

**KAJIAN TINGKAT KERENTANAN MASYARAKAT TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM DAN STRATEGI ADAPTASI BERBASIS
DAERAH ALIRAN SUNGAI
(STUDI KASUS : SUB DAS GARANG HULU)**



Tesis

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**Muchtar Efendi
21080111400017**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2012
TESIS**

**KAJIAN TINGKAT KERENTANAN MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN
IKLIM DAN STRATEGI ADAPTASI
BERBASIS DAERAH ALIRAN SUNGAI
(STUDI KASUS : SUB DAS GARANG HULU)**

Disusun oleh

**Muchtar Efendi
NIM : 21080111400017**

Mengetahui :

Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES

Dr. Widada Sulistya, DEA

**Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan**

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA.

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN TINGKAT KERENTANAN MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN
IKLIM DAN STRATEGI ADAPTASI
BERBASIS DAERAH ALIRAN SUNGAI
(STUDI KASUS : SUB DAS GARANG HULU)**

**Disusun oleh :
MUCHTAR EFENDI
21080111400017**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 15 September 2012
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Tanda Tangan

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES.

.....

Anggota

1. Dr. Widada Sulitya, DEA

.....

2. Dr. Dra. Hartuti Purnaweni, MPA.

.....

3. Dr. Boedi Hendrarto, M.Sc

.....

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari diketemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 15 September 2011

Muchtar Efendi

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Muchtar Efendi lahir lahir di Nganjuk pada tanggal 24 Maret 1982. Menamatkan pendidikan dasar di Sekolah Dasar (SD) Negeri Cerme No 1 Nganjuk pada tahun 1993. Setelah lulus dari Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Pace pada tahun 1996, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Kediri dan lulus tahun 1999.

Menyelesaikan sarjana di Program Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2004 dengan skripsi berjudul “Alokasi Penggunaan Lahan di Sub DAS Temon dengan *Goal Programming*”. Setelah lulus dari Universitas Gadjah Mada, ia bekerja sebagai Analis Data Pertumbuhan Tanaman pada Pemuliaan Pohon di Perum Perhutani sampai tahun 2005, Fungsional Pengendali Ekosistem Hutan pada Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Asahan Barumon, Kementerian Kehutanan, Pematangsiantar-Sumatera Utara, Indonesia sejak tahun 2005. Saat ini ia sedang melanjutkan pendidikan ke tingkat S2 pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan Judul : “KAJIAN TINGAT KERENTANAN MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DAN STRATEGI ADAPTASI BERBASIS DAERAH ALIRAN SUNGAI (STUDI KASUS : SUB DAS GARANG HULU).”

Penulis menyadari, bahwa tanpa dukungan dan dorongan dari berbagai pihak, penulisan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES selaku pembimbing I dan Dr. Widada Sulitya, DEA selaku pembimbing II
2. Dr. Dra. Hartuti Purnaweni, MPA dan Dr. Boedi Hendarto, M.Sc selaku Penguji
3. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA. dan Dr. Dra.Hartuti Purnaweni, MPA selaku pengelola Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
4. Pusbindiklatren Bappenas yang telah memberikan beasiswa kepada penulis dan rekan-rekan Magister Ilmu Lingkungan angkatan 32 atas kerjasama dan dukungannya
5. Kementerian Kehutanan beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan belajar kepada penulis.
6. Istri tercinta Lisma Dwi Susanti, S.Pd. dan anak-anakku tersayang: Azka dan Kayyisah
7. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini, semoga bantuan dan dorongan semua pihak senantiasa mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan khasanah pengetahuan khususnya dalam perubahan iklim.

Semarang, 15 September 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | | |
|--|----------|--|
| Lembar Pengesahan | iii | |
| Lembar Pernyataan | iv | |
| Riwayat Hidup Penulis..... | v | |
| Kata Pengantar..... | vi | |
| Daftar Isi..... | vii | |
| Daftar Gambar | ix | |
| Daftar Tabel..... | x | |
| Daftar Lampiran | xi | |
| Abstrak | xii | |
| Abstract | xiii | |
| I. PENDAHULUAN | 1 | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 | |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 3 | |
| 1.3. Tujuan..... | 5 | |
| 1.4. Manfaat..... | 5 | |
| 1.4.1. Manfaat Teoritis | 5 | |
| 1.4.2. Manfaat Praktis..... | 5 | |
| 1.5. Ruang Lingkup Penelitian..... | 6 | |
| 1.6. Keaslian Penelitian | 6 | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 | |
| 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS) | 8 | |
| 2.2. Perubahan Iklim dan Siklus Hidrologi..... | 9 | |
| 2.3. Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)..... | 11 | |
| 2.4. Sistem Informasi Geografi | 12 | |

| | |
|--|----|
| 2.5. Analytical Hierarchy Process (AHP)..... | 13 |
| 2.6. Kerangka Pemikiran | 14 |
| III. METODE PENELITIAN | 17 |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian | 17 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 17 |
| 3.3. Pengumpulan Data..... | 19 |
| 3.4. Metode Analisa Data | 20 |
| 3.4.1. Analisa Kriteria dan Indikator Kerentanan Masyarakat..... | 20 |
| 3.4.2. Pengolahan Spatial | 23 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 26 |
| 4.1. Gambaran Umum Lokasi..... | 26 |
| 4.1.1. Letak dan Luas | 26 |
| 4.1.2. Iklim..... | 26 |
| 4.1.3. Topografi..... | 27 |
| 4.1.4. Geologi dan Geomorfologi..... | 28 |
| 4.1.5. Tanah..... | 29 |
| 4.1.6. Penutupan Lahan | 30 |

| | |
|--|----|
| 4.1.7. Lahan Kritis | 30 |
| 4.1.8. Sosial Ekonomi Masyarakat | 31 |
| 4.2. Kecenderungan Pola Perubahan Iklim dan Kriteria Indikator Masyarakat terhadap Perubahan Iklim di Sub DAS Garang Hulu | 33 |
| 4.2.1. Analisis Pola Curah Hujan | 33 |
| 4.2.2. Kriteria dan Indikator Kerentanan | 38 |
| 4.2.3. Pembobotan Kriteria dan Indikator Kerentanan | 43 |
| 4.3. Tingkat Kerentanan Masyarakat terhadap Perubahan iklim di Sub DAS Garang Hulu | 46 |
| 4.3.1 Pemetaan Paparan (<i>Exposure</i>) | 46 |
| 4.3.2 Pemetaan Kepekaan Masyarakat (<i>Sensitivity</i>) | 49 |
| 4.3.3 Pemetaan Kemampuan Adaptasi Masyarakat (<i>Adaptive Capacity</i>)..... | 51 |
| 4.3.4 Pemetaan Kerentanan Masyarakat | 53 |
| 4.4. Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berbasis DAS | 55 |
| 4.4.1. Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berdasarkan Aspek Teknis | 59 |
| 4.4.2. Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berdasarkan Aspek SDM..... | 60 |
| 4.4.3. Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berdasarkan Aspek Sosial Kelembagaan..... | 61 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA | 65 |

LAMPIRAN
..... 69

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| 1. Kecenderungan Pola Perubahan Curah Hujan di Jawa | 10 |
| 2. Konsep Penelitian Kerentanan | 12 |
| 3. Kerangka Penelitian..... | 16 |
| 4. Lokasi Penelitian Sub DAS Garang Hulu | 18 |
| 5. Tahapan Penyusunan Peta Kerentanan Masyarakat | 24 |
| 6. Diagram Alir Tahapan Penelitian | 25 |
| 7. Peta Administrasi Sub DAS Garang Hulu | 27 |
| 8. Persepsi Masyarakat Terhadap Perubahan Pola Curah Hujan | 34 |
| 9. Kecenderungan Pola Curah Hujan Tahunan Sub DAS Garang Hulu | 35 |
| 10. Pola Sebaran Curah Hujan Bulanan Sub DAS Garang Hulu | 36 |
| 11. Peta Curah Hujan Sub DAS Garang Hulu | 39 |
| 12. Pembobotan Kriteria dan Indikator Kerentanan Masyarakat | 44 |
| 13. Peta Paparan Perubahan Iklim Sub DAS Garang Hulu..... | 47 |
| 14. Peta Kepekaan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim..... | 50 |
| 15. Peta Kemampuan Adaptasi Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim | 52 |

| | |
|--|----|
| 16. Peta Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Ikim | |
| ..... | 54 |
| 17. Kriteria Adaptasi Perubahan Iklim | |
| ..... | 56 |
| 18. Prioritas Kriteria dan Alternatif Strategi Adaptasi Perubahan Iklim..... | |
| ..... | 56 |
| 19. Strategi Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim | |
| ..... | 58 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Penelitian Terdahulu..... | 7 |
| 2. | Peralatan dan Bahan yang Dibutuhkan..... | |
|  | ..... | 19 |
| 3. | Kriteria dan Indikator Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim | |
|  | ..... | 21 |
| 4. | Kelas Kemiringan Lereng Sub DAS Garang Hulu..... | |
|  | ..... | 28 |
| 5. | Jenis Tanah Sub DAS Garang Hulu | |
|  | ..... | 29 |
| 6. | Penutupan Lahan Sub DAS Garang Hulu | |
|  | ..... | 30 |
| 7. | Kondisi Lahan Kritis Sub DAS Garang Hulu..... | |
|  | ..... | 31 |
| 8. | Luas, Jumlah dan Kepadatan Penduduk Sub DAS Garang Hulu | |
|  | ..... | 31 |
| 9. | Curah Hujan Sub DAS Garang Hulu..... | |
|  | ..... | 38 |
| 10. | Kelas Kepekaan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim..... | |
|  | ..... | 49 |
| 11. | Kelas Kemampuan Adaptasi Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim | |
|  | ..... | 53 |
| 12. | Kelas Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim | |
|  | ..... | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| 1. Daftar Pertanyaan Persepsi Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim | 69 |
| 2. Kuisisioner Analytical Hierarchy Process (AHP)..... | 70 |
| 3. Kuisisioner AHP Strategi Adaptasi Perubahan Iklim..... | 77 |
| 4. Luas Sub DAS Garang Hulu per Desa, Kecamatan..... | 83 |
| 5. Data Curah Hujan pada Stasiun yang Terdapat di Sub DAS Garang Hulu..... | 84 |
| 6. Daftar Responden Persepsi Masyarakat..... | 85 |
| 7. Hasil Pengolahan AHP untuk Pembobotan Kriteria dan Indikator..... | 87 |
| 8. Hasil Pengolahan AHP untuk Strategi Adaptasi..... | 89 |
| 9. Nilai dan Kelas Kerentanan Masyarakat terhadap Perubahan Iklim di Sub DAS Garang Hulu | 91 |

ABSTRAK

Dampak terhadap pemanasan global adalah terjadinya perubahan iklim yang berpengaruh terhadap kondisi ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS). Degradasi Sub DAS Garang Hulu menyebabkan ekosistem tidak dapat optimal menyediakan fungsi dan jasa yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kondisi ini menyebabkan penurunan tingkat kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan tingkat kerentanan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah: a) menganalisis kecenderungan perubahan iklim di Sub DAS Garang serta kriteria dan indikator kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim; b) menganalisis tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim secara spasial; c) menganalisis adaptasi terhadap perubahan iklim berbasis Daerah Aliran Sungai. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-eksploratif dengan menggunakan pendekatan metode kombinasi kualitatif dan kuantitatif (*mixed method*). Data sekunder dikumpulkan melalui kegiatan studi literatur dan *desk study*. Data primer berupa persepsi masyarakat dengan wawancara mendalam dengan metode *purposive sampling*. Penilaian kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim menggunakan tiga elemen kerentanan, yaitu: paparan, kepekaan dan kemampuan adaptasi masyarakat. Pemetaan kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Geography Information System* (GIS). Hasil analisis terhadap kecenderungan pola perubahan iklim di Sub DAS Garang menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan iklim dalam skala lokal dengan penurunan volume curah hujan. Pembobotan Kriteria dan Indikator menunjukkan bahwa unsur kepekaan mempunyai bobot paling tinggi sebesar 46.3% diikuti oleh kemampuan adaptasi dan paparan sebesar 33.9% dan 19.8%. Tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di Sub DAS Garang Hulu didominasi kelas rendah sampai sedang dengan presentase mencapai 73,83%. Daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi adalah Kecamatan Ungaran Timur serta Kelurahan Sukorejo di Kota Semarang. Pendekatan berbasis pada Daerah Aliran Sungai (DAS) diperlukan dalam adaptasi perubahan iklim karena DAS merupakan satu kesatuan ekosistem yang saling mempengaruhi dari hulu sampai hilir. Strategi prioritas adaptasi di Sub DAS Garang Hulu yang harus dilakukan adalah konservasi tanah dan air berbasis pada peningkatan kapasitas kelompok masyarakat. Berdasarkan hasil penelitian maka diperlukan kebijakan adaptasi terhadap perubahan iklim dalam perencanaan pembangunan daerah serta perlunya kajian kerentanan terhadap perubahan iklim untuk ketersediaan sumberdaya air pada tingkat kecamatan atau desa.

Kata Kunci: *kerentanan, perubahan iklim, adaptasi, DAS*

ABSTRACT

The impact of global warming is climate change affecting the condition of watershed ecosystem. Garang Hulu Sub Watershed degradation causes ecosystem cannot provide optimal function and service that is essential for human life. This condition causes decrease in the level of social welfare and increase the level of community vulnerability. The purposes of this study are: a). analyze inclination of climate change in Garang Hulu Sub Watershed and criteria and indicator of community vulnerability to climate change; b). analyze community vulnerability to climate change spatially; c). analyze adaptation to climate change based watershed. This research is a descriptive-exploratory study using combination approach of qualitative and quantitative methods (mix methods). Secondary data is collected through study of literature and desk study. Primary data is public perception with depth interview using a purposive sampling method. Assessment of community vulnerability to climate change using three elements of vulnerability, i.e. exposure, sensitivity, and adaptability. Mapping of community vulnerability to climate change uses Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geography Information System (GIS). The result of analysis to inclination pattern of climate change in Garang Hulu Sub Watershed indicates that there has been climate change on local scale with decrease in the volume of rainfall. Weighting criteria and indicator suggests that the sensitivity has a maximum weight 46% followed by adaptability and exposure 33.9% and 19.8%. The level of community vulnerability to climate change in Garang Hulu Sub Watershed is dominated by upper to middle class by percentage 73.83%. The area that has a high level of vulnerability is Ungaran Eastern Sub district and Sukorejo Village in Semarang. Approach based on watershed is required in climate change adaptation because watershed is integral ecosystem interplay from upstream to downstream. Priority adaptation strategy in Garang Hulu Sub Watershed has to be done is conservation of land and water based on increasing the capacity of community group. Based on the result of research, it is required adaptation policy to climate change in local development planning and assessment of vulnerability to climate change on the availability of water resources in the sub district or village.

Key word: *vulnerability, climate change, adaptation, watershed*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan masalah yang harus dihadapi manusia sekarang dan bukan lagi masalah masa depan. Kejadian ini adalah dampak akumulasi jangka panjang dari polusi atmosfer akibat aktivitas manusia sehingga menyebabkan lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer dengan laju yang sangat tinggi yang kemudian berdampak pada perubahan iklim. Kejadian iklim seperti banjir, kemarau panjang, angin kencang sudah dirasakan semakin sering terjadi akhir-akhir ini dengan intensitas yang tinggi (Boer dkk, 2010). Kejadian ini semakin menimbulkan dampak yang semakin besar dengan tingginya tingkat kerusakan lingkungan.

Boer dan Perdinan (2008) menunjukkan bahwa berdasarkan hasil penelusuran terhadap database bencana alam internasional (*International Disaster Database*) banyak bencana alam yang masuk ke dalam kategori bencana global sebanyak 345 bencana. Sekitar 60% dari bencana alam tersebut ialah bencana alam akibat kejadian iklim ekstrim seperti banjir, kekeringan, kebakaran hutan, angin kencang/badai, tanah longsor, gelombang pasang tinggi dan meledaknya penyakit. Temuan ini sejalan dengan hasil kajian Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC, 2007) bahwa pemanasan global akan meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrim.

Di Indonesia, kejadian iklim ekstrim seringkali berasosiasi dengan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO). Terdapat korelasi yang kuat antara kejadian ENSO dengan keragaman hujan di Indonesia yaitu kemarau panjang pada tahun-tahun El Niño dan hujan jauh atas normal pada tahun-tahun La Niña (Boer dkk, 2010). Pemanasan global akan menimbulkan dampak meningkatnya kejadian kekeringan dan banjir, disamping itu awal dan panjang musim juga bergeser.

Naylor dkk (2007) menunjukkan bahwa ada pengaruh pemanasan global terhadap perubahan musim di Pulau Jawa. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa untuk daerah di selatan khatulistiwa akan mengalami penurunan curah hujan sedangkan di utara khatulistiwa akan mengalami kenaikan curah hujan. Hasil proyeksi Naylor dkk (2007) menunjukkan bahwa dalam 40 tahun mendatang, terjadinya pemanasan global akan menyebabkan awal musim hujan di Jawa Tengah akan mengalami kemunduran dengan curah hujan yang cenderung turun sedangkan akhir musim hujan akan lebih cepat dengan curah hujan yang cenderung naik. Hal ini berimplikasi pada semakin meningkatnya risiko kekeringan pada musim kemarau dan risiko banjir atau bahaya longsor pada musim hujan. WWF (2007) menyatakan perubahan distribusi curah hujan tersebut menyebabkan berbagai potensi bencana alam yang dipicu oleh curah hujan menjadi semakin tinggi,

seperti : banjir, longsor, peluapan sungai, dan penyebaran vektor penyakit, sedangkan pada kondisi curah hujan yang mengecil dapat terjadi potensi bencana seperti : kekeringan, gagal panen, kekurangan air bersih, dan berbagai permasalahan sosial yang mungkin timbul, seperti monopoli air di DAS Citarum.

Kerusakan lingkungan khususnya kerusakan tutupan hutan di wilayah tangkapan air hujan akan menambah dampak terhadap terjadinya perubahan iklim. Pada tahun 1984, Daerah Aliran Sungai (DAS) yang rusak baru sekitar 22 DAS dan pada tahun 1998 jumlahnya meningkat menjadi 58 DAS. Di Jawa, antara tahun 1992 dan 1998, jumlah DAS yang rusak meningkat tajam dan kemudian setelah tahun 1998 sebagian dari DAS ini sudah direhabilitasi (Boer dkk, 2010). Kerusakan DAS akan mengakibatkan meningkatnya risiko terjadinya kekeringan pada musim kemarau dan banjir khususnya pada daerah hilir pada musim penghujan.

Salah satu DAS di Provinsi Jawa Tengah yang mengalami kerusakan dan rentan terhadap perubahan iklim adalah DAS Garang (Kemenhut, 2009). Berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK.328 tahun 2009 DAS Garang Merupakan DAS Prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) RPJM Tahun 2010-2014. Hasil analisis proyeksi perubahan iklim di DAS Garang berdasarkan skenario emisi A2 dan B1 menunjukkan bahwa secara umum terjadinya penurunan peluang curah hujan melebihi batas kritis yang terkait dengan banjir khususnya di bagian tengah dari kota tersebut. Sedangkan pada musim kemarau terjadi peningkatan curah hujan yang berdampak pada berkurangnya kemungkinan terjadinya kekeringan di masa depan (Acccm, 2010).

DAS Garang menyediakan sumber daya alam yang banyak memberikan banyak manfaat bagi penduduk disekitarnya, antara lain sebagai sumber daya pertanian, sumber air bersih, sumber perikanan air tawar maupun pemanfaatan air lainnya. DAS Garang merupakan salah satu DAS yang kritis di Jawa Tengah. Berbagai aktivitas masyarakat disepanjang DAS Garang berpengaruh pada kondisi kualitas dan kuantitas DAS Garang. Selain itu, isu perubahan iklim telah memperparah kondisi DAS Garang. Peningkatan suhu serta curah hujan berpengaruh pada kondisi hidrologi DAS Garang.

Degradasi DAS Garang menyebabkan ekosistem tidak dapat optimal menyediakan fungsi dan jasa yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kondisi ini menyebabkan penurunan tingkat kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan tingkat kerentanan masyarakat. Kerentanan masyarakat merupakan kondisi masyarakat yang tidak dapat menyesuaikan dengan perubahan ekosistem yang disebabkan oleh suatu ancaman tertentu

(Fussel, 2007). Kerentanan merupakan fungsi dari tiga komponen, yaitu *exposure* (paparan), *sensitivity* (kepekaan), dan *adaptive capacity* (kemampuan adaptasi) (IPCC 2001).

Dampak utama terhadap perubahan iklim adalah tingkat kesejahteraan masyarakat baik daerah hulu, tengah maupun hilir. Banyak penelitian tentang tingkat kerentanan terhadap perubahan iklim yang dilakukan di wilayah pesisir pantai, Miladan (2009) menyatakan bahwa wilayah pesisir kota Semarang dalam kategori tingkat kerentanan rendah dan sedang terhadap perubahan iklim. Rositasari dkk (2011) dengan teknik penginderaan jauh memetakan tingkat kerentanan pesisir di Cirebon. Penelitian tingkat kerentanan terhadap masyarakat di daerah hulu sangat jarang dilakukan, padahal keberadaan daerah hulu menjadi faktor penentu terhadap keberlanjutan fungsi DAS di sektor tengah dan hilir. Bagian hulu DAS Garang merupakan daerah tangkapan hujan untuk sungai yang mengalir ke Kota Semarang. Kerusakan wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang ini mengakibatkan banjir di Kota Semarang. Oleh karena itu, penelitian ini berusaha untuk menilai tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang bagian hulu.

1.2 Perumusan Masalah

Kegiatan manusia telah menyebabkan terjadinya peningkatan emisi GRK yang menimbulkan terjadinya fenomena pemanasan global dan mengakibatkan terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim terjadi secara perlahan-lahan namun pasti. Selain itu, perubahan iklim memberikan dampak pada semua sektor kehidupan. Perubahan iklim, terutama unsur suhu dan curah hujan sangat berpengaruh pada kondisi hidrologis.

El Nino-Southern Oscillation (ENSO) merupakan salah satu kejadian iklim ekstrim di wilayah Pasifik Tropis yang memainkan peranan penting dalam mengendalikan keragaman iklim di Indonesia, khususnya curah hujan (CH). Episode ENSO hangat (ENSO dingin) yang dikenal sebagai El Nino (La Nina) terjadi akibat adanya peningkatan (penurunan) anomali suhu permukaan laut (SPL) di bagian timur dan/atau tengah Pasifik Tropis yang berkaitan dengan penurunan (kenaikan) CH di sebagian besar wilayah Indonesia. Penurunan intensitas dan frekuensi CH yang disebabkan oleh El Nino mengakibatkan semakin intensifnya bencana kekeringan sehingga menyebabkan dampak yang signifikan bagi masyarakat yang terkena dampak. Sebaliknya pada kondisi La Nina,

akan terjadi peningkatan kejadian banjir dan meluasnya wilayah terendam banjir akibat meningkatnya peluang kejadian hujan ekstrim (Acccrn, 2010).

DAS Garang bagian hulu adalah daerah tangkapan hujan untuk sungai yang mengalir ke Kota Semarang. Kerusakan wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang ini mengakibatkan banjir di Kota Semarang. DAS Garang sebagai wilayah tangkapan air menjadi sumber suplai air untuk beberapa wilayah yang dialirinya yakni Kabupaten Semarang, Kabupaten Kendal, dan Kota Semarang. Sungai Garang yang terbentang melintasi wilayah administrasi Kabupaten Semarang (hulu) dan Kota Semarang (hilir) menjadi satu kesatuan sistem yang harus dikelola secara terpadu dan menyeluruh dari hulu hingga hilir. Sementara itu, apabila dalam praktek pengelolaan DAS dan penerapan tata guna lahan tidak dilakukan secara terpadu dan tidak terencana dengan baik, maka mempengaruhi terjadinya erosi dan sedimentasi.

Bergesernya musim di wilayah DAS berakibat pada kegiatan pertanian oleh masyarakat. Pertanian yang mengandalkan suplai air dari Sungai Garang dilakukan secara tidak efektif dan tidak menguntungkan. Iklim yang tidak dapat diprediksikan juga salah satu alasan wilayah sawah tidak produktif. Produksi air di beberapa titik mengalami penurunan dan bahkan hilang. Jumlah wilayah yang berbahaya dan rentan mengalami peningkatan. Tanah longsor mengalami peningkatan dalam kurun waktu 2 tahun belakangan (Boer dkk, 2010).

Degradasi DAS Garang Hulu yang semakin kritis menyebabkan DAS tidak optimal menyediakan fungsi dan jasanya bagi masyarakat. DAS Garang Hulu sebagai daerah penyangga, tangkapan air, sumber saringan air, dan penyerap karbon akan rusak. Sebagai konsekuensinya Kota Semarang akan kehilangan pasokan air dan pada musim penghujan akan mengakibatkan banjir. Dalam hitungan tahun, wilayah ini akan menjadi kritis. Masyarakat yang peka akan makin rentan, sedangkan masyarakat yang bisa beradaptasi akan bertahan. Berdasarkan kondisi tersebut, hal tersebut perlu adanya sebuah kajian dalam melihat sejauh mana tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang bagian hulu. Adanya perubahan iklim dan kerusakan DAS yang terjadi di DAS Garang bagian hulu memerlukan strategi adaptasi. Strategi adaptasi berbasis DAS menjadi penting untuk dilakukan mengingat DAS sebagai penyedia jasa ekosistem bagi keberlanjutan fungsi DAS Garang bagian hulu.

Berdasarkan informasi di atas, maka penelitian ini berusaha untuk menjawab beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Kecenderungan Perubahan iklim serta Kriteria dan indikator apakah yang berpengaruh pada tingkat kerentanan masyarakat di Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang?
2. Bagaimana tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang?
3. Bagaimana peranan Pengelolaan DAS dalam meningkatkan kemampuan adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah menilai kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang dengan menerapkan fungsi dari paparan, kepekaan, dan kemampuan adaptasi. Sedangkan sub tujuannya adalah :

- a. Menganalisis kecenderungan perubahan iklim serta kriteria dan indikator kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang.
- b. Menganalisis peta tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang.
- c. Menganalisis strategi adaptasi terhadap perubahan iklim berbasis Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang yang akan memberikan manfaat bagi bidang keilmuan dan pembangunan/kebijakan yang akan diambil.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan mengenai bagaimana mengatasi resiko bencana yang dapat terjadi pada lingkup wilayah daerah aliran sungai khususnya daerah hulu. Adanya penelitian kerentanan masyarakat di wilayah hulu DAS terhadap perubahan iklim ini diharapkan dapat menjadi bahan kajian dan referensi dalam perencanaan DAS berkelanjutan yang dapat adaptif terhadap perubahan kondisi alam dan perubahan iklim.

1.4.2 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dan masukan bagi pemerintah Kabupaten Semarang dan Kota Semarang dalam perencanaan wilayah hulu DAS berdasarkan pada kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim. Adanya penelitian ini diharapkan pula agar dapat meningkatkan peran aktif pemerintah Kabupaten Semarang dan Kota Semarang dalam upaya adaptasi perubahan iklim di wilayahnya. Bagi masyarakat hasil penelitian ini diharapkan masyarakat akan mengetahui tentang risiko bencana yang dapat terjadi di wilayah hulu DAS Garang sehingga mereka dapat melakukan tindakan-tindakan adaptif agar dapat mengurangi dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh adanya perubahan iklim.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-eksploratif. Perubahan iklim tidak dibahas secara detil dan hanya digunakan untuk menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan iklim berdasarkan kajian pola dan tren sebaran curah hujan di wilayah kajian. Indikator yang dipilih adalah faktor yang paling dominan dan diasumsikan seragam di seluruh DAS Garang hulu sesuai dengan dampak perubahan iklim seragam di seluruh DAS Garang hulu.

1.6 Keaslian Penelitian

Pemanasan global merupakan kondisi yang harus dihadapi manusia sekarang. Kondisi ini terjadi akibat dampak dari tingginya pelepasan gas rumah kaca oleh aktivitas manusia (IPCC, 2001). Dampak terhadap yang ditimbulkan adanya pemanasan global adalah terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim yang terjadi menjadi penyebab terhadap bencana global yang terjadi akhir-akhir ini. Hasil penelusuran terhadap database bencana alam internasional (*International Disaster Database*) menunjukkan bahwa banyak bencana alam yang masuk ke dalam kategori bencana global ialah sebanyak 345 bencana (Boer dan Perdinan, 2008).

Penelitian tentang pengaruh pemanasan global terhadap perubahan musim di Indonesia khususnya pulau Jawa sudah dilakukan oleh Naylor dkk. (2007). Hasil prediksi mereka dengan menggunakan proyeksi terhadap perubahan iklim menunjukkan bahwa sampai tahun 2050 akan mengalami perubahan pola curah hujan di Jawa Tengah. Awal musim hujan akan mengalami kemunduran dengan lamanya musim hujan yang lebih

pendek dengan jumlah curah hujan yang lebih tinggi. Hal ini berimplikasi pada semakin meningkatnya risiko kekeringan pada musim kemarau dan risiko banjir atau bahaya longsor pada musim hujan.

Penelitian mengenai penilaian kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim dan strategi adaptasi berbasis DAS di DAS Garang hulu belum pernah dilakukan sebelumnya. Swandayani (2010) melakukan penelitian tentang kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Ciliwung dengan menggunakan kriteria paparan indeks penggunaan air sedangkan penelitian ini menggunakan parameter tingkat kekritisian lahan dan koefisien rejim sungai dalam paparan. Rositasari dkk (2011) melakukan penelitian kerentanan terhadap perubahan iklim di pesisir Cirebon dengan menggunakan teknologi Penginderaan Jauh untuk menganalisis aspek fisik dari Pesisir terhadap kerentanan perubahan iklim. Penelitian tentang perubahan iklim yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu.

| No | Peneliti/Penulis (Tahun) | Judul | Metodologi | Research/ Theory Gap | Temuan/hasil Saran |
|----|--------------------------|---|----------------------------|--|---|
| 1 | Rositasari dkk (2011) | Kajian dan Prediksi Kerentanan Pesisir terhadap Perubahan Iklim: Studi Kasus di Pesisir Cirebon | Deskriptif Kuantitatif | Prediksi Kerentanan Pesisir Cirebon terhadap perubahan iklim | Perlu adanya perlindungan secara alamiah terhadap garis pantai Cirebon |
| 2 | Naylor dkk (2007). | Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. | Deskriptif Kualitatif | Pola perubahan iklim di Indonesia | Terjadi Perubahan iklim di Jawa dimana jumlah bulan hujan menjadi semakin pendek (4 bulan) |
| 3 | Swandayani (2010) | Pemetaan Kerentanan Masyarakat terhadap perubahan iklim dan adaptasi berbasis ekosistem | Kuantitatif dan kualitatif | Kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Ciliwung dan strategi berbasis ekosistem | Tingkat kerentanan di DAS Ciliwung kategori agak rentan dan sedang pada bagian hulu, tengah dan hilir DAS |

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebuah kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan curah hujan yang jatuh di atasnya ke sungai utama yang bermuara ke danau atau lautan. Pemisah topografis adalah punggung bukit dan pemisah bawah berupa batuan (UU PSDA, 2004). Dalam sebuah DAS terdapat keterkaitan dan ketergantungan antara berbagai komponen ekosistem (vegetasi, tanah, dan air) dan antara berbagai bagian dan lokasi (hulu dan hilir).

Menurut Asdak (2006), ekosistem DAS biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15%, bukan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya tegakan hutan. Daerah hilir DAS merupakan daerah pemanfaatan, daerah dengan kemiringan lereng kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi hutan pinus dan perkebunan rakyat. DAS bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda tersebut di atas. DAS sebagai suatu ekosistem, tempat unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan inflow dan outflow dari material dan energi.

Ekosistem DAS, terutama DAS bagian hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan bagian DAS, seperti fungsi tata air, sehingga perencanaan DAS bagian hulu sering kali menjadi fokus perhatian mengingat bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Ekosistem DAS Garang memiliki nilai ekologi, sosio-kultural dan ekonomi untuk kehidupan manusia dan tidak bisa dipisahkan secara ekologi dari area ekosistem sekitarnya.

Kelebihan menggunakan pendekatan DAS, antara lain: a) pendekatan DAS lebih holistik dan dapat digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara faktor biofisik dan sosial ekonomi lebih cepat dan lebih mudah; b) DAS mempunyai batas alam yang jelas di lapangan. Batas DAS adalah bentang alam (bio-region/kawasan geografis kehidupan) yang interdependensi sebagai suatu sistem yang utuh dan ditandai dengan kemampuan DAS dalam mewujudkan fungsi sosial, ekonomi dan lingkungan; c) DAS mempunyai

keterkaitan biogeofisik yang sangat kuat antara hulu dan hilir sehingga mampu menggambarkan perilaku air akibat perubahan karakteristik landscape. Selain itu, adanya suatu outlet dimana air akan terakumulasi, sehingga aliran air dapat ditelusuri.

Mawardi (2010) menyatakan bahwa indikator kerusakan DAS dapat ditandai oleh perubahan perilaku hidrologi, seperti tingginya frekuensi kejadian banjir (puncak aliran) dan meningkatnya proses erosi dan sedimentasi serta penurunan kualitas air. Upaya pengelolaan Daerah Aliran Sungai harus dilaksanakan secara optimal melalui pemanfaatan sumberdaya alam secara berkelanjutan (Sucipto, 2008). Upaya penanganan dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai diantaranya melalui penerapan kebijakan dalam pengelolaan lingkungan hidup, pencegahan alih fungsi lahan, rehabilitasi hutan dan lahan serta pengaturan kelembagaan dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Mawardi, 2010).

2.2 Perubahan Iklim dan Siklus Hidrologi

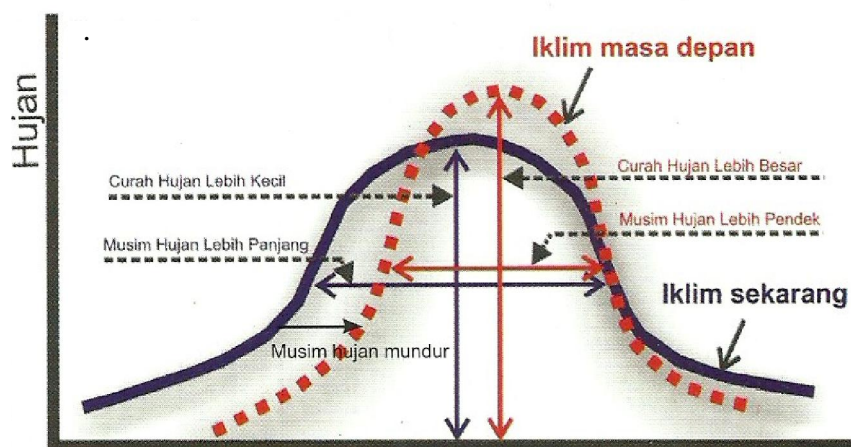
Pemanasan global yang disebabkan oleh gas-gas rumah kaca secara jelas telah dan akan terus mempengaruhi iklim dunia. IPCC (2001) menyatakan bahwa perubahan iklim merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat atau pada variabilitasnya yang nyata secara statistik dalam jangka waktu yang panjang, minimal 30 tahun. Lebih lanjut dikatakan bahwa selama 100 tahun terakhir (1906-2005) suhu permukaan bumi rata-rata telah naik sekitar 0.74 °C, dengan pemanasan yang lebih besar pada daratan dibandingkan lautan.

WWF (2007) telah melaporkan bahwa temperatur tahunan di Indonesia meningkat sebesar 0,3⁰C sejak tahun 1990. Sebuah skenario perubahan iklim memperkirakan bahwa temperatur akan meningkat antara 1.3⁰C sampai dengan 4.6⁰C pada tahun 2100 dengan trend sebesar 0.1⁰C–0.4⁰C per tahun.

Perubahan iklim memberikan dampak positif dan negatif bagi semua sektor kehidupan manusia. Namun demikian, sebagian besar dampak yang ditimbulkan adalah dampak negatif. Untuk menilai dampak perubahan iklim diperlukan perkiraan bagaimana iklim itu berubah pada tingkat lokal dan regional, serta bagaimana perubahan tersebut mempengaruhi ekosistem dan kehidupan manusia. Umumnya ilmuwan menggunakan *Global Circulation Models/Model* sirkulasi umum (GCMs). GCMs telah digunakan untuk menilai dampak perubahan iklim pada semua sektor kehidupan di Indonesia (KNLH, 1998; Kurniawan dkk, 2009).

Salah satu persoalan kebutuhan manusia yang terpengaruh sebagai dampak pemanasan global tersebut adalah ketersediaan air. Waggoner dalam Swandayani (2010) menyatakan bahwa peningkatan suhu akan diikuti oleh peningkatan evapotranspirasi, dan berpengaruh pada *run off* (aliran permukaan/limpasan) sehingga keseimbangan hidrologi akan terganggu. Apabila evapotranspirasi di suatu wilayah meningkat sebagai respon terhadap kenaikan suhu atmosfer, sedangkan curah hujan tetap atau bahkan berkurang maka wilayah tersebut akan kekurangan persediaan air, bahkan kemungkinan besar terjadi bencana kekeringan. Sedangkan di beberapa wilayah akan memperoleh intensitas hujan yang lebih besar sehingga akan meningkat intensitas bencana banjir.

Naylor dkk (2007) menyatakan bahwa untuk Indonesia daerah di utara khatulistiwa akan mengalami peningkatan curah hujan sedangkan daerah di selatan khatulistiwa akan mengalami penurunan curah hujan. Hal ini sejalan dengan studi yang telah dilakukan Neelin dkk. (2006) bahwa di wilayah tropis Indonesia bagian selatan garis ekuator yakni di Sumatera Selatan, Jawa dan seluruh wilayah timur Indonesia, seluruh model menunjukkan adanya penurunan tren curah hujan pada periode JJA. Sedangkan di wilayah utara garis ekuator, termasuk di dalamnya Sumatera bagian utara, barat dan tengah serta sebelah utara Kalimantan, tren curah hujan justru menunjukkan adanya kenaikan. Hasil studi Naylor dkk (2007) telah memproyeksikan sampai dengan tahun 2050 untuk bulan April, Mei dan Juni akan terjadi peningkatan curah hujan di Jawa dan Bali, sedangkan pada bulan Juli, Agustus dan September diproyeksikan kondisinya luar biasa kering sebagaimana di gambarkan dalam gambar 1



Sumber : Naylor et al (2006)

Gambar 1. Kecenderungan Pola Perubahan Curah Hujan di Jawa

Subagyono dan Surmaini (2007) menyatakan bahwa dalam menghadapi dampak perubahan iklim diperlukan upaya adaptasi perencanaan penanaman serta pengelolaan

sumberdaya air untuk menekan risiko kekurangan hasil akibat perubahan iklim. Pengelolaan DAS dengan pendekatan ekosistem dapat menjadi salah satu fungsi adaptasi yang dilakukan dalam perubahan iklim (Tresnadi, 2008). Pendekatan pengelolaan DAS berbasis ekosistem dapat dilakukan dengan kebijakan pengelolaan DAS yang terpadu mulai dari tingkat pusat sampai daerah (Asdak, 2006).

2.3 Kerentanan (*Vulnerability*)

Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengkaji pengaruh perubahan iklim adalah tingkat kerentanan. Kerentanan merupakan suatu terminologi yang kompleks dan tidak pasti sehingga masih banyak terdapat pengertian tentang kerentanan tergantung pada lingkup penelitian (Olmos, 2001; Fussel, 2007). Kerentanan (*vulnerability*) adalah suatu kondisi yang dipengaruhi oleh proses fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang dapat meningkatkan resiko terhadap dampak bahaya (Herawaty & Santoso, 2007).

Secara garis besar kerentanan merupakan kondisi dimana sistem tidak dapat menyesuaikan dengan dampak dari suatu perubahan (Olmos 2001; Fussel 2007). Kerentanan berbeda secara temporal dan spasial (Olmos 2001; IPCC 2001). Kerentanan dalam konteks sosial merupakan fungsi dari paparan (*exposure*), daya adaptasi (*adaptive capability*) dan sensitivitas (Herawaty & Santoso, 2007). Konsep penilaian kerentanan ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa suatu sistem baik alam maupun sosial akan dipaparkan sehingga terjadi perubahan ekosistem dan sosial. Dalam menghadapi perubahan tersebut, respon dari suatu sistem berbeda tergantung pada kepekaan dan kemampuan adaptasi. Kepekaan sistem merupakan kondisi dimana sistem akan merespon dampak dari perubahan tersebut. Sedangkan kemampuan adaptasi merupakan kondisi dimana suatu sistem akan mampu untuk menyesuaikan dengan perubahan tersebut. Apabila kemampuan adaptasi sistem rendah, sedangkan kepekaanya tinggi maka akan terjadi kerentanan. Dengan kata lain, kerentanan merupakan sisa dari dampak perubahan.

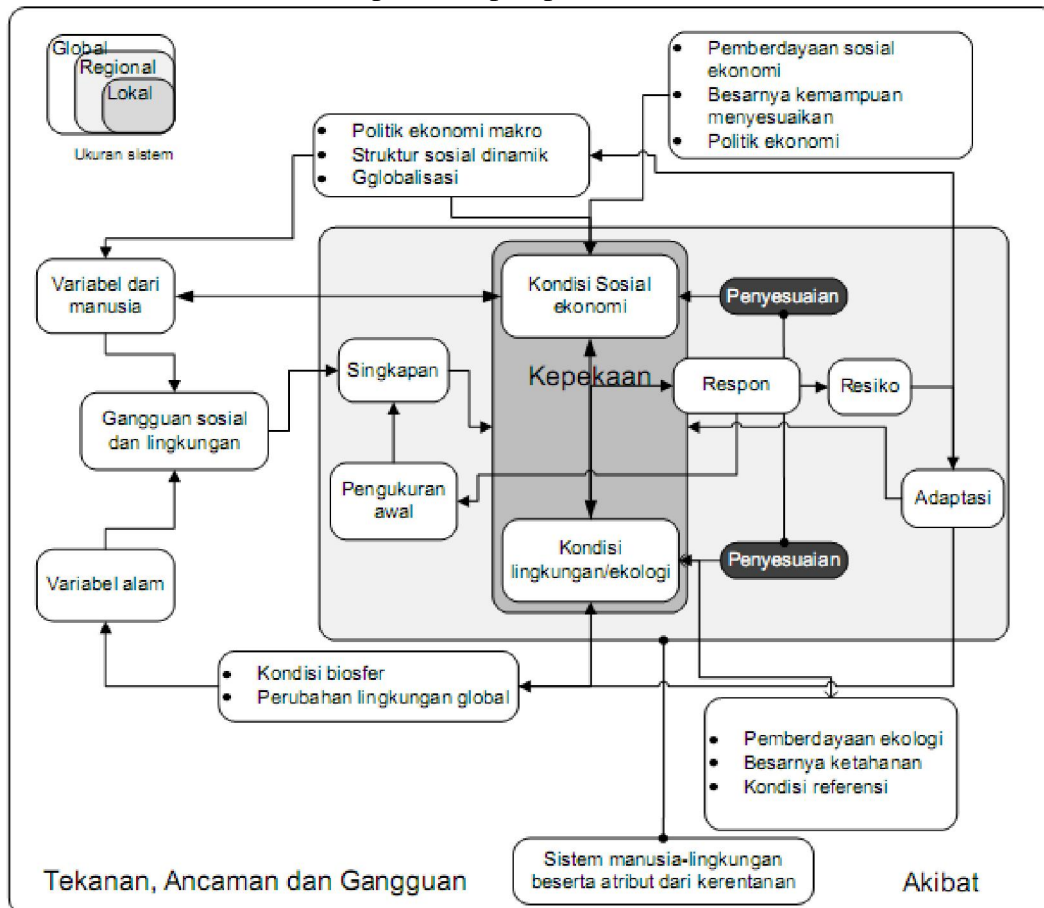
IPCC (2001) menyatakan bahwa kerentanan dikarakterisasikan atas tiga komponen, yaitu paparan, kepekaan dan kemampuan adaptasi. Dirumuskan sebagai berikut :

$$V = f(E, S, AC) \dots\dots\dots (1.1)$$

or

$$V = f(PI, AC) \dots\dots\dots (1.2)$$

Dimana: V = vulnerability/kerentanan
 E = exposure/paparan
 S = sensitivity/kepekaan sistem
 AC = adaptive capacity/kemampuan adaptasi
 PI = Potential Impact/dampak potensial



Gambar 2. Konsep Penelitian Kerentanan (Sumber : Kasperson dkk, 2005)

2.4 Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografi (SIG) mulai dikenal pada awal tahun 1980-an. SIG merupakan suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk mengumpulkan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Puntodewo dkk, 2003). SIG sangat berguna untuk berbagai kalangan dalam menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang akan terjadi.

Wibowo (2004) menyatakan bahwa SIG mempunyai tiga kemampuan utama yaitu: 1) pemetaan; 2) manajemen basis data; 3) analisa spasial. Kemampuan pemetaan merupakan kemampuan SIG untuk membuat, merubah dan menyajikan peta. Dengan kemampuan ini pengguna dapat menyajikan informasi dalam bentuk peta. Kemampuan basis data adalah kemampuan untuk mengelola data tabular yaitu data yang mendeskripsikan obyek-obyek dalam peta. SIG mempunyai kelebihan untuk mengintegrasikan peta dan data tabular (atribut).

Kemampuan analisis spasial merupakan kelebihan SIG dibanding sistem informasi lain. Kemampuan ini memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai analisis secara spasial. Kemampuan SIG dalam melakukan analisis spasial diklasifikasikan menjadi lima fungsi yaitu: fungsi pengukuran, query spasial dan klasifikasi, fungsi tumpang tindih (overlay), fungsi ketetanggaan (neighbourhood), fungsi jaring (network) serta analisis tiga dimensi.

Teknologi SIG telah digunakan dalam analisis untuk pemetaan diantaranya dilakukan oleh Asy-Syakur (2011) yang menggunakan SIG untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di Provinsi Bali. Chen et al (2010) menggunakan SIG untuk melakukan evaluasi terhadap kerentanan ekologi pegunungan di Cina dengan mengklasifikasikan tingkat kerentanan menjadi tinggi sampai rendah. Yusuf dan Fransisco (2009) dalam studi pemetaan kerentanan terhadap perubahan iklim di Asia Tenggara juga menggunakan SIG untuk memetakan provinsi/daerah yang mengalami kerentanan terhadap perubahan iklim.

2.5. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Proses Hirarki Analisis merupakan salah satu metoda pengambilan keputusan (Analytical Hierarchy Process / AHP) pertama kali dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika dari Universitas Pittsburgh, Amerika Serikat pada tahun 1970-an. Proses hirarki analisis pada dasarnya dirancang untuk menangkap secara rasional persepsi orang yang berhubungan erat dengan permasalahan tertentu melalui prosedur untuk sampai pada suatu skala preferensi diantara berbagai alternatif. Analisis ini diterapkan untuk memecahkan masalah yang terukur (kuantitatif) maupun masalah yang memerlukan pendapat (judgement), atau pada situasi yang kompleks atau tidak berkerangka, pada situasi data atau informasi statistik sangat minim atau pada masa yang hanya bersifat kualitatif yang didasarkan oleh persepsi, pengalaman dan intuisi (Saaty, 1993).

Saaty (1993) menyatakan bahwa model AHP merupakan salah satu bentuk model pengambilan keputusan yang komprehensif dan memperhitungkan hal-hal yang bersifat kuantitatif dan kualitatif sekaligus. Model AHP memakai persepsi manusia yang dianggap ahli sebagai input utamanya. Suatu masalah yang tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok-kelompok yang kemudian diatur menjadi hirarki. Dalam penerapannya suatu tujuan yang bersifat umum dijabarkan kedalam sub-sub tujuan, dilakukan dalam beberapa tahap sehingga diperoleh tujuan operasional. Proses hirarki analitis dikembangkan untuk memecahkan masalah kompleks dengan struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat. Proses hirarki analitis mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang meliputi objektif dan multi kriteria, berdasarkan perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki. AHP umumnya digunakan dengan tujuan untuk menyusun prioritas dari berbagai alternatif pilihan yang ada yang bersifat kompleks atau multi kriteria.

Dalam Penentuan skala prioritas, pemilihan alternatif kebijakan Pengelolaan DAS yang digunakan adalah AHP dengan berbagai pertimbangan antara lain : fleksibel, sederhana, praktis dan mampu dipergunakan dalam menganalisis suatu masalah yang memiliki kriteria atau atribut yang kompleks. Lebih jauh aplikasi AHP telah terbukti berhasil dalam penyusunan rencana penggunaan lahan (*land use planning*) dan perencanaan kehutanan di Finlandia dan Kenya, sehingga diharapkan aplikasi AHP dalam Pengelolaan DAS akan mempunyai tingkat keberhasilan yang memadai.

Nurdin dkk (2007) menyatakan AHP dapat digunakan dalam analisis sistem kelembagaan dalam perencanaan dan strategi pengelolaan lahan kritis di DAS Bila. Hasil kajian menyatakan bahwa AHP dapat menentukan prioritas strategi yaitu peningkatan pengetahuan dan ketrampilan petani serta penggunaan sistem wanatani. Chen dkk (2010) menggunakan AHP untuk melakukan pembobotan terhadap kriteria dan indikator yang digunakan dalam melakukan evaluasi kerentanan ekologi di Pegunungan Cina.

2.6. Kerangka Pemikiran

Pertambahan penduduk dan kegiatan ekonomi pembangunan di DAS Garang yang sangat pesat menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan dan penggunaan bahan bakar fosil yang sangat tinggi. Kedua kegiatan tersebut merupakan sumber emisi GRK terbesar di DAS Garang. Peningkatan emisi GRK yang terus menerus menyebabkan

terjadinya pemanasan global yang berimplikasi terjadinya perubahan iklim di DAS Garang.

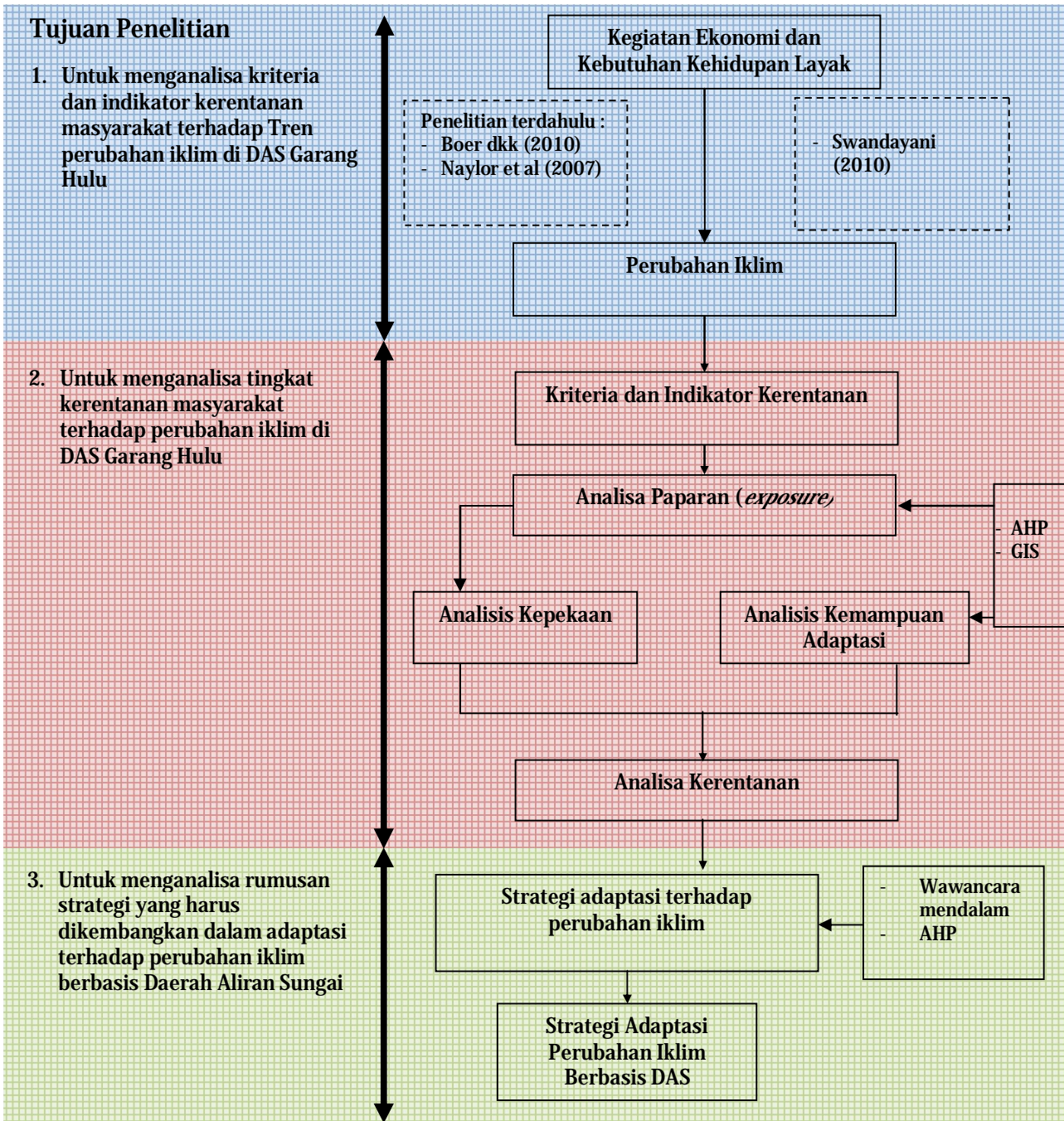
Perubahan iklim, terutama suhu dan curah hujan, akan meng-*exposure* atau menyingkap terjadinya perubahan fluktuasi debit di DAS Garang. Skenario dari Peter IPCC (2007) menggunakan GCM, untuk wilayah Indonesia menunjukkan ada peningkatan suhu sekitar 0.1°C - 0.5°C pada tahun 2010 dan tahun 2070 sekitar 0.4°C - 3.0°C , sedangkan secara global terjadi peningkatan suhu antara 0.6°C - 1.7°C pada tahun 2030 dan 1.0°C - 4.0°C pada tahun 2070. Naylor dkk (2007) telah memproyeksikan sampai dengan tahun 2050 untuk bulan April, Mei dan Juni akan terjadi peningkatan curah hujan di Jawa Tengah, sedangkan pada bulan Juli, Agustus dan September diproyeksikan kondisinya luar biasa kering.

Perubahan fluktuasi debit di DAS Garang yang semakin tinggi sangat berpengaruh pada kehidupan masyarakat di DAS Garang. Masyarakat yang peka akan merespon kondisi ini dan menyebabkan terjadinya peningkatan kerentanan masyarakat di DAS Garang. Namun demikian, masyarakat yang mempunyai kemampuan adaptasi akan bertahan dengan perubahan atau kondisi hidrologis di DAS Garang ini. Kepekaan dan kemampuan adaptasi masyarakat dapat dinilai dari lima aspek kehidupan, yaitu: fisik/teknologi, sosial/kelembagaan, ekonomi, sumber daya manusia (SDM) dan juga alam.

Besarnya tingkat kerentanan masyarakat dipengaruhi oleh besarnya paparan, kepekaan masyarakat serta kemampuan adaptasi masyarakat tersebut. Semakin tinggi paparan dan kepekaan masyarakat, maka tingkat kerentanan masyarakat akan semakin tinggi. Sedangkan semakin tinggi kemampuan adaptasi maka makin rendah tingkat kerentanan masyarakat. Dengan kata lain, tingkat kerentanan merupakan fungsi positif dari paparan dan kepekaan masyarakat, dan fungsi negatif dari kemampuan adaptasi masyarakat.

Perubahan iklim akan terjadi secara perlahan dan terus menerus. Oleh karena itu, adaptasi terhadap perubahan iklim sangat penting. Salah satunya adalah menggunakan alam, terutama ekosistem daerah aliran sungai sebagai salah satu strategi adaptasi terhadap perubahan iklim. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung bukit yang mengalirkan air dari hulu sampai ke hilir. DAS terbagi dari daerah hulu, tengah dan hilir, sehingga DAS mempunyai fungsi untuk mengatur hidrologis, ekonomi, ekologis dan sosial terhadap suatu ekosistem. Secara lengkap kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

Pemetaan tingkat kerentanan dan kemampuan adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang



Gambar 3. Kerangka Alur Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Garang Hulu yang berada pada 3 (tiga) kabupaten yaitu Kabupaten Semarang, Kabupaten Kendal dan Kota Semarang dengan 7 (tujuh) kecamatan yaitu kecamatan Ungaran Barat, Ungaran Timur, Limbangan, Bandungan, Bergas, Banyumanik dan Gunung Pati. Jumlah desa yang terdapat dalam lokasi penelitian sebanyak 27 desa/kelurahan. Alasan mengambil lokasi di DAS Garang hulu adalah: a) perubahan iklim sangat berpengaruh pada kondisi hidrologis, terutama debit atau limpasan air di DAS Garang; b) daerah di DAS Garang dan sekitarnya telah terjadi tanda-tanda perubahan iklim; c) DAS Garang dalam kondisi kritis, yang disebabkan oleh beberapa faktor, terutama penggunaan lahan dan perubahan iklim; d) belum ada informasi tentang kerentanan masyarakat di DAS Garang hulu.

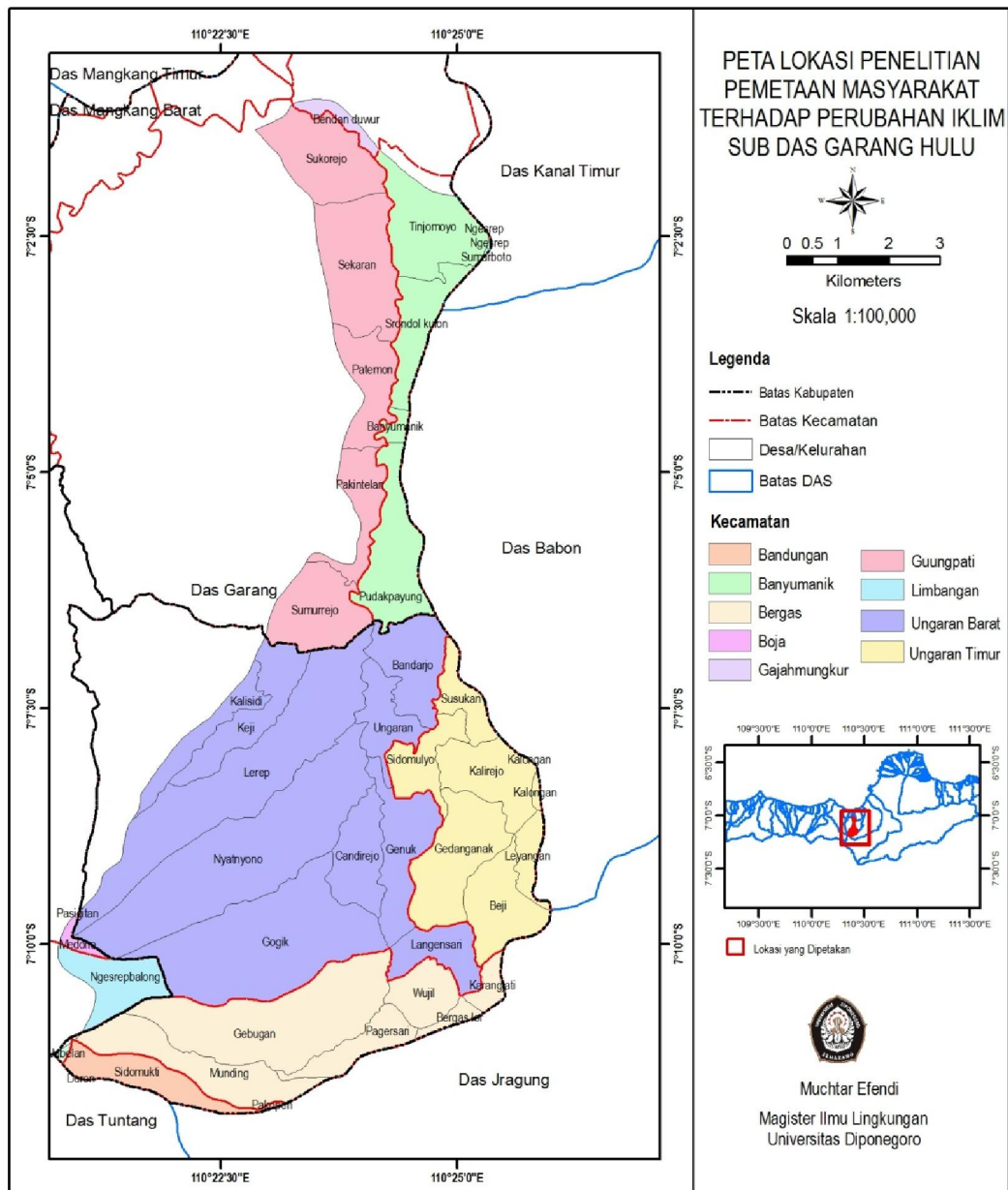
Pengambilan lokasi ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Pertama lokasi dipilih secara strata berdasarkan pembagian wilayah administrasi kecamatan yang berada pada DAS Garang hulu. Kemudian dari basis kecamatan dipilih lokasi/desa yang dianggap mewakili kondisi administratif pada setiap kecamatan di DAS Garang hulu. Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah: a). Kecamatan Limbangan (Desa Ngesrep Balong); b). Kecamatan Ungaran Barat (Desa Lerep dan Gogik); c). Kecamatan Bergas (Desa Munding); d). Kecamatan Ungaran Timur (Desa Sidomulyo dan Wujil); e). Kecamatan Bandungan (Desa Sidomukti); f). Kecamatan Banyumanik (Desa Sronдол Kulon) dan g). Kecamatan Gunungpati (Desa Patemon). Lokasi penelitian tersaji dalam Gambar 4 dibawah.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian merupakan data sekunder yang terdiri dari bahan peta dan non peta, bahan peta terdiri dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), peta tutupan lahan/penggunaan lahan, peta administrasi, peta DAS dan peta lahan kritis. Sedangkan Bahan non peta terdiri dari data susenas, data potensi desa, data kecamatan/kabupaten dalam angka, data debit dan data historis bencana.



Sumber : BPDAS Pemali Jratun (2010) diolah

Gambar 4. Lokasi Penelitian DAS Garang

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan selama penelitian terdiri dari hardware berupa alat perekam, komputer, pena, kamera dan printer yang digunakan untuk proses wawancara serta pemrosesan hasil dari pengumpulan data. Sedangkan hardware khusus yang digunakan adalah : software expert choice 11 untuk pemrosesan AHP dan *software* Arc View 3.3 dan Arc Gis 9.3 untuk pemrosesan peta.

Peralatan dan Bahan yang diperlukan dalam penelitian tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Peralatan dan Bahan yang dibutuhkan

| Data Sekunder | Sumber |
|--|---------------------------------------|
| A. Peta | |
| - Rupa Bumi Indonesia (RBI) | Bakorsurtanal |
| - Administrasi | Bappeda Provinsi Sumatera Utara |
| - DAS, Lahan Kritis, Tutupan lahan, Rawan Bencana | BPDAS Pemali Jratun, Kemenhut |
| | |
| B. Non Peta | |
| - Susenas, Data Potensi desa, Kec dlm Angka | BPS, Bappeda |
| - Data Debit Air, riwayat bencana | Dinas PSDA, BWS Pemali Juana, Bappeda |
| - Data Iklim | BMKG Jawa Tengah |
| | |
| Peralatan | Fungsi |
| A. Software | |
| - Arc View 3.3 dan Arc Gis 9.3 | Pengolahan data spasial |
| - Expert Choice 11 | Pembobotan |
| | |
| B. Hardware | |
| - Kuisioner, alat perekam, komputer, printer, pena | Observasi, wawancara |

3.3 Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data sekunder dikumpulkan melalui kegiatan studi literatur dan *desk study*. Data primer berupa persepsi masyarakat dengan wawancara mendalam dengan metode *purposive sampling* (Sugiyono, 2012). Responden dipilih dari 9 (sembilan) desa yang terpilih yang merupakan sampel dari wilayah studi yaitu Sub DAS Garang Hulu

untuk mendapatkan informasi tentang perubahan iklim, perilaku konservasi masyarakat. Syarat dalam pemilihan responden adalah : a) penduduk yang sudah lama tinggal di daerah tersebut, minimal 20 tahun; b) Dewasa; c) bersedia dan memiliki kemampuan untuk menjelaskan tentang tema atau topik yang dibicarakan; d). Tokoh masyarakat atau perangkat desa/kelurahan; e). Petani pemilik lahan. Data perumusan AHP terhadap pembobotan kriteria dan indikator terhadap kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim dan strategi adaptasi berbasis Daerah Aliran Sungai dilakukan dengan kuisisioner dan wawancara mendalam dengan para ahli sebanyak 9 (sembilan) orang yang terdiri dari akademisi, birokrat dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) serta Kelompok Tani.

3.4 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini digunakan kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif/*Mixed Method* (Susilowati dan Mayanggita, 2008; Nazir, 2005; Sugiyono, 2010) untuk pengolahan data dan proses pemetaan. Urutan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi literatur (*desk study*) untuk menganalisa kriteria dan indikator yang dipakai dalam penentuan tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim.
- b. Analisa Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk pemetaan tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim (Yusuf dan Fransisco, 2009).
- c. AHP, digunakan sebagai alat untuk menentukan pembobotan dalam penentuan kriteria indikator kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim dan penentuan skala prioritas dalam strategi adaptasi perubahan iklim berbasis Daerah Aliran Sungai.

3.4.1 Analisa Kriteria dan Indikator Kerentanan Masyarakat

Penilaian kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim menggunakan fungsi dari tiga komponen, yaitu paparan, kepekaan, dan kemampuan adaptasi (IPCC 2001; Fonner 2006 dalam Swandayani 2010). Analisis kriteria dan indikator paparan diperoleh dari beberapa referensi, terutama dari Bappenas (2010) tentang peta jalan perubahan iklim Indonesia, Kementerian Lingkungan hidup, GTZ, WWF (2010) tentang kajian risiko dan adaptasi perubahan iklim pulau lombok provinsi Nusa Tenggara Barat, ACCCRN (2010) yang menjelaskan kajian kerentanan dan adaptasi terhadap perubahan iklim di kota Semarang dan Boer dkk (2010) yang menjelaskan dampak perubahan iklim di Semarang.

Analisis kriteria dan indikator kepekaan masyarakat terhadap perubahan iklim menggunakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi literatur dan dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu:

- a Tahap I, kegiatan untuk mengumpulkan kriteria dan indikator yang berpengaruh pada kepekaan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang Hulu berdasarkan informasi dari pakar dan studi literatur. Hasil studi kriteria dan

indikator kepekaan masyarakat terhadap perubahan iklim disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria dan Indikator Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan iklim

| Elemen | Kriteria | Indikator | Kategori | Skor | Sumber/Teknik Perolehan data |
|------------------------------|--|--|------------------------|--|--|
| E :Eksposure (Paparan) | Lahan, Curah Hujan | Curah Hujan | < 1.500 mm | Rendah (1) | BMKG/GIS |
| | | | 1.500 - 2.500 mm | Sedang (3) | |
| | | | > 2.500 mm | Tinggi (5) | |
| | | Penggunaan lahan | Hutan | Rendah (1) | Peta Penutupan lahan (Kemenhut, 2010) |
| | | | Perkebunan | Agak Rendah (2) | |
| | | | Pertanian lahan Kering | Sedang (3) | |
| | | | Permukiman | Agak Tinggi (4) | |
| | | | Sawah | Tinggi (5) | |
| | | Tingkat Kekritisan lahan | Tidak Kritis | Rendah (1) | Peta Kekritisan Lahan (Kemenhut, 2010) |
| | | | Potensial Kritis | Agak Rendah (2) | |
| | | | Agak Kritis | Sedang (3) | |
| | | | Kritis | Agak Tinggi (4) | |
| | | | Sangat Kritis | Tinggi (5) | |
| S : Sensitivitas | Permintaan Air semakin Tinggi | Kepadatan Penduduk | < Rata DAS | Rendah (1) | KP = Jumlah Penduduk/luas wilayah (Data BPS) |
| | | | = Rata DAS | Sedang (3) | |
| | | | > Rata DAS | Tinggi (5) | |
| | Fasilitas/Sarana Penyediaan Air Bersih | Akses Terhadap Air Bersih (AB) | 0-20% | Rendah (5) | AB = (RT yg mendapatkan akses air bersih/Jumlah RT)*100 (Data BPS) |
| | | | 20-40% | Agak Rendah (4) | |
| | | | 40-60% | Sedang (3) | |
| | | | 60-80% | Agak Tinggi (2) | |
| | | | 80-100% | Tinggi (1) | |
| | Ketergantungan Pada Lahan | Persentase masyarakat yang tergantung pada lahan pertanian | 0-12.5% | Rendah (1) | KL = Jmlh pnddk bekerja pada sektor pertanian/jumlah penduduk yang bekerja)*100 (Data BPS) |
| | | | 12.5-25% | Agak Rendah (2) | |
| | | | 25-37.5% | Sedang (3) | |
| | | | 37.5-50% | Agak Tinggi (4) | |
| | | | >50% | Tinggi (5) | |
| | Kualitas SDM | Melek Huruf (MH)(%) | <50% | Rendah (1) | MH = (Pddk yg mampu baca/jumlah pnddk)*100 (Data BPS) |
| | | | 50-75% | Sedang (3) | |
| >75% | | | Tinggi (5) | | |
| Perilaku Konservasi (PK)(%) | | 0-20% | Rendah (1) | PK = (Jumlah Respon yg melakukan konservasi/Jumlah total Respon)*100 (Data Survey/FGD) | |
| | | 20-40% | Agak Rendah (2) | | |
| | | 40-60% | Sedang (3) | | |
| | | 60-80% | Agak Tinggi (4) | | |
| | | 80-100% | Tinggi (4) | | |
| Ekonomi | | Tingkat Kesejahteraan Penduduk (TK)(%) | <60% | Rendah (1) | TK = ((jumlah RT Ks-2 + jumlah RT ks-3)/jumlah RT)*100 (Data BPS) |
| | | | 60-70% | Agak Rendah (2) | |
| | | | 70-80% | Sedang (3) | |
| | | | 80-90% | Agak Tinggi (4) | |
| Sosial | | Konflik (KO) | >90% | Tinggi (5) | KO = (JR ada dan |
| | | | 0-20% | Rendah (5) | |

| Elemen | Kriteria | Indikator | Kategori | Skor | Sumber/Teknik Perolehan data | |
|--------|--|---|--|-----------------|--|--|
| | (harmonisasi hub masyarakat dengan pemerintah) | (%) | 20-40% | Agak Rendah (4) | tidak teratasi/JR)*100 (Data wawancara) | |
| | | | 40-60% | Sedang (3) | | |
| | | | 60-80% | Agak Tinggi (2) | | |
| | | | 80-100% | Tinggi (1) | | |
| | | Dukungan Pemerintah Kpd masyarakat (DP) | 0-20% | Rendah (1) | | DP = (JR yang mendptkan dukungan drpemerintah/JR)*100 (Data wawancara) |
| | | | 20-40% | Agak Rendah (2) | | |
| | | | 40-60% | Sedang (3) | | |
| | | | 60-80% | Agak Tinggi (4) | | |
| | Kesehatan | Fasilitas Kesehatan | Tidak terdapat Petugas/Fasilitas Kesehatan | Rendah (1) | Dinas Kesehatan | |
| | | | Ada Petugas/Fas kesehatan min poskesdes | Sedang (3) | | |
| | | | Terdapat petugas/Fasilitas yang memadai | Tinggi (5) | | |
| | Fisik | Persentase Luas Lahan Resapan | <20% | Rendah (1) | PL = (Luas lahan selain areal terbangun dan areal terbuka/luas Sub DAS)*100 (Peta Penutupan Lahan. Kemenhut, 2010) | |
| | | | 20-30% | Agak Rendah (2) | | |
| | | | 30-40% | Sedang (3) | | |
| 40-50% | | | Agak Tinggi (4) | | | |
| >50% | | | Tinggi (5) | | | |

Sumber : Bappenas (2010), KNLH (2010) dan Swandayani (2010), (Dirjen RRL, 1998)

- b. Tahap II, kegiatan untuk menyeleksi kriteria dan indikator yang berpengaruh pada kepekaan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang hasil dari tahap I, dan disesuaikan dengan konteks riset lapangan (*field research*) atau lokasi penelitian. Metode yang digunakan adalah observasi dan wawancara mendalam (*depth interview*). Observasi merupakan cara melihat kondisi wilayah Sub DAS Garang Hulu, baik menyangkut fisik maupun non fisik. Wawancara mendalam bertujuan untuk mencari informasi yang lebih lengkap dan detail tentang kondisi yang ada dalam masyarakat.
- c. Tahap III, kegiatan untuk memberikan pembobotan terhadap hasil kriteria dan indikator yang telah dipilih dalam penelitian ini. Pembobotan diberikan berdasarkan pada studi literatur dan pendapat dari para pakar serta diperkuat dengan observasi terhadap masyarakat terhadap tingkat kepentingan terhadap

kriteria dan indikator yang disetujui. Pembobotan dilakukan dengan menggunakan AHP.

3.4.2 Pengolahan Spatial

1. Penentuan Indeks Kerentanan

penentuan indeks kerentanan dilakukan dengan mengurangi hasil jumlah indeks paparan dan kepekaan dengan indeks kemampuan adaptasi. Dapat ditulis atau dirumuskan sebagai berikut :

$$= (\quad (\quad)) + (\quad (\quad)) - (\quad (\quad))$$

Ket : k = Indeks kerentanan

Wie = Bobot indikator ke-i pada paparan

Xie = Skor indikator ke-i pada paparan

Wis = Bobot indikator ke-i pada kepekaan

Xis = Skor indikator ke-i pada kepekaan

Wiac = Bobot indikator ke-i pada kemampuan adaptasi

Xiac = Skor indikator ke-i pada kemampuan adaptasi

Penentuan klasifikasi tiap indeks dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$i = - ;$$

Ket: i = Lebar interval

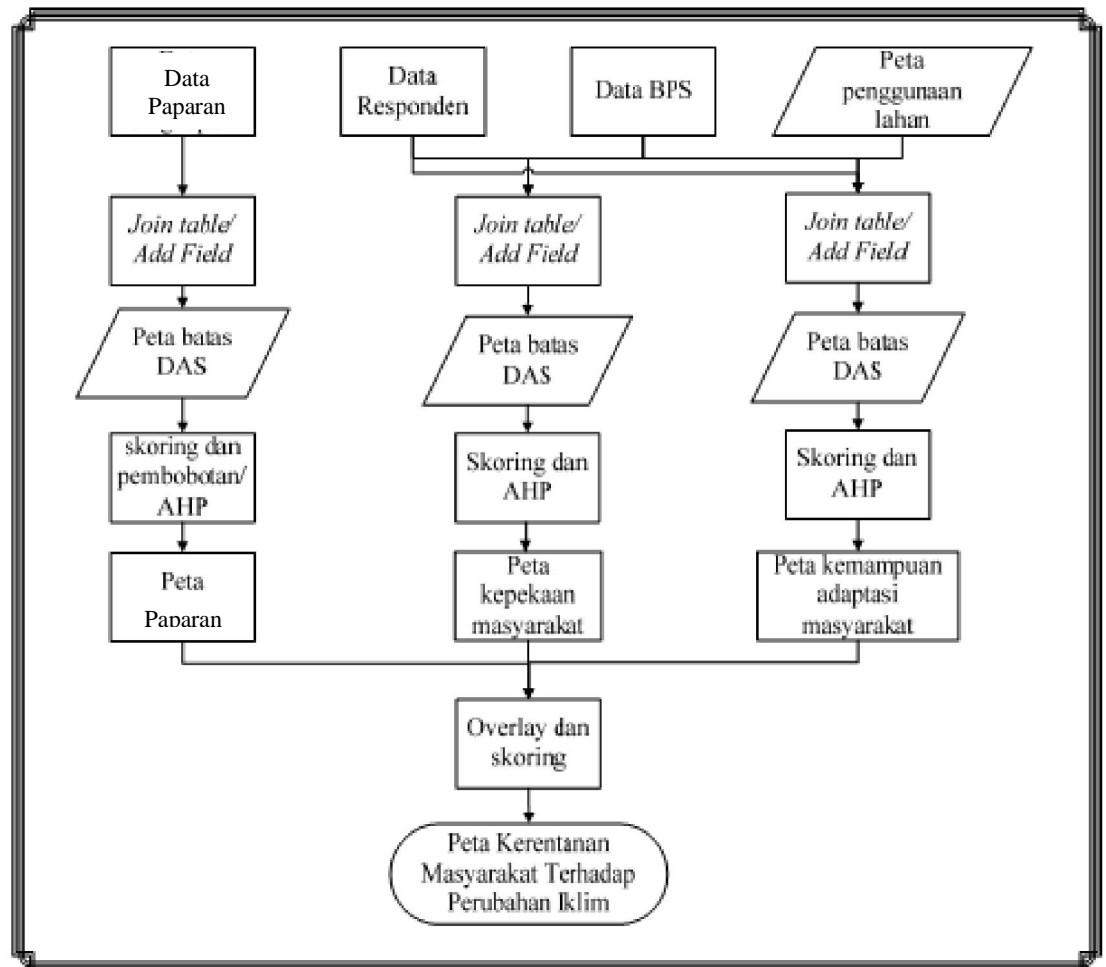
R= selisih skor maksimum dan minimum

n= Jumlah kelas

2. Penyusunan Peta Kerentanan

Hasil analisis kerentanan masyarakat ditampilkan dalam bentuk peta-peta dengan bantuan software ArcView GIS 3.3 dan Arc Gis 9.3. Peta yang dihasilkan adalah peta paparan, kepekaan, kemampuan adaptasi, dan kerentanan. Peta paparan, kepekaan dan kemampuan adaptasi diperoleh dengan operasi *join table* atau *add field* pada tiap indikator pada peta batas DAS yang telah ditumpangtindihkan dengan peta administrasi. Peta kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim diperoleh dengan operasi overlay atau tumpang tindih antara peta paparan, peta kepekaan masyarakat dan peta kemampuan adaptasi.

Tahapan penyusunan peta kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang tersaji pada Gambar 5.



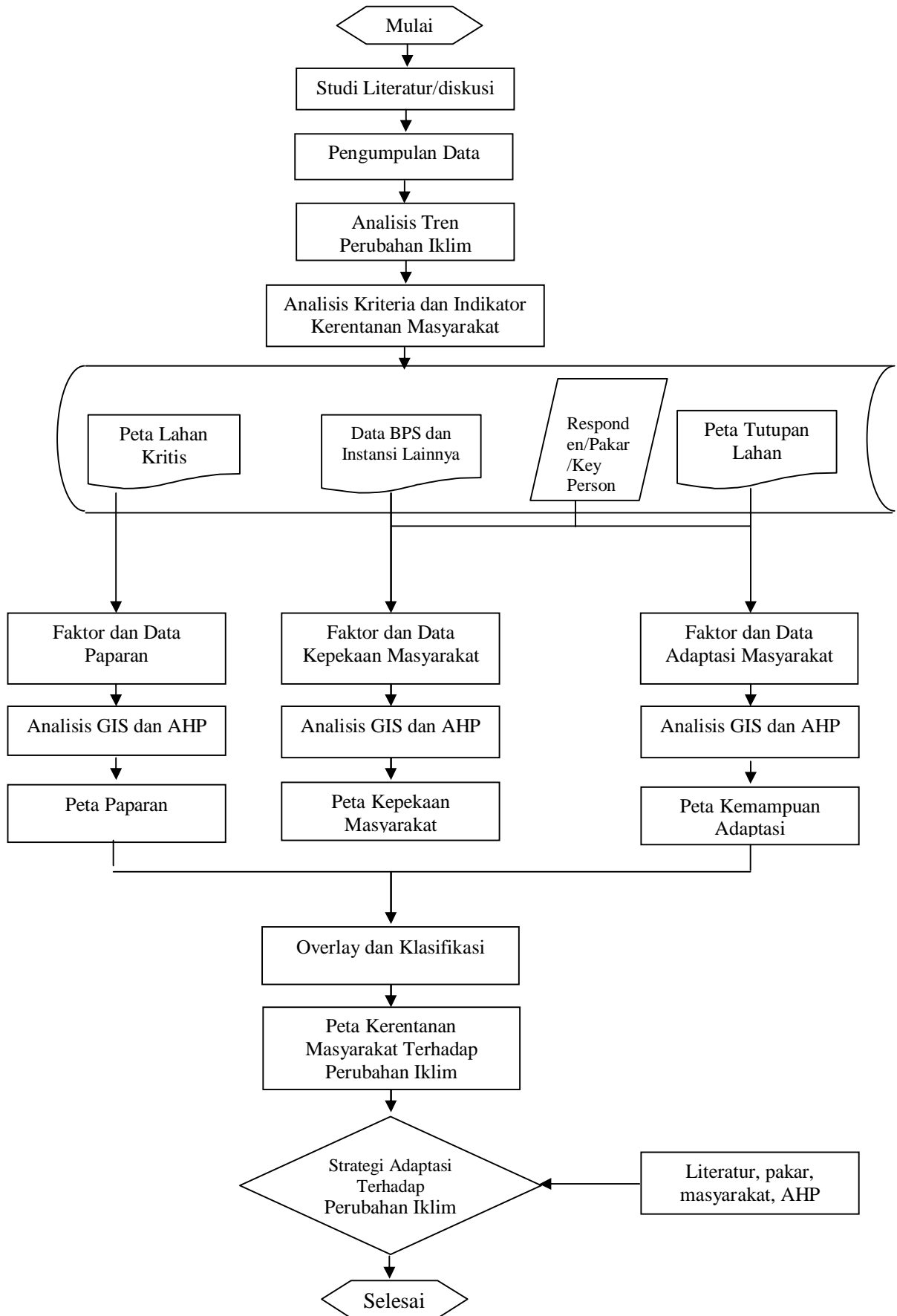
Sumber : Swandayani (2010) dengan modifikasi

Gambar 5. Tahapan penyusunan peta kerentanan masyarakat

3. Analisa Adaptasi Berbasis DAS

Analisis adaptasi berbasis DAS dilakukan secara deskriptif dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Tujuannya untuk menggambarkan kaitan antara pengelolaan DAS dengan kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim di DAS Garang. Analisis deskriptif dilakukan secara logika dengan memasukkan analisa peta kerentanan masyarakat di DAS Garang, persepsi masyarakat serta pakar. Hasil Sintesa kemudian diolah dan dicek dengan AHP untuk menentukan

skala prioritas dalam strategi adaptasi berbasis DAS. Secara umum tahapan penelitian disajikan dalam gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Alir Tahapan Penelitian