

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai software SMS (*surface water modeling system*) dan analisis hidrolika telah banyak dilakukan dengan judul, metode dan tempat yang berbeda-beda. Tetapi parameter yang digunakan dalam penelitian tetap sama, yaitu mengenai perubahan hidrolika baik pola aliran, arah aliran, dan kecepatan aliran. *Surface water modeling system* dapat digunakan untuk menganalisis sungai dan pantai.

Analisa pola arus dan sedimentasi di pantai Losari Makasar dilakukan oleh Suyuti (2006). Hasil yang diperoleh menunjukkan kecepatan dan nilai sedimen berbeda-beda sesuai kondisi pasang surut. Dilokasi yang berbeda, analisa sedimen menggunakan *surface water modeling system* juga dilakukan di muara kali porong oleh (Riyadi dkk, 2013). Memprediksi pola aliran dan kecepatan juga bisa menggunakan SMS seperti yang dilakukan di muara kali progo oleh Kurniawan (2004). Kesamaan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan adalah debit dan pasang surut air laut yang menyebabkan elevasi muka air berubah dapat mempengaruhi kecepatan. Pola aliran dan nilai sedimen. Simulasi 2-dimensi transport sedimen dilakukan oleh Nurhady (2008), Kesalahan hasil simulasi yang diakibatkan karena kesalahan input koefisien *mannig* masih dapat ditolerir, karena dengan perubahan 100 % koefisien *mannig*, kecepatan aliran hanya berubah 15 %, demikian halnya juga dengan koefisien difusi turbulen. Hasil mengenai pengaruh pola aliran terhadap perubahan morfologi sungai oleh Aristi (2013), nilai kecepatan di sisi luar belokan sungai lebih kecil daripada di sisi dalam belokan sungai dan distribusi kecepatan di lapangan memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil simulasi. LeFavour dan Alsdorf (2005) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan nilai kemiringan (*slope*) dan debit (*water discharge*). Penelitian ini dilakukan di Sungai Amazon, Amerika Selatan. Dalam penelitian digunakan alat berupa *shuttle radar topography (SRTM)* guna melakukan pencitraan untuk menggambarkan lokasi penelitian. Talumepa dkk. (2017) melakukan analisa mengenai debit banjir dan tinggi muka air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang

Mongondow Utara yang biasanya sungai tersebut sering meluap dan membanjiri kawasan hilir DAS. Analisa dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode *Log Pearson III* yang kemudian dilakukan simulasi hujan aliran air dengan *HSS Synder* menggunakan *software HEC-HMS*. Debit puncak yang didapat dari hasil analisa kemudian dimasukkan kedalam *software HEC-RAS* untuk simulasi tinggi muka air.

Penelitian di daerah sekitar pelabuhan menggunakan SMS tidak sedikit yang menggunakannya. Penelitian pola arus pasang urut di daerah pelabuhan salah satunya dilakukan oleh (Supiyati dkk, 2012), Pola sirkulasi arus di pelabuhan pada berbagai kondisi pasut terlihat adanya kesamaan pola. Model sebaran panas air kanal pendingin instalasi pembangkit listrik ke badan laut dilakukan oleh Cahyana (2011), dalam penelitiannya arah dan kecepatan arus hasil pemodelan dan hasil pengukuran dilapangan menunjukkan selisih yang tidak terlalu signifikan.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan kapasitas tampung pada suatu sungai. Dengan adanya beberapa metode ini, dapat diperoleh metode yang digunakan. Metode evaluasi kapasitas penampang sungai digunakan yaitu analisa hidrologi yang menggunakan data curah hujan sebanyak 3 data di lokasi berbeda selama 15 tahun yang kemudian dianalisa menggunakan metode *polygon thiesen*. (Dimas Wisudho dkk,2017).

Dalam menentukan debit aliran pada sungai terdapat beberapa metode yang menjadi acuan dalam penentuan debit aliran sungai. Penelitian ini menggunakan *software HEC-RAS* untuk menganalisis kapasitas tampung sungai didasarkan pada nilai kala ulang (Evi dkk, 2016). Uji tren bertahap (uji Mann-Kendall) dan uji perubahan mendadak (uji Pettitt) dapat digunakan meneliti pada tren penurunan debit air karena debit aliran terkadang mengalami tren penurunan debit (Shurong dkk,2007).

Letak geografis menyebabkan sungai tersebar dibebarapa daerah maupun di daerah yang terletak dekat dengan gunung berapi. Widodo dkk (2011) melakukan penelitian tentang daya tampung sungai akibat erupsi Gunung Merapi dan membutuhkan waktu untuk mengembalikan keadaan sungai seperti saat sebelum terjadi banjir lahar. Parameter penentuan kapasitas tampung sungai karena daerah sungai sekitaran Gunung Merapi tidak hanya menampung air, melainkan

menampung banjir lahar. Akibat dari banjir lahar akan berdampak pada daya tampung sungai. Prediksi risiko terhadap tiga komponen utama, yaitu banjir lahar hujan, tingkat kerentanan dan kapasitas sungai yang menggunakan metode yang bersifat kualitatif berupa analisis skoring dan overlay hasil pemodelan HEC-RAS (Fahrul dkk, 2013). Ichsan (2015) mengkaji tentang kemampuan sungai dalam menampung air tergantung pada kemampuan tampang sungai tersebut. Analisa ini menggunakan *software* HEC-RAS untuk menganalisa hidraulika.

2.2.2. Perbedaan dengan Penelitian Dahulu

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai kapasitas tampang Sungai Winongo. Analisis ini menggunakan simulasi numerik menggunakan program *Software* SMS AQUAVEO 10.1 untuk memodelkan kapasitas tampang. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak D.I Yogyakarta (BBWSSO–DIY) yaitu data cross hasil gambar pra-desain pengukuran Sungai Winongo dan Skema Sungai Winongo yang berisi tentang gambar aliran Sungai Winongo dan menggambarkan beberapa anak sungai yang aliran airnya yang bermuara di Sungai Winongo. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam penanggulangan banjir di Sungai Winongo karena nilai kapasitas tampang sungai ditunjukkan dengan nilai debit (Q) yang menggambarkan kondisi muka air yang memiliki elevasi yang sama dengan tebing sungai. Debit (Q) yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan nilai kala ulang yang tersedia.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Kapasitas Tampang

Kapasitas tampang sungai merupakan kemampuan sungai untuk mengalirkan aliran sungai. Apabila kapasitas tampang tidak mampu menampung debit aliran air sungai, maka akan terjadi luapan pada sungai dan menyebabkan genangan pada daerah bantaran sungai. Pengurangan kapasitas tampang sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai (Kodoatie dkk, 2002).

Penampang basah yaitu penampang aliran air, sedangkan keliling basah diartikan sebagai panjang sisi penampang melintang sungai yang bersinggungan dengan air (SNI 2830:2008). Kapasitas tampang sungai kemudian diartikan sebagai kondisi sungai yang mampu menampung debit aliran sesuai dengan keadaan elevasi

tebing sungai, atau bisa dikatakan elevasi muka air yang melewati sungai sama dengan elevasi tebing sungai.

2.2.2. Sungai

Sungai menurut PP N0.38 Tahun 2011 adalah alur atau wadah air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta didalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai merupakan titik vital dan sumber kehidupan, karena segala aktifitas manusia bergantung pada sungai, seperti rumah tangga, irigasi pertanian, industri, pariwisata, olahraga, perikanan, transportasi, sanitasi lingkungan, dan pembangkitan tenaga listrik. Pemanfaatan dan pemberlakuan yang salah pada sungai dapat memberikan dampak buruk terhadap ekosistem di dalam sungai, atau bagi manusia yang memanfaatkan sungai sebagai sumber air.

2.2.3. Debit Aliran Sungai

Debit aliran Sungai menurut Triadmodjo (2008) merupakan jumlah air yang melalui tampang lintang sungai tiap satu satuan waktu, yang biasa dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3/d). Debit Sungai, dengan distribusi dalam ruang waktu, merupakan informasi penting yang diperlukan dalam perencanaan bangunan air dan pemanfaatan sumberdaya air.

2.2.4. Pemodelan Matematik

Pemodelan hidraulika menggunakan analisis numerik dengan program komputer dapat digunakan secara efektif untuk simulasi aliran air sehingga dapat menganalisis perilaku hidraulika dan kualitas air pada suatu saluran. Menurut Wardhani (2012) simulasi numerik dapat menggambarkan keadaan nyata dari suatu kondisi apabila terdapat parameter-parameter yang memadai dan diperlukannya validasi data berdasarkan data lapangan yang ada. Menurut siregar dan Indrawan, (2017) pemodelan 1 dimensi adalah pemodelan dengan satu arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama, sedangkan 2 dimensi adalah pemodelan dengan dua arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama dan area disekitar aliran.

2.2.5. Angka Manning

Kekasaran *manning* suatu saluran tergantung dari jenis material atau kondisi permukaan saluran. Permukaan saluran yang halus, misalnya saluran beton

permukaan saluran. Permukaan saluran yang halus, misalnya saluran beton mempunyai nilai kekasaran manning yang berbeda jika dibanding dengan saluran terbuat dari pasangan batu kali atau material yang lain. Berdasarkan kesetimbangan gaya-gaya yang terjadi tersebut dapat diturunkan rumus *Manning* untuk menghitung kecepatan yang terjadi sebagai berikut:

Tabel 2.1 Nilai koefisien *manning* (Triadmojo, 2008)

Bahan	Koefisien <i>Manning</i> (n)
Besi tuang dilapis	0.014
Kaca	0.010
Saluran beton	0.013
Bata dilapis mortal	0.015
Pasangan batu disemen	0.025
Saluran tanah bersih	0.022
Saluran tanah	0.030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0.040
Saluran pada galian batu padas	0.040

2.2.6. SMS AQUAVEO 10.1 RMA2

SMS AQUAVEO 10.1 adalah software untuk mensimulasikan model permukaan air, namun SMS juga dapat digunakan untuk memvisualisasikan, memanipulasi, menganalisa dan memahami data numerik dan pengukuran terkait. SMS dapat digunakan pada model numerik untuk sungai, pantai, inlet, teluk, muara dan danau. Terdapat beberapa fitur pemodelan yaitu 1 dimensi dan 2 dimensi.

RMA2 merupakan model numerikal dua dimensi untuk aliran rata-rata kedalaman dan level ketinggian air. RMA2 adalah model numerik hidrodinamik elemen hingga kedalaman rata-rata dua dimensi yang biasa digunakan untuk menghitung ketinggian permukaan air dan kecepatan aliran air. RMA2 merupakan solusi untuk memecahkan persamaan *Reynolds* dari *Navier-Stokes* untuk aliran turbulensi. RMA2 digunakan untuk menghitung *Manning* atau persamaan *Chezy*, dan koefisien viskositas yang digunakan pada karakteristik turbulensi.

RMA2 merupakan model hidrodinamik secara dua dimensi yang digunakan untuk simulasi pergerakan aliran. Input data berupa cross sungai, laju aliran yang ditentukan, elevasi permukaan air, turbulensi dan nilai kekasaran manning, suhu,

iterasi perhitungan aliran, parameter konvergensi kedalaman, waktu perhitungan, kedalaman kering dan kedalaman aktif. Model ini dapat melakukan perhitungan elevasi muka air dan kedalaman rata-rata suatu aliran untuk daerah subkritik dan aliran permukaan bebas. Selain itu, RMA2 dapat menganalisis pola pergerakan aliran dengan data yang ditunjukkan oleh besarnya kecepatan baik perhitungan secara vektor maupun skalar. Vektor kecepatan aliran tersebut ditampilkan secara horizontal tanpa mempertimbangkan kedalaman (Kim dkk, 2011).

RMA2 (*Resource Management Associate*) merupakan model hidrodinamika secara dua dimensi yang digunakan untuk simulasi pergerakan aliran. Model ini dapat melakukan perhitungan elevasi muka air dan kedalaman rata-rata suatu aliran untuk daerah subkritik dan aliran permukaan bebas. Persamaan kontinuitas untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman (*averaged continuity equation*) menurut Franchitika (2017) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

Persamaan momentum untuk aliran dua dimensi pada arah x dan y dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\epsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\epsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \frac{\epsilon_{yx}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- u = Kecepatan horisontal aliran arah-x ,
- v = Kecepatan horisontal arah-y,
- t = Fungsi waktu ,
- g = Percepatan gravitasi ,
- h = Kedalaman air,
- a₀ = Elevasi dari dasar tampang,
- ρ = Massa jenis,
- ε_{xx} = Koefisien pertukaran turbulensi normal arah-x,
- ε_{xy} = Koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-x,
- ε_{yx} = Koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-y,
- ε_{yy} = Koefisien pertukaran turbulensi normal arah-y,

C = Koefisien kekasaran Chezy (atau koef. *Manning*, $n = 1/C h^{1/6}$)

Penggunaan program SMS ini, diperlukan suatu nilai parameter-parameter yang berpengaruh pada hasil simulasi. Parameter tersebut yaitu :

1. Koefisien Kekasaran Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

V = Kecepatan aliran (m/det)

n = Angka kekasaran manning

R = Jari-jari hidraulik (m)

i = Kemiringan garis energi

2. Koefisien Viskositas

Dapat disebut juga dengan perpindahan momentum. Dalam suatu aliran terbuka nilai koefisien viskositas dapat menjadi indikator terjadinya tingkat turbulensi. Nilai paramater ini dapat didekati sesuai dengan kondisi permasalahannya.

3. Uji kesesuaian/Kalibrasi

Pengukuran tingkat kesesuaian model dapat dilakukan dengan menggunakan indikator *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE sebagai rata-rata kuadrat simpangan (selisih) antara nilai keluaran (*output model*) terhadap nilai target (lapangan). Nilai RMSE semakin kecil menunjukkan bahwa rata-rata nilai model yang dihasilkan dekat dengan nilai sebenarnya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2}{n}} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

i = Nomor data

N = Jumlah data

X_i = Data kecepatan ke- i

\bar{X}_i = Nilai prediksi kecepatan/ arus ke- i