0,049, 0,050, dan 0,060. Nilai rata-rata koefisien kekasaran Sungai Sario yaitu 0,048. Sampah dan air yang keruh menyebabkan nilai kekasaran lebih besar dari data sekunder untuk saluran alami.

4.2. Saran

Perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk menduga peluang terjadinya banjir dan perlu dilakukannya pembersihan sampah pada saluran sungai Sario untuk mengurangi tingkat kekasaran sungai

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- BPDAS Tondano. 2014. *Laporan Kejadian Banjir dan Tanah Longsor DAS Tondano, DAS Paniki dan DAS Sario*. Balai pengelolaan DAS Tondano.
- Chow., V.T. 1985. *Open Channel Hydraulics*. Mc Graw Hill Book Company.
- Doland., J.J. dan Chow., V.T. 1952. *Discussion of River Channel Roughness. American Society of Civil Engineers*. Vol 117 (1134-1139).