

STUDI ALIRAN BANJIR PADA PERTEMUAN MUARA SUNGAI TONDANO DAN SUNGAI SAWANGAN

Sukarno, Liany A. Hendratta, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

e-mail : sukarno091@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan banjir dan genangan air di muara Sungai Tondano dan di muara Sungai Sawangan merupakan masalah yang berulang kali terjadi pada musim penghujan sejak beberapa dekade terakhir. Pertemuan kedua muara sungai di kelurahan Komo Luar Kota Manado yang berjarak ± 1.5 km dari laut/ pantai memungkinkan terjadinya perlambatan air banjir mengalir menuju laut.

Muara Sungai Tondano biasa disebut sebagai muara Jengki oleh masyarakat setempat. Di lokasi titik pertemuan antara muara Sungai Tondano dan muara Sungai Sawangan sampai dengan ke arah hilir/muara merupakan areal strategis karena di areal tersebut merupakan lokasi Pelabuhan Kota Manado, lokasi Pasar Bersehati dan lokasi permukiman, pertokoan milik masyarakat.

Hidrolik aliran air banjir dari Sungai Tondano yang bertemu dalam satu titik dengan hidrolik aliran air banjir dari Sungai Sawangan memungkinkan terjadi perubahan nilai-nilai variabel dan parameter hidrolik aliran air menuju laut.

Metode penelitian melalui beberapa tahapan yaitu pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder, analisis geodesi untuk mendapatkan tampang lintang muara sungai Tondano dan Sawangan, analisis hidrologi dan analisis hidrolika.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akibat pertemuan aliran muara Sungai Sawangan dan muara Sungai Tondano memungkinkan adanya Q_x (aliran debit banjir yang tertahan di muara Sungai Sawangan) dan Q_y (aliran debit banjir yang tertahan di muara Sungai Tondano). Jika $Q_x > Q_y$, maka DAS Tikala tenggelam dan sebaliknya jika $Q_y > Q_x$, maka bagian hulu muara sungai Tondano potensi tenggelam.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa salah satu penyebab banjir dan genangan air di Kota Manado adalah oleh karena terjadi pertemuan muara Sungai Tondano dan muara Sungai Sawangan.

Kata kunci : Aliran debit banjir, pertemuan muara sungai, genangan air.

PENDAHULUAN

Latar Belakang.

Muara Sungai Tondano dan muara Sungai Sawangan keduanya bertemu pada satu alur sungai yang terletak di Kelurahan Komo Luar, berjarak sekitar 1.5 km dari laut/ pantai di Kelurahan Calaca Kecamatan Wenang, muara Sungai Tondano biasa disebut sebagai muara Jengki oleh masyarakat setempat. Di lokasi titik pertemuan antara muara Sungai Tondano dan muara Sungai Sawangan sampai dengan ke arah hilir/muara merupakan areal strategis karena di areal tersebut merupakan lokasi Pelabuhan Kota Manado, lokasi Pasar Bersehati dan lokasi permukiman dan pertokoan milik masyarakat.

Muara Sungai Tondano menerima aliran air dari sub DAS Noongan, Sub DAS Tondano dan sub DAS Airmadidi sedangkan muara Sungai Sawangan menerima aliran air dari sub DAS Tikala. Kondisi ini menunjukkan bahwa hidrolik aliran air banjir dari Sungai Tondano dan aliran

banjir dari Sungai Sawangan bertemu dalam satu titik, sehingga memungkinkan bahwa variabel dan parameter hidrolik aliran air di segmen sungai tersebut perlu diteliti secara detail.

Parameter dan variabel hidrolik aliran air di saluran terbuka antara lain: situasi segmen, palung sungai, bantaran sungai dan sempadan sungai selain itu profil memanjang dan melintang sungai di dalamnya mengandung informasi tentang kelandaian dasar sungai(i), kemiringan talud tebing sungai(m), alignemen horizontal sungai. Variabel-variabel yang lainnya seperti luas tampang lintang basah sungai(A), keliling basah aliran(P), jari-jari hidrolis tampang lintang saluran(R) kemudian variabel-variabel kecepatan aliran (V), debit(Q) akan dapat dipakai untuk menganalisis tentang banjir dan genangan air di muara Sungai Tondano.

Memperhatikan latar belakang pemikiran di atas penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian apakah akibat pertemuan antara muara Sungai Tondano dan muara Sungai

sawangan di Kelurahan Komo Luar tersebut merupakan salah satu penyebab terjadinya luapan air banjir dan genangan khususnya di Kecamatan Tikala.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tentang kecepatan aliran banjir dari sungai Tondano dan kecepatan aliran banjir dari Sungai Sawangan yang bertemu di Kelurahan Komo Luar, di Kecamatan Wenang, Kota Manado.

TINJAUAN PUSTAKA.

Curah hujan rencana

Data curah hujan yang biasa digunakan dalam analisis hidrologi adalah data curah hujan menitan, harian dan bulanan tergantung dari tujuan perencanaan atau penelitian yang akan dilakukan. Untuk analisis data curah hujan pada perhitungan, diambil dari stasiun pencatat curah hujan terdekat atau yang berada dalam lokasi penelitian untuk dianalisis mencari hujan rencana.

Analisis Kualitas Data

Data hidrologi yang diukur atau nilai yang diperoleh kadang mengandung kesalahan. Dalam analisis hidrologi dapat menghasilkan output yang mempunyai kesalahan besar karena input datanya mempunyai kesalahan. Didalam praktek sering ditemui keadaan data setempat yang baik kualitatif maupun kuantitatif tidak memenuhi syarat. Namun apapun keadaan datanya, analisa harus diteruskan dengan cara-cara terbaik yang dikenal. Apabila mungkin untuk kepentingan tertentu maka kualitas data yang kurang baik dapat diperbaiki.

Uji Data Outlier

Data Outlier adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data yang ada untuk dianalisis. Data Outlier sering kali terjadi karena adanya kesalahan pembacaan, kerusakan alat pengukur, ataupun karena faktor alam.

Uji data Outlier gunanya untuk menilai data curah hujan yang ada, apakah ada data yang menyimpang terlalu jauh dari kumpulan datanya. Syarat-syarat untuk pengujian data Outlier berdasarkan koefisien kemencengannya (CS_{log}):

1. Jika $CS_{log} \geq 0,4$ maka : uji outlier tinggi, koreksi data.
2. Jika $CS_{log} \leq -0,4$ maka : uji outlier rendah, koreksi data

3. Jika $-0,4 < CS_{log} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi dan rendah, koreksi data

Rumus yang digunakan :

$$Slog = \sqrt{\frac{(\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}}$$

$$CS_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot Slog^3} \sum_{i=0}^n (Xi - \bar{x})^3$$

Outlier tinggi : $\log Xh = \log x + Kn.Slog$

Outlier rendah : $\log X1 = \log x - Kn.Slog$

dengan :

CS_{log} = koefisien kemencengan

$Slog$ = simpangan baku

$\log x$ = nilai rata-rata

Kn = nilai K (diambil dari outlier tersebut ke value) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.

$\log Xn$ = outlier tinggi

$\log X1$ = outlier rendah

Analisis Curah Hujan

Hujan yang tercatat di stasiun pencatat hujan adalah hujan titik atau hujan yang terjadi di tempat alat pencatat hujan berada. Karena intensitas curah hujan sangat bervariasi terhadap suatu tempat atau kawasan dibutuhkan nilai rata-rata hujan kawasan dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada dalam wilayah tersebut.

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran, digunakan metoder Polygon Thiessen. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili suatu luasan tersebut. Metode ini cocok untuk daerah dengan luas 500 - 5.000 km².

Curah hujan rata-rata dengan cara Polygon Thiessen dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A1.R1 + A2.R2 + \dots + An.Rn}{A1 + A2 + \dots + An}$$

dengan :

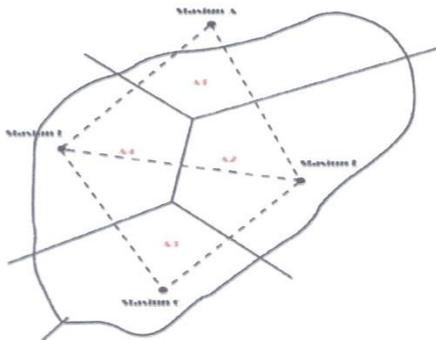
\bar{R} = Curah hujan daerah

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik pengamatan.

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili setiap stasiun pengamatan.

Luas masing-masing daerah pengamatan diperoleh dengan cara berikut :

- Semua stasiun yang terdapat didalam atau diluar DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan-jaringan segitiga.
- Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk Polygon.
- Luas daerah yang hujannya dianggap diwakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis Polygon tersebut (atau dengan batas DAS).



Gambar 1. Luasan dalam DAS
Sumber : Bambang Triatmodjo 2008

Parameter Statistik

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Suatu nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variable disebut dengan parameter statistic (Bambang Triatmodjo, 2008).

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung, simpangan baku (*standar deviasi*), koefisien variasi, kemencengan (*koefisien skewness*) dan koefisien kurtosis.

- Rata-rata hitung (*Central Tendency*)
Pengukuran *central tendency* adalah pengukuran yang mencari nilai rata-rata kumpulan variable (*mean*). Persamaan untuk mencari *mean* atau nilai rata-rata, diperlihatkan pada persamaan :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi$$

dengan :

- \bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm) / debit rata-rata (m³/det)
- Xi = Data curah hujan / debit pada tahun pengamatan ke-1 (mm)
- n = Jumlah data (1,2,3, ..., n)

Untuk perhitungan nilai log seperti pada analisis data Outlier maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk Logaritmik, sehingga menjadi :

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log xi$$

dengan :

- $\overline{\log X}$ = Curah hujan rata-rata (mm) / debit rata-rata
- $\log Xi$ = Data curah hujan (mm) / data debit
- n = Jumlah data (1,2,3, ..., n)

- Simpangan Baku (*Standar Deviasi*)
Standar deviasi adalah suatu nilai pengukuran disperse terhadap data yang dikumpulkan. Standar deviasi adalah parameter pengukuran variabilitas yang paling cocok dalam analisis statistik. Standar deviasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

dengan :

- S = Standar deviasi
- \bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)/debit rata-rata (m³/det)
- Xi = Data curah hujan (mm)/data debit (m³/det) pada tahun pengamatan ke-1
- n = Jumlah data

Untuk perhitungan nilai log seperti pada analisis data outlier maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk logaritmik, sehingga menjadi :

$$CS_{log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\log x})^4$$

dengan :

- Ck_{log} = Koefisien kurtosis dalam log
- $\overline{\log X}$ = Curah hujan rata-rata (mm) / debit rata-rata (m³/det) dalam log
- S_{log} = Standar deviasi dalam log
- $\log Xi$ = Data curah hujan (mm) / data debit (m³/det) pada tahun pengamatan ke-1 dalam log
- n = Jumlah data

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing distribusi.

Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kriteria pemilihan tipe distribusi

Jenis Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = Cv^3 + 3Cv$ $C_k = Cv^6 + 6Cv^4 + 15Cv^2 + 3$
Gumbel	$C_s \approx 1.14$ $C_k \approx 5.4$
Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Debit Banjir Recana

Menurut Suripin (2003): Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada sungai bersangkutan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini: dengan menggunakan parameter-parameter DAS yang ada, maka dapat dilakukan dengan analisis debit banjir dengan beberapa metode antara lain :

1. Metode Hidrograf Satuan Sintesis Snyder
2. Metode Hidrograf Satuan Sintetis Gama I
3. Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu
4. Metode Rasional, Metode Melchoir, Metode Hasphers dan Metode Weduwen.

Dari berbagai metode di atas akan dipilih metode yang paling cocok dan sesuai dengan dengan hasil kalibrasi data dari lapangan

Hidolika Aliran Banjir

Hidrolik aliran banjir digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

Persamaan Kontinuitas :

$$Q = AxV, \text{ m}^3/\text{detik} \dots \dots \dots (1)$$

$$A = (B + mh)h, \dots \dots \dots (2)$$

m² pendekatan tampang lintang sungai

$$V = k_s x R^{0.667} x^{0.5} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

- Q = Debit dalam satuan m³/detik.
- A = luas tampang basah, m²
- V = kecepatan aliran air banjir, m/detik.
- i = kemiringan dasar sungai dan
- k_s = Koefisien Strickler.

Analisis penggunaan rumus:

Persamaan Kontinuitas, apabila Q >>>(semakin besar) dengan luas tampang lintang tetap, maka V >>>(semakin besar), sebaliknya apabila Q <<<(semakin kecil), maka V menjadi <<<(semakin kecil).

Hubungan antara debit (Q) dan kecepatan(V) akan saling mempengaruhi satu pada yang lain, sebab besarnya volume debit ditentukan oleh berapa besar kecepatan dan berapa lama aliran berlangsung. Selisih volume debit antara volume debit yang masuk dari DAS Tondano dan DAS Sawangan ke alur muara Sungai Tondano dan ke alur muara Sungai Sawangan akan antri menunggu untuk mengalir ke laut. Sepanjang waktu antri tersebut menjadi genangan air di sekitar muara Sungai Tondano sehingga menyebabkan seperti yang disebut oleh masyarakat umum yaitu terjadi banjir dan genangan air Sungai Tondano.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi hasil penelitian terdahulu, data klimatologi dan data curah hujan, peta kota Manado, peta DAS Sungai Tondano dan DAS Sungai Sawangan. Data primer melakukan pengukuran langsung di lapangan tentang pemetaan geodesi antara lain peta situasi, potongan memanjang dan potongan melintang sungai yang diteliti.

Analisis Geodesi

Analisis pemetaan geodesi menunjukkan bahwa tampang lintang muara sungai Tondano memiliki kapasitas lebih besar bila dibandingkan dengan kapasitas tampang melintang muara sungai Sawangan.

Analisis Hidrologi

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sukarno dkk, 2015 pada Studi sebelumnya tentang DAS Tondano debit banjir sungai Tondano dianalisis menggunakan data curah

hujan dari Stasiun pencatan curah hujan Kaelosan selama 10 tahun, yaitu data curah hujan mulai Tahun 2005 sampai dengan Tahun 2014 didapat hasil analisis seperti Tabel 2. di bawah.

Tabel 2 Analisis debit banjir sungai Tondano.

No.	Kala Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)			
		Metode Haspers	Metode Weduwen	HSS Nakayasu	Maksimum
1	2	153.2662	109.8015	191.0656	191.0656
2	5	241.6184	190.7637	299.3341	299.3341
3	10	300.1152	249.9897	371.0173	371.0173
4	20	356.2267	310.5945	439.7776	439.7776
5	25	374.0261	330.1518	461.5892	461.5892
6	50	428.8574	393.0277	528.7806	528.7806
7	100	483.2838	457.9804	595.4759	595.4759

Sumber: hasil analisis dari penelitian Sukarno Tahun 2015 tahap I.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dapat dilihat seperti penjelasan di bawah.

Penggunaan metodologi penelitian seperti yang diuraikan di atas, diharapkan akan memberikan hasil akibat pertemuan aliran banjir dari muara Sungai Tondano dan aliran banjir dari muara Sungai Sawangan, debit(Q) dan kecepatan aliran (V) yang mana dominan masuk ke alur akhir Sungai Tondano.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis 1

Data eksisting muara sungai Tondano dan muara sungai Sawangan secara umum nilai-nilai kemiringan dasar sungai (i), lebar dasar sungai (b), lebar atas (b'), kemiringan tebing rata-rata (m) menunjukkan bahwa data eksisting muara sungai Tondano cenderung lebih besar dibanding dengan data-eksisting muara sungai Sawangan.

Analisis 2

Data eksisting segmen sungai gabungan muara sungai Tondano dan sungai Sawangan nilai-nilai kemiringan dasar sungai (i), lebar dasar sungai (b), lebar atas (b'), kemiringan tebing rata-rata (m) menunjukkan bahwa muara sungai Tondano gabungan lebih besar dibanding dengan data-eksisting kedua muara sungai Tondano dan muara sungai Sawangan.

Dari hasil analisis 2 ini menunjukkan bahwa pada segmen sungai gabungan debit yang

mengalir adalah berasal dari muara sungai Tondano dan berasal dari muara sungai Sawangan. Berapa besar debit yang berasal; dari sungai Tondano dan berapa besar debit yang mengalir berasal dari muara sungai Sawangan?

Analisis 3

Hasil analisis masing-masing aliran debit pada tampang lintang sungai Sawangan, pada tampang lintang sungai Tondano dan aliran debit pada segmen sungai setelah bergabung menunjukkan bahwa debit (Qt = 7.6905) yang mengalir pada muara sungai Tondano lebih besar bila dibanding dengan debit (Qs = 6.232801) yang mengalir pada muara sungai Sawangan, demikian juga aliran debit (Qg = 9.653019) yang mengalir pada tampang lintang gabungan lebih besar bila dibanding dengan aliran air yang mengalir pada muara sungai Tondano.

Analisis 4

Q_g (debit gabungan = 9.653019) = { Q_s (debit muara sungai Sawangan = 6.232801) + Q_t (debit muara sungai Tondano = 7.6905) }.

Akan tetapi nilai debit gabungan (Qg) sebesar 9.653019 bukan total hasil penjumlahan dari Qs dan Qt, oleh karena di dalam Qs sebenarnya terdapat debit yang tertahan(Qx) demikian juga di dalam Qt terdapat debit tertahan (Qy).

Analisis 5

Persamaan Kontinuitas : $Q = V \times A$
dengan :

Q = debit yang mengalir, m³/detik.

A = luas basah aliran

V = kecepatan aliran, m'/detik.

Sehingga apabila $Q \gg \gg$ (besar), A tetap, maka $V \gg \gg$ (besar)

Sebaliknya apabila $Q \ll \ll$ (kecil), A tetap, maka $V \ll \ll$ (kecil)

Apabila nilai V diketahui (dari hasil pengukuran langsung di lapangan, misalnya menggunakan alat current meter), maka besarnya debit Qx dan Qy dari muara sungai Tondano dan debit dari muara sungai Sawangan akan dapat dihitung.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Akibat pertemuan aliran muara sungai Sawangan dan muara sungai Tondano memungkinkan adanya Qx(aliran debit banjir yang tertahan di muara sungai Sawangan) dan

- Qy (aliran debit banjir yang tertahan di muara sungai Tondano).
2. Jika $Q_x > Q_y$, maka DAS Tikala tenggelam dan sebaliknya jika $Q_y > Q_x$, maka hulu muara sungai Tondano potensi tenggelam.
 3. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa salah satu penyebab banjir dan genangan air di Kota Manado adalah oleh karena terjadi pertemuan muara sungai Tondano dan muara sungai Sawangan.
- Saran**
1. Untuk mencari nilai Q_x dan Q_y perlu dilakukan pengukuran V_t dan V_s di titik pertemuan kedua muara sungai Tondano dan sungai Sawangan ketika banjir berlangsung.
 2. Untuk mencari nilai Q_x dan Q_y dapat juga dilakukan membuat model simulasi di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 1993. *Hidrolika II*, Betaoffset, Yogyakarta.
- Chow V. T. et al, 1988. *Applied Hydrology*, McGraw- Hill, Singapore.
- Ersin Seyhan, 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*, Universitas Gajah mada, Yogyakarta.
- Joko Legono dkk, 2000. *Hidrometri berbasis Komputer*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sri Harto Br, 1993. *Anallsis Hidrologi*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Sri Harto Br, 2000. *Hidrologi*, Nafiri offset, Yogyakarta.
- Sudjarwadi, 1990. Dewan Riset Nasional, *Kebutuhan Riset dan Koordinasi Pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia*, Jakarta.
- Sukarno, 2000. *Koefisien Limpasan DAS Simpang Lima Kota Semarang*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sukarno dkk, 2015. Studi Penyebab Banjir dan Genangan Air Tahun 2014 di Kota Manado, Tahap I, LPPM Universitas Sam Ratulangi, Manado.