

DISERTASI

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK PENGURANGAN RISIKO BANJIR
PADA DAS WANGGU KOTA KENDARI**

***SPATIAL MODELLING FOR FLOOD RISK REDUCTION IN
WANGGU WATERSHED KENDARI***

**FERI FADLIN
D013171033**



**PROGRAM STUDI S3 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK PENGURANGAN RISIKO
BANJIR PADA DAS WANGGU KOTA KENDARI**

***SPATIAL MODELLING FOR FLOOD RISK REDUCITION IN
WANGGU WATERSHED KENDARI***

Disertasi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

**FERI FADLIN
D013171033**

**PROGRAM STUDI S3 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK PENGURANGAN RISIKO BANJIR
PADA DAS WANGGU KOTA KENDARI**

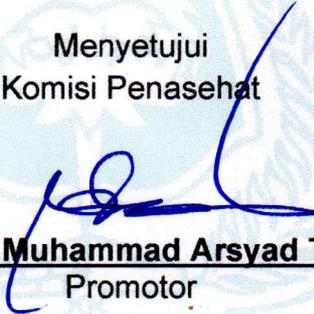
***SPATIAL MODELLING FOR FLOOD RISK REDUCTION IN WANGGU
WATERSHED KENDARI***

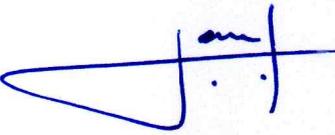
Disusun dan Diajukan oleh

**FERI FADLIN
NIM. D013171033**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
Pada tanggal 13 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Komisi Penasehat


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.
Promotor


Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT.
Co-Promotor


Dr. Eng. Ir. H. Mukhsan Putra Hatta, MT.
Co-Promotor


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Ir. M. Isran Ramli, ST. MT. IPM


Ketua Program Studi
S3 Teknik Sipil

Dr. Eng. Ir. H. Rita Irmawaty, ST. MT

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Feri Fadlin
Nomor Induk : D013171033
Program Studi : S-3 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan, atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh isi disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makasar, 12 Januari 2023

Yang Menyatakan,



Feri Fadlin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan karya ilmiah ini yakni “Pemodelan Spasial untuk Pengurangan Risiko Banjir pada DAS Wanggu Kota Kendari” dapat terselesaikan. Banyak tantangan dan rintangan yang kami peroleh selama proses pelaksanaan penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini, namun berkat perjuangan dan dukungan dari semua pihak penelitian ini dapat terselesaikan. Disadari dengan keterbatasan yang kami miliki berbagai kendala yang kami hadapi selama penyusunan Disertasi ini tidaklah dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik itu dukungan moril dan bantuan materil yang tak ternilai. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan tulus hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua kami tercinta ayahanda Sialing, S.Pd., M.Pd (Alm) dan ibunda Munira, S.Pd., yang telah membesarkan, mendidik dan selalu memberikan dukungan dan doa.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT., selaku Promotor, Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT, selaku Co-Promotor, dan Dr. Eng. Ir. H. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT selaku Co-Promotor atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng., Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa ST., MT., Dr. Eng. Ir. Ilham Alimuddin, ST., M.GIS, Dr. Ir. Riswal Kamma ST., MT dan Bapak Prof. Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D, atas saran, masukan untuk perbaikan hasil penelitian kami.
4. Penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Rektor Universitas Hasanuddin Prof. Dr. Jamaludin Jompa, M.Sc, Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, serta Ibu Dr. Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin atas arahan dan bimbingannya dalam proses penyelesaian studi di Universitas Hasanuddin.

5. Bapak/ Ibu dosen Prodi S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan serta Bapak/ Ibu staf Prodi S3 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.
6. Teman-teman S1, S2, dan S3 Teknik Sipil, yang telah banyak memberi dukungan dan bantuan selama penelitian ini berlangsung.
7. Ucapan terima kasih juga kami ucapkan kepada seluruh teman-teman mahasiswa S3 Angkatan 2017 yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan moril dalam proses penyelesaian studi ini.
8. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga penulis ucapkan terkhusus kepada istri tercinta Najma Nur Mawaddah, untuk ketulusan, keikhlasan, pengertian, kesabaran dan pengorbanan yang luar biasa, juga kepada anak-anakku Kayyisa Afshin Shakila, Haziq Azfar Dhiyaulhaq dan Aarifa Rafiati Nasirah atas dorongan semangat dalam mengikuti Pendidikan ini.

Penulis menyadari disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan, banyak kekurangan yang perlu untuk diperbaiki. Semoga naskah disertasi ini dapat memberikan sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang ilmu teknik sipil.

Makassar, Januari 2023

Feri Fadlin

ABSTRAK

FERI FADLIN. Pemodelan Spasial untuk Pengurangan Risiko Banjir pada DAS Wanggu Kota Kendari (dibimbing oleh **Muhammad Arsyad Thaha, Farouk Maricar,** dan **Mukhsan Putra Hatta**).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model spasial hidrologi untuk perhitungan debit aliran permukaan pada DAS Wanggu, menganalisis model spasial hidrolika dan menemukan kapasitas tampung hilir Sungai Wanggu Kota Kendari, serta menganalisis tingkat bahaya, kerentanan, kapasitas dan risiko banjir di wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari. Pengumpulan data dilakukan dengan survei langsung pengukuran batimetri dan topografi serta survei foto udara pada wilayah hilir sungai Wanggu Kota Kendari. Analisis data meliputi analisis hidrologi DAS dengan bantuan perangkat lunak Hec-HMS, analisis hidrolika sungai dengan bantuan perangkat lunak Hec-RAS dan analisis risiko banjir dengan bantuan perangkat lunak ArcGis. Kalibrasi model dan data hasil simulasi dilakukan dengan perhitungan statistik menggunakan parameter NSE, PBIAS, dan MAPE. Hasil penelitian menunjukkan model spasial hidrologi DAS Wanggu dapat digunakan untuk menghitung debit aliran permukaan dengan akurasi baik berdasarkan parameter Nash Sutcliffe (NSE) sebesar 0,72 dan PBIAS 0,17% dengan nilai konstanta resesi DAS Wanggu sebesar sebesar 0,95. Hasil analisis risiko banjir berdasarkan kondisi eksisting topografi sungai diperoleh luas area dengan risiko rendah seluas 102,79 Ha, luas area risiko sedang 87,28 Ha dan luas area dengan risiko tinggi 135,24 Ha. Hasil analisis risiko banjir berdasarkan model spasial dengan rekayasa penempatan tanggul mampu mengurangi area genangan sebesar 177,43 Ha.

Kata Kunci: Model Spasial, Hidrologi, Hidrolika, Risiko, Banjir

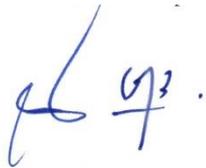


ABSTRACT

FERI FADLIN. Spatial Modelling for Flood Risk Reduction in Wanggu Watershed Kendari (dibimbing oleh **Muhammad Arsyad Thaha, Farouk Maricar, dan Mukhsan Putra Hatta**).

This study aims to analyze the spatial hydrological model for calculating runoff discharge in the Wanggu Watershed, analyze the spatial hydraulics model and find the downstream capacity of the Wanggu River, Kendari City, and analyze the level of hazard, vulnerability, capacity and risk of flooding in the downstream area of the Wanggu River, Kendari City. Data collection was used direct surveys of bathymetry and topography measurements as well as aerial photo surveys in the lower reaches of the Wanggu River, Kendari City. Data analysis included watershed hydrological analysis with the help of Hec-HMS software, river hydraulics analysis with the help of Hec-RAS software and flood risk analysis with the help of ArcGis software. Model calibration and simulation results data were performed by means of statistical calculations using NSE, PBIAS, and MAPE parameters. The results showed that the hydrological spatial model of the Wanggu watershed could be used to calculate surface runoff discharge with good accuracy based on the Nash Sutcliffe (NSE) parameter of 0.72 and PBIAS of 0.17% with a constant recession value of the Wanggu watershed of 0.95. The results of the flood risk analysis based on the existing condition of the river topography obtained an area with a low risk of 102.79 Ha, an area of medium risk of 87.28 Ha and an area of high risk of 135.24 Ha. The results of the flood risk analysis based on the spatial model with the embankment placement were able to reduce the inundation area by 177.43 Ha.

Kata Kunci: Spatial Model, Hydrology, Hydraulics, Risk, Flood



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	6
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Perumusan Masalah.....	12
1.3 Tujuan Penelitian.....	15
1.4 Kegunaan Penelitian	16
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	17
1.5.1 Ruang Lingkup Substansial	17
1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah	18
1.6 Kebaruan Penelitian (Novelty)	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Konsep Umum Pengurangan Risiko Banjir.....	20
2.2 Teknologi Pesawat Tanpa Awak	22
2.4 <i>Rainfall Runoff</i> Model Hec-HMS.....	26
2.5 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	46
2.6 Lokasi Penelitian	46
2.7 Pengumpulan Data.....	47
3.3 Survei GNSS.....	49
3.4 Survei Foto Udara	51
3.5 Survei Hidrografi.....	53
3.6 Teknik Analisis Data	54
3.6.1 Pengolahan data UAV	54
3.6.2 Analisis Topografi dan Batimetri	56
3.6.3 Analisis Hidrologi	57
3.6.3.1 Parameter <i>Loss</i>	57
3.6.3.2 Parameter <i>Transform</i>	60

3.6.3.3	Parameter <i>Baseflow</i>	61
3.6.3.4	Kalibrasi Model	62
3.7	Pembuatan Terrain Model	64
3.8	Penyusunan Model Simulasi 2D	64
3.9	<i>Running</i> Model Aliran tidak Permanen 2D (<i>Unsteady Flow</i>)	65
3.10	Penyusunan Model Spasial Risiko Banjir	67
3.10.1	Indeks Ancaman (<i>Hazard</i>)	68
3.10.2	Indeks Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)	68
3.10.3	Indeks Kapasitas (<i>Capacity</i>)	69
3.10.4	Risiko Bencana (<i>Risk</i>)	73
3.11	Diagram Alir Penelitian	75
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		76
4.1	Model Spasial Hidrologi DAS Wanggu	76
4.1.1	Karakteristik DAS Wanggu	76
4.1.2	Koefisien Aliran Permukaan <i>Curve Number</i>	79
4.1.3	Rainfall-Runoff Model DAS Wanggu	86
4.2	Model Spasial Hidrolika Sungai Wanggu	95
4.2.1	Topografi Hilir Sungai Wanggu	95
4.2.2	Kapasitas Tampung Hilir Sungai Wanggu.....	105
4.3	Tingkat Ancaman, Kerentanan, Kapasitas dan Risiko Banjir	111
4.3.1	Tingkat Ancaman/ Bahaya Banjir (<i>Hazard</i>)	111
4.3.2	Tingkat Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)	115
4.3.3	Model Spasial Risiko Banjir	125
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		137
5.1	Kesimpulan	137
5.2	Saran	137
DAFTAR PUSTAKA.....		140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tren Kejadian Bencana Banjir di Indonesia	8
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian	13
Gambar 3. Matriks hasil penilaian kapasitas daerah	22
Gambar 4. Alur pengumpulan data menggunakan UAV	23
Gambar 5. Klasifikasi tingkat ketelitian peta RBI. Sumber: (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, 2014)	25
Gambar 6. Pemetaan hasil penelitian terdahulu.....	33
Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian	45
Gambar 8. Peta lokasi kajian simulasi banjir	46
Gambar 9. Deskripsi stasiun TTG (1) dan CORS (2) lokasi penelitian	50
Gambar 10. Tahapan survei batimetri	53
Gambar 11. Tahapan pengolahan data UAV	56
Gambar 12. Tahapan analisa topografi dan batimetri sungai	57
Gambar 13. Tahapan pembuatan terrain model.....	64
Gambar 14. Tahapan penyusunan model simulasi 2D aliran tidak permanen	65
Gambar 15. Metode penyusunan peta risiko banjir	67
Gambar 16. Perhitungan risiko banjir dalam bentuk data spasial	74
Gambar 17. Diagram Alir Penelitian.....	75
Gambar 18. Daerah Aliran Sungai Wanggu	77
Gambar 19. Peta Penggunaan Lahan DAS Wanggu Tahun 1992.....	81
Gambar 20. Peta Penggunaan Lahan DAS Wanggu Tahun 2010.....	81
Gambar 21. Peta Penggunaan Lahan DAS Wanggu Tahun 2020.....	82
Gambar 22. Perubahan Penggunaan Lahan DAS Wanggu Tahun 1992-2019	83
Gambar 23. Grafik perubahan koefisien aliran permukaan DAS Wanggu	84

Gambar 24. Sebaran Koefisien Aliran Permukaan pada DAS Wanggu.....	85
Gambar 25. Sebaran pos hujan DAS Wanggu.....	86
Gambar 26. Kalibrasi data hujan TRMM dan BMKG terhadap data debit terukur pada kejadian banjir Kota Kendari Tahun 2018	88
Gambar 27. Grafik perbandingan data curah hujan Staklim Kendari (BWS Sulawesi IV), TRMM dan BMKG Juli 2013 (a), data curah hujan TRMM dan BMKG (b), data curah hujan Stasiun Klimatologi dan TRMM (c) dan data curah hujan Stasiun Klimatologi dan BMKG (d)	92
Gambar 28. Hidrograf Banjir DAS Wanggu 13 – 17 Juli Tahun 2013	95
Gambar 29. Sebaran data pengamatan GNSS <i>Ground Control Point</i>	97
Gambar 30. Sebaran <i>Ground Control Point</i>	99
Gambar 31. Foto Udara dan Digital Surface Model Hilir Sungai Wanggu Kota Kendari	100
Gambar 32. Contoh Model Spasial Hasil Kombinasi Foto Udara dan Batimetri Sungai	101
Gambar 33. Peta Topografi lokasi penelitian	102
Gambar 34. Contoh potongan melintang Sungai Wanggu STA 1500 dan STA 2000	103
Gambar 35. Contoh potongan melintang Sungai Wanggu pada STA 8500 dan STA 9000	104
Gambar 36. Skema Input Data dan Validasi Simulasi	106
Gambar 37. Contoh Penampakan Hasil Pengukuran Dasar Sungai	106
Gambar 38. Gambar Dasar Saluran Hasil Pengukuran Deeper Sonar dan Penampang Sungai Lokasi Input Debit Simulasi.....	107
Gambar 39. Perbandingan Kecepatan Aliran Hasil Simulasi dan Pengukuran di Lapangan Pada Rentang n 0,01 – 0,14 Titik Validasi I (a) dan II (b)	108
Gambar 40. Titik identifikasi luapan banjir debit 166,03 m ³ /det	110
Gambar 41. Grafik Debit Banjir 2013 dan Elevasi Air Laut Teluk Kendari ..	112
Gambar 42. Peta bahaya banjir Sungai Wanggu Kota Kendari.....	114

Gambar 43. Peta Kerentanan Fisik Rasio Jaringan Jalan	116
Gambar 44. Peta Kerentanan Fisik Rasio Jluas Area Terbangun	117
Gambar 45. Peta Kerentanan Kependudukan (Kepadatan Penduduk)	118
Gambar 46. Peta Kerentanan Lingkungan	119
Gambar 47. Peta Kerentanan Ekonomi Wilayah (Lokasi Produksi).....	120
Gambar 48. Peta Kerentanan Ekonomi Wilayah (Kawasan Perdagangan)	121
Gambar 49. Skema Model Builder Pemetaan Kerentanan Wilayah Terhadap Banjir di Sungai Wanggu Kota Kendari.	123
Gambar 50. Peta Tingkat Kerentanan Banjir Vulnerability (V) Sungai Wanggu) Kota Kendari.....	124
Gambar 51. Peta Risiko Banjir Sungai Wanggu Kota Kendari	126
Gambar 52. Elevasi muka air banjir pada STA 9000.....	127
Gambar 53. Elevasi muka air banjir pada STA 9000 setelah Penempatan Tanggul	128
Gambar 54. Peta Risiko Banjir Sungai Wanggu setelah Penempatan Tanggul	129

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kejadian Banjir Kota Kendari Tahun 2009 - 2017.....	9
Tabel 2. Perbandingan penelitian dengan penelitian sebelumnya.....	34
Tabel 3. Teknik Pengumpulan Data	47
Tabel 4. Nilai CN berdasarkan <i>Soil Conservation Service (SCS)</i>	58
Tabel 5. Parameter model yang dikalibrasi	62
Tabel 6. Kriteria evaluasi model hidrologi.....	64
Tabel 7. Komponen indeks ancaman bencana banjir.....	68
Tabel 8. Variabel analisis indeks kerentanan	68
Tabel 9. Indikator indeks kapasitas	70
Tabel 10. Klasifikasi indeks kapasitas	73
Tabel 11. Klasifikasi Risiko Banjir	74
Tabel 13. Karakteristik DAS Wanggu	78
Tabel 14. Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi (T_c) dan <i>Time Lag</i> (T_L).....	79
Tabel 15. Perubahan koefisien aliran permukaan <i>Curve Number</i> DAS Wanggu	84
Tabel 16. Input data kalibrasi model spasial hidrologi DAS Wanggu.....	87
Tabel 17. Kalibrasi data inflow dari curah hujan TRMM dan BMKG	88
Tabel 18. Kalibrasi model spasial hidrologi DAS Wanggu berdasarkan nilai K.	89
Tabel 19. Perbandingan data Curah Hujan DAS Wanggu Juli 2013.....	91
Tabel 20. Input data <i>Rainfall Runoff Model</i> Hec-HMS kejadian banjir Tahun 2013	93
Tabel 21. Hasil simulasi debit banjir bulan Juli Tahun 2013	94
Tabel 22. Hasil pengolahan data pengamatan GNSS <i>Ground Control Point</i>	98
Tabel 23. Komponen Input Data Simulasi	111

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah tropis dengan curah hujan dan dinamika cuaca yang sangat tinggi sepanjang tahun. Tingginya curah hujan dan dinamika cuaca yang terjadi mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia sangat rawan terhadap bencana banjir, tanah longsor, kekeringan, gelombang pasang/ abrasi, puting beliung, kebakaran hutan dan lahan dan bencana geologi lainnya. Perubahan iklim global, kondisi geologis, geografis, pertumbuhan penduduk yang tinggi serta degradasi lingkungan merupakan beberapa faktor pendorong terjadinya bencana banjir dan bencana lainnya yang juga memberikan dampak negatif berupa timbulnya korban jiwa maupun materil.

Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) yang dirilis oleh BNPB tahun 2018 menunjukkan adanya fluktuasi tren kejadian bencana banjir di Indonesia dalam 10 tahun terakhir. Kejadian banjir tertinggi terjadi pada tahun 2010 yaitu 1059 kali kejadian bencana banjir dari total 1944 total kejadian bencana yang terjadi di tahun tersebut. Urutan kedua terjadi ditahun 2017 dengan 979 kejadian banjir dari total 2862 kejadian bencana di tahun tersebut. Tren kejadian bencana banjir dalam 10 tahun terakhir yang diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tren Kejadian Bencana Banjir di Indonesia

Kota Kendari yang merupakan Ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu kota yang terkena dampak dari bencana Banjir. Curah hujan yang tinggi menyebabkan aliran sungai sungai di dalam kota meluap dan menggenangi permukiman masyarakat. Tercatat dalam sepuluh tahun terakhir terjadi bencana banjir yang merupakan bencana terbesar yang pernah di alami masyarakat Kota Kendari. Banjir tersebut terjadi pada tahun 2013 yang menyebabkan ribuan penduduk mengungsi, rusaknya fasilitas umum serta korban jiwa. Data kejadian bencana banjir serta dampak yang ditimbulkan di Kota Kendari tahun 2009 sampai dengan tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kejadian Banjir Kota Kendari Tahun 2009 - 2017

Tahun	Waktu		Korban Jiwa		Rumah Rusak			Fasilitas			
	Bulan	Tanggal	Meninggal dan Hilang	Menderita dan Mengungsi	B	S	R	P	I	K	J
2009	6	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0
2010	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2010	6	15	0	0	0	0	0	3	0	0	0
2010	6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	7	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	6	26	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2012	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	1	16	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2013	7	15	1	2769	195	179	6422	0	1	0	3
2016	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	3	1	0	25	0	0	0	0	0	0	0
2017	5	12	1	603	16	6	5	0	0	0	0

Keterangan: B (Berat), S (Sedang), R (Ringan), P (Pendidikan), I (Ibadah), K (Kesehatan), J (Jembatan).

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia tahun 2018

Salah satu permasalahan yang dihadapi pemerintah Kota Kendari dalam mengurangi risiko bencana banjir adalah kurangnya informasi spasial mengenai kondisi wilayah yang berpotensi terkena dampak banjir yang dapat memberikan kerugian baik materil maupun non materil. Ketidaktersediaan informasi tersebut dapat memperparah kerugian yang ditimbulkan jika bencana banjir ini terjadi di masa yang akan datang. Permasalahan berikutnya terjadi pada aspek manajerial yaitu pada stakeholder atau instansi yang memiliki tugas dan fungsi dalam pengendalian banjir. Permasalahan tersebut adalah data-data pendukung dalam pengendalian daya rusak air atau banjir,

tidak terintegrasi satu sama lain sehingga sulit untuk terkontrol. Kebijakan yang selalu berubah serta tidak terdapatnya rekam jejak data-data menjadikan usulan-usulan kegiatan dalam pengendalian banjir menjadi tidak terstruktur dan tidak terintegrasi. Dampak dari permasalahan tersebut adalah penentuan kebijakan arah program pengendalian banjir termasuk aspek penganggaran yang menjadi tidak tepat akibat ketidakakuratan data dan informasi.

Pemodelan spasial daerah rawan banjir akan memberikan hasil yang maksimal jika didukung dengan keakuratan data yang diakuisisi, khususnya terkait dengan data hidrologi dan topografi wilayah. Model spasial hidrologi dapat memberikan gambaran mengenai respon Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam bentuk besarnya aliran permukaan (*runoff*) terhadap besarnya hujan yang jatuh pada wilayah DAS tersebut. Proses konversi hujan menjadi debit aliran merupakan proses ilmiah yang membutuhkan banyak data dan informasi yang bersifat kompleks. Kompleksitas data dan informasi tersebut disebabkan oleh banyaknya variabel dalam sistem DAS sebagai karakteristik inputan dengan variasi ruang dan waktu. Pemodelan spasial merupakan salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengatasi proses yang sangat kompleks tersebut dan diharapkan mampu menirukan sifat dan karakteristik DAS yang dikaji.

Variabel ketinggian atau topografi dan situasi di sekitar sungai juga merupakan unsur penting sebagai dasar untuk pengambilan kebijakan pengendalian banjir. Ekstraksi data ketinggian untuk memperoleh peta situasi

wilayah dapat dilakukan dengan berbagai metode atau pendekatan seperti survey langsung atau menggunakan data sekunder citra satelit teknologi radar *Digital Elevation Model* (DEM) dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Berbagai metode tersebut memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing.

Citra satelit DEM dan peta RBI merupakan sumber data yang dapat diperoleh secara gratis dan tersedia untuk wilayah cakupan yang luas. Kelemahan dari data tersebut adalah tingkat akurasi data yang ditampilkan, dimana peta RBI menyediakan data dengan skala maksimal tersedia saat ini 1:50.000 dan citra satelit DEM dengan resolusi spasial maksimal yang tersedia saat ini 0.27 arc second atau sekitar 8 meter. Survei lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan ukur (*Total Station*) dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi jika dilakukan dengan metode yang benar dan keahlian tinggi dari surveyor, namun membutuhkan waktu, tenaga dan juga biaya yang lebih besar. Metode terakhir yang dapat digunakan dan saat ini sangat berkembang dalam pemetaan wilayah adalah menggunakan pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Penggunaan UAV dapat memberikan informasi kondisi atau situasi wilayah dengan sangat detail dengan resolusi spasial yang sangat tinggi (satuan cm) dan dapat mencakup wilayah yang luas dalam waktu yang lebih singkat. Kelemahan pada UAV adalah, data elevasi yang terakuisisi merupakan data *Digital Surface Model* (DSM) atau kenampakan elevasi permukaan. Untuk meningkatkan akurasi data hasil akuisisi UAV, DSM dapat di derivasi menjadi *Digital Terrain Model*

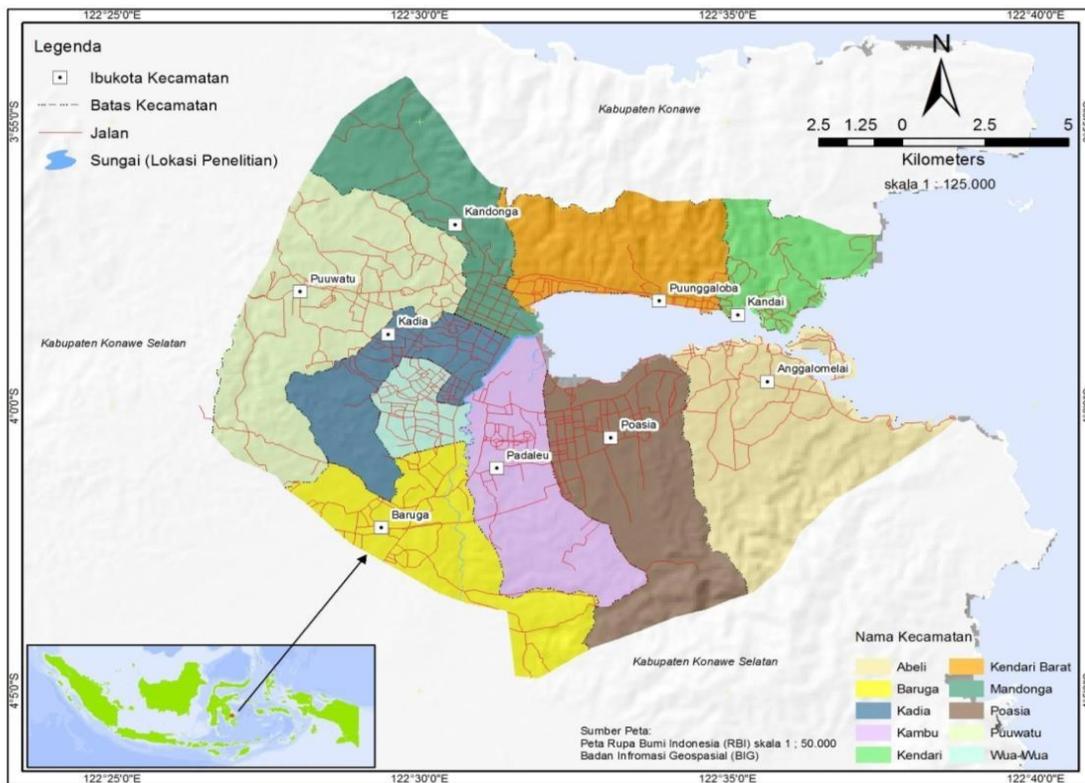
(DTM) menggunakan *Bench Mark* (BM) sebagai titik kontrol dan pemanfaatan data DEMNAS resolusi spasial 0,27 ArcSecond sebagai pendukung koreksi data.

Berdasarkan uraian permasalahan banjir yang terjadi di Kota Kendari dan perkembangan teknologi sistem informasi serta pemetaan topografi wilayah menggunakan UAV maka perlu dilakukan pemodelan fenomena banjir sekaligus penilaian risiko banjir secara keruangan untuk mendukung upaya pengurangan risiko banjir di Kota Kendari. Penelitian ini akan memfokuskan pada pemodelan spasial hidrologi dan hidrolika sungai pada wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari dengan menggunakan data ketinggian atau topografi wilayah serta pemanfaatan lahan yang di ekstraksi dari hasil foto udara menggunakan UAV. Data dan informasi dari hasil kajian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun strategi mitigasi untuk meminimalisir kerugian akibat bencana banjir di masa yang akan datang.

1.2 Perumusan Masalah

Secara astronomis Kota Kendari terletak pada $122^{\circ} 26' 4''$ BT sampai dengan $122^{\circ} 38' 6''$ BT dan $3^{\circ} 54' 2''$ LS sampai dengan $4^{\circ} 49' 58''$ LS. Secara geografis berbatasan dengan kabupaten konawe di sebelah utara, kabupaten konawe selatan di sebelah selatan dan barat serta laut banda di sebelah timur. Selain topografi, karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Wanggu yang

meliputi batas dan luas DAS, panjang dan lebar sungai, kemiringan/ kelerengan DAS, debit sungai, stasiun dan curah hujan dalam DAS, kedalaman sungai dan data pasang surut perlu untuk dikaji. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Hasil analisis kejadian banjir di wilayah Kota Kendari pada tanggal 14 Mei 2017 oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Maritim Kendari, curah hujan yang tinggi adalah salah satu faktor penyebab terjadinya fenomena banjir di hampir seluruh wilayah Kota Kendari, khususnya di sekitar sungai Wangu. BMKG merilis data curah hujan pada

kejadian banjir tanggal 13 dan 14 Mei 2017 berkisar antara 68,3 mm (lebat) sampai dengan 136 mm (lebat) dengan intensitas yang tinggi dan durasi yang lama.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi baik secara alami maupun urbanisasi sebagai dampak dari pertumbuhan wilayah menekan ketersediaan lahan untuk kawasan permukiman, sehingga memaksa masyarakat untuk tinggal pada daerah rawan bencana. Kondisi ini perlu untuk dikaji guna memperoleh informasi sejauh mana tingkat bahaya banjir, unsur-unsur yang rentan terkena dampak sehingga dapat dikalkulasi risiko akibat bencana banjir yang terjadi. Informasi mengenai risiko tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan pemanfaatan lahan pada daerah yang rawan bencana banjir.

Kalkulasi risiko bencana banjir dapat dilakukan dengan pemodelan spasial dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Langkah-langkah yang dilakukan dalam penilaian risiko adalah dengan mengkaji tingkat bahaya (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas adaptasi (*capacity*) dalam mengurangi risiko bencana. Untuk memperoleh model spasial yang akurat, maka dibutuhkan teknik akuisisi data yang baik sehingga dapat diperoleh data dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan teknologi UAV yang sedang berkembang saat ini untuk memperoleh data situasi, topografi dan juga tata guna lahan pada daerah-daerah yang rawan bencana.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka fokus dari kajian ini adalah menyusun model spasial untuk pengurangan risiko banjir pada sungai Wanggu. Model spasial yang disusun terdiri atas model spasial hidrologi untuk mengestimasi respon DAS khususnya pada wilayah hulu terhadap curah hujan yang terjadi dalam bentuk debit aliran serta model spasial hidrolika pada wilayah hilir untuk mengetahui kapasitas tampung sungai, simulasi banjir serta kalkulasi potensi risiko banjir yang dapat terjadi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka rumusan permasalahan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model spasial hidrologi untuk perhitungan debit aliran permukaan pada DAS Wanggu?
2. Bagaimana model spasial hidrolika untuk mengetahui kapasitas tampung hilir Sungai Wanggu Kota Kendari?
3. Bagaimana tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko banjir di wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis model spasial hidrologi untuk perhitungan debit aliran permukaan pada DAS Wanggu.
2. Menganalisis model spasial hidrolika dan menemukan kapasitas tampung hilir Sungai Wanggu Kota Kendari.

3. Menganalisis tingkat bahaya, kerentanan, kapasitas dan risiko banjir di wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan atau manfaat yang akan diperoleh dari hasil studi ini mencakup beberapa pihak yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat lokal di sekitar sungai Wanggu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang risiko bencana yang dapat terjadi di tempat mereka bermukim, sehingga masyarakat dapat melakukan langkah-langkah preventif untuk mengurangi dampak dari bencana banjir yang terjadi.
2. Bagi pemerintah, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam menyusun sistem peringatan dini banjir, perencanaan pengendalian banjir, sekaligus sebagai bahan evaluasi kondisi eksisting pengendalian banjir di Kota Kendari. Penelitian dan rekomendasi dari penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan dalam upaya pengurangan risiko bencana banjir di Kota Kendari.
3. Penelitian ini diharapkan menjadi nilai tambah dan memperkaya pengetahuan mengenai mitigasi bencana banjir dengan karakteristik wilayah yang berbeda-beda dan dengan memanfaatkan teknologi dalam akuisisi data. Studi ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi untuk

menyusun rencana tata ruang wilayah khususnya pada wilayah hilir sungai Wanggu Kota Kendari.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian sangat dibutuhkan untuk membatasi objek yang akan dikaji sehingga memudahkan dalam proses pengumpulan dan analisis data. Ruang lingkup dalam penelitian ini terbagi menjadi ruang lingkup substansial dan ruang lingkup wilayah yang akan dijabarkan sebagai berikut.

1.5.1 Ruang Lingkup Substansial

Secara umum ruang lingkup substansial mencakup materi-materi substantif yang akan dikaji dalam penelitian ini. Penjabaran mengenai ruang lingkup substansial adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data dan informasi karakteristik sungai wanggu yang meliputi batas dan luas DAS, panjang dan lebar sungai, kemiringan/kelerengan DAS, debit sungai, stasiun dan curah hujan dalam DAS, kedalaman sungai dan data pasang surut.
- b. Pemetaan topografi/ *Digital Elevation Model* (DEM) wilayah penelitian menggunakan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS).
- c. Pemetaan batimetri sungai untuk pembuatan model penampang sungai.
- d. Pengumpulan data debit/hujan dan data historis kejadian banjir luapan sungai wanggu.

- e. Penyusunan model kerawanan/ bahaya, kerentanan, dan risiko bencana banjir.

1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah

Penentuan ruang lingkup wilayah penelitian dilakukan berdasarkan hasil studi literatur, topografi dan pengumpulan data historis kejadian banjir akibat luapan sungai wunggu yaitu wilayah hilir sungai Wanggu. Batas Wilayah penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai Wanggu.

1.6 Kebaruan Penelitian (Novelty)

Penelitian tentang pemodelan banjir dan karakteristik fisik serta hidrologi sungai telah banyak dilakukan. Dalam perkembangannya penggunaan teknologi UAV juga telah banyak mengambil peran dalam kajian kajian terkait dengan karakteristik fisik dan hidrologi sungai. Kebaruan penelitian ini diidentifikasi berdasarkan metode dan luaran penelitian. Potensi kebaruan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Luaran pertama dalam penelitian ini adalah model Spasial Hidrologi DAS yang dapat digunakan untuk mengestimasi debit aliran permukaan berdasarkan data hujan. Model spasial hidrologi yang dihasilkan merupakan model *Rainfall Runoff Model* yang juga dapat digunakan untuk mem besarnya debit berdasarkan data prakiraan cuaca dalam bentuk data hujan satelit yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) serta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Hasil

pemodelan spasial hidrologi diharapkan dapat ditemukan koefisien aliran permukaan DAS yang menggambarkan karakteristik DAS pada kondisi terkini.

2. Luaran kedua dari penelitian metode penelitian ini adalah model spasial hidrolika hilir Sungai Wanggu yang disusun menggunakan metode survei kombinasi fotogrametri menggunakan UAV, survei batimetri dan survei terestris pengukuran topografi sungai. Hasil pemodelan hidrolika ini diharapkan mampu menemukan karakteristik berupa koefisien kekasaran dasar sungai serta kapasitas tampung sungai khususnya pada lokasi kajian yaitu wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari.
3. Luaran ketiga dari penelitian ini adalah model spasial risiko banjir di wilayah hilir Sungai Wanggu Kota Kendari. Model spasial risiko banjir disusun dengan mengacu pada Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012 berdasarkan karakteristik bahaya banjir (*Hazard*) menggunakan model numerik 2D Hec-Ras, karakteristik kerentanan (*Vulnerability*) berdasarkan variabel kerentanan fisik, sosial masyarakat, serta kapasitas (*Capacity*) pengurangan risiko banjir di Kota Kendari. Dalam proses penyusunan model spasial risiko banjir diharapkan dapat ditemukan sebaran indeks risiko banjir serta bobot pada masing-masing variabel kerentanan banjir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Umum Pengurangan Risiko Banjir

Konsep pengurangan risiko banjir mengacu pada UU No 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana menyatakan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Metodologi dalam melakukan kajian risiko bencana pada penelitian ini meliputi kajian tentang bahaya (*Hazard*), kerentanan (*Vulnerability*), risiko (*Risk*) dan kapasitas (*Capacity*) pengurangan risiko. Dalam pelaksanaannya pengkajian risiko menggunakan rumus umum:

$$Risk = \frac{Hazard \times Vulnerability}{Capacity}$$

Komponen bahaya dapat didefinisikan sebagai sebuah ancaman yang memiliki potensi menyebabkan kerugian pada manusia baik kerugian materil maupun jiwa (Dewan, 2013). Komponen bahaya dapat dideskripsikan dalam bentuk waktu, intensitas, lokasi/kordinat dan frekuensi kejadian pada wilayah tertentu (Schneiderbauer & Ehrlich, 2004). Terkait dengan bahaya banjir komponen bahaya yang umum digunakan dan akan digunakan dalam penelitian ini adala meliputi daerah dan kedalaman genangan.

Komponen kerentanan seringkali juga disebut sebagai elemen berrisiko. Elemen berrisiko didefinisikan sebagai potensi kerugian ekonomi

yang terjadi akibat dari suatu bencana alam (Meyer et al., 2009). Kerentanan atau elemen berisiko dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori: 1) kerentanan sosial yang meliputi persepsi tentang risiko dan pandangan hidup masyarakat, yang berkaitan dengan umur, jenis kelamin, budaya, etnik, agama, kemiskinan dan interaksi sosial; 2) kerentanan fisik yang meliputi konstruksi, umur dan bahan penyusun bangunan, infrastruktur jalan, listrik dan fasilitas umum lainnya; 3) kerentanan ekonomi yang meliputi seberapa besar kerugian yang timbul dari bencana termasuk kerugian investasi; 4) kerentanan lingkungan yang meliputi kerentanan flora fauna, dan unsur abiotik tanah air dan udara (tata guna lahan) serta; 5) kerentanan lembaga/kelembagaan yang meliputi ada tidaknya sistem pengurangan risiko bencana, baik buruknya sistem pemerintahan dan sinkronisasi peraturan dengan kondisi realita di lapangan (Asian Disaster Preparedness Center, 2006).

Kapasitas dalam pengurangan risiko bencana adalah salah satu parameter yang turut menentukan keberhasilan untuk pengurangan risiko bencana. Kapasitas daerah dalam penanggulangan risiko bencana mengacu pada sistem Penanggulangan Bencana Nasional yang termuat dalam UU Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana. Dalam penelitian ini, nilai kapasitas pengurangan risiko bencana mengacu pada indeks atau matriks hasil penilaian Kapasitas Daerah tahun 2015 oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia. Indeks kapasitas daerah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Matriks hasil penilaian kapasitas daerah
 Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB Indonesia)

2.2 Teknologi Pesawat Tanpa Awak

Pada saat ini perkembangan teknologi sangatlah pesat dibidang pemetaan salah satunya adalah berkembangnya teknologi pemetaan dengan menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau sering disebut pesawat tanpa awak. Pemanfaatan teknologi UAV pada penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi kondisi eksisting topografi dan tutupan lahan sepanjang area sungai yang dikaji. Tahapan dalam pengumpulan data menggunakan teknologi UAV mengacu pada template pemetaan resolusi tinggi menggunakan teknologi UAV oleh (Rusnák et al., 2017a) (Gambar 4).



Gambar 4. Alur pengumpulan data menggunakan UAV

Salah satu tahapan dalam pengumpulan data menggunakan UAV adalah pemasangan *Ground Control Point* (GCP) pada beberapa titik yang mewakili lokasi penelitian. GCP yang tersebar memiliki koordinat (X, Y) dan nilai ketinggian (Z) yang diperoleh dari hasil pengukuran/pengamatan menggunakan GPS Geodetik menggunakan metode *Real Time Kinematik* (RTK). Base yang digunakan adalah stasiun *cors* terdekat atau titik kontrol geodesi terdekat dari lokasi penelitian.

Penggunaan GCP dilakukan untuk meningkatkan akurasi geometri foto yang dihasilkan menggunakan wahana UAV. Pengujian ketelitian geometri mengacu pada Perka Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Tahapan pengujian diawali dengan perhitungan nilai CE90 menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots(1)$$

Dimana RMSEr adalah nilai *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y horizontal dan CE90 adalah nilai ketelitian posisi horizontal dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai RMSEr diperoleh dari laporan hasil orthoreaktifikasi foto udara. Uji akurasi ketelitian foto udara juga dilakukan terhadap nilai z (ketelitian vertikal). Persamaan yang digunakan mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 yaitu sebagai berikut.

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots\dots\dots(2)$$

Dimana LE90 adalah nilai tingkat ketelitian vertikal dan RMSEz adalah nilai *Root Mean Square Error* pada posisi Z (vertikal). Prosedur pengumpulan data lapangan untuk survei foto udara mengacu pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 1 Tahun 2020 tentang standar Pengumpulan data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar (Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar, 2020). Klasifikasi tingkat ketelitian peta RBI dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Gambar 5. Klasifikasi tingkat ketelitian peta RBI. Sumber: (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, 2014)

2.3 Model Numerik Dua Dimensi Hec-Ras

Konsep dasar yang mendasari pemodelan dua dimensi (2D) menggunakan Hec-Ras adalah untuk mengelompokkan data sungai dengan dataran banjir yang berada di sekitarnya atau yang berdekatan menjadi satu kesatuan dalam bentuk *cell*, jaringan *cell*, *cell* aliran 2D atau grid yang digunakan dalam komputasi. Setiap grid yang terbentuk memiliki nilai koordinat lokasi, elevasi dan kekasaran (*roughness*) yang merepresentasikan topografi permukaan dan pengaruh gaya gesek (*friction*) pada permukaan.

Model numerik Hec-Ras 2D aliran tidak permanen mengkombinasikan persamaan konservasi massa atau kontinuitas dengan persamaan gelombang difusi (*Diffusion-Wave*) untuk mengkalkulasi elevasi permukaan air pada suatu titik di waktu tertentu. Persamaan kontinuitas yang digunakan dalam aliran tidak permanen adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} + q = 0 \dots\dots\dots(3)$$

dimana t adalah waktu, H adalah elevasi permukaan air, h adalah kedalaman air, q adalah debit lateral, sedangkan u dan v masing masing adalah komponen kecepatan pada sumbu X dan Y. Dalam bentuk vektor, persamaan kontinuitas adalah:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \bar{V} \cdot hV + q = 0 \dots\dots\dots(4)$$

dimana V = (u,v) yaitu kecepatan dan (V) adalah vektor yang diperoleh dari persamaan differensial parsial $\bar{V} = \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}$ (Alzahrani, 2017).

Tahapan dalam pemodelan 2D menggunakan Hec-Ras dijelaskan secara detail dalam metode penelitian. Secara umum rumus dasar atau persamaan dasar yang digunakan dalam software Hec-Ras diperoleh dari Hec-Ras Hydraulic Reference manual versi 5.0 tahun 2016 (Brunner, 2016b).

2.4 Rainfall Runoff Model Hec-HMS

Aplikasi pemodelan hidrologi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk menggambarkan respon DAS terhadap hujan menjadi salah satu kajian pokok dalam beberapa tahun terakhir. Perhitungan *runoff* pada daerah aliran sungai dengan stasiun hujan yang kurang memadai merupakan tantangan yang banyak dihadapi oeh negara-negara berkembang dan juga Indonesia. Dibutuhkan suatu model yang dapat mengatasi kekurangan tersebut serta mampu menggambarkan karakteristik DAS yang kompleks kedalam bentuk

digital sehingga dapat digunakan untuk menghitung besarnya aliran permukaan pada DAS (Sahu et al., 2020).

Hydrologic Modelling System (HMS) di desain untuk mensimulasikan curah hujan menjadi aliran permukaan pada suatu sistem DAS dendritic. Model ini didesain untuk dapat digunakan secara luas untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam pemodelan hidrologi pada DAS. Hidrograf yang dihasilkan dari aplikasi ini dapat digunakan secara langsung atau dikoneksikan dengan aplikasi lainnya untuk digunakan dalam analisis ketersediaan air, drainase perkotaan, debit aliran, dampak dari perubahan penggunaan lahan, desain bangunan air seperti *reservoir spillway*, pengurangan dampak banjir, pentaan daerah dataran banjir (*floodplain regulation*) dan sistem operasi pada bangunan air. Berbagai macam variabel dalam pemodelan hidrologi yang menggambarkan karakteristik DAS direpresentasikan dalam bentuk model matematika pada sistem ini (Scharffenberg, 2022).

2.5 Penelitian Terdahulu

Banjir dapat dikatakan sebagai salah satu bencana dengan tingkat kejadian yang sangat tinggi dibandingkan dengan bencana lainnya (Quiroga et al., 2016). Perubahan iklim global merupakan isu krusial yang menjadi penyebab tingginya curah hujan sebagai faktor utama penyebab banjir (Mohammed, 2019). Banjir diklasifikasikan sebagai bencana yang memberikan dampak yang sangat signifikan dan membutuhkan biaya paling mahal di

seluruh dunia (Younis & Ammar, 2018), (Shareef & Abdulrazzaq, 2021). Banjir juga dapat menimbulkan konflik sosial dan konflik kepentingan (Ghimire et al., 2015), permasalahan lingkungan (Li & Shi, 2015) dan dampak ekonomi (Aerts & Botzen, 2011). Oleh karena itu kajian dinamika banjir secara spasial dan temporal merupakan unsur penting dalam manajemen sumber daya air dan pengurangan risiko bencana (Nharo et al., 2019).

Daerah Aliran Sungai Wanggu yang terletak di Kota Kendari, Indonesia, merupakan salah satu wilayah dengan frekuensi kejadian banjir cukup tinggi. Tercatat pada tahun 2013 terjadi bencana banjir terbesar yang mengakibatkan 1 orang meninggal dunia dan 2769 jiwa mengungsi. Salah satu permasalahan yang dihadapi pemerintah Kota Kendari dalam mengurangi risiko bencana banjir adalah kurangnya informasi spasial mengenai kondisi wilayah yang berpotensi terkena dampak banjir yang dapat memberikan kerugian baik materil maupun non materil. Ketidaktersediaan informasi tersebut dapat memperparah kerugian yang ditimbulkan jika bencana banjir ini terjadi di masa yang akan datang.

Pemodelan spasial daerah rawan banjir akan memberikan hasil yang maksimal jika didukung dengan keakuratan data yang digunakan, khususnya terkait dengan data hidrologi dan topografi wilayah. Model spasial hidrologi dapat memberikan gambaran mengenai respon Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap curah hujan dalam bentuk besarnya debit aliran permukaan (runoff). Proses konversi hujan menjadi debit aliran merupakan proses ilmiah yang

membutuhkan banyak data dan informasi yang bersifat kompleks. Kompleksitas data dan informasi tersebut disebabkan oleh banyaknya variabel dalam sistem DAS sebagai karakteristik inputan dengan variasi ruang dan waktu. Pemodelan spasial merupakan salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengatasi proses yang sangat kompleks tersebut dan diharapkan mampu menirukan sifat dan karakteristik DAS yang dikaji (Fadlin et al., 2022b).

Pemodelan spasial dalam kajian hidrologi dan banyir telah banyak dilakukan. Salah satu penelitian terdahulu yang dilaksanakan pada tahun 2021 (Karamma et al., 2021) mengkaji tentang pemodelan spasial struktur massa air. Penelitian ini dilaksanakan di muara Sungai Jeneberang Kota Makassar. Hasil penelitian memberikan informasi sebaran spasial parameter struktur massa air yaitu salinitas, temperatur dan densitas secara spasial di muara Sungai Jeneberang. Pemodelan spasial sebaran parameter struktur massa air dilakukan dengan metode interpolasi menggunakan perangkat lunak ArcGis. Sementara itu pada tahun 2012, juga dilakukan kajian akurasi indeks banjir pada dua region berbeda di wilayah Indonesia (Lopa, 2012). Dalam penelitian ini, dituliskan bahwa permasalahan yang sering dijumpai di lapangan adalah tidak tersediannya data yang relatif akurat khususnya terkait debit pada suatu DAS. Beberapa persamaan empiris dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut tapi membutuhkan data yang lebih banyak khususnya terkait dengan parameter Daerah Aliran Sungai (DAS).

Penelitian mengenai pemodelan hidrologi telah banyak dilakukan menggunakan data spasial untuk mem besarnya aliran permukaan pada daerah aliran sungai. Input data yang digunakan adalah topografi, penggunaan lahan dan curah hujan (Fadlin et al., 2022c). Data penggunaan lahan dapat diperoleh dari data satelit baik satelit multispektral maupun Synthetic Aperture Radar (SAR). Penelitian analisis tutupan lahan menggunakan data citra satelit multispektral telah banyak dilaksanakan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Alimuddin & Irwan, 2019) dengan menggunakan citra satelit Sentinel 2B untuk updating data tutupan lahan di kawasan Maminasata Sulawesi Selatan. Penelitian dengan memanfaatkan data SAR juga telah dilaksanakan di DAS Wanggu untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan (Fadlin et al., 2022a). Sementara itu data hujan dapat diperoleh dari data satelit Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM). Hasil validasi data TRMM di DAS Wanggu menunjukkan bahwa data TRMM layak untuk digunakan sebagai alternatif data hujan (Fadlin et al., 2022d).

Analisis hidrologi pada DAS dapat dilakukan menggunakan persamaan empirik. Beberapa metode perhitungan empirik telah teruji memiliki kemampuan yang baik untuk mem debit pada DAS. Tahun 2001 (Maricar & Harto, 2001) melakukan kajian tentang kepekaan hidrograf Gama I dalam penentuan debit banjir rancangan dan pada tahun 2018 (Karamma & Pallu, 2018) melaksanakan penelitian perbandingan antara Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Synder, Gama I dan Nakayasu dengan data data debit terukur pada

DAS jeneberang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HSS Nakayasu memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mem debit pada DAS Jeneberang.

Analisis karakteristik hidrolika sungai dilakukan dengan pendekatan simulasi numerik 2D menggunakan bantuan perangkat lunak Hec-Ras versi 6.3. Tahun 2017 (Padalia, 2017) melakukan penelitian analisis hidrolika perbandingan elevasi muka air pada penampang sungai modifikasi dan alami. Sementara itu (Husain, 2017), (Hatta et al., 2021), (Karim et al., 2021) melakukan penelitian pemodelan banjir dan juga analisis hidrolika sungai menggunakan model numerik 2D Hec-Ras. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan model numeric 2D Hec-Ras untuk kajian hidrolika dan pemodelan banjir sangat baik dan dapat digunakan untuk memperoleh informasi sebaran daerah rawan banjir secara spasial.

Perkembangan teknologi informasi dan perangkat lunak telah memberikan peluang untuk pemodelan hidrologi secara spasial menggunakan komputer. Simulasi hidrologi menggunakan sistem komputer telah banyak berkembang dan menjadi salah satu unsur esensial untuk memahami karakteristik aliran pada daerah aliran sungai sebagai dampak dari perkembangan pembangunan pada suatu wilayah (Halwatura & Najim, 2013). Hec-HMS adalah salah satu model hidrologi yang dikembangkan oleh US Army Corps Engineers yang dapat digunakan dalam banyak variasi simulasi hidrologi dan saat ini telah dikembangkan hingga pada versi 4.10 (USACE, 2022). Pada tahun 2017 (Gumindoga et al., 2017) melakukan penelitian

menggunakan model Hec-HMS untuk mensimulasikan aliran permukaan pada daerah aliran sungai yang dikalibrasi dengan data terukur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Hec-HMS reliabel untuk digunakan dalam mem inflow pada daerah aliran sungai. Penelitian tentang pemodelan spasial banjir telah banyak dilakukan diberbagai Kota di seluruh dunia. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah penyusunan model hidrodinamik dan pemetaan genangan banjir dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (Merwade et al., 2008). Unit analisis yang digunakan adalah sungai dengan menggunakan peralatan *echosounder* untuk pemetaan batimetri sungai. Luaran penelitian yang dihasilkan adalah model terrain terintegrasi antara data topografi dan batimetri sungai untuk pemodelan genangan banjir. Kombinasi metode penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) juga digunakan dalam pemetaan risiko banjir pada wilayah hilir Sungai Togo, Afrika Barat (Ntajal et al., 2017). Unit analisis yang digunakan adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan luaran utamanya adalah peta risiko banjir.

Tahun 2018 penelitian tentang penilaian risiko banjir menggunakan teknologi LiDAR dilaksanakan dengan menggunakan wilayah administratif sebagai unit analisis (Rusnák et al., 2017b). Target luaran utama dalam penelitian ini adalah peningkatan akurasi data dasar yang digunakan dalam pembuatan model genangan banjir. Teknologi LIDAR merupakan salah satu teknologi akuisisi data topografi yang sedang berkembang namun memerlukan biaya yang sangat tinggi dalam pemanfaatannya sehingga sulit untuk

Tabel 2. Perbandingan penelitian dengan penelitian sebelumnya

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
1	<i>GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping</i> (Merwade et al., 2008)	<p>1. Menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis untuk menghasilkan model permukaan sungai.</p> <p>2. Bertujuan untuk melakukan pemodelan hidrodinamika sungai dan pemetaan banjir</p>	<p>1. Data topografi diakuisi melalui pengukuran <i>cross section</i> dan <i>echosounding</i> serta diinterpolasi untuk memperoleh topografi sungai dan wilayah disekitarnya. Sedangkan pada penelitian ini data topografi diakuisisi menggunakan UAV yang digabungkan dengan hasil <i>echosounding</i> sungai untuk memperoleh data topografi sungai beserta wilayah disekitarnya.</p> <p>2. Data <i>Digital Elevation Model</i> (DEM) yang digunakan sebagai data pendukung adalah data Lidar, sedangkan data DEM pendukung pada penelitian ini adalah data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dengan resolusi spasial 0,27 ArcSecond/8,4 meter.</p>

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
2	<i>Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: linking gis Techniques and frequency analysis</i> (Sarhadi et al., 2012)	<p>1. Menggunakan pendekatan GIS dan Penginderaan Jauh dengan data dasar hasil perekaman Satelit Cartosat-1 untuk memperoleh informasi DTM dan hidro geomorfologi DAS</p> <p>2. Menggunakan Hec-GeoRas dan Hec-Ras (1D) serta analisis frekuensi dalam pemodelan hidrodinamika</p>	<p>1. Pendekatan GIS dan penginderaan jauh digunakan untuk mengidentifikasi batas wilayah DAS serta karakteristik DAS yang meliputi kondisi tutupan lahan, kemiringan, panjang sungai.</p> <p>2. Pada penelitian ini menggunakan software/freeware Hec-Ras 2D untuk melakukan simulasi genangan banjir.</p>

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
3	Model spasial genangan dan risiko bencana banjir: studi kasus wilayah sungai mangottong, kabupaten sinjai (Seniarwan, 2013)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghasilkan model spasial risiko bencana banjir. 2. Menggunakan data debit banjir rancangan untuk melakukan simulasi banjir. 3. Melakukan validasi model dengan metode wawancara dan pengumpulan informasi kejadian banjir terdahulu 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian terdahulu menggunakan data topografi dari DEM SRTM dengan resolusi spasial 30 Meter dan peta RBI skala 1:50.000 sedangkan pada penelitian ini menggunakan data topografi dari UAV dan data DEM pendukung (DEMNAS) dengan resolusi spasial 8,4 meter. 2. Analisa unsur-unsur rentan menggunakan data peta RBI skala 1:50.000, sedangkan pada penelitian ini unsur unsur rentan diidentifikasi dan dianalisis menggunakan informasi yang diperoleh dari hasil foto udara UAV.
4	<i>An improved progressive morphological filter for uav-based Photogrammetric point</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan UAV untuk monitoring topografi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. UAV digunakan untuk memperoleh data topografi dan tutupan lahan eksisting di sekitar sungai.

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
	<i>clouds in river bank monitoring</i> (Tan et al., 2018)	penampang sungai/tepi sungai. 2. Melakukan modifikasi topografi untuk memperoleh data penampang sungai yang lebih akurat khususnya bagi area yang tertutup vegetasi	2. Penelitian terdahulu menggunakan algoritma <i>improved progressive morphological</i> (IPM) filter untuk meningkatkan akurasi DTM, sedangkan pada penelitian ini menggunakan bantuan <i>Ground Control Point</i> (GCP) serta <i>terrain modification</i> pada software Hec-Ras untuk memperoleh data DTM yang mendekati kondisi real di lapangan khususnya pada daerah dengan tutupan vegetasi.
5	<i>Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS - GIS tools: Case of the Mejerda river, Tunisia</i> (Khalfallah & Saidi, 2018)	1. Melakukan pemetaan area banjir menggunakan Hec-Ras dan GIS Tools (Hec GeoRas). 2. Mem area genangan banjir	1. Penelitian terdahulu menggunakan kombinasi Hec-Ras dan Hec-Georas untuk menyusun geometri sungai (pemodelan 1D) sedangkan pada penelitian ini geometri sungai di susun menggunakan software Hec-Ras dengan pemodelan 2D dan bantuan Quantum GIS untuk konversi

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
		berdasarkan data hidrologi/debit banjir 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun.	beberapa data GIS yang diperlukan serta untuk analisis risiko banjir. 2. Penelitian terdahulu menggunakan software HYFRAN PLUS untuk menghitung debit banjir rencana sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode Gamma I.
6	<i>Spatial predication of flood zonation mapping in Kan River Basin , Iran , using artificial neural network algorithm</i> (Jahangir et al., 2019)	Melakukan pemetaan atau zonasi banjir	Penelitian terdahulu menggunakan metode jaringan syaraf tiruan (JST) untuk melakukan sedangkan pada penelitian ini menggunakan pemodelan numerik 2D menggunakan software Hec-Ras
7	<i>Monitoring river morphology & bank erosion using UAV imagery – A case study of the river Buëch, Hautes-Alpes, France</i> (Hemmelder et al., 2018)	Melakukan monitoring morfologi sungai menggunakan UAV	Pada penelitian terdahulu UAV digunakan untuk monitoring erosi tepi sungai sedangkan pada penelitian ini UAV digunakan untuk pembuatan peta topografi dan identifikasi tutupan lahan eksisting pada lokasi kajian serta simulasi banjir.

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
8	<i>The development of flood risk management in the United States</i> (Bergsma, 2019)	Menyusun strategi pengurangan risiko banjir	Penelitian terdahulu tersebut di fokuskan pada wilayah delta yang telah dibangun tanggul, sedangkan pada penelitian ini bertujuan untuk merancang strategi pengurangan risiko banjir pada wilayah perkotaan
9	<i>Flood susceptibility modeling and hazard perception in Rwanda</i> (Mind'je et al., 2019)	Menggunakan metode kombinasi GIS dan penginderaan jauh	Pemetaan wilayah banjir dilakukan menggunakan pendekatan <i>logistic regression</i> sedangkan pada penelitian ini menggunakan model numerik 2D Hec-Ras.
10	<i>Flood inundation modeling and mapping by integrating surface and subsurface hydrology with river hydrodynamics</i> (Qiao et al., 2019)	Pemodelan dan pemetaan daerah rawan banjir	Penelitian terdahulu melakukan pemodelan dengan mengintegrasikan kondisi hidrologi permukaan/ <i>surface hydrology</i> dan <i>subsurface hydrologi</i>
11	<i>Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood</i>	Menggunakan model numerik 2 dimensi (2D) untuk pemetaan	Penelitian terdahulu bertujuan untuk menganalisis/membandingkan kemampuan 4 aplikasi model numerik 2D yaitu Hec-Ras 2D, Iber 2D, Flood Modeller 2D dan PSWMM 2D

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
	<i>inundation maps in mountain river basins</i> Juan ((Pinos & Timbe, 2019)	genangan banjir pada wilayah DAS	dalam pemetaan genangan banjir. Sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan model numerik 2D Hec-Ras untuk pemetaan genangan banjir
12	<i>Flood Risk Modelling of the Slatvinec Stream in Kružlov Village, Slovakia</i> Martina (Zeleňáková et al., 2018)	Melakukan pemodelan spasial risiko bencana banjir menggunakan Hec-Ras dan Sistem Informasi Geografis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian terdahulu menggunakan data pengukuran cross section sungai untuk memperoleh penampang sungai yang akan di gunakan dalam simulasi, sedangkan pada penelitian ini menggunakan data topografi yang diekstraksi dari data UAV 2. Simulasi yang dilakukan menggunakan model numerik 1D, sedangkan pada penelitian ini menggunakan model numerik 2D
13	<i>Depth prediction of urban flood under different rainfall return periods based on deep learning</i>	Melakukan pemodelan spasial kedalaman genangan banjir pada wilayah perkotaan	Penelitian terdahulu menggunakan data curah hujan periode ulang untuk mem tinggi genangan menggunakan model regresi yang diberi nama (<i>Gradient Boosting Decision</i>

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
	<i>and data warehouse</i> (Wu et al., 2020)		<i>Tree/GDBT</i>), sedangkan pada penelitian ini, tinggi genangan banjir dilakukan menggunakan data curah hujan dan model numerik 2D Hec-Ras.
14	Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia (Shale et al., 2020)	Menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis untuk menganalisis ancaman dan risiko bencana banjir	Penelitian terdahulu menggunakan analisis GIS dengan melakuka tumpangsusun peta yang merupakan variable/indikator yang mempengaruhi risiko banjir yaitu, penggunaan lahan, elevasi/kelerengan, kerapatan aliran, dan curah hujan. Sedangkan pada penelitian ini, komponen variable diatas digunakan sebagai bagian dari analisis karakteristik DAS secara umum dan hilir sungai wanggu secara khusus yang didukung dengan model numerik 2D untuk memperoleh peta ancaman banjir.
15	<i>Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian</i>	Menggunakan model numerik 2D Hec-Ras	Penelitian terdahulu bertujuan untuk menganalisis kemampuan model numerik 2D Hec-Ras dalam memodelkan genangan banjir

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
	<i>Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5</i> (Quiroga et al., 2016)		secara spasial, sedangkan pada penelitian ini selain untuk memodelkan genangan banjir secara spasial juga dilakukan penyusunan strategi dalam pengurangan risiko banjir.
16	<i>Flood risk assessment based on hydrodynamic model and fuzzy comprehensive evaluation with GIS technique</i> (Cai et al., 2019)	Menggunakan pendekatan GIS	Pada penelitian terdahulu, risiko bencana banjir di analisis menggunakan model hidrodinamik dan metode <i>multi-index fuzzy comprehensive evolution</i> (MCFE). MCFE sendiri mempunyai tiga komponen utama sebagai bahan input, yaitu ancaman, keterpaparan dan kerentanan, sedangkan pada penelitian ini juga ditambahkan komponen kapasitas pengurangan risiko bencana.
17	<i>Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City</i> (Waghwal & Agnihotri, 2019)	Menggunakan pendekatan GIS	Penelitian terdahulu menggunakan data penggunaan/tutupan lahan (LU/LC) sebagai komponen utama dalam analisa risiko bencana banjir, sedangkan pada penelitian ini LU/LC digunakan sebagai salah satu indikator analisa

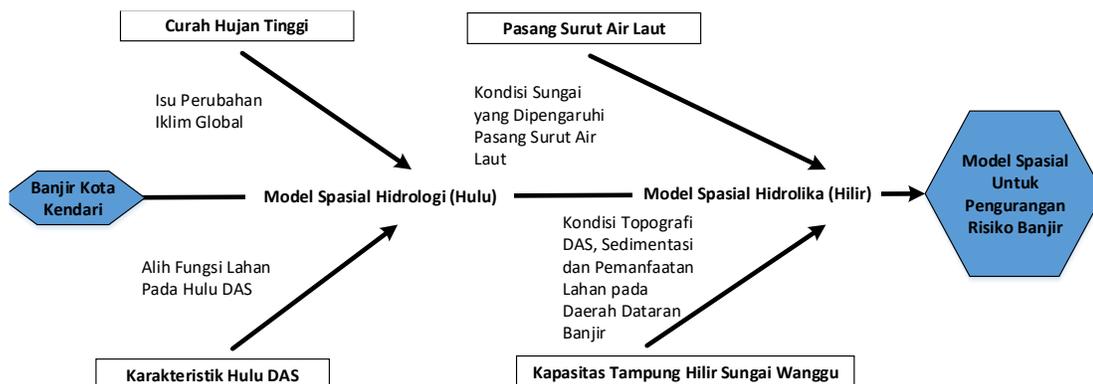
No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
18	<i>Urban and river flooding: Comparison of flood risk management approaches in the UK and China and an assessment of future knowledge needs</i> (Rubinato et al., 2019)	Mengkaji banjir pada sungai di wilayah perkotaan	risiko (komponen lingkungan) dan ditambahkan dengan beberapa komponen lainnya. Pada penelitian terdahulu dilakukan kajian perbandingan pendekatan manajemen risiko banjir di UK dan China, sedangkan pada penelitian ini bertujuan untuk merancang strategi pengurangan risiko banjir, namun juga mempertimbangkan hasil penelitian terdahulu yang juga memuat rancangan strategi yang telah dilakukan oleh kedua negara.
19	<i>Validation of flood risk models : current practice and possible improvements</i> (Molinari et al., 2018)	Melakukan validasi hasil pemodelan genangan banjir	Penelitian terdahulu melahirkan beberapa rekomendasi metode validasi yang dapat dilakukan, sedangkan pada penelitian ini metode validasi dilakukan dengan pengujian menggunakan data yang terobservasi namun akan tetap mempertimbangkan metode validasi yang diusulkan oleh peneliti terdahulu.

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan	Perbedaan
20	<i>Future floods using hydroclimatic simulations and peaks over threshold: An alternative to nonstationary analysis inferred from trend tests</i> (Ammar et al., 2020)	Melakukan banjir menggunakan data hidroklimatologi (curah hujan)	Penelitian terdahulu menggunakan metode <i>Nonstationary Flood Frequency Anaysis</i> (NFFA) untuk melakukan banjir di masa yang akan datang dengan komponen data utama yang digunakan adalah data hidroklimat.

Sumber: Hasil studi literatur tahun 2019

2.6 Kerangka Pikir Penelitian

Penelitian ini dilatarbelakangi kejadian bencana banjir tahun 2013 dan 2018 di Kota Kendari. Berdasarkan hasil studi literatur dan informasi yang telah diuraikan pada latar belakang penelitian, terdapat 4 permasalahan pokok penyebab banjir di Kota Kendari yang menjadi fokus pada penelitian ini yaitu curah hujan yang tinggi, pasang surut air laut, serta karakteristik hulu DAS Wanggu dan Kapasitas Tampung Hilir Sungai Wanggu. Permasalahan dan latar belakang tersebut disusun dalam sebuah kerangka pikir permasalahan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian digunakan sebagai dasar dalam menyusun metode penelitian. Berdasarkan kerangka pikir penelitian maka fokus kajian pada penelitian ini adalah analisis data curah hujan, pemanfaatan data pasang surut dalam simulasi banjir, analisis perubahan penggunaan lahan serta analisis kapasitas tampung sungai.