

**UJIAN TESIS**

**ANALISIS PENGARUH BENCANA HIDROMETEOROLOGI  
DI SUNGAI KERA KAB. WAJO**

***ANALYSIS THE INFLUENCE OF HYDROMETEOROLOGICAL  
DISASTERS IN THE KERA RIVER WAJO REGENCY***

**MUH. RYAN PRATAMA**

**D012202008**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**UJIAN TESIS**

**ANALISIS PENGARUH BENCANA HIDROMETEOROLOGI  
DI SUNGAI KERA KAB. WAJO**

***ANALYSIS THE INFLUENCE OF HYDROMETEOROLOGICAL  
DISASTERS IN THE KERA RIVER WAJO REGENCY***

**MUH. RYAN PRATAMA**

**D012202008**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**TESIS**  
**ANALISIS PENGARUH BENCANA**  
**HIDROMETEOROLOGI DI SUNGAI KERA KAB.**  
**WAJO**

**MUH. RYAN PRATAMA**  
**D012202008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 1 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M. T  
NIP. 19641020 199103 1 002

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Riswal Karamma, S.T., M. T., IPM  
NIP. 19710505 200604 1 002

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM  
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM  
NIP. 197303061998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muh. Ryan Pratama  
Nomor Mahasiswa : D012202008  
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Analisis Pengaruh Bencana Hidrometeorologi di Sungai Kera Kab. Wajo” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M. T dan Dr. Ir. H. Riswal K, S.T., M.T. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Prosiding 4th International Conference on Civil and Environmental Engineering IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 1117 DOI 10.1088/1755-1315/1117/1/012070 sebagai artikel dengan judul “Analysis the Influence of Hydrometeorological Disaster in Kera River Wajo Regency”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 1 Februari 2023

Yang menyatakan



Muh. Ryan Pratama

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran ALLAH SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Bencana Hidrometeorologi Di Sungai Kera Kab. Wajo” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi magister pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tesis ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tesis ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penelitian ini.
2. **Bapak Dr. Ir. H. Riswal K., S. T., M. T** selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan diskusi terkait dengan penelitian ini.
3. **Seluruh Dosen Konsetrasi Keairan Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin** yang telah memberikan masukan dan kritik selama penulis menempuh studi magister ini.
4. **Ibunda Echy** selaku staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang telah membantu melengkapi administrasi demi menunjang segala keperluan tesis ini.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. **Kedua orang tua Bapak Ir. Muh. Thamrin Umar dan Ibunda St. Sukamtini** yang telah memberikan doa yang tiada henti , kasih sayang tanpa batas, segala dukungan dan kebaikan selama penulis hidup baik spiritual maupun material.
2. **Saudara Kandung Andry S Utama Putra S.Pd., M.Pd** yang telah mengingatkan untuk menyelesaikan studi magister ini.

3. **PT. Aria Jasa** yang telah memberikan support kepada penulis dalam menyelesaikan studi magister.
4. **Kanda Dr. Feri Fadly., S.Pd., M.Sc, Muhammad Rifaldi Mustamin., S.Tr.T., MT** yang sangat membantu dalam penyelesaian tesis ini baik secara internal maupun eksternal.
5. **Teman-teman** seperjuangan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, penulis tidak berpikir akan bisa sampai sejauh ini tanpa dukungan, kebaikan, kemurahan hati pada setiap hal kecil dan besar.
6. Seluruh **Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Hasanuddin dan Semua Pihak** yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan tesis ini.

Saya berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua terutama dalam bidang Teknik Sipil, walaupun disadari bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan, tetapi saran dan kritikan sangat diharapkan demi menyempurnakan tesis ini.

Penulis



Muh. Ryan Pratama

## ABSTRAK

Muh. Ryan Pratama. **Analisis Pengaruh Bencana Hidrometeorologi di Sungai Kera Kab. Wajo** (di bimbing oleh Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T dan Dr. Ir. H. Riswal K., S. T., M. T)

Salah satu hal yang dapat mendorong potensi terjadinya bencana hidrometeorologi ini adalah iklim. Dalam era pemanasan global, Indonesia mengalami perubahan temperatur yang cukup drastis. Waktu peralihan musim semakin sulit untuk dideteksi karena adanya pemanasan global yang mengubah intensitas curah hujan. Perubahan iklim akan berdampak terhadap keberadaan tataguna air di DAS, terutama pada pasokan air meteorologis, hidrologi dan lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah ,emodelkan sebaran wilayah kerentanan terhadap kenaikan muka air sungai di DAS Kera, menganalisis dampak bencana hidrometeorologi di Sungai Kera dan merekomendasi mitigasi bencana di Daerah Aliran Sungai Kera. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data topografi sungai, curah hujan TRMM, jenis tanah, pola guna lahan dan peta DEMNAS pada instansi terkait dan melakukan berdasarkan debit banjir rencana hasil analisis hidrologi yang sebelumnya sudah diverifikasi dengan data debit pada saat Kala Ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50,100 dan 1000. Selanjutnya data debit banjir rencana terpilih dan data penampang sungai digunakan sebagai data inputan untuk pemodelan 2D menggunakan aplikasi HEC-RAS untuk melihat daerah sebaran banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tahunnya terjadi peningkatan atau penurunan terhadap intensitas curah hujan di DAS Kera sehingga dapat dikatakan bahwa telah terjadi perubahan iklim di daerah Sungai Kera sehingga perlu dilakukan mitigasi bencana banjir baik dengan metode struktur dan non struktur, hasil analisis daerah rawan banjir menunjukkan terdapat 3 desa dari 1 kecamatan (Ballaere, Kera, dan Inrello) yang termasuk dalam daerah rawan banjir, dimana luas sebaran banjir sebesar 697.29 Ha sebeum adanya pengendalian dan setelah ada pengendalian luas sebaran banjir menjadi sebesar 288,09 Ha.

Kata kunci: Curah hujan TRMM, DAS Kera, DEMNAS, kala ulang, mitigasi bencana, sebaran banjir, topografi sungai.

## ABSTRACT

Muh. Ryan Pratama. *Analysis The Influence Of Hydrometeorological Disasters In The Kera River Wajo Regency* (supervised by Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T and Dr. Ir. H. Riswal K., S. T., M. T)

One of the things that can drive the potential for this hydrometeorological disaster is climate. In the era of global warming, Indonesia has experienced drastic temperature changes. The timing of the transition of seasons is increasingly difficult to detect due to global warming that changes the intensity of rainfall. Climate change will have an impact on the existence of water use in watersheds, especially on meteorological, hydrological and land water supplies. The objectives of this study are to model the distribution of vulnerability areas to rising river levels in the Kera watershed, analyze the impact of hydrometeorological disasters on the Kera River and recommend disaster mitigation in the Kera River Watershed. In this study, data on river topography, TRMM rainfall, soil type, land use patterns and DEMNAS maps were taken at relevant agencies and carried out based on flood discharge plans from hydrological analysis that had previously been verified with discharge data at the time of return period 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 dam 1000. Furthermore, selected plan flood discharge data and river cross-section data are used as input data for 2D modeling using the HEC-RAS application to see the area of flood distribution. The results showed that every year there is an increase or decrease in the intensity of rainfall in the Kera watershed so that it can be said that there has been climate change in the Kera River area so it is necessary to mitigate flood disasters both by structural and non-structural methods, The results of the analysis of flood-prone areas show that there are 3 villages from 1 sub-district (Ballaere, Kera, and Inrello) which are included in flood-prone areas, where the flood distribution area is 697.29 Ha as well as there is control and after there is control the area of flood distribution becomes 288,09 Ha,

Key Word: TRMM rainfall, Ape watershed, DEMNAS, return period, disaster mitigation, flood distribution, river topography.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAH HAK CIPTA.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Iklim dan cuaca .....	8
2.3 Perubahan Iklim .....	9
2.4 Bencana Hidrometeorologi .....	11
2.5 Banjir .....	12
2.5.1 Definisi dan Pengertian Umum Banjir .....	12
2.5.2 Faktor-faktor Penyebab Banjir .....	13
2.6 Mitigasi Bencana Banjir .....	16
2.7 Hidrologi.....	20

2.8 HEC-RAS .....	31
2.9 HEC-HMS.....	33
2.10 Sistem Informasi Geografis (GIS).....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	36
3.2 Lokasi Penelitian.....	36
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.4 Jenis dan Sumber Data .....	38
3.5 Metode Penelitian.....	38
3.6 Analisis Data.....	40
3.7 Bagan Alir Penelitian .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Administrasi pada DAS Kera.....	44
4.2 Bencana Hidrometeorologi .....	46
4.3 Gambaran Umum DAS.....	51
4.4 Analisis Hidrologi DAS.....	59
4.5 Survey Sosial Ekonomi .....	77
4.6 Mitigasi Bencana.....	86
4.7 Validasi dengan metode MAPE .....	102
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>104</b>
5.1 Kesimpulan .....	104
5.2 Saran.....	104
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>105</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
<b>Tabel 1</b> Kriteria Penentuan Metode Perhitungann Curah Hujan .....	22
<b>Tabel 2</b> Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran .....	30
<b>Tabel 3</b> Komponen Indek Daerah Rawan Banjir.....	42
<b>Tabel 4</b> Persentase Luas Administrasi pada DAS Kera berdasarkan Desa dan Kelurahan.....	44
<b>Tabel 5</b> Suhu Rata - rata Tahunan tahun 1998-2021 .....	47
<b>Tabel 6</b> Ambang Batas Nilai Curah Hujan.....	49
<b>Tabel 7</b> Rata - rata Curah Hujan tahunan tahun 1998-2021 .....	49
<b>Tabel 8</b> Karakteristik Topografi DAS Kera .....	52
<b>Tabel 9</b> Jenis Tanah DAS Kera.....	53
<b>Tabel 10</b> Pola Guna Lahan .....	54
<b>Tabel 11</b> Curah Hujan Maksimum Pos Hujan TRMM .....	60
<b>Tabel 12</b> Curah Hujan Daerah DAS Kera .....	62
<b>Tabel 13</b> Perhitungan Uji Paramaeter Statistik DAS Kera.....	63
<b>Tabel 14</b> Perhitungan Kurva Distribusi Log Pearson Tipe III.....	64
<b>Tabel 15</b> Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III.....	65
<b>Tabel 16</b> Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi Log-Pearson III	65
<b>Tabel 17</b> Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi Log-Pearson III	66
<b>Tabel 18</b> Uji Smirnov Kolmogorof.....	67
<b>Tabel 19</b> Perhitungan Uji Kecocokan DAS Kera .....	68
<b>Tabel 20</b> Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jam Metode Mononobe .....	68
<b>Tabel 21</b> Parameter Bahan Inputan HEC HMS.....	69
<b>Tabel 22</b> Debit Banjir Rencana DAS Kera.....	70
<b>Tabel 23</b> Hasil wawancara.....	80
<b>Tabel 24</b> Daftar Titik Pantau Sungai Kera .....	87
<b>Tabel 25</b> Waktu Rambatan Banjir Titik Pantau Sungai .....	89
<b>Tabel 26</b> Sistem Peringatan Dini Banjir Sungai Kera.....	89
<b>Tabel 27</b> Lokasi Normalisasi Sungai .....	97
<b>Tabel 28</b> Lokasi Rencana Tanggul Banjir Sungai Kera.....	97
<b>Tabel 29</b> Validasi Metode MAPE .....	102

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
<b>Gambar 1</b> Pengendalian banjir metode struktur dan non struktur (Sumber : Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).....	20
<b>Gambar 2</b> Poligon Thiessen pada DAS.....	25
<b>Gambar 3</b> Poligon Isohyet .....	26
<b>Gambar 4</b> Stasiun Hujan Untuk Koreksi Data.....	28
<b>Gambar 5</b> Peta Lokasi Penelitian .....	37
<b>Gambar 6</b> Bagan Alir Penelitian .....	43
<b>Gambar 7</b> Peta Administrasi pada DAS Kera.....	45
<b>Gambar 8</b> Grafik Suhu Rata-rata Tahunan .....	48
<b>Gambar 9</b> Grafik Curah Hujan Tiap Pos .....	51
<b>Gambar 10</b> Peta Topografi DAS Kera .....	52
<b>Gambar 11</b> Peta Jenis Tanah DAS Kera.....	53
<b>Gambar 12</b> Peta Pola Guna Lahan .....	55
<b>Gambar 13</b> Dokumentasi Kondisi Muara Sungai Kera.....	56
<b>Gambar 14</b> Dokumentasi Kondisi Sungai Kera Bagian Hilir.....	57
<b>Gambar 15</b> Dokumentasi Kondisi Sungai Kera Bagian Tengah .....	58
<b>Gambar 16</b> Dokumentasi Kondisi Sungai Kera Bagian Hulu .....	58
<b>Gambar 17</b> Peta Poligon Thiessen .....	59
<b>Gambar 18</b> Uji Konsistensi Data Pos Hujan.....	61
<b>Gambar 19</b> Grafik Probabilitas .....	66
<b>Gambar 20</b> Representasi Skema DAS Kera di HEC – HMS.....	69
<b>Gambar 21</b> Hasil Simulasi Hidrologi DAS Kera Kala Ulang 20 Tahun.....	70
<b>Gambar 22</b> Hidrograf Banjir DAS Kera.....	71
<b>Gambar 23</b> Skema Debit Sungai Kera .....	72
<b>Gambar 24</b> Permodelan Geometrik Sungai Kera.....	73
<b>Gambar 25</b> Input Data dan Boundary Condition .....	74
<b>Gambar 26</b> Peta Area Terdampak Banjir Sungai Kera Kala Ulang 20 Tahun ....	76
<b>Gambar 27</b> Peta Area Terdampak Banjir Sungai Kera .....	79
<b>Gambar 28</b> Peta Rawan Banjir Sungai Kera Kala Ulang 20 Tahun .....	86
<b>Gambar 29</b> Peta Lokasi Titik Pantau Sungai Kera.....	87

<b>Gambar 30</b> Tingkat Siaga Banjir TP.1 (Hulu) Sungai Kera.....	88
<b>Gambar 31</b> Tingkat Siaga Banjir TP. 3 Sungai Kera .....	88
<b>Gambar 32</b> Peta Lokasi Pengendalian Banjir Sungai Kera .....	92
<b>Gambar 33</b> Sebaran Banjir Sebelum Adanya Pengendalian Banjir Kala Ulang 20 tahun .....	99
<b>Gambar 34</b> Sebaran Banjir Setelah Adanya Pengendalian Banjir Kala Ulang 20 tahun .....	100
<b>Gambar 35</b> Area Sebaran Banjir Sebelum dan Setelah Adanya Pengendalian Banjir Kala Ulang 20 Tahun.....	101

**DAFTAR LAMPIRAN**

Data Curah Hujan .....	108
Perhitungan Hidrologi.....	111
Hasil Wawancara.....	115

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
$^{\circ}\text{C}$	= derajat celcius
DPS	= Daerah Pengaliran Sungai
DAS	= Daerah Aliran Sungai
LAPAN	= Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
BMKG	= Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
BNPB	= Badan Nasional Penanggulangan Bencana
$d$	= tinggi curah hujan rata-rata
$C$	= Koefisien <i>Thiessen</i>
$A_i$	= Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan $i$ ( $\text{km}^2$ )
$A_{total}$	= Luas total dari DAS ( $\text{km}^2$ )
$\bar{R}$	= Curah hujan maksimum rata-rata DAS (mm)
$p_x$	= hujan yang hilang di stasiun $x$
$N_x$	= hujan tahunan di stasiun $x$
$S$	= Standar deviasi
$Cv$	= Koefisien Variasi
$Cs$	= Koefisien skewness/kemencengan
$Ck$	= Nilai koefisien kurtosis
SIG	= Sistem Informasi Geografis
DEMNAS	= Digital Elevation Model Nasional
CN	= <i>Curve Number</i>
Q	= Kala Ulang
SE	= Surat Edaran
SDA	= Sumber Daya Air
TRMM	= Tropical Rainfall Measuring Mission
P	= Probabilitas
$\alpha$	= Derajat Kepercayaan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman serta meningkatnya populasi penduduk menimbulkan pembangunan yang terus berlangsung serta membutuhkan lahan yang cukup guna memenuhi kebutuhan hidup masyarakat. Pembangunan yang tidak memperhatikan lingkungan dapat merubah tutupan lahan yang menimbulkan hilangnya kemampuan tanah untuk menyerap air sehingga berpotensi terjadinya bencana banjir.

Hal lain yang bisa mendorong potensi terjadinya bencana hidrometeorologi adalah iklim. Indonesia ikut terkena dampak perubahan iklim yang ditimbulkan oleh pemanasan global. Perubahan iklim yang terjadi di Indonesia saat ini berdasarkan hasil kajian para ahli menunjukkan proyeksi kenaikan suhu di Indonesia sekitar  $0,7 \pm 0,2$  ° C. Perpendekan rentang saat peralihan musim dari musim basah ke musim kering maupun sebaliknya dapat terjadi karena pemanasan global mengubah intensitas serta frekuensi curah hujan (Jayadi, 2009). terdapat dua unsur iklim yang sering dijadikan sebagai prediktor perubahan iklim yaitu suhu udara serta curah hujan (Frich et al., 2002). Perubahan pola hujan yang terjadi bisa berdampak terhadap kehidupan masyarakat, terutama warga yang hidup disekitar daerah aliran sungai. Kondisi cuaca serta iklim yang berubah-ubah akan mempengaruhi keadaan lingkungan dan dapat menyebabkan bencana hidrometeorologi seperti banjir serta kekeringan.

menurut IPCC (2007) dampak pemanasan global telah terjadi perubahan iklim dengan indikatornya kenaikan temperatur secara global (hasil observasi suhu global 1860-2000), suhu udara meningkat  $0,74^{\circ}\text{C}$  pada kurun waktu 100 tahun (1906-2005), hal ini erat kaitannya dengan perilaku manusia. dalam sumber yang sama pula menyebutkan berbagai macam dampak perubahan iklim yang akan terjadi seperti peningkatan permukaan air laut, bencana krisis kemanusiaan, bencana banjir/kemarau, krisis air bersih, meluasnya berbagai penyakit, rusaknya keanekaragaman hayati, dan mencairnya es kutub. di Indonesia sendiri sudah



terjadi peningkatan suhu udara sebesar  $0,3^{\circ}\text{C}$  Sejak tahun 1990, tahun 1999 skenario perubahan iklim akan semakin tinggi antara  $1,3$  hingga  $4,6^{\circ}\text{C}$  sampai tahun 2100 dengan tren  $0.1^{\circ}\text{C} - 0.4^{\circ}\text{C}$  per tahun. sementara pada tahun 1998, suhu udara mencapai titik tertinggi, yaitu sekitar  $1^{\circ}\text{C}$  di atas suhu rata-rata tahun 1961-1990 (M. Hulme, 1999). akan tetapi dampak dari pemanasan global pada curah hujan di Indonesia tidak dapat disamaratakan (Boer dkk, 2003).

Bencana ialah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan serta penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan/atau faktor non alam ataupun faktor manusia yang dapat menyebabkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, serta dampak psikologis (BNPB, 2012). salah satu bencana alam yang seringkali terjadi di Indonesia ialah banjir (Oktapian S,K., dkk, 2018).

Perubahan iklim mempengaruhi masyarakat dan wilayah-wilayah di seluruh dunia; kenaikan muka air laut mempengaruhi negara-negara kepulauan di daerah Pasifik; Banjir yang lebih sering dan besar mengganggu masyarakat di wilayah dataran rendah sungai; dan wilayah-wilayah gersang menghadapi musim kering yang lebih panjang. Di wilayah perkotaan, dampak perubahan iklim sulit untuk dipahami karena kota-kota bersifat kompleks, suatu kumpulan manusia, kegiatan, ekosistem dan pelayanan yang berbeda-beda. Sebuah dampak perubahan iklim mungkin dapat menyebabkan berbagai pengaruh yang berbeda. Sebagai contoh, bila terjadi musim kering yang panjang di wilayah pedesaan yang terisolasi, dapat berpengaruh pada sebuah penghidupan masyarakat, demikian halnya fenomena perubahan iklim yang terjadi di kota mungkin dapat menimbulkan aliran dampak yang menyebar terhadap ribuan orang, pekerjaan mereka, lembaga-lembaga pemerintah dan perekonomian kota. Sebuah kajian kerentanan kota dimaksudkan untuk mengidentifikasi dan memahami tantangan-tantangan yang dihadapi kota terkait dengan perubahan iklim dan urbanisasi.

Salah satu hal yang dapat mendorong potensi terjadinya bencana hidrometeorologi ini adalah iklim. Dalam era pemanasan global, Indonesia mengalami perubahan temperatur yang cukup drastis. Waktu peralihan musim semakin sulit untuk dideteksi karena adanya pemanasan global yang mengubah intensitas curah hujan (Jayadi, 2009). Terdapat dua unsur iklim yang umum

dijadikan sebagai parameter perubahan iklim yaitu suhu udara dan curah hujan. Perubahan pola hujan yang terjadi dapat berdampak pada kehidupan masyarakat yang berada disekitar daerah aliran sungai. Kejadian bencana banjir yang besar dapat merubah morfologi sungai secara signifikan pada saluran sedimen suatu aliran sungai .Oleh karena itu, kejadian bencana banjir terdahulu dapat meninggalkan jejak, dan dapat dijadikan sebagai studi untuk mengetahui potensi bencana yang terjadi dimasa yang akan datang.

Adanya indikasi terjadinya perubahan iklim global berupa kenaikan suhu permukaan, perubahan pola presipitasi, evaporasi, kenaikan muka laut dan surplus atau defisit terhadap ketersediaan air dapat mengancam kehidupan dimanapun sehingga diperlukan suatu strategi kebijakan pembangunan berkelanjutan yang lebih seperti penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan akan membawa masalah yang serius sepanjang mengikuti kaidah konservasi tanah dan air serta kelas kemampuan lahan. Perubahan iklim akan berdampak terhadap keberadaan tataguna air di beberapa daerah aliran sungai (DAS), terutama pada pasokan air meteorologis, hidrologi dan lahan. Dari aspek hidrologi, perubahan tataguna lahan akan berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan sehingga akan mempengaruhi sistem tata air pada setiap DAS.

Kejadian bencana banjir yang besar semisalnya banjir bandang dapat merubah morfologi sungai secara signifikan pada saluran sedimen suatu aliran sungai (Fitzpatrick dan Knox, 2000). Banjir besar yang melebihi ambang batas pembentukan saluran memiliki kemampuan untuk menginduksi sejumlah besar perubahan morfologi (Schumm, 1977). Sehingga kejadian bencana banjir terdahulu meninggalkan jejak, dan dapat dijadikan sebagai studi untuk mengetahui potensi bencana yang terjadi dimasa yang akan datang. Hal ini dapat dilihat dari keadaan perubahan morfometri sungai yang berdampak terhadap kejadian bencana banjir serta keadaan geologi yang mempengaruhi potensi bencana yang akan terjadi pada daerah sungai.

Menurut Data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) bulan Juni, Juli, Agustus dimasa yang akan datang jumlah hari kering berturut-turut meningkat serta pada bulan Desember, Januari Februari di masa depan kejadian hujan ekstrim (>50mm) meningkat untuk beberapa daerah di Indonesia. Curah

hujan merupakan salah satu faktor pemicu eksternal yang utama pada proses terjadinya banjir di Kabupaten Wajo, sehingga perlu untuk mengetahui besarnya intensitas curah hujan di daerah tersebut.

Kabupaten Wajo dengan Ibukota Sengkang, terletak di bagian tengah Provinsi Sulawesi Selatan dengan jarak 242 km dari Makassar yang merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Selatan. Luas Wilayah Kabupaten Wajo 2.506,19 km<sup>2</sup> atau 4,01% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan, secara geografis terletak antara 3°39' - 4°16' LS dan 119° 53' -120°27 BT.

Bencana hidrometeorologi yang dijumpai di Kabupaten Wajo adalah banjir, tanah longsor, gelombang pasang/abrasi, puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan, serta gempa bumi. Dari data kejadian bencana dari BNPB kabupaten Wajo dapat dilihat bahwa bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di kabupaten Wajo adalah banjir dengan jumlah kejadian sebesar 63 kejadian mulai dari tahun 1998-2021.

Banjir terjadi di Kabupaten Wajo pada tahun 2020 berdampak pada 9 (Sembilan) kecamatan dan 78 desa/kelurahan, dimana salah satu kecamatan yang terdampak banjir yang cukup parah adalah Kecamatan Keera. Ketidakmampuan Sungai Kera menampung dan mengalirkan debit banjir yang terjadi mengakibatkan limpasan yang berdampak pada permukiman, lahan pertanian dan tambak masyarakat di daerah tersebut. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari masyarakat, kejadian banjir terparah yang pernah terjadi mencapai ketinggian ± 1,5m di permukiman warga dan melimpas pada jalan nasional yang juga mengakibatkan terputusnya akses transportasi di daerah tersebut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Pengaruh Bencana Hidrometeorologi di Sungai Kera Kab. Wajo**”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latarbelakang di atas beberapa permasalahan yang terjadi dapat dirumuskan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana sebaran wilayah kerentanan terhadap kenaikan muka air sungai di Daerah Aliran Sungai Kera?

2. Bagaimana dampak bencana hidrometeorologi khususnya banjir di Daerah Aliran Sungai Kera?
3. Bagaimana upaya mitigasi bencana di Daerah Aliran Sungai Kera?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian antara lain:

1. Memodelkan sebaran wilayah kerentanan terhadap kenaikan muka air di Daerah Aliran Sungai Kera.
2. Menganalisis dampak bencana hidrometeorologi di Daerah Aliran Sungai Kera.
3. Rekomendasi mitigasi bencana di Daerah Aliran Sungai Kera.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain adalah:

1. Sebagai bahan masukan dan informasi bagi pemerintah kabupaten Wajo dan para perencana dalam menetapkan program pembangunan
2. Memberikan informasi daerah - daerah terdampak bencana Hidrometeorologi khususnya banjir di daerah sekitar sungai kera agar masyarakat yang bermukim di daerah tersebut dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap bencana tersebut.
3. Sebagai bahan acuan pembelajaran mengenai penanggulangan terhadap bencana Hidrometeorologi khususnya banjir
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan pembaca dalam bidang teknik sipil serta pengaplikasian dilapangan agar dapat memberi solusi yang lebih efektif dalam mengurangi dampak bencana Hidrometeorologi.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini diklasifikasikan dalam dua wilayah yaitu, substansi dan wilayah.

1. Bencana Hidrometeorologi yang dibahas dalam penelitian ini adalah bencana banjir

2. Wilayah penelitian ini mencakup Daerah Aliran Sungai Kera Kabupaten Wajo.
3. Ruang lingkup Subtantif mencakup :
  - a. Penentuan batas – batas sub DAS pada penelitian ini menggunakan analisis topografi dengan bantuan aplikasi ArcGIS dan Civil 3D.
  - b. Perhitungan debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan *Sintetik Soil Conservation Service* (HSS SCS) menggunakan bantuan aplikasi *HES-HMS 4.8*
  - c. Pemodelan daerah banjir menggunakan simulasi model numerik *2D HECRAS* dan *ArcGIS*
  - d. Mitigasi bencana banjir dalam penelitian ini hanya ditinjau dengan metode struktur yaitu normalisasi sungai dan non – struktur yaitu peringatan bahaya banjir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu adalah upaya penulis untuk mendapatkan perbandingan dan acuan, yang selanjutnya dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama dengan judul penelitian penulis. Namun, penulis mencantumkan hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang hendak dilakukan menjadi referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mirip dan berkaitan dengan penelitian ini. Terdapat beberapa penelitian yang memiliki tujuan yang mirip namun ada perbedaan seperti metode perhitungan yang digunakan, lokasi penelitian dan skenario penanganan. Perbedaan metode yang digunakan, pembahasan, dan skenario penanganan tergantung dari DAS yang ditinjau, sebab setiap DAS memiliki karakteristik tersendiri.

Penelitian mengenai Pengaruh Perubahan Iklim dan Potensi Bencana Hidrometeorologi sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain. Beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh (Reza Milanda dan B. Setiawan, 2019), (M. Dyan Abdi Satria dan B. Setiawan 2019), dengan melakukan pengumpulan data curah hujan dan melakukan pengolahan data data curah hujan harian menjadi data curah hujan pertiga bulan sehingga memperoleh nilai curah hujan maksimum dan curah hujan minimum kemudian melakukan analisa perubahan morfometri pada area yang di kaji sehingga mendapatkan dampak dari perubahan iklim.

Beberapa penelitian lainnya juga pernah dilakukan oleh (Armi Susandi, Indriani Herlianti, Mamad Tamamadin, dan Irma Nurlela, 2008), dengan judul Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut di Wilayah Banjarmasin menggunakan Data DEM SRTM90m dan akan menghasilkan kenaikan muka laut dari skenario kebijakan A1B AIM juga digunakan dari data tersebut akan diperoleh kenaikan muka laut Banjarmasin tahun 2010, 2050 dan 2100.

Selain itu terdapat juga penelitian mengenai Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Degradasi Tanah dimana yang di bahas mengenai perubahan iklim, dampak perubahan iklim dan teknologi konservasi tanah dalam meningkatkan daya adaptasi terhadap perubahan iklim (Dyah Nursita Utami, 2019).

Serta terdapat pula penelitian mengenai Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Potensi Penutupan Muara Sungai Oleh Sedimentasi dan hasil yang di peroleh adalah permasalahan penutupan muara oleh sedimentasi baik dar proses transport sedimen pantai maupu transport sedimen dari sungai dan perubahan iklim menyebabkan kenaikan muka air laut dan perubahan pola hujan di suatu wilayah pantai dan sungai (Muhammad Aris, Marina Abriani Batudoko dan Hendrik Pristiano, 2010)

## **2.2 Iklim dan cuaca**

Cuaca adalah pandangan dasar atau bentuk awal dari suatu keadaan yang dihubungkan dengan penafsiran dan atau pengertian akan keadaan fisik udara dalam kurun waktu singkat atau sesaat di suatu tempat atau lokasi dan pada suatu waktu tertentu.

Sedangkan Iklim adalah kondisi terusan atau lanjutan dari cuaca, dan dapat dikatakan sebagai sumasi atau kumpulan dari keadadan - keadaan cuaca yang secara teoritis dijumlahkan dan disusun kemudian dihitung dalam bentuk rata-rata kondisi cuaca dalam jangka waktu tertentu (Winarso, 2003). Ilmu cuaca yang lebih dikenal dengan Meteorologi adalah ilmu pengetahuan yang menganalisa dan mengkaji gejala- gejala atau fenomena dan peristiwa-peristiwa cuaca dalam jangka waktu dan wilayah tertentu dan terbatas, sedangkan ilmu iklim atau dimasyarakat dikenal sebagai Klimatologi adalah ilmu pengetahuan yang merupakan pengembangan dari meteorologi yang menganalisa serta mengkaji tentang fenomena- fenomena atau gejala-gejala cuaca akan tetapi sifat-sifat dan gejala-gejala tersebut mempunyai sifat umum dalam jangka waktu dan daerah atau wilayah yang luas di atmosfer permukaan bumi (Aldrian, 2008).

Dalam kenyataan di perkembangan kedua jenis ilmuwan bekerja bersama untuk mengetahui fenomena iklim secara lebih luas, misalnya terjadinya cuaca dan iklim merupakan kombinasi dari variabel variabel yang terjadi di atmosfer bumi.

Diatmosfer sudah pasti banyak faktor atau variabel yang terjadi maka kedua ilmuwan itu harus bekerja sama. Variabel – variabel yang terjadi dan berpengaruh itu disebut unsur-unsur iklim. Variabel - variabel iklim yang berpengaruh di atmosfer itu terdiri dari radiasi kosmik matahari, temperatur dan suhu udara, kondisi uap air udara atau disebut kelembaban udara, kemudian ada variabel awan, curah hujan, proses penguapan atau evaporasi, tekanan udara dan angin (Bayong, 2004).

### **2.3 Perubahan Iklim**

Perubahan iklim merupakan hal yang tidak dapat dihindari akibat pemanasan global yang dapat berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan. Perubahan iklim merupakan suatu kondisi yang ditandai dengan berubahnya pola iklim dunia yang mengakibatkan fenomena cuaca yang tidak menentu (Muslim, 2013). Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) tentang Kerang Kerja Perubahan (UNCCC) mendefinisikan Perubahan iklim sebagai perubahan iklim yang disebabkan baik secara langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia sehingga mengubah komposisi dari atmosfer global dan variabilitas iklim alami pada periode waktu yang dapat diperbandingkan. Perubahan iklim (climate change) merupakan salah satu fenomena alam dimana terjadi perubahan nilai unsur-unsur iklim baik secara alamiah maupun yang dipercepat akibat aktifitas manusia di muka bumi ini (Nurdin, 2011). Perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem, serta kenaikan suhu udara dan permukaan air laut merupakan dampak serius pada perubahan iklim (Surmaini, 2010; Raksanagara 2016).

Perubahan iklim merupakan sesuatu yang tidak bisa dihindari dan memberikan dampak terhadap berbagai segi kehidupan makhluk hidup (Susilawati & Nursyamsi, 2014). Perubahan iklim cenderung meningkatkan intensitas curah hujan pada musim hujan dan penurunan curah hujan yang sangat tajam pada musim kemarau serta bertambah penjangnya periode musim kemarau akan memperparah kondisi yang terjadi saat ini (Sultonulhuda, Herdiansyah, & Chrisandini, 2013).

Dampak perubahan iklim sangat kompleks karena terjadi pada berbagai sektor, beberapa aspek kehidupan diantaranya kesehatan, pertanian, kehutanan, infrastruktur, transportasi, pariwisata, energi dan sosial (Dewi & Istiadi, 2016).



Dampak perubahan iklim yaitu peningkatan suhu, perubahan pada curah hujan, perubahan frekuensi dan intensitas caca ekstrim dan kenaikan muka air laut (Sultonulhuda et al., 2013).

Perubahan iklim yang ditandai oleh cuaca ekstrim seperti kekeringan, banjir, dan tanah longsor pada sentra produksi pangan memiliki konsekuensi serius terhadap produksi pertanian termasuk ketahanan pangan. Perubahan iklim seperti peningkatan suhu udara, perubahan pola hujan, dan iklim yang ekstrim sering berpengaruh negatif terhadap sistem produksi tanaman yaitu dapat menurunkan produksi pertanian. Perubahan iklim menjadi tantangan pada saat ini. Naiknya suhu udara dan perubahan pola cuaca menjadikan bencana terjadi. Kemampuan sosial dan lingkungan lemah dalam menghadapi perubahan iklim. Keberhasilan upaya adaptasi perubahan iklim ditentukan oleh sumber daya manusia yang berpengetahuan, berketerampilan, dan yang mempunyai semangat mengubah keadaan. Perubahan iklim akan memberikan dampak pada kesehatan, kematian, ketahanan pangan, pola migrasi, ekosistem alami dan kesejahteraan ekonomi baik lokal maupun nasional (Ridha et al., 2016).

Perubahan iklim merupakan sesuatu yang sulit untuk dihindari dan dapat memberikan dampak pada berbagai segi kehidupan. Dampak ekstrem yang terjadi adalah terjadinya kenaikan temperatur dan juga bergesernya musim. Pola musim secara tidak teratur sudah terjadi sejak tahun 1991 yang pada saat itu mengganggu swasembada pangan nasional yang sampai saat ini masih bergantung pada impor pangan. Menurut kajian dari IPCC 4AR yang menyatakan iklim di Indonesia secara spesifik, antara lain: meningkatnya hujan di kawasan utara dan menurunnya hujan di selatan (khatulistiwa), kebakaran hutan dan lahan yang berpeluang besar dengan meningkatnya frekuensi dan intensitas El-Nino (gejala penyimpangan (anomali) pada suhu permukaan Samudra Pasifik di pantai Barat Ekuador dan Peru yang lebih tinggi daripada rata-rata normalnya), Delta sungai Mahakam masuk ke dalam peta kawasan pantai yang rentang (Murdiyarso (2007) dalam LAPAN).

## 2.4 Bencana Hidrometeorologi

Bencana hidrometeorologi adalah bencana yang diakibatkan oleh aktivitas cuaca seperti siklus hidrologi, curah hujan, temperatur, angin dan kelembapan. Bentuk bencana hidrometeorologi berupa kekeringan, banjir, badai, kebakaran hutan, longsor, angin puyuh, gelombang dingin, hingga gelombang panas. Bencana hidrometeorologi (bencana alam meteorologi) adalah bencana alam yang berhubungan dengan iklim. 20 Bencana hidrometeorologi berupa banjir, longsor, puting beliung, gelombang pasang, dan kekeringan.

Penyebab bencana hidrometeorologi adalah perubahan iklim dan cuaca ekstrem. Indonesia sering mengalami perubahan cuaca dan iklim secara mendadak dan ekstrem yang berujung pada bencana hidrometeorologi, Cuaca ekstrem seperti kemarau panjang menyebabkan kekeringan, hingga hujan lebat dalam periode lama yang bisa menyebabkan bencana banjir dan tanah longsor.

Bencana hidrometeorologi di Indonesia juga dipengaruhi oleh fenomena *La Nina* dan El Nino. El Nino berpengaruh terhadap kekeringan di Indonesia karena dengan adanya angin ini curah hujan di sekitar Indonesia menjadi berkurang dan terkadang menyebabkan kekeringan panjang. Sebaliknya, *La Nina* yang berpengaruh terhadap curah hujan tinggi di Indonesia dan menyebabkan kota, daerah yang tidak memiliki resapan yang bagus akan terkena banjir.

Dampak bencana hidrometeorologi dapat menyebabkan hilangnya nyawa, cedera atau dampak kesehatan lainnya, seperti kerusakan harta benda, hilangnya mata pencaharian dan layanan, gangguan sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan.

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa ancaman bencana hidrometeorologi - iklim, cuaca dan bencana yang berhubungan dengan air seperti topan, kekeringan dan banjir terhitung untuk angka terbesar dari bencana alam di seluruh dunia dan mempengaruhi lebih banyak orang daripada jenis ancaman bencana alam lainnya. Kekeringan, suhu ekstrim, banjir dan badai menghasilkan sebanyak kurang lebih 600.000 kematian, berdampak pada lebih dari 3 milyar orang, dan menyebabkan kurang lebih estimasi 2 trilyun dollar dalam kerusakan ekonomi antara rentang tahun 1994 hingga 2013. Dalam 4 dekade terakhir, jumlah laporan dari bencana tersebut telah mencapai hampir lima kali lipat, dari sebanyak

750 insiden antara 1971 dan 1980 menjadi 3500 kejadian pada rentang tahun antara 2000 hingga 2010.

## **2.5 Banjir**

### **2.5.1 Definisi dan Pengertian Umum Banjir**

Banjir berdasarkan definisi dari *Multilingual Technical Dictionary on Irrigation and Drainage* yang dikeluarkan oleh *International Commission on Irrigation and Drainage* (Puturuhu, 2015) dapat diberi batasan sebagai laju aliran di sungai yang relatif lebih tinggi dari biasanya; genangan yang terjadi di dataran rendah; kenaikan, penambahan, dan melimpasnya air yang tidak biasanya terjadi di daratan. Banjir dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam peristiwa yaitu banjir/genangan yang terjadi pada daerah yang biasanya tidak terjadi banjir dan peristiwa banjir terjadi karena limpasan air banjir dari sungai karena debit banjir lebih besar dari kapasitasnya (Lockwood, 1987 dalam Kodoatie dan Sugiyanto, 2002). Peristiwa banjir itu sendiri sebenarnya tidak menjadi permasalahan apabila tidak mengganggu aktivitas manusia dalam melakukan kegiatan pada daerah banjir. Oleh karena itu, perlu pengaturan dataran banjir, yang bertujuan untuk mengurangi kerugian akibat banjir. Jadi dengan kata lain peristiwa banjir tidak akan menjadi masalah atau bukan merupakan bencana alam (*natural hazard*) tatkala banjir tersebut tidak mengganggu atau merugikan bagi manusia dan lingkungan sekitar.

Pada umumnya indikator penyebab banjir adalah karena intensitas curah hujan yang relatif tinggi terutama di daerah hulu, daerah rawan banjir/genangan pada umumnya merupakan daerah rendah, meluapnya air pada saluran drainase akibat tingginya muka air banjir pada sungai utama (pengaruh *backwater*), kurang memadainya saluran drainase yang merupakan saluran irigasi yang sudah dialihfungsikan sebagai saluran drainase (muka air saluran lebih tinggi dari muka tanah sekitarnya), pasang air laut yang bersamaan dengan datangnya debit banjir pada sungai, serta adanya penyempitan pada ruas penampang sungai, perubahan fungsi lahan di daerah hulu DAS yang cenderung mempercepat lajunya aliran permukaan (*surface run off*) (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Di Indonesia banjir pada umumnya dapat diklasifikasikan ke dalam 3 macam, yaitu:

- a. Banjir sebagai akibat meluapnya sungai (banjir limpasan) Banjir ini terjadi karena kapasitas saluran/sungai tidak mampu menampung debit air yang ada sehingga air meluap keluar melewati tanggul sungai. Pada daerah perkotaan bisa juga disebabkan karena kapasitas drainase/saluran air tidak mampu menampung air hujan seiring dengan pertumbuhan kota, atau rusaknya sistem hidrologi di daerah hulu, sehingga menimbulkan “banjir kiriman”.
- b. Banjir Lokal Banjir lokal/genangan umumnya terjadi karena tingginya intensitas hujan dalam periode waktu tertentu, yang dapat menggenangi daerah yang relatif rendah (ledokan) dan belum tersedianya sarana drainase yang memadai. Banjir lokal ini bersifat setempat, sesuai dengan atau seluas kawasan sebaran hujan lokal. Banjir ini akan semakin parah, karena saluran drainase yang tidak berfungsi optimal yang di sana-sini tersumbat sampah, sehingga mengurangi kapasitas penyaluran.
- c. Banjir yang disebabkan oleh pasang surut air laut (banjir rob) Banjir ini terjadi karena naiknya air laut pada daerah dataran alluvial pantai yang letaknya lebih rendah atau berupa cekungan dan terdapat muara sungai dengan anak-anak sungainya sehingga bila terjadi pasang air laut atau “rob” maka air laut atau air sungai akan menggenangi daerah tersebut. Banjir ini dapat terjadi pada musim hujan maupun musim kemarau (Yusuf, 2005 dalam Wardati, 2010).

Banjir alami umumnya akan melanda daerah yang mempunyai topografi cekung hingga datar dan umumnya daerah tersebut terletak di dataran rendah. Kawasan dataran rendah tersebut selain merupakan daerah sasaran banjir juga merupakan daerah yang sangat potensial untuk berbagai prasarana pembangunan dan pengembangan bagi sebagian sektor kehidupan manusia, seperti permukiman, perdagangan, industri dan pertanian.

### **2.5.2 Faktor-faktor Penyebab Banjir**

Banjir itu sendiri disebabkan oleh banyak faktor. Namun secara umum penyebab terjadinya banjir diklasifikasikan dalam 2 kategori, yaitu banjir yang

disebabkan oleh sebab-sebab alami dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Sebab-sebab banjir yang tergolong sebab alami antara lain:

1. Curah hujan

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis, dengan 2 (dua) musim musim hujan dan musim kemarau. umumnya terjadi antara bulan Oktober sampai bulan Maret, dan musim kemarau yang berlangsung antara bulan April sampai bulan September. Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai bilamana air yang turun melebihi tebing/tanggul sungai maka akan timbul banjir atau genangan.

2. Pengaruh fisiografi/geofisik sungai

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai, dan lain-lain. Fisiografi tersebut merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

3. Kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DPS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai itu karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat.

4. Pengaruh air pasang

Pasang surut merupakan fenomena pergerakan permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda langit terutama bulan dan matahari terhadap massa air di bumi. Hal ini mempengaruhi pergerakan aliran massa air terutama di daerah muara sungai. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil daripada massa matahari, pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada gaya tarik matahari. Hal ini terjadi karena jarak bulan terhadap bumi lebih dekat dibandingkan dengan jarak matahari terhadap bumi, sehingga gaya tarik bulan bisa mencapai 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam memengaruhi pasang surut. Pasang surut yang terjadi di bumi terbagi menjadi 3 jenis, yaitu pasang surut atmosfer

(*atmospheric tide*), pasang surut laut (*ocean tide*), dan pasang surut bumi (*boily tide*). Pembagian pergerakan pasang surut ini dikarenakan pergerakan pasang surut yang diakibatkan oleh perubahan gerak relatif dan materi suatu planet, bintang dan benda angkasa di luar materi tersebut berada. Air pasang laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*).

Kenaikan muka air laut sebagai akibat dari perubahan iklim global mulai dirasakan ekstrim sejak abad ke-20. Kondisi muka air laut tersebut dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu peningkatan temperatur air laut dan perubahan massa air laut. Dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan topografi Indonesia sebagai negara kepulauan, maka dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki kerentanan yang sangat tinggi terhadap berbagai dampak dari fenomena perubahan iklim, khususnya kenaikan muka air laut (Isfandiari, 2012).

#### 5. Penurunan muka tanah

Penurunan muka tanah merupakan permasalahan yang sering dijumpai pada kota-kota besar, seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, dan Sidoarjo. Penelitian tentang penurunan muka tanah telah dilakukan oleh Abidin (2015), hasil penelitiannya menyebutkan bahwa dampak dari penurunan muka tanah ini dapat terlihat dalam beberapa bentuk, seperti rusaknya konstruksi bangunan permanen, meluasnya daerah genangan banjir, berkurangnya ketinggian air tanah, dan bertambahnya intrusi air laut ke daratan.

Penurunan muka tanah memiliki beberapa tipe. Menurut Murdohardono dan Sudarsono (1998), ada 4 tipe penurunan tanah yang terjadi yaitu:

- a. Penurunan muka tanah akibat ekstraksi atau pengambilan air tanah.
- b. Penurunan muka tanah akibat penumpukan konstruksi.
- c. Penurunan muka tanah akibat peleburan tanah alluvial.
- d. Penurunan muka tanah karena aktivitas geotektonik.

Penyebab utama penurunan muka tanah adalah ekstraksi atau pengambilan air tanah. Pengambilan air tanah yang berlebihan, dapat menyebabkan ketinggian muka air akan berkurang, yang nantinya akan berakibat turunnya muka tanah dan juga intrusi air laut (Soekardi, 1986).

6. Kerusakan bangunan pengendali banjir (oleh bencana alam).

Kerusakan bangunan pengendali banjir yang termasuk dalam penyebab banjir secara alami adalah kerusakan yang diakibatkan oleh karena sebab terkena bencana alam.

Selain karena faktor alam, juga dapat disebabkan oleh tindakan dan kegiatan manusia. Penyebab-penyebab banjir karena tindakan manusia tersebut antara lain:

1. Perubahan tata guna lahan (*land use*) di Daerah Aliran Sungai (DAS);
2. Pembuangan sampah;
3. Erosi dan sedimentasi;
4. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase;
5. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat;
6. Pengaruh fisiografi/geofisik sungai;
7. Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai;
8. Penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang air laut);
9. Drainase lahan;
10. Bendung dan bangunan air;
11. Kerusakan bangunan pengendali banjir.

## 2.6 Mitigasi Bencana Banjir

Banjir dapat merupakan suatu bencana apabila banjir tersebut mengakibatkan terganggunya aktivitas manusia. Oleh karena itu, bencana banjir tidak hanya merupakan masalah fisik saja tetapi mencakup banyak aspek sosial-ekonomi dan kesehatan masyarakat.

Peta kerawanan banjir dapat dijadikan dasar dalam mitigasi bencana banjir, dalam tahap kesiapsiagaan (*preparedness*), serta rekonstruksi dan pembuatan tanggul atau bendung dalam penanganan/pengurangan ancaman banjir tersebut. Dalam pemetaan daerah rawan banjir maka sebaiknya dilakukan beberapa tahapan pemetaan, yaitu: survey tinjau, survey semi detil dan survey detil.

Berdasarkan peta kerawanan banjir yang telah dibuat, maka mitigasi bencana banjir dapat diakukan dengan 2 cara, yaitu cara teknik (*engineering*), dan cara non teknik (*non-engineering*). Cara teknik misalnya melalui pengelolaan daerah banjir dengan membuat bendungan, bendung/dam pengendali banjir, tanggul di sepanjang sungai, pengerukan dasar sungai, dan sebagainya; sedangkan cara non teknik adalah dengan membuat peraturan tata ruang agar pemanfaatan lahan yang tidak ramah lingkungan di daerah rawan banjir dan kawasan resapan air dapat dikendalikan, serta dengan memberikan penyuluhan kepada masyarakat terutama yang tinggal di daerah rawan banjir.

Banjir amat sering terjadi di beberapa daerah di Indonesia terutama pada musim penghujan. Kondisi semacam ini biasanya akan diikuti dengan rusaknya lingkungan, hilangnya sarana dan prasarana perkenomian masyarakat, serta kemungkinan jatuhnya korban jiwa yang meninggal, hilang, cedera dan menderita, akibat kehilangan tempat tinggal ataupun rusaknya lahan pertanian dan perkebunan. Untuk mengurangi dampak yang merugikan pada setiap terjadinya banjir tersebut, diperlukan usaha penanggulangannya secara efektif di bawah koordinasi Bakornas PBP. Berdasarkan hasil penelitian Pusat Studi Bencana UGM Yogyakarta (2002), bahwa pelaksanaan penanggulangan bencana banjir harus melewati 3 (tiga) tahap utama, yaitu : (1) tahap sebelum terjadi bencana; (2) tahap selama terjadi bencana, dan (3) tahap setelah bencana.

1. Tahap sebelum bencana :

Ada 4 kegiatan pokok yang harus dilaksanakan secara lintas sektoral oleh Departemen atau lembaga teknis, meliputi :

a. Pembuatan Peta Rawan Banjir

Pembuatan peta rawan banjir dilaksanakan secara fungsional oleh Bakosurtanal dengan melibatkan Kantor Meneg LH/Bapedal, dan Departemen Dalam Negeri, serta Departemen Pekerjaan Umum.

b. Sosialisasi peta daerah rawan banjir dan pemberdayaan masyarakat.

Sosialisasi ini melibatkan Departemen/Dinas Sosial, Bakornas PBP/ Satkorlak PBP/Satlak PBP, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Kehutanan dan instansi terkait lainnya.



c. Pelatihan Pencegahan dan Mitigasi Banjir

Pencegahan dan mitigasi banjir dilaksanakan oleh Departemen Pekerjaan Umum dengan melibatkan Satkorlak PBP/Badan Kesbanglinmas Propinsi dan Kabupaten/Kota.

d. Sistem Peringatan Dini

Peringatan dini dilaksanakan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Departemen Perhubungan dengan melibatkan LAPAN, BPP Teknologi, kantor Meneg LH/Bapedal dan instansi lain yang terlibat.

2. Tahap bencana terjadi : Ada 5 kegiatan pokok yang harus dilaksanakan secara lintas sektoral, meliputi :

a. Pencarian Dan Pertolongan (SAR)

Pencarian dan pertolongan dilaksanakan secara fungsional oleh BASARNAS dengan melibatkan unsur TNI, POLRI, Departemen Dalam Negeri, Departemen Kehutanan yang dibantu oleh PMI dan semua potensi yang ada.

b. Kaji Bencana Dan Kebutuhan Bantuan

Kaji bencana dan kebutuhan bantuan, dilaksanakan secara fungsional oleh Sekretariat Bakornas PBP dengan melibatkan Departemen Dalam Negeri, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Kesehatan, Departemen Sosial serta dibantu oleh PMI dan LSM.

c. Bantuan Kesehatan

Bantuan penampungan korban, kesehatan dan pangan dilaksanakan oleh Departemen Sosial dengan melibatkan Departemen Kesehatan, Departemen Dalam Negeri, unsur TNI/POLRI, PMI, LSM.

d. Bantuan Penampungan dan Pangan

e. Bantuan Air Bersih dan Sanitasi

Bantuan air bersih dan sanitasi dilaksanakan secara fungsional oleh Departemen Pekerjaan Umum yang dibantu oleh Departemen Kesehatan, Departemen Sosial, PMI dan LSM.

### 3. Tahap Setelah Bencana

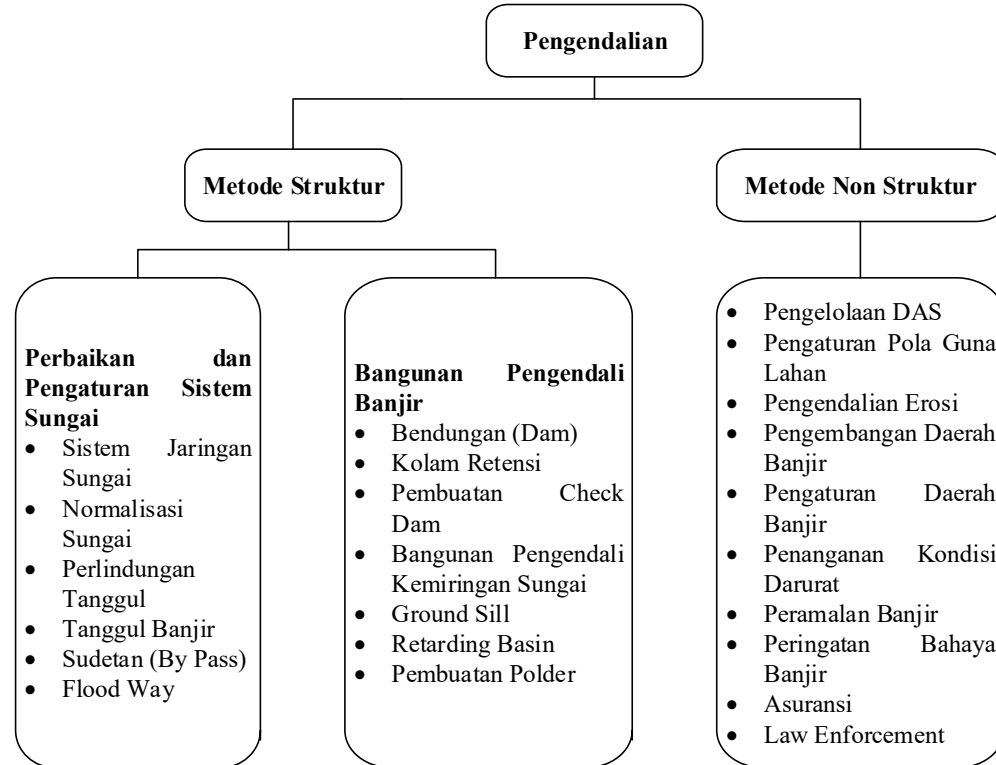
Pada tahap ini ada 3 kegiatan pokok yang harus dilaksanakan secara lintas sektoral, meliputi : pengkajian dampak banjir, rehabilitasi dan rekonstruksi serta penanganan pengungsi korban banjir.

- a. Pengkajian dampak banjir dilaksanakan secara fungsional oleh Departemen Pekerjaan Umum dengan melibatkan Departemen Dalam Negeri/Satkorlak PBP dan unsur Perguruan Tinggi/Lembaga Penelitian, Bapedal, Departemen Kehutanan dan instansi terkait lainnya.
- b. Rehabilitasi lahan dan konservasi biodiversitas dilaksanakan oleh Departemen Kehutanan dengan melibatkan instansi terkait
- c. Penanganan pengungsi dilaksanakan oleh Departemen Sosial dengan melibatkan Departemen Kesehatan, Departemen Dalam Negeri, unsur TNI/POLRI, PMI, LSM

Ada 4 strategi dasar dalam pengelolaan daerah banjir menurut (Grigg 1996 dalam Kodoatie dan Sugiyanto, 2002) :

1. Memodifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan pola guna lahan).
2. Modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bantuan pengontrol (waduk) atau normalisasi sungai.
3. Modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknik mitigasi seperti asuransi dan penghindaran banjir (flood proofing).
4. Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.

Alat untuk 4 strategi diatas disajikan pada **Gambar 1**



**Gambar 1** Pengendalian banjir metode struktur dan non struktur (Sumber : Kodoatie dan Sugiyanto, 2002)

## 2.7 Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 milyar km<sup>3</sup> air: 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001% berbentuk uap di udara. Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi : penguapan, presipitasi, dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai ke permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan di mana sebagian akan menguap

dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah. (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir air yang mengalir akan tiba ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran antara = *interflow*). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah. (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater*) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah : uap dari laut dihembuskan ke daratan (kecuali bagian yang telah jatuh sebagai presipitasi ke laut), lalu jatuh ke daratan sebagai presipitasi (sebagian jatuh langsung ke sungai-sungai dan mengalir langsung ke laut). Sebagian dari hujan atau salju yang jatuh di daratan menguap dan meningkatkan kadar uap di atas daratan. Bagian yang lain mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Seperti telah dikemukakan di atas, sirkulasi yang kontinu antara air laut dan air daratan berlangsung terus. Sirkulasi air ini disebut siklus hidrologi. Tetapi sirkulasi air ini tidak merata, karena kita melihat perbedaan besar presipitasi dari tahun ke tahun, dari musim ke musim yang berikutan dan juga dari wilayah ke wilayah yang lain. Sirkulasi air ini dipengaruhi oleh kondisi meteorologi (suhu, tekanan atmosfer, angin dan lain-lain) dan kondisi topografi; kondisi meteorologi adalah faktor-faktor yang menentukan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi-penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagai langsung menguap ke udara dan sebagai tiba ke

permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah. (Asdak,2010).

Air permukaan tanah dan air tanah yang dibutuhkan untuk kehidupan dan produksi adalah air yang terdapat dalam proses sirkulasi ini. Jadi jika sirkulasi ini tidak merata, maka akan terjadi bermacam-macam kesulitan. Jika terjadi sirkulasi yang lebih, seperti banjir, maka harus diadakan pengendalian banjir. (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Menurut Suripin (2014), pemilihan metode perhitungan yang cocok pada suatu DAS tergantung dari beberapa faktor, maka dari itu ada beberapa kriteria dalam penggunaan metode perhitungan curah hujan wilayah yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Kriteria Penentuan Metode Perhitungann Curah Hujan

No	Jenis Kriteria	Metode yang dapat digunakan
1	Jaring - jaring penakar hujan	
a.	Jumlah pos penakar hujan cukup banyak	Aljabar, Thiessen atau Isohyet
b.	Jumlah pos penakar hujan terbatas	Aljabar atau Thiessen
c.	Jumlah pos penakar hujan tunggal	Metode Hujan Titik
2	Luas DAS	
a.	> 5000 km <sup>2</sup>	Isohyet
b.	500 - 5000 km <sup>2</sup>	Thiessen
c.	< 500 km <sup>2</sup>	Aljabar
3	Topografi DAS	
a.	Pegunungan	Aljabar
b.	Daratan	Thiessen
c.	Berbukit tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004

## 1. Curah Hujan Rencana

Data curah hujan merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan pengendalian banjir. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan tersebut adalah curah hujan area dan dinyatakan dalam satuan mm (Sosrodarsono, 2003).

Curah hujan area tersebut harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Berikut adalah beberapa metode perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan di beberapa titik :

### a. Rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam areal studi:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (1)$$

Dimana :

d = tinggi curah hujan rata-rata

d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>,...d<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2,.. n  
n = banyak pos penakaran.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

### b. Metode Poligon Thiessen

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*).Metode tersebut memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus

terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metodenya didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004).

Metode tersebut cocok jika stasiun hujan tidak tersebar merata dan jumlahnya terbatas dibanding luasnya. Cara tersebut adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \quad (2)$$

Dimana :

C = Koefisien *Thiessen*

$A_i$  = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan  $i$  ( $\text{km}^2$ ),

$A_{total}$  = Luas total dari DAS ( $\text{km}^2$ )

Langkah-langkah metode Thiessen sebagai berikut :

- a. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
- b. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- c. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS ( $A$ ) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
- d. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3)$$

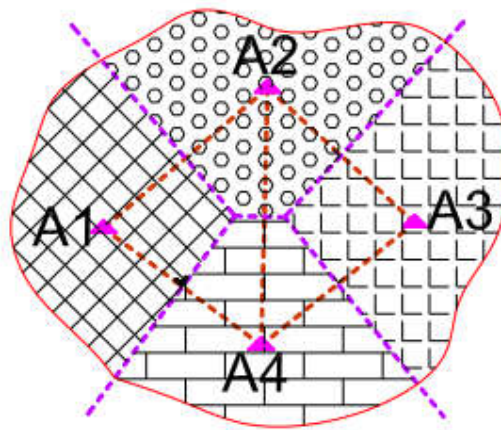
Dimana :

$\bar{R}$  = Curah hujan maksimum rata-rata DAS (mm).

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan (km<sup>2</sup>).

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm).

n = Banyaknya stasiun hujan.



**Gambar 2** Poligon Thiessen pada DAS

c. Metode Rata-Rata Isohyet

Metode perhitungan dengan memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap stasiun hujan dengan kata lain asumsi metode Thiessen yang menganggap bahwa tiap-tiap stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode tersebut cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur (Suripin, 2004).

Prosedur penerapan metodenya meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap stasiun hujan pada peta.
- b. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air hujan yang sama. Interval Isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.



- c. Hitung luas area antara dua garis *Isohyet* yang berdekatan dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua *Isohyet* yang berdekatan.
- d. Hitung hujan rata-rata DAS dengan rumus :

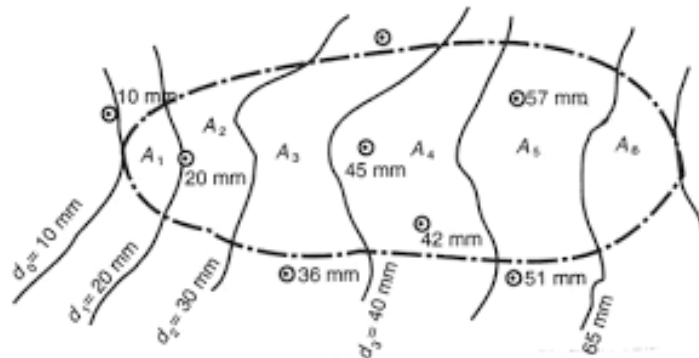
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (4)$$

di mana :

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm).

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di garis Isohyet (mm).

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas bagian yang dibatasi oleh Isohyet-Isohyet (Km<sup>2</sup>).



**Gambar 3** Poligon Isohyet

Jika stasiun hujannya relatif lebih padat dan memungkinkan untuk membuat garis Isohyet maka dengan metode tersebut akan diperoleh hasil yang lebih teliti. Peta Isohyet harus mencantumkan sungai-sungai utamanya, garis-garis kontur dan mempertimbangkan topografi, arah angin, dan lain-lain di daerah bersangkutan. Jadi untuk membuat peta Isohyet yang baik, diperlukan pengetahuan, keahlian dan pengalaman yang cukup (Sosrodarsono, 2003).

- d. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Metode atau cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

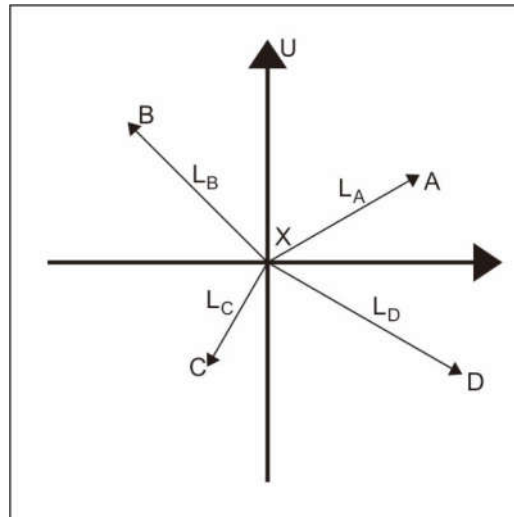
- a. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- b. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- c. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
- d. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- e. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan (Suripin, 2004).

## 2. Perbaikan Data

Pada saat pengukuran hujan sering dialami dua masalah. Permasalahan pertama adalah tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat data. Masalah kedua adalah karena adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan selama suatu periode pencatatan, seperti pemindahan atau perbaikan stasiun, perubahan prosedur pengukuran atau karena penyebab lain. Kedua masalah tersebut perlu diselesaikan dengan melakukan koreksi berdasarkan data dari beberapa stasiun di sekitarnya.

Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari tiga atau lebih stasiun terdekat disekitarnya. Gambar 4 adalah stasiun x dan beberapa stasiun di sekelilingnya. Berikut diberikan dua cara untuk melakukan koreksi data.



**Gambar 4** Stasiun Hujan Untuk Koreksi Data

- a. Metode perbandingan normal (*normal ratio method*)

Data yang hilang diperkirakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{p_x}{N_x} = \frac{1}{n} \left( \frac{p_1}{N_1} + \frac{p_2}{N_2} + \frac{p_3}{N_3} + \dots + \frac{p_n}{N_n} \right) \quad (5)$$

Dimana :

$p_x$  = hujan yang hilang di stasiun x.

$p_1, p_2, \dots, p_n$  = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama.

$N_x$  = hujan tahunan di stasiun x.

$N_1, N_2, \dots, N_n$  = hujan tahunan di stasiun sekitar x.

$n$  = jumlah stasiun hujan di sekitar x.

### 3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis Frekuensi adalah penetapan banjir/hujan rancangan berdasarkan analisis statistik data debit/hujan tersedia. Menurut (Sri Harto,1993) analisis ini dilakukan dengan memilih salah satu dari beberapa jenis agihan statistik (*statistical distribution*) yang paling sesuai dengan sifat statistik data yang bersangkutan. Keistimewaan analisis ini: cara analisis yang mudah. tidak memerlukan pengertian hidrologi mendalam, dan reliable.

Analisis Frekuensi ini digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu, dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, serta didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama)

Kala ulang ditakrifkan sebagai waktu hipotetik di mana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

Penetapan seri data dapat dilakukan dengan: 1) mengambil satu data maksimum setiap tahun (*maximum annual series*) yang berarti jumlah data seri akan sama dengan panjang data yang tersedia, 2) menetapkan suatu batas bawah (*threshold*) tertentu dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu, selanjutnya semua besaran hujan atau debit yang lebih besar daripada batas bawah diambil sebagai seri data partial series (*peak over threshold*) dan 3) cara sama dengan partial series diambil beberapa data terbesar namun jumlah data sama dengan jumlah tahun data (*Annual exceedance series*).

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi (agihan) frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu :1. agihan normal, 2. agihan log normal, 3. agihan log-pearson III dan 4. agihan gumbel. Masing-masing agihan memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing agihan tersebut. Pemilihan agihan yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar baik *overestimated* maupun *underestimated*.

Beberapa parameter statistik yang digunakan dalam hitungan adalah nilai rata-rata, deviasi standar ( $S$ ), koefisien Variasi ( $Cv$ ), koefisien skewness/kemencengan ( $Cs$ ) dan nilai koefisien kurtosis ( $Ck$ ) sebagai berikut:

$$\bar{X} = \text{Rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6)$$

$$S = \text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$Cv = \text{Koefisien Variasi} = \frac{S}{\bar{X}} \quad (8)$$

$$Cs = \text{Koefisien Skewness} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (X_i - \bar{X})^3 \quad (9)$$

$$Ck = \text{Kefisien Kurtosis} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum (X_i - \bar{X})^4 \quad (10)$$

Distribusi Normal dengan ciri-ciri khas :  $Cs = 0$ , Distribusi Log-normal (2 parameter) dengan ciri-ciri khas :  $Cs = 3Cv$  atau  $Cs/Cv = 3$  dan  $Cs$  selalu positif, Distribusi Gumbel dengan ciri-ciri khas :  $Cs = 1,14$  dan  $Ck = 5,4$ . Distribusi Pearson Tipe III dengan data statistiknya tidak mendekati ciri-ciri distribusi manapun. Karena interval yang besar maka distribusi ini kurang teliti bila dilakukan secara manual. Garis probabilitas berbentuk garis lengkung dengan persamaan sama seperti pada distribusi Log-normal, tetapi harga faktor frekuensi  $K$  diambil dari table  $K$  Pearson III. Untuk memantapkan pemilihan jenis distribusi dilakukan pengujian yaitu uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Kuadrat.

**Tabel 2** Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$
2	Log Normal	$Cs = 3 Cv$ $Cs/Cv = 3$ dan $Cs$ selalu positif
3	Gumbel	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel

Sumber : Sri Harto Br.

Secara umum Chow (haan, 1977) menunjukkan bahwa frekuensi analisis dapat disederhanakan dalam bentuk:

$$X_T = \bar{X} + Sk \quad (11)$$

Dimana:  $X_T$  (mm)

$X_T$  = Besaran dengan kala ulanfg tertentu

$\bar{X}$  = Besaran rata-rata

- $S$  = Standard Deviasi
- $k$  = Koefisien frekuensi, didapat berdasarkan hubungan nilai  $C_s$  dengan periode ulang  $T$

## 2.8 HEC-RAS

HEC – RAS adalah singkatan dari *Hydraulic Engineering Center-River Analysis System*. Program ini dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi dalam *Institute for Water Resources*, di bawah *US Army Corps of Engineers* (USAGE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one dimensional flow model*). Program ini memiliki empat komponen model satu dimensi antara lain :

### 1. Hitungan profil muka air aliran permanen

*Steady Flow Water Surface Component*. Program ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*). Program mampu memodelkan jaring sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. Regime aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super-kritik, maupun campuran antara keduanya. Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi. Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (Persamaan Manning) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai jika aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran regime aliran sbu-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, aliran di percabangan sungai (*stream junction*). HEC-RAS mampu menghitung pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*brigdes*), gorong-gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai. HEC-RAS pada aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul.

### 2. Simulasi aliran tak permanen

*Unsteady Flow Simulation*. Program ini mampu menyimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Bagian program

yang menghitung aliran di penampang melintang, jembatan, gorong-gorong, dan berbagai jenis struktur hidraulik lainnya merupakan program yang sama dengan program hitungan yang adapada modul aliran permanen HEC-RAS. Fitur special modul aliran tak permanen mencakup analisis dambreak, limpasan melalui tanggul jebol, pompa, operasi damnavigasi, serta aliran tekanan pipa. Dalam HEC-RAS penampang sungai atau saluran ditentukan terlebih dahulu, kemudian luas penampang akan dihitung. Untuk mendukung fungsi saluran sebagai penghantar aliran maka penampang saluran dibagi atas beberapa bagian. Pendekatan yang dilakukan HEC-RAS adalah membagi area penampang berdasarkan dari nilai  $n$  (koefisien kekasaran manning) sebagai dasar bagi pembagian penamp. Setiap aliran yang terjadi pada bagian dihitung dengan menggunakan persamaan Manning:

$$Q_t = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (12)$$

Dimana :

$n$  = koefisien kekasaran manning

$A$  = luas bagian penampang

$R$  = jari-jari hidrolis

$S$  = kelandaian energi

Setelah penampang ditentukan maka HEC-RAS akan menghitung profil muka air. Konsep dasar perhitungan profil permukaan air berdasarkan persamaan energy yaitu :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + h_e \quad (13)$$

Dimana :

$Z$  = fungsi titik diatas garis referensi

$Y$  = fungsi tekanan di suatu titik

$V$  = kecepatan aliran

$\alpha$  = koefisien kecepatan

$h_e$  = energy head loss

Di dalam program HEC-RAS, kumpulan data tergabung di dalam proyek sistem sungai. Penggunaan program ini dapat dilakukan berbagai macam tipe

analisa tentang pemodelan untuk formulasi beberapa rencana yang berbeda. Masing-masing rencana mewakili kumpulan data geometri dan data aliran. Setelah data awal dimasukkan dalam HEC-RAS, pemodelan dapat dengan mudah memformulasikan rencana baru. Setelah simulasi selesai dibuat untuk berbagai macam rencana, hasil simulasi dapat dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik yang berbeda.

## 2.9 HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineering*. HEC-HMS digunakan untuk analisis hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah wilayah sungai. Software ini didesain untuk bisa diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi suplai air daerah pengaliran sungai, hidrologi banjir, dan limpasan air di daerah kota kecil ataupun kawasan tangkapan air alami. Hidrograf satuan yang dihasilkan dapat digunakan langsung ataupun digabungkan dengan software lain yang digunakan dalam ketersediaan air, drainase perkotaan, ramalan dampak urbanisasi, desain pelimpah, pengurangan kerusakan banjir, regulasi penanganan banjir, dan sistem operasi hidrologi (USACE, 2010).

HEC-HMS merupakan aplikasi pengembangan dari model sebelumnya yaitu HEC-1. Aplikasi ini digunakan untuk menghitung pengalihragaman hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. Didalam HEC-HMS terdapat model dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow* (Prasojo, Sri Irawan Laras, 2015).

Model HEC – HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS. Model HEC-HMS mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisis hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan. Di dalam model HEC-HMS mengangkat teori klasik hidrograf satuan untuk digunakan dalam



permodelannya, antara lain hidrograf satuan sintetik Snyder, Clark, SCS, ataupun kita dapat mengembangkan hidrograf satuan lain dengan menggunakan fasilitas *user define hydrograph* (USACE, 2010). Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi ini, digunakan hidrograf satuan sintetik dari SCS (*soil conservation service*) dengan menganalisis beberapa parameternya.

## 2.10 Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem informasi Geografis merupakan sebuah aplikasi sistem informasi yang mampu memasukkan, mengelola, memberi dan mengambil kembali, memanipulasi, analisis data dan memberu uraian (Ria, A., 2003).

Basis data SIG adalah kumpulan data yang saling berkaitan, yang diperlukan dalam SIG, baik data spasial maupun non spasial. Tipe basis data ada dua macam yaitu basis data spasial dan non spasial. Basis data spasial adalah data yang dapat diamati atau diidentifikasi di lapangan, yang berkaitan data di permukaan maupun di dalam bumi. Data ini dapat diukur atau ditentukan oleh besaran lintang dan bujur atau oleh sistem koordinat lain (termasuk peta, foto udara, citra satelit). Data spasial ada tiga macam yaitu: titik, garis, dan poligon (daerah), yang diorganisasikan dalam bentuk lapis-lapis (layer) peta. Sedangkan basis data non spasial adalah data yang melengkapi keterangan data spasial, keterangan kenampakan data baik statistik, numerik, maupun deskriptif dengan tampilan tabular, diagram maupun tekstual.

Pemanfaatan SIG telah berkembang diberbagai bidang dan aktivitas. SIG sering digunakan sebagai alat bagi peneliti dan pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah, menentukan pilihan atau kebijakan melalui metode analisis keruangan dengan memanfaatkan komputer. SIG memberikan kemudahan dalam kompleksitas data, seperti ditunjukkan kebutuhan alat dan hasil manipulasi data dalam suatu ruang kerja antara lain *overlay*, *buffering*, perencanaan gambar, dan manipulasi database. SIG juga mengendalikan komputer untuk mampu mengola, menyajikan dan menyimpan informasi yang awalnya data berupa grafis, kemudian dimport menjadi data digital. SIG merupakan hal penting sebagai sarana pengelolaan data spasial dalam pengelolaan lingkungan dan pemetaan hasil dari sumberdaya alam dan sebagainya.

Basis Data SIG adalah kumpulan data – data yang saling berkaitan satu sama lain, baik data spasial maupun data non spasial. Basis data spasial adalah data yang dapat diamati di lapangan atau diidentifikasi di lapangan yang berkaitan, yang berkaitan data di permukaan maupun di dalam bumi. Data ini dapat diukur atau ditentukan oleh besaran lintang dan bujur atau sistem koordinat (peta, foto udara, citra satelit). Data Spasial terdiri dari tiga macam yaitu titik, garis dan poligon yang diorganisasikan dalam bentuk layer peta. Sedangkan basis data non spasial adalah data pelengkap dari data spasial, keterangan kenampakan data baik statistik, numerik, maupun deskriptif dengan tampilan tabular, diagram maupun tekstual (Soenarmo, S H, 2009).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian mengenai pemodelan daerah rawan banjir pada DAS Kera merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan model hidrologi. Potensi banjir pada daerah penelitian dilakukan dengan analisis banjir model numerik 2 dimensi untuk menghasilkan daerah rawan banjir. Penelitian deskriptif dengan pendekatan analisis kuantitatif ini bertujuan untuk mengungkapkan suatu fenomena, masalah, peristiwa dan berbagai keadaan alam untuk melihat besarnya potensi banjir di Sungai Kera yang di analisis menggunakan beberapa rumus hidrologi yang berkaitan dengan debit banjir.

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei pada wilayah penelitian untuk penyesuaian komponen - komponen yang berpengaruh pada bencana hidrometeorologi utamanya bencana banjir. Menganalisis data curah hujan, suhu dan tekanan Parameter hidrologi dan karakteristik fisik DAS menjadi parameter utama dalam menyusun model daerah rawan banjir di wilayah penelitian. Informasi yang diperoleh dari pemodelan daerah rawan banjir digunakan sebagai masukan untuk penyusunan rancangan model sistem peringatan dini banjir.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian berada di Sungai Kera, Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelusuran hidraulik untuk analisis banjir dilaksanakan sepanjang 32 km, yaitu pada daerah hulu ke arah muara atau pada koordinat 3°51'2,04" LS; 120°21'46,87 BT hingga 3°48'58,93" LS; 120°13'24,11 BT.

Letak Sungai Kera adalah:

- Batas Utara 3°45'54.71"LS 120°19'59.96"BT (Berbatasan dengan DAS Awo)
- Batas Selatan 3°53'56.01"LS 120°13'32.29"BT (Berbatasan dengan DAS Kulampu)
- Batas Barat 3°50'36.30"LS 120°11'50.86"BT (Berbatasan dengan DAS Gilireng)