

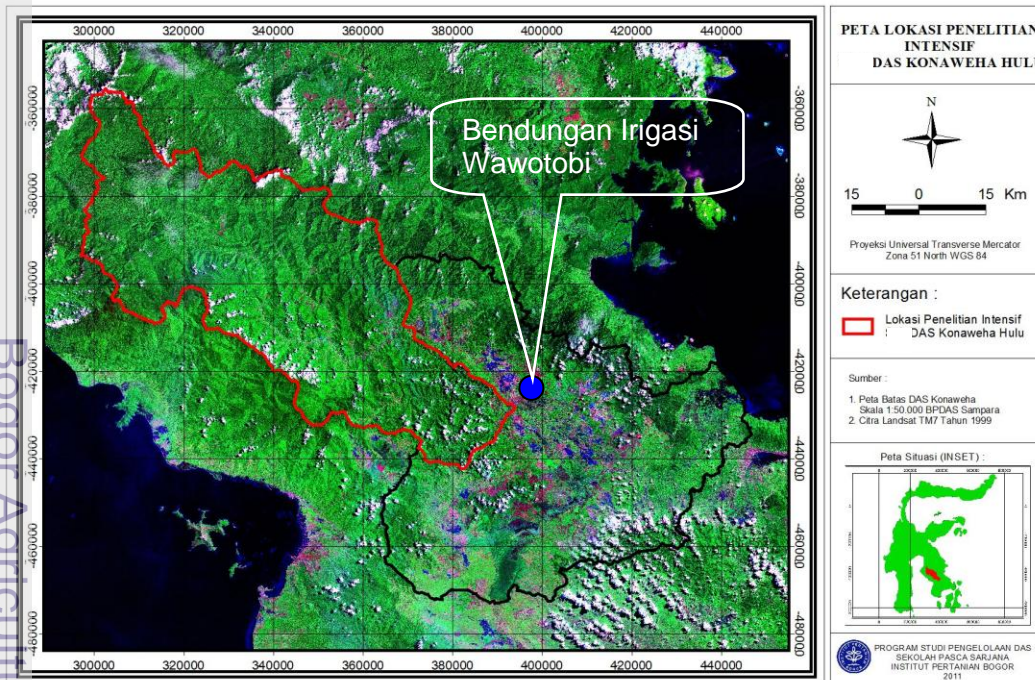
## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian tentang Analisis Alternatif Penggunaan Lahan untuk Menjamin Ketersediaan Sumberdaya Air dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Konaweha Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara administrasi DAS Konaweha dengan total luas 697.841 hektar meliputi 3 kabupaten dan 1 kota yakni Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kolaka dan Kota Kendari.

Penelitian ini dilaksanakan selama 10 (sepuluh) bulan terhitung sejak Juni 2009 sampai dengan Maret 2010. Alokasi waktu penelitian meliputi: 2 bulan untuk pengumpulan data sekunder, 4 bulan untuk pengumpulan data primer, dan 4 bulan untuk pengelompokkan, tabulasi dan pengolahan data.

Aspek-aspek yang dikaji di DAS Konaweha Hulu adalah aspek kebutuhan air, ketersediaan air, aspek nilai ekonomi hasil hutan non kayu (analisis vegetasi) dan nilai ekonomi air. Lokasi penelitian intensif di DAS Konaweha Hulu disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian Intensif DAS Konaweha Hulu Tahun 2009

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data yang diperoleh dari berbagai sumber, antara lain : data curah hujan dan data debit; peta penggunaan lahan, peta topografi, peta jenis tanah, dan peta rupa bumi; data demografi, data jenis dan jumlah industri, dan data luas sawah.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah : Personal Computer (PC) lengkap dengan *software MS Office 2003*, scanner, digitizer, camera, *Geographical Position System (GPS)*, alat penakar hujan, alat pengukur kecepatan aliran (*current meter*), alat pengukur tinggi muka air otomatis (AWLR), alat pengukur tinggi pohon, jangka sorong, meteran, dan alat tulis kantor (ATK).

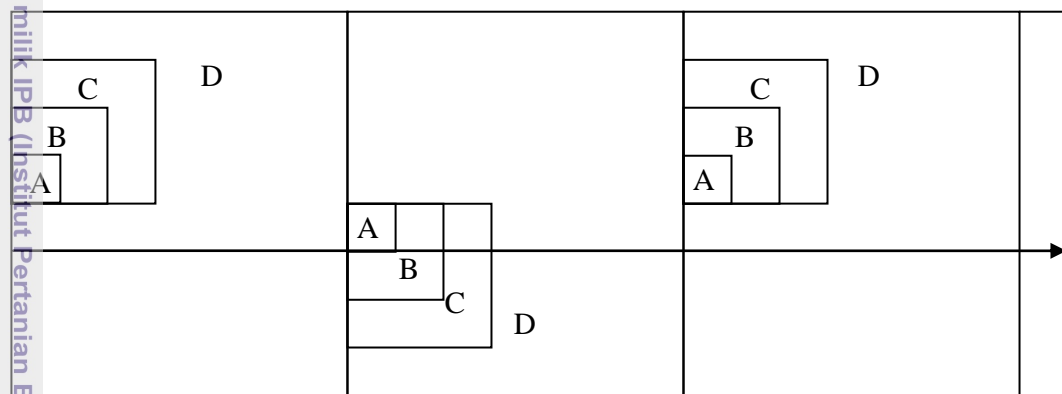
## Penetapan Lokasi Penelitian Intensif

Secara garis besar lokasi penelitian mencakup seluruh DAS Konawe (on-site) dan di luar DAS konawe yakni wilayah-wilayah di kota Kendari yang secara administrasi tidak masuk di dalam DAS Konawe (off-site). Pemilihan wilayah-wilayah tersebut didasarkan atas pemenuhan kebutuhan airnya yang disuplai dari Sungai Konawe.

Penelitian di dalam DAS Konawe (on-site) dilakukan secara proporsional di seluruh wilayah administrasi yakni Kabupaten Konawe, Kolaka dan Konawe Selatan. Kawasan penelitian intensif mewakili tiga sektor utama pengguna air yakni sektor domestik, industri dan pertanian. Disamping itu kawasan penelitian intensif memiliki data pengukuran hujan dan debit runtut waktu. Data hujan diperoleh dari semua stasiun hujan yang ada di DAS Konawe, sedangkan data debit diperoleh dari Bendungan Irigasi Wawotobi.

Penelitian di Kota Kendari dilakukan pada empat kecamatan yakni Kecamatan Kendari Barat, Mandonga, Baruga dan Kecamatan Poasia. Penetapan keempat wilayah ini didasarkan pada keterwakilan pengguna air untuk sektor domestik dan industri dimana keempat kecamatan ini merupakan area utama pelayanan PDAM Kota Kendari.

Penelitian tentang fungsi hutan dalam menyerap karbon dilakukan pada 4 lokasi yakni di kawasan hutan Kecamatan Mowewe, Tinondo, Latoma dan Kecamatan Uluiwoi. Penetapan keempat lokasi tersebut dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan bahwa sebagian besar wilayahnya merupakan kawasan hutan. Pengamatan intensif untuk analisis vegetasi dilakukan pada suatu petak contoh yakni kombinasi antara metode jalur dan metode garis berpetak (Yunus, 2005) sebagaimana disajikan pada Gambar 5.



Keterangan:

ukuran sub plot untuk berbagai stadium pertumbuhan adalah :

- A. Semai dan Tumbuhan Bawah : 2 m x 2 m; B. Pancang : 5 m x 5 m
- C. Tiang : 10 m x 10 m D. Pohon : 20 m x 20 m

Gambar 5. Desain Jalur Analisis Vegetasi di DAS Konawe Hulu Tahun 2009

### Teknik Penentuan Populasi dan Sampel

Unit populasi di dalam penelitian adalah DAS Konawe yang terdiri dari empat wilayah yakni Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kolaka dan Kota Kendari. Keempat wilayah administrasi tersebut ditetapkan secara sengaja (*purposive*) sebagai lokasi penelitian karena wilayah-wilayah tersebut secara administrasi berada di DAS Konawe dan memanfaatkan air yang bersumber dari Sungai Konawe. Selanjutnya dari wilayah kabupaten/kota ditetapkan sampel wilayah kecamatan secara sengaja dengan pertimbangan bahwa kecamatan yang dipilih secara administrasi berada di dalam DAS Konawe dan memanfaatkan sumberdaya alam yang ada di DAS Konawe. Langkah

selanjutnya adalah penetapan sampel desa/kelurahan pada setiap kecamatan dengan metode acak bertingkat (*stratified random sampling*) yang diawali dengan pengklasifikasian desa/kelurahan berdasarkan jumlah kepala keluarga (KK) yakni kelas I dengan jumlah KK < 500 per desa/kelurahan dan kelas II dengan jumlah KK > 500 KK per desa/kelurahan. Kemudian dilakukan pengacakan untuk memilih masing-masing 1 desa/kelurahan pada setiap kelas sehingga setiap kecamatan diwakili 1 desa/kelurahan untuk masing-masing kelas I dan kelas II. Langkah terakhir adalah penetapan responden/informan yang terdapat pada masing-masing desa/kelurahan yang terpilih. Metode penetapan responden untuk kebutuhan air juga dilakukan dengan menggunakan metode acak bertingkat. Responden kebutuhan air domestik ditetapkan dengan terlebih dahulu dilakukan klasifikasi responden berdasarkan tingkat pendapatan rata-rata per bulan yakni kelas I (< Rp. 1.000.000 per bulan), kelas II (Rp. 1.000.000 – Rp. 3.000.000 per bulan) dan kelas III (> Rp. 3.000.000 per bulan). Selanjutnya dilakukan penetapan responden secara acak pada masing-masing kelas. Klasifikasi responden kebutuhan air industri diawali dengan melakukan klasifikasi skala industri (menggunakan acuan Dinas Perindustrian dan Perdagangan) yakni kelas I adalah industri kecil dan kelas II adalah industri sedang/besar, selanjutnya dilakukan pengacakan untuk menentukan responden pada masing-masing kelas. Klasifikasi responden kebutuhan air irigasi ditentukan berdasarkan luas kepemilikan lahan sawah dengan kriteria kelas I adalah petani yang memiliki sawah < 1 hektar dan kelas II adalah petani yang memiliki sawah > 1 hektar. Penetapan informan nilai manfaat ekonomi air dan hasil hutan non kayu dilakukan dengan metode bola salju (*snow ball method*). Kerangka penarikan sampel (*sampling frame*) penelitian disajikan pada Gambar 6.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

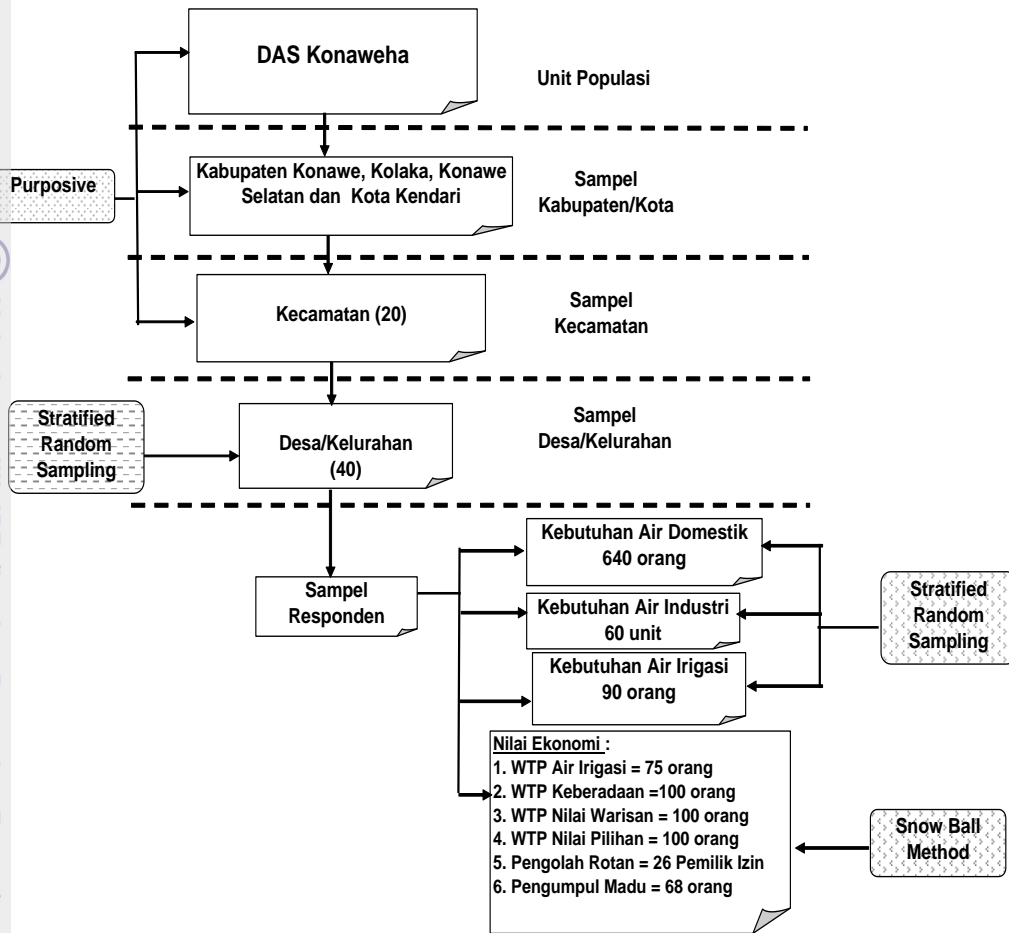
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Gambar 6. Kerangka Penarikan Sampel Penelitian (*Sampling Frame*) di DAS Konawehea Tahun 2009

Gambar 6 menunjukkan bahwa unit populasi adalah area atau wilayah yakni DAS Konawehea yang mencakup 3 kabupaten dan 1 kota, 20 kecamatan dan 40 desa/kelurahan dan responden/informan. Jumlah dan metode pengambilan sampel masing-masing unit populasi berbeda-beda yakni metode penetapan disengaja (*purposive*), acak bertingkat (*stratified random sampling*) dan metode bola salju (*snow ball method*).

Gambar 6 menunjukkan bahwa unit populasi penelitian adalah 3 kabupaten di DAS Konawehea yakni Kabupaten Konawe, Kolaka dan Kabupaten Konawe Selatan ditambah dengan Kota Kendari yang memanfaatkan air dari DAS Konawehea. Jumlah dan penyebaran sampel wilayah pengambilan data disajikan pada Tabel 4.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 4. Jumlah dan Penyebaran Wilayah Administrasi Pengambilan Sampel di DAS Konaweha Tahun 2009

No.	Kabupaten /Kota	Nama Kecamatan	Jumlah Kecamatan	Jumlah Desa/ Kelurahan
1.	Konawe	Unaaha, Wawotobi, Sampara, Pondidaha, Lambuya, Uepay, Abuki, Latoma, Amonggedo	9	18
2.	Konawe Selatan	Ranomeeto, Landonono	2	4
3.	Kolaka	Ladongi, Tirawuta, Tinondo, Mowewe, Uluiwoi	5	10
4.	Kendari	Kendari Barat, Mandonga, Baruga, Poasia	4	8
Jumlah			20	40

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah wilayah kecamatan yang menjadi sampel penelitian di Kabupaten Konawe adalah 9 kecamatan, yakni Kecamatan Unaaha, Wawotobi, Sampara, Pondidaha, Lambuya, Uepay, Abuki, Latoma dan Kecamatan Amonggedo. Jumlah desa/kelurahan di wilayah tersebut adalah 18 desa/kelurahan (tiap kecamatan diwakili 2 desa/kelurahan). Sampel wilayah di Kabupaten Konawe Selatan adalah Kecamatan Ranomeeto dan Landonono yang terdiri dari 4 desa/kelurahan sampel. Sampel wilayah Kabupaten Kolaka adalah Kecamatan Ladongi, Tirawuta, Tinondo, Mowewe dan Kecamatan Uluiwoi yang mencakup 10 desa, Sedangkan Kota Kendari meliputi Kecamatan Kendari Barat, Mandonga, Baruga dan Kecamatan Poasia yang mencakup 8 kelurahan.

### Responden Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air dilakukan pada tiga sektor yakni pertanian, industri dan sektor domestik. Pengguna air di sektor pertanian yang dianalisis adalah pertanian lahan basah (sawah). Penentuan responden petani sawah dilakukan di Kabupaten Konawe yang meliputi Kecamatan Wawotobi, Unaaha, Abuki, Amonggedo dan Kecamatan Lambuya dengan metode acak bertingkat. Masing-masing kecamatan dan desa sampel ditentukan sampel petani sawah yakni 10 orang setiap desa sehingga keseluruhannya terdapat 50 orang responden

berdasarkan luas kepemilikan lahan sawah. Responden petani sawah untuk Kabupaten Kolaka mencakup Kecamatan Mowewe dan Ladongi yakni sebanyak 20 orang responden (masing-masing kecamatan 10 orang responden), sedangkan Kabupaten Konawe Selatan mencakup Kecamatan Ranomeeto dan Landono dengan jumlah 20 orang responden (masing-masing kecamatan 10 orang).

Penetapan responden untuk analisis kebutuhan air pada sektor industri dilakukan baik di dalam DAS Konawehea maupun di luar DAS Konawehea yang menggunakan air dari Sungai Konawehea. Responden ditetapkan dengan menggunakan metode acak bertingkat berdasarkan jenis/skala industri. Penentuan sampel responden dilakukan dengan menetapkan secara acak 40 sampel industri kecil dan 20 industri sedang/besar, sehingga jumlah sampel untuk industri sebanyak 60 unit.

Selanjutnya responden kebutuhan air untuk sektor domestik diambil di DAS Konawehea dan Kota Kendari. Pengambilan sampel responden dilakukan menggunakan metode acak bertingkat berdasarkan tingkat pendapatan rata-rata per bulan responden. Distribusi jumlah responden rumah tangga di DAS Konawehea adalah 260 orang responden di Kota Kendari yang terdistribusi di Kecamatan Mandonga, Kendari Barat, Baruga dan Kecamatan Poasia. Jumlah responden kebutuhan air domestik untuk Kabupaten Konawe adalah 180 orang yang terdistribusi di Kecamatan Unaaha, Lambuya, Amonggedo dan Kecamatan Abuki. Jumlah responden kebutuhan air domestik di Kabupaten Kolaka adalah 100 orang yang terdistribusi di Kecamatan Mowewe dan Kecamatan Ladongi. Sedangkan responden kebutuhan air domestik di Kabupaten Konawe Selatan berjumlah 100 orang yang terdistribusi di Kecamatan Ranomeeto dan Kecamatan Landono.

### **Informan Penerima Manfaat Hasil Hutan Non Kayu**

Penerima manfaat hasil hutan non kayu yang dimaksud adalah pengguna air irigasi, pengolah flora dan fauna (rotan dan madu), manfaat nilai pilihan, warisan dan manfaat ekonomi nilai keberadaan. Penentuan informan masing-

masing penerima manfaat menggunakan metode bola salju (*snow ball method*). Distribusi dan jumlah informan masing-masing jenis manfaat ekonomi hasil hutan non kayu disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi dan Jumlah Informan Penerima Manfaat Hasil Hutan Non Kayu di DAS Konaweha Tahun 2009

No.	Jenis Manfaat	Kabupaten/Kota	Kecamatan	Jumlah Informan
1.	Air irigasi	Konawe	Unaaha, Wawotobi, Abuki, Lambuya, Amonggedo	50
		Kolaka	Ladongi, Tinondo	15
		Konawe Selatan	Ranomeeto, Landonono	10
2.	Rotan	Konawe	Abuki, Latoma, Sampara, Lambuya, Unaaha, Wawotobi	24
		Kolaka	Ladongi, Uluiwoi	2
3.	Madu	Konawe	Latoma, Abuki	32
		Kolaka	Uluiwoi	36
		Konawe	Unaaha, Wawotobi, Abuki, Lambuya, Pondidaha, Latoma	60
4.	Nilai Pilihan, Nilai Warisan, Nilai Keberadaan	Kolaka	Ladongi, Uluiwoi	20
		Konawe Selatan	Ranomeeto, Landonono	20

### Jenis dan Sumber Data

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka data yang digunakan secara garis besar meliputi data yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan, kebutuhan air, ketersediaan air, serta manfaat dan nilai ekonomi hutan. Jenis-jenis data, metode pengumpulan dan sumber data yang diperlukan di dalam penelitian ini pada dasarnya meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapang, wawancara, pemotretan, pengukuran dan pengamatan, sedangkan data sekunder diperoleh dari dinas/instansi terkait (Tabel 6).



Tabel 6. Jenis dan Sumber serta Metode Pengumpulan Data di DAS Konawehea

Jenis Data	Sumber Data	Metode Pengumpulan Data
<b>Primer</b>		
Kebutuhan air	Responden	Wawancara
Penggunaan lahan	Lapang	Ground ceck
Bentuk lahan	Lapang	Ground ceck
Potensi tegakan hutan	Kawasan hutan	Analisis vegetasi
Hasil hutan non kayu	Informan, observasi	Wawancara mendalam
Potensi penyerapan karbon	Kawasan hutan	Analisis vegetasi
Fungsi keanekaragaman hayati	Informan, observasi	Wawancara mendalam
<b>Sekunder</b>		
Kependudukan	BPS Provinsi Sultra	Kunjungan dinas/instansi
Kebutuhan air	Instansi terkait	Kunjungan dinas/instansi
Curah hujan	Subdin PU Pengairan Sultra	Kunjungan dinas/instansi
Luas dan jenis penggunaan lahan	Departemen Kehutanan, BPDAS Sampara dan Bakosurtanal.	Kunjungan dinas/instansi, interpretasi Citra dan peta
Debit sungai	Subdin PU Pengairan Sultra	Kunjungan dinas/instansi
RTL DAS Konawehea	BPDAS Sampara	Kunjungan dinas/instansi

### Analisis Data

#### Tujuan Pertama

#### Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Konawehea

Data peta penggunaan lahan DAS Konawehea diperoleh melalui kerjasama dengan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Sampara Provinsi Sulawesi Tenggara, Bakosurtanal dan Biotrop. Peta penggunaan lahan DAS Konawehea diinterpretasi dari data citra satelit tahun 1991, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008 dan 2011. Untuk kepentingan analisis perubahan penggunaan lahan dan hubungannya dengan kondisi hidrologi, maka digunakan peta penggunaan lahan DAS Konawehea Hulu.

Analisis perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea Hulu dilakukan dengan menggunakan *software ArcView geographical information system (GIS)* dan hasilnya disajikan dalam bentuk deskriptif dan peta.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea Hulu: (1) mengumpulkan bahan-bahan yang digunakan dalam analisis perubahan penggunaan lahan seperti peta Rupa Bumi Indonesia (Bakosurtanal), peta penggunaan lahan DAS Konawehea Hulu (Bakosurtanal dan BP DAS Sampara), peta batas DAS Konawehea (BP DAS Sampara), citra satelit DAS Konawehea tahun 1991, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008 dan 2011; (2) pengecekan lapang (*ground ceck*) penggunaan lahan dominan; dan (3) interpretasi citra satelit untuk menentukan penggunaan lahan DAS Konawehea Hulu dengan menggunakan acuan panduan interpretasi citra Departemen Kehutanan (2010), Peta Rupa Bumi Indonesia, peta penggunaan lahan (Bakosurtanal dan BPDAS Sampara), dan hasil pengecekan lapang.

Analisis perubahan penggunaan lahan secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kecenderungan perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea umumnya dan DAS Konawehea Hulu pada khususnya yang difokuskan pada kecenderungan perubahan penggunaan lahan periode 1991-1995, periode 1996-2000, periode 2001-2005 dan periode 2006-2010.

Analisis perubahan penggunaan lahan hanya dilakukan pada penggunaan lahan yang dominan yakni penggunaan lahan yang proporsinya lebih 1 % dari total luas DAS Konawehea Hulu pada tahun 1991. Berdasarkan hal ini maka perubahan penggunaan lahan yang dianalisis adalah hutan, perkebunan, kebun campuran, dan semak belukar.

Untuk kepentingan analisis kecenderungan perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea Hulu yang didasarkan pada ketersediaan data penggunaan lahan, maka unit waktu analisis dibagi menjadi 4 periode (masing-masing 5 tahun), yakni: periode 1991-1995, periode 1996-2000, periode 2001-2005 dan periode 2006-2010.

Analisis perubahan penggunaan lahan hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar menggunakan analisis regresi dengan asumsi bahwa luas masing-masing jenis penggunaan lahan merupakan fungsi dari waktu ( $t$ ), sehingga luas penggunaan lahan pada waktu  $t$  ditentukan oleh luas penggunaan lahan

sebelumnya dan laju perubahan penggunaan lahan rata-rata. Diduga bahwa kecenderungan perubahan penggunaan lahan dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk yang bersifat eksponensial, maka sangat beralasan kalau perubahan penggunaan lahan juga akan bersifat eksponensial terhadap waktu, sehingga luas masing-masing jenis penggunaan lahan dapat diduga dengan persamaan regresi:

$$L_t = L_0 e^{rt} \quad (1)$$

dimana  $L_t$  adalah luas masing-masing jenis penggunaan lahan pada waktu  $t$ ,  $L_0$  adalah luas masing-masing jenis penggunaan lahan pada waktu  $t_0$ ,  $e$  adalah bilangan logaritma natural (2,7182818),  $r$  laju perubahan masing-masing jenis penggunaan lahan,  $t$  adalah waktu yang bernilai 0, 5, 10, 15, 20 dan seterusnya,  $i$  adalah jenis penggunaan lahan yakni hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar.

Persamaan 1 di atas menggunakan data penggunaan lahan hasil interpretasi citra satelit DAS Konawehea tahun 1991-2008. Mengingat keterbatasan data penggunaan lahan dari tahun ke tahun, maka perubahan penggunaan lahan menggunakan data tahun 1991, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006 dan 2008. Berdasarkan hal ini maka dilakukan analisis perubahan penggunaan lahan periode 5 tahunan dimulai dari tahun 1990, 5(1991-1995), 10(1996-2000), 15(2001-2005), 20(2006-2010), dan seterusnya. Proyeksi luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar tahun ke-25(2011-2015) sampai tahun ke-60 (2046-2050) menggunakan Persamaan 1.

Lebih lanjut dilakukan analisis keragaman (anova) untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap perubahan penggunaan lahan hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar di DAS Konawehea Hulu. Untuk tujuan ini maka dirumuskan hipotesis :

- $H_0$  : Waktu tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan luas masing-masing jenis penggunaan lahan.
- $H_1$  : Waktu berpengaruh nyata terhadap perubahan luas masing-masing jenis penggunaan lahan.

kriteria keputusan yang digunakan adalah: terima  $H_0$  atau tolak  $H_1$  jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  pada taraf kepercayaan 95 % atau  $\alpha = 0,05$ . Sebaliknya tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$  jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  taraf kepercayaan 95 % atau  $\alpha = 0,05$ .

Jika  $H_1$  diterima maka dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) untuk membandingkan proporsi luas masing-masing jenis penggunaan lahan dominan pada setiap periode. Langkah-langkah analisis keragaman dan uji BNT dilakukan sesuai dengan prosedur rancangan percobaan (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan sangat kompleks, namun demikian faktor-faktor tersebut secara garis besar terdiri dari faktor kebutuhan lahan (*land demand*), perubahan populasi penduduk (*changes in population*), alokasi lahan (*land allocation*) dan perubahan produksi pertanian (*changes in yield of agriculture*) (Verburg, *et al.*, 1999; Verburg, *et al.*, 2011).

Berdasarkan hal tersebut di atas maka analisis perubahan penggunaan lahan hanya difokuskan pada hubungan antara pertumbuhan penduduk dengan perubahan penggunaan lahan karena ketiga faktor lainnya erat kaitannya dengan pertumbuhan penduduk. Oleh karena itu maka penurunan luas hutan diduga dipengaruhi secara eksponensial oleh pertumbuhan penduduk. Berdasarkan hal ini maka penurunan luas hutan ditentukan oleh jumlah penduduk dengan persamaan:

$$L_{ht} = \beta e^{rPop_t} + \epsilon \quad (2)$$

dimana  $L_{ht}$  adalah proporsi luas hutan pada waktu  $t$ ,  $\beta$  adalah koefisien yang dipengaruhi jumlah penduduk,  $e$  adalah bilangan logaritma natural (2,7182818),  $Pop_t$  adalah jumlah penduduk pada waktu  $t$ , dan  $\epsilon$  adalah residual atau kesalahan yang diasumsikan berdistribusi normal dengan rata-rata mendekati 0 dan standar deviasi tertentu (Iriawan dan Astuti, 2008). Persamaan 2 digunakan untuk mengkaji pengaruh jumlah populasi penduduk dengan perubahan luas hutan di DAS Konawehea Hulu.

## Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi

Hubungan antara perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea dikaji untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu. Unit waktu yang digunakan untuk analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi sama dengan periode waktu analisis perubahan penggunaan lahan.

Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu menggunakan data penggunaan lahan, data hujan (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2009) dan data debit (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2010) tahun 1999, 2001, 2004, 2005, 2006 dan 2008 dengan menggunakan kriteria keputusan (*decision criteria*): debit maksimum ( $Q_{max}$ ), debit minimum ( $Q_{min}$ ) dan koefisien aliran permukaan (C).

Curah hujan rata-rata DAS Konawehea dianalisis dengan metode poligon Thiessen (Singh, 1992; Van der Weert, 1994), sedangkan hidrograf aliran selama satu tahun menggunakan analisis rata-rata aritmetik dan rata-rata peluang kejadian.

Pengaruh perubahan luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar terhadap debit maksimum, debit minimum dan koefisien aliran permukaan dianalisis menggunakan analisis regresi dan analisis keragaman, dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil. Prosedur analisis regresi, analisis keragaman dan uji beda nyata terkecil menggunakan prosedur yang sama dengan analisis perubahan penggunaan lahan sebagaimana disebutkan terdahulu.

Pengaruh masing-masing jenis penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu ditentukan berdasarkan analisis keragaman dengan indikator berpengaruh nyata jika  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  pada taraf kepercayaan 95 %, demikian pula sebaliknya. Jika  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  pada taraf kepercayaan 95 %, maka dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Koefisien aliran permukaan (*runoff coefficient*) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara volume aliran sungai dengan volume curah hujan, dihitung dari data debit Sungai Konawehea dan data curah hujan DAS Konawehea. Koefisien aliran permukaan dihitung dengan menggunakan persamaan (Singh, 1992):

$$C = (Q/R) \quad (3)$$

dimana: C = koefisien aliran permukaan (%); Q = volume debit aliran sungai ( $m^3$ ) dan R = volume curah hujan ( $m^3$ ).

Di dalam penelitian ini maka koefisien aliran permukaan (C) difokuskan pada nilai C tahunan dan musim hujan. Koefisien aliran permukaan musim hujan ditentukan berdasarkan jumlah volume aliran sungai musim hujan (curah hujan lebih dari 100 mm per bulan) dibandingkan dengan jumlah volume curah hujan pada musim tersebut.

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu dianalisis dengan menggunakan analisis regresi berganda (*multiple regression*) dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{\max} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_n X_n + \epsilon \quad (4)$$

$$Q_{\min} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_n X_n + \epsilon \quad (5)$$

$$C = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_n X_n + \epsilon \quad (6)$$

dimana  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $x_3$ ;  $x_4$ ;  $x_5$ ; dan  $x_n$ ; adalah proporsi masing-masing jenis penggunaan lahan,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$  dan  $\beta_n$  adalah koefisien regresi masing-masing variabel  $x$ . Sedangkan  $\epsilon$  adalah residual atau error yang diasumsikan berdistribusi normal dengan rata-rata mendekati 0 dan standar deviasi tertentu (Iriawan dan Astuti, 2008).

## Tujuan Kedua

### Ketersediaan Air

Analisis ketersediaan air dilakukan atas dasar hasil analisis curah hujan dan analisis hidrograf aliran bulanan selama satu tahun dengan menggunakan data debit Sungai Konawehea tahun 1993-2009. Ketersediaan air dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>/detik dan satuan volume (m<sup>3</sup>).

### Curah Hujan

Ketersediaan air hujan menunjukkan besarnya curah hujan rata-rata suatu wilayah. Pendugaan ketersediaan air hujan wilayah menggunakan metode poligon Thiessen dengan persamaan (Singh, 1992; Soewarno, 2000) :

$$Pa = \sum_{i=1}^n \frac{AiPi}{An} \quad (7)$$

dimana P<sub>a</sub> = curah hujan rata-rata wilayah; A<sub>i</sub> = luas poligon dari stasiun ke-i; P<sub>i</sub> = curah hujan rata-rata stasiun ke-i; A<sub>n</sub> = luas wilayah (luas seluruh poligon).

Untuk mengantisipasi data hilang atau tidak lengkap, maka selanjutnya dilakukan uji konsistensi data dengan menggunakan analisis massa ganda (*double-mass analysis*) menggunakan masukan data curah hujan yang ada sebelumnya. Hasil analisis digunakan untuk membuat kecenderungan ketersediaan curah hujan wilayah untuk masa yang akan datang (Singh, 1992).

### Debit Sungai

Analisis debit sungai dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecenderungan distribusi hidrograf aliran sungai sepanjang tahun yakni mulai Bulan Januari sampai Bulan Desember.

Analisis hidrograf aliran Sungai Konawehea dilakukan melalui dua pendekatan yakni pendekatan rata-rata aritmetik dan pendekatan rata-rata peluang kejadian. Di dalam penelitian ini maka digunakan peluang kejadian 80 % yang

berarti bahwa peluang debit dengan besaran lebih dari atau sama dengan besaran tertentu adalah 80 %.

Analisis hidrograf aliran sungai dengan pendekatan rata-rata aritmetik menggunakan data debit bulanan rata-rata Sungai Konawehea dari tahun 1993-2009. Perhitungan debit rata-rata dengan pendekatan rata-rata aritmetik menggunakan persamaan (Singh, 1992):

$$Q_{\text{rata-rata}} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n)}{n} \quad (8)$$

dimana  $Q_{\text{rata-rata}}$  adalah debit rata-rata bulanan pada bulan tertentu,  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  dan  $Q_n$  adalah debit rata-rata bulanan pada tahun 1, 2, 3 dan ke-n, sedangkan n adalah jumlah tahun pengamatan (data).

Analisis hidrograf aliran sungai dengan pendekatan peluang kejadian dilakukan dengan cara menyusun data debit selama n tahun pengamatan berdasarkan ranking mulai dari debit tertinggi pertama, kedua, ketiga dan ke n untuk masing-masing bulan. Dari data debit dengan nilai tertentu yang mempunyai urutan ranking m, maka ditentukan persamaan matematis periode ulang dan peluang kejadian yakni (Bosscher, 1984):

$$T = \frac{(n+1)}{m} \quad \text{dan} \quad P = \frac{1}{T} \quad (9)$$

dimana T adalah periode ulang (tahun), P adalah peluang kejadian, n adalah jumlah pengamatan dan m adalah ranking dari debit tertentu.

Hidrograf aliran sungai rata-rata yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9 dibandingkan satu sama lain untuk melihat kecenderungan masing-masing hasil analisis.

Hasil analisis hidrograf aliran sungai baik dengan pendekatan rata-rata aritmetik maupun pendekatan peluang kejadian digunakan untuk menentukan



distribusi ketersediaan air bulanan DAS Konaweha dengan indikator penentu ketersediaan air yakni debit minimum ( $Q_{min}$ ). Ketersediaan air yang ditentukan oleh besaran debit minimum diperoleh dari hidrograf aliran sungai yang telah dianalisis menggunakan Persamaan 8 dan Persamaan 9.

Ketersediaan air yang merupakan debit minimum rata-rata selama periode 2011- 2050 ditentukan dengan menggunakan analisis regresi berganda (*multiple regression*) yang menjelaskan pola hubungan antara proporsi penggunaan lahan dengan debit minimum Sungai Konaweha (Persamaan 5). Proporsi luas masing-masing jenis penggunaan lahan ditentukan terlebih dahulu dengan menghitung luas masing-masing jenis penggunaan lahan. Proyeksi proporsi masing-masing jenis penggunaan lahan periode 2011-2050 menggunakan Persamaan 1.

Selanjutnya dilakukan perhitungan debit minimum ( $Q_{min}$ ) dengan menggunakan Persamaan 5. Variabel yang digunakan untuk menduga debit minimum adalah luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar.

**Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan air domestik ditentukan oleh jumlah penduduk dan tingkat konsumsi air pada suatu wilayah. Tingkat konsumsi air ditentukan oleh kelas sosial masyarakat dimana semakin tinggi kelas sosial masyarakat semakin tinggi pula konsumsi airnya. Kelas sosial dibedakan atas tiga kategori yaitu kelas sosial rendah, sedang dan kelas sosial tinggi yang ditentukan berdasarkan pendapatan rata-rata penduduk, yakni : < Rp. 1 juta per bulan = kelas sosial rendah, Rp 1 juta Rp.3 juta per bulan = kelas sosial sedang, > Rp. 3 juta per bulan = kelas sosial tinggi.

Kebutuhan air domestik di seluruh DAS Konaweha dihitung dengan menggunakan persamaan (Purwanto, 1995; Purwanto and Sutoyo, 2010) :

$$P_{penduduk} = \sum_{i=1}^m PP_i \times P \times KAP \times CP_i \tag{10}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
 2. Dilarang memungut dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dimana :

$Y_{\text{penduduk}}$  = kebutuhan air penduduk (liter/hari)

$PP_i$  = persentase penduduk pada kelas sosial ke-i (%)

$P$  = jumlah penduduk (jiwa)

$KAP$  = Kebutuhan air rata-rata per kapita (liter/kapita/hari)

$CP_i$  = koefisien kebutuhan air penduduk pada kelas sosial ke-i

= jumlah kelas sosial;  $i = 1, 2, \dots, m$

Kebutuhan air per kapita menggunakan standar *World Health Organization* (WHO) yakni 110 liter/kapita/hari (WHO, 2009). Penentuan kelas sosial dilakukan berdasarkan tingkat pendapatan responden. Selanjutnya berdasarkan kelas sosial penduduk, maka ditentukan koefisien kebutuhan air penduduk setiap kelas sosial.

Proyeksi kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah dan pertumbuhan penduduk. Proyeksi pertumbuhan penduduk dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$P_t = P_o \cdot e^r \quad (11)$$

dimana  $P_t$  = jumlah penduduk pada tahun ke-t (jiwa);  $P_o$  = jumlah penduduk mula-mula (jiwa),  $r$  = laju pertumbuhan penduduk per tahun (%), dan  $t$  = jumlah tahun proyeksi, serta  $e$  = bilangan logaritma natural (2,7182818).

Berdasarkan Persamaan 10 dan Persamaan 11, maka kebutuhan air domestik diproyeksi dengan menggabungkan kedua persamaan tersebut :

$$Y = \sum_{i=1}^m PP_i \times P_o e^r \times KAP \times CP_i \quad (12)$$

dimana  $Y_t$  = adalah kebutuhan air penduduk untuk tahun ke-t.

Koefisien kebutuhan air domestik merupakan rasio antara pemakaian air rata-rata dengan kebutuhan air rata-rata setiap kelas sosial. Data penggunaan air diperoleh dari rekening air PDAM, sedangkan data kebutuhan air setiap kelas sosial diperoleh dari hasil wawancara responden. Berdasarkan hal ini maka

koefisien kebutuhan air (CP) untuk setiap kelas sosial diduga dengan persamaan yakni:

$$CAP_i = CP_i \times KAP, \text{ sehingga } CP_i = (CAP_i/KAP_i) \tag{13}$$

dimana  $CAP_i$  adalah konsumsi atau penggunaan air penduduk kelas sosial ke-i rata-rata per kapita per hari,  $CP_i$  adalah koefisien kebutuhan air penduduk kelas sosial ke-i dan  $KAP$  adalah kebutuhan air rata-rata penduduk setiap kelas sosial ke-i.

**Kebutuhan Air Industri**

Kebutuhan air industri ditentukan berdasarkan jenis dan skala industri yang menggunakan air dari DAS Konawehea. Sebagai gambaran bahwa kisaran kebutuhan air untuk industri besar adalah 151 – 350 m<sup>3</sup>/hari, industri sedang berkisar antara 51 – 150 m<sup>3</sup>/hari dan industri kecil sekitar 5 – 50 m<sup>3</sup>/hari (Purwanto, 1995). Klasifikasi industri berdasarkan skalanya (besar, sedang dan kecil) menggunakan ketentuan Departemen Perindustrian dan Perdagangan.

Koefisien kebutuhan air industri pada skala dan besaran tertentu dimasukkan kedalam persamaan kebutuhan air industri untuk menduga kebutuhan air industri (Purwanto, 1995; Purwanto and Sutoyo, 2010) :

$$Y_{Industri} = \sum_{j=1}^n PI_j \times I_j \times KAI_j \times CI_j \tag{14}$$

dimana :

- $Y_{Industri}$  = kebutuhan air industri (liter/hari)
- $PI_j$  = persentase industri pada jenis ke-j (%)
- $I_j$  = jumlah industri (unit)
- $KAI_j$  = Kebutuhan air rata-rata per unit industri (liter/unit/hari)
- $CI_j$  = koefisien kebutuhan air industri (tergantung jenis dan skala industri)
- = jumlah jenis industri
- = 1, 2, 3, ..., n

Proyeksi kebutuhan air industri ditentukan berdasarkan hasil perhitungan total kebutuhan air industri dan pertumbuhan industri pengguna air baik di dalam DAS Konawehea maupun di Kota Kendari. Pertumbuhan (pertambahan atau

(pengurangan) jumlah industri menggunakan data sekunder dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sulawesi Tenggara, Kota Kendari, Kabupaten Konawe, Konawe Selatan dan Kabupaten Kolaka.

Tingkat konsumsi air industri juga ditentukan melalui survei konsumsi/penggunaan air rata-rata harian industri di wilayah penelitian. Dari hasil survei tersebut, maka ditentukan nilai koefisien kebutuhan air ( $CI_j$ ) untuk setiap kelas industri yakni industri kecil dan industri sedang/besar. Persamaan matematis yang digunakan untuk menduga koefisien kebutuhan air industri:

$$CAI_j = CI_j \times KAI, \text{ sehingga } CI_j = (CAI_j / KAI) \quad (15)$$

dimana  $CAI_j$  adalah konsumsi atau penggunaan air kelas industri ke- $j$  rata-rata per unit per hari (data pemakaian air dari PDAM),  $CI_j$  adalah koefisien kebutuhan air industri kelas ke- $j$  dan  $KAI_j$  adalah kebutuhan air industri rata-rata kelas ke- $j$  yang diperoleh dari hasil survei.

### Kebutuhan Air Irigasi

Proyeksi kebutuhan air irigasi ditentukan berdasarkan hasil perhitungan total kebutuhan air irigasi dan penambahan luas sawah di DAS Konawe. Pertumbuhan (pertambahan atau pengurangan) luas sawah menggunakan data sekunder dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Sub Dinas Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, Kabupaten Konawe, Konawe Selatan dan Kolaka.

Kebutuhan air irigasi rata-rata di wilayah penelitian dihitung berdasarkan penggunaan air irigasi rata-rata selama satu tahun. Penggunaan air irigasi rata-rata ditentukan oleh variabel luas sawah, tinggi muka air rata-rata selama pertanaman, umur tanaman dan frekwensi tanam dalam setahun serta faktor efisiensi (kehilangan). Berdasarkan hal ini maka perhitungan kebutuhan air irigasi rata-rata di wilayah studi dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_{\text{konsumsi}} = A \times H \times F_g \times F_t \quad (16)$$

$$H = (h_{ot} + h_b + h_v + h_g) / 4 \quad (17)$$

$$Y_{\text{irigasi}} = Y_{\text{konsumsi}} + IY_{\text{konsumsi}} \quad (18)$$

dimana  $Y_{\text{konsumsi}}$  adalah penggunaan air irigasi rata-rata ( $\text{m}^3/\text{hektar}/\text{tahun}$ ),  $A$  adalah luas sawah (hektar),  $H$  adalah tinggi genangan rata-rata (cm),  $F_g$  adalah frekwensi penggantian lapisan genangan sepanjang masa tanam setiap musim,  $F_t$  adalah frekwensi tanam dalam setahun,  $h_{ot}$  adalah tinggi genangan pada saat pengolahan tanah (cm),  $h_b$  adalah tinggi genangan pada saat pembibitan (cm),  $h_v$  dan  $h_g$  masing-masing sebagai tinggi genangan pada saat pertumbuhan vegetatif dan generatif (cm),  $Y_{\text{irigasi}}$  adalah kebutuhan air irigasi rata-rata wilayah studi, dan  $C$  adalah faktor kehilangan atau efisiensi yang bernilai 15 % (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2010).

Kebutuhan air irigasi petani diperoleh dari hasil wawancara petani dan hasil pengukuran tinggi muka air rata-rata genangan sawah. Dari data tersebut, maka ditentukan koefisien kebutuhan air irigasi yang berlaku di wilayah penelitian. Gunanya adalah untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat konsumsi air irigasi di wilayah penelitian. Perhitungan koefisien kebutuhan air irigasi di wilayah studi menggunakan persamaan:

$$C_{\text{irigasi}} = (Y_{\text{irigasi}}/Y_{\text{irigasi Standar}}) \quad (19)$$

dimana  $Y_{\text{irigasi standar}}$  adalah standar kebutuhan rata-rata air irigasi yakni 1,2 liter/detik/hektar (Puslitbang Pengairan, 1999).

### **Kebutuhan Air yang Menggelontor**

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan air sektor domestik, industri dan irigasi, maka aliran di Sungai Konawehea harus tetap ada agar fungsi ekologi dan ekonomi sungai tetap terjaga. Aliran air yang harus tetap tersedia tersebut akan menjaga fungsi sungai sebagai habitat bagi kehidupan air tawar dan fungsi sungai sebagai prasarana transportasi sungai.

Untuk mempertahankan kondisi tersebut di atas, maka Sub Dinas PU Pengairan menetapkan standar minimal tinggi muka air rata-rata yang melimpas melewati bendungan terjunan air yakni minimal 10 cm yang setara dengan  $7,9 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Angka inilah yang digunakan sebagai debit sungai yang harus selalu

menggelontor atau mengalir untuk memelihara fungsi sungai baik fungsi ekonomi maupun fungsi lingkungan.

Air yang menggelontor di Sungai Konaweha juga mensuplai selain kebutuhan air untuk menjaga fungsi ekologi dan ekonomi (transportasi sungai), juga digunakan untuk kebutuhan lain di Kota Kendari yakni kebutuhan air fasilitas umum seperti rumah ibadah, perkantoran, pembersihan jalan, pasar, dan pemadam kebakaran. Oleh karena itu maka jumlah air yang menggelontor tersebut juga dipengaruhi oleh dinamika peningkatan kebutuhan air akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan aktivitas ekonomi, sehingga kebutuhan air yang menggelontor bersifat dinamis dari waktu ke waktu.

Berdasarkan uraian-uraian di atas maka perhitungan kebutuhan air yang menggelontor memperhatikan hal-hal berikut:

Jumlah air yang menggelontor untuk memelihara fungsi ekologi dan ekonomi sungai adalah  $7,9 \text{ m}^3/\text{detik}$  atau setara dengan 246 juta  $\text{m}^3$  per tahun (Sub Dinas PU Pengairan, 2010).

Alokasi pemenuhan kebutuhan air non domestik dan non industri di Kota Kendari adalah 24 % dari total alokasi atau sekitar 76 % alokasi air ditujukan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan industri (PDAM Kota Kendari, 2010). Proporsi alokasi 24 % tersebut harus dimasukkan sebagai bagian dari jumlah air yang menggelontor.

3. Dinamika perubahan kebutuhan air yang menggelontor mengikuti kecenderungan peningkatan kebutuhan air rata-rata sektor domestik dan industri. Hal ini disebabkan karena keterbatasan data sehingga diasumsikan bahwa peningkatan kebutuhan air yang menggelontor dipengaruhi oleh dinamika pertumbuhan penduduk sebagaimana halnya kebutuhan air sektor domestik dan industri.

Sesuai dengan penjelasan Nomor 1 – 3 di atas, maka perhitungan kebutuhan air yang menggelontor dirumuskan sebagai berikut:

$$DM_{Ot} = (24/76) (D_d + D_i)_t = 0,32 (D_d + D_i)_t \tag{20}$$

$$DM_t = 246 + DM_{Ot} \tag{21}$$

dimana  $DM_{Ot}$  adalah kebutuhan air non domestik dan non industri yang termasuk air yang menggelontor (juta  $m^3$ ), 246 adalah kebutuhan air menggelontor yang harus tetap tersedia untuk memelihara fungsi ekologi dan fungsi ekonomi sungai (juta  $m^3$ ),  $(D_d + D_i)_t$  adalah kebutuhan air domestik dan industri pada tahun ke-t; dan  $DM_t$  adalah kebutuhan air menggelontor pada tahun ke-t (juta  $m^3$ ).

### Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sektor domestik, industri, irigasi dan debit yang harus tetap menggelontor di sungai agar fungsi-fungsi sungai tetap terjaga. Kebutuhan air total masa datang dihitung dengan menggunakan proyeksi berdasarkan laju pertumbuhan penduduk, penambahan industri dan penambahan luas sawah di DAS Konawehea. Distribusi bulanan kebutuhan air domestik dan industri ditentukan dari hasil perhitungan kebutuhan air tahunan sektor domestik dan industri. Berdasarkan hal ini maka kebutuhan air bulanan kedua sektor tersebut dapat dihitung dari kebutuhan air masing-masing sektor dibagi jumlah bulan dalam setahun. Distribusi bulanan kebutuhan air irigasi ditentukan oleh frekwensi tanam dan kebutuhan air irigasi dalam setahun, sebagaimana disajikan pada persamaan berikut:

$$Y_{d_j} = \frac{Y_{d_{tahunan}}}{n} \tag{22}$$

$$Y_{i_j} = \frac{Y_{i_{tahunan}}}{n} \tag{23}$$

$$Y_{s_k} = \frac{Y_{s_{tahunan}}}{2m} \tag{24}$$

dimana  $Y_{d_i}$  adalah kebutuhan air bulanan sektor domestik untuk bulan ke- $i$ ,  $Y_{d_{\text{tahunan}}}$  adalah kebutuhan air tahunan sektor domestik dan  $n$  adalah jumlah bulan yang membutuhkan air,  $Y_{i_j}$  adalah kebutuhan air bulanan sektor industri pada bulan ke- $j$  dan  $Y_{i_{\text{tahunan}}}$  adalah kebutuhan air tahunan sektor industri,  $Y_{s_k}$  adalah kebutuhan air bulanan sektor irigasi pada bulan ke- $k$ ,  $Y_{s_{\text{tahunan}}}$  adalah kebutuhan air tahunan sektor irigasi dan  $m$  adalah jumlah bulan pada setiap periode tanam.

### Proporsi Luas Hutan Minimal untuk Memenuhi Kebutuhan Air

Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan menjelaskan bahwa proporsi luas hutan minimal yang harus dipertahankan dalam suatu DAS adalah 30 %. Angka tersebut hingga saat ini masih diperdebatkan baik menyangkut besaran maupun dasar ilmiah penetapannya. Oleh karena itu maka perlu dilakukan kajian dan analisis untuk menentukan besaran dan kriteria luas hutan minimal yang harus dipertahankan.

Hasil penelitian menunjukkan bukti empiris bahwa keberadaan hutan sangat erat kaitannya dengan kondisi hidrologi DAS. Hutan akan mempengaruhi neraca air DAS melalui perubahan komponen-komponen dalam siklus hidrologi, antara lain: intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, aliran sungai, jumlah dan distribusi ketersediaan air.

Proporsi luas hutan minimal yang harus dipertahankan di DAS Konawehea ditentukan dengan simulasi menggunakan hasil analisis regresi hubungan antara penggunaan lahan dengan debit minimum (Persamaan 5). Beberapa asumsi yang digunakan adalah: (1) simulasi hanya melibatkan penggunaan lahan dominan yakni hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar; (2) proporsi luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar berubah mengikuti kecenderungan perubahan masing-masing jenis penggunaan lahan; dan (3) hasil simulasi berlaku untuk seluruh periode perencanaan yakni 2011-2050.

Proporsi luas hutan minimal di DAS Konawehea ditentukan dengan menggunakan rasio ketersediaan (*supply*) dan kebutuhan (*demand*) air sebagai kriteria keputusan (*decision criteria*). Berdasarkan hal ini maka yang dimaksud



dengan proporsi luas hutan minimal di DAS Konawehea adalah luas hutan yang harus dipertahankan agar ketersediaan air (*supply*)  $\geq$  kebutuhan air (*demand*) atau dengan kata lain  $(S/D) \geq 1$ . Pada kondisi ini maka akan terjadi perpotongan antara kurva ketersediaan dengan kurva kebutuhan air. Langkah-langkah penentuan proporsi luas hutan minimal di DAS Konawehea adalah sebagai berikut:

Menentukan pola hubungan antara penggunaan lahan dengan debit minimum menggunakan analisis regresi berganda dengan metode *backward elimination* (Persamaan 5).

Menghitung distribusi kebutuhan air total musim kemarau untuk sektor domestik, industri, irigasi dan air yang menggelontor selama periode 2011-2050 (Persamaan 12, 14, 18, 23,24,dan Persamaan 25).

Melakukan simulasi untuk menentukan ketersediaan air atau  $Q_{\min}$  yakni jumlah air yang harus tersedia untuk memenuhi kebutuhan air musim kemarau dari periode 2011-2050.

Melakukan plotting nilai kebutuhan dan ketersediaan air serta luas hutan dari periode 2011-2050.

5. Menentukan titik potong antara ketersediaan dengan kebutuhan air dan selanjutnya membuat garis proyeksi dari titik perpotongan ketersediaan dengan kebutuhan air yang memotong sumbu luas hutan pada kurva.

### Tujuan Ketiga

#### Valuasi Ekonomi Air dan Proporsi Biaya Pemeliharaan Fungsi DAS

Manfaat ekonomi air yang dianalisis dibedakan atas dua bagian yakni nilai ekonomi air untuk kebutuhan domestik dan industri serta nilai ekonomi untuk kebutuhan air sektor pertanian (irigasi). Valuasi ekonomi air untuk kebutuhan domestik dan industri menggunakan pendekatan harga pasar, sedangkan valuasi ekonomi kebutuhan air irigasi menggunakan pendekatan kemauan untuk membayar (*willingness to pay*, WTP).

Nilai ekonomi air yang diperoleh dari valuasi ekonomi air digunakan untuk menentukan proporsi manfaat ekonomi yang diperoleh masing-masing kabupaten/kota. Proporsi ini juga digunakan untuk menentukan proporsi tanggung jawab pembiayaan untuk pemeliharaan fungsi DAS masing-masing kabupaten/kota.

Penentuan proporsi tanggung jawab pembiayaan pemeliharaan fungsi DAS Konaweha menggunakan prinsip PES (*payment of environmental services*), yakni sebagai berikut: (1) Menghitung nilai ekonomi sektor domestik, industri dan pertanian (irigasi) yang memanfaatkan air dari DAS Konaweha; (2) Menghitung nilai ekonomi total dari pemanfaatan air masing-masing kabupaten/kota untuk sektor domestik, industri dan pertanian (irigasi); dan (3) Menghitung proporsi manfaat ekonomi air dari masing-masing kabupaten/kota dengan membandingkan nilai manfaat ekonomi air masing-masing kabupaten/kota terhadap nilai ekonomi total air yang dimanfaatkan oleh kabupaten/kota.

Berdasarkan langkah-langkah tersebut di atas, maka dilakukan perhitungan proporsi pembiayaan pemeliharaan fungsi DAS dalam menyediakan air bagi kabupaten/kota. Proporsi biaya tersebut menjadi tanggung jawab masing-masing kabupaten/kota ditentukan melalui cara tersebut di atas. Berdasarkan hal ini maka persamaan matematis untuk menentukan total nilai ekonomi air (TEA), total nilai ekonomi air kabupaten/kota ( $TEA_m$ ), proporsi biaya pemeliharaan fungsi DAS untuk kabupaten/kota ( $PB_m$ ), dan biaya yang harus dibayarkan masing-masing kabupaten/kota pada tahun tertentu ( $B_{mt}$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$TEA = (TEA_d + TEA_i + TEA_s) \quad (25)$$

$$TEA = (D_d P_d + D_i P_i + D_s P_s) \quad (26)$$

$$TEA_m = (D_{dm} P_d + D_{im} P_i + D_{sm} P_s) \quad (27)$$

$$PB_m = \frac{(D_{dm} P_d + D_{im} P_i + D_{sm} P_s)}{(D_d P_d + D_i P_i + D_s P_s)} \times 100 \% \quad (28)$$

$$B_{mt} = 0,1 TEA \times PB_m \quad (29)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dimana  $TEA$ ,  $TEA_d$ ,  $TEA_i$ ,  $TEA_s$  : total nilai ekonomi air, total nilai ekonomi air sektor domestik, industri dan irigasi;  $D_d$  : kebutuhan air sektor domestik,  $D_i$  : kebutuhan air sektor industri,  $D_s$  : kebutuhan air sektor irigasi (sawah),  $P_d$  : harga air untuk kebutuhan domestik,  $P_i$  : harga air untuk kebutuhan industri,  $P_s$  : harga air untuk kebutuhan irigasi,  $TEA_m$  : total nilai ekonomi air untuk kabupaten/kota ke-m,  $D_{dm}$  : kebutuhan air sektor domestik kabupaten/kota ke-m,  $D_{im}$  : kebutuhan air sektor industri kabupaten/kota ke-m,  $D_{sm}$  : kebutuhan air sektor irigasi kabupaten/kota ke-m,  $PB_m$  : proporsi biaya pemeliharaan fungsi DAS kabupaten/kota ke-m, dan  $B_{mt}$  : tanggung jawab pembiayaan pemeliharaan fungsi DAS kabupaten/kota ke-m pada tahun ke-t.

#### Tujuan Keempat

#### Penilaian Ekonomi Hasil Hutan Non Kayu

Secara garis besar bahwa ada dua bentuk manfaat (benefit) yang terkandung di dalam suatu sumberdaya seperti DAS yakni manfaat yang terhitung (*tangible*) dan manfaat yang tidak terhitung (*intangible*) (Kartodiharjo, dkk, 2004).

Manfaat ekonomi sumberdaya hutan dapat berupa nilai guna dan nilai bukan guna. Nilai guna meliputi nilai guna langsung dan nilai guna tidak langsung serta nilai pilihan (*option value*). Sedangkan nilai bukan guna meliputi nilai eksistensi (*existence value*) dan nilai warisan (*bequest value*).

Manfaat ekonomi hutan yang dikaji dalam penelitian ini adalah manfaat ekonomi hasil hutan non kayu yang juga pernah diteliti sebelumnya, meliputi nilai ekonomi flora dan fauna (rotan dan madu), karbon, manfaat pilihan keanekaragaman hayati dan habitat (*option value*); nilai warisan keanekaragaman hayati (*bequest value*); dan nilai keberadaan keanekaragaman hayati (*existence value*) (Ramdan, 2006; Yunus, 2005).

Analisis ekonomi flora (rotan) dan fauna (madu) yang terdapat di dalam kawasan hutan DAS Konaweha menggunakan pendekatan produktivitas

pengumpul atau pengolah rotan dan madu setiap satuan waktu. Persamaan matematis perhitungan nilai ekonomi flora dan fauna di DAS Konaweha menggunakan persamaan (Yunus, 2005):

$$NTFL = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (NMFL_{ij} \times JPFL_{ij}) \quad (30)$$

$$NMFL = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (KMFL_{ij} \times HFL_{ij}) \quad (31)$$

dimana,

NTFL = nilai ekonomi flora/fauna (Rupiah)

NMFL<sub>ij</sub> = nilai manfaat flora/fauna jenis ke-i yang diperoleh responden pertahun dilokasi ke-j (Rp/tahun)

JPFL<sub>ij</sub> = jumlah masyarakat pengumpul flora/fauna jenis ke-i di lokasi ke-j (orang)

KMFL<sub>ij</sub> = kemampuan responden pengumpul flora/fauna jenis ke-i dalam setahun, di areal ke-j (unit/orang/tahun)

HFL<sub>ij</sub> = harga pasar jenis flora/fauna ke-i di lokasi ke-j (Rp/unit)

i = jenis flora (tanaman obat-obatan, madu, rotan dan lain- lain)/fauna

j = lokasi pengamatan

Perhitungan nilai manfaat lingkungan akibat penyerapan karbon dari udara menggunakan pendekatan jumlah kandungan karbon (*karbon stock*) yang diikat oleh tegakan pohon. Tahapan dalam perhitungan pendugaan karbon diuraikan sebagai berikut (Hairiah *et al.* 2001): (1) membuat plot *sampling* vegetasi pada areal hutan untuk menghitung diameter dan tinggi pohon yang ada; (2) menghitung biomas dari setiap pohon kemudian dikalikan dengan jumlah pohon; (3) menentukan jumlah potensi karbon (C) yang diikat dari setiap tegakan yang diperoleh dari 0,5 x Biomas (Brown, 1997); dan (4) menghitung nilai manfaat dari penyerapan karbon dari rata-rata kandungan C per hektar dikali nilai karbon per ton pada seluruh areal.

Pendugaan jumlah karbon tanaman kayu di hutan alam menggunakan persamaan allometric pendugaan biomas  $W = 0.118D^{2.53}$  (Brown, 1997). Jumlah karbon yaitu  $C = \frac{1}{2} W$  (biomas mengandung 45–50% karbon). Dimana; W= biomas (kg/pohon); C = karbon (kg/pohon):

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$CS = \frac{1}{2} (0.118 D^{2,53}) \tag{32}$$

$$JCS = \sum (CS \times JPH) \times LA_j \tag{33}$$

$$NCS = JCS \times HCS \tag{34}$$

dimana,

CS = biomas atau karbon terserap pada setiap vegetasi-pohon di setiap areal (kg)

D = diameter (cm)

JPH = rata-rata jumlah pohon per hektar (pohon/ha)

LA<sub>j</sub> = luas areal (ha)

NCS = nilai penyerapan karbon (Rp)

JCS = jumlah penyerapan karbon disetiap areal (kg)

HCS = harga karbon persatuan (Rp/kg atau Rp/ton)

Manfaat ekonomi nilai pilihan (*option value*), nilai warisan (*bequest value*) dan nilai keberadaan (*existence value*) dianalisis dengan menggunakan metode CVM (*contingent valuation method*) dengan pendekatan kemauan untuk membayar (*willingness to pay*, WTP) jasa lingkungan hutan di DAS Konawe.

Nilai pilihan (*option value*), nilai warisan (*bequest value*) dan nilai keberadaan (*existence value*) dari sumberdaya hutan dan lahan diukur dengan pendekatan kesediaan membayar (WTP) responden. Pendekatan kesediaan membayar (WTP) nilai pilihan, nilai warisan dan nilai keberadaan menggunakan nilai rata-rata kesediaan membayar pertahun agar tidak terjadi kerusakan hutan dan lahan.

Notasi manfaat nilai pilihan, nilai warisan dan nilai keberadaan keanekaragaman hayati dan habitat dengan pendekatan kesediaan untuk membayar mengacu pada persamaan yang digunakan oleh Yunus (2005):

$$NMPT = \sum_{j=1}^n (MPR_j \times JP_j) \tag{35}$$

$$MPR_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{MP_{ij}}{N_j} \tag{36}$$

Dimana:

- NMPT = total nilai WTP (Rp)  
MPR<sub>j</sub> = manfaat ekonomi flora fauna rata-rata perorang, disetiap areal ke-j (Rp/ orang)  
MP<sub>ij</sub> = nilai WTP responden ke- i pertahun, disetiap areal ke-j (Rp/orang)  
JP<sub>j</sub> = jumlah penduduk sekitar areal ke-j (orang)  
N<sub>j</sub> = jumlah responden di desa ke-j (orang)  
i = jumlah responden (orang)  
j = jumlah areal sampel

Berdasarkan uraian-uraian tersebut di atas, maka nilai ekonomi hutan yang dianalisis merupakan total dari nilai ekonomi flora dan fauna, penyerapan karbon, nilai pilihan, nilai warisan dan nilai keberadaan dengan persamaan :

$$NET = NTLF + NCS + NMPT + NMTW + NMTK \quad (37)$$

Dimana:

- NET = nilai ekonomi total (Rp)  
NTLF = nilai ekonomi flora dan fauna (Rp)  
NCS = nilai ekonomi penyerapan karbon (Rp)  
NMPT = nilai ekonomi manfaat pilihan (Rp)  
NMTW = nilai ekonomi manfaat warisan (Rp)  
NMTK = nilai ekonomi manfaat keberadaan (Rp)

### Analisis Penggunaan Lahan Alternatif di DAS Konawehea

Analisis penggunaan lahan alternatif di DAS Konawehea dilakukan untuk periode waktu tertentu yakni periode 2010-2050 atau dua periode Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) daerah.

Penggunaan lahan alternatif ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan neraca ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Konawehea. Penggunaan lahan yang menjadi indikator utama adalah penggunaan lahan hutan karena diduga hingga saat ini hutan masih menjadi penggunaan lahan terbaik dalam fungsinya menjaga tata air DAS, sedangkan penggunaan lahan lainnya ditentukan berdasarkan hasil simulasi.

Penyusunan rekomendasi penggunaan lahan di DAS Konaweha didasarkan pada berbagai pertimbangan yakni pertimbangan kondisi biofisik DAS (lingkungan), ekonomi dan sosial. Rekomendasi penggunaan lahan alternatif tersebut ditujukan untuk menjamin ketersediaan air di DAS Konaweha hingga tahun 2050.

Penggunaan lahan alternatif di DAS Konaweha dianalisis dengan berbagai skenario yang diarahkan untuk pemanfaatan air secara optimal dan peningkatan debit minimum Sungai Konaweha:

**Skenario 1 :** Minimal 30 % luas hutan (Undang-undang Nomor 41 tahun 1999) sedangkan proporsi penggunaan lahan lainnya ditentukan berdasarkan hasil simulasi.

**Skenario 2 :** Proporsi luas hutan sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Konawe dan Kabupaten Kolaka, luas tutupan penggunaan lahan lainnya sesuai kondisi eksisting.

**Skenario 3 :** Proporsi luas hutan sesuai kondisi eksisting tahun 2011, demikian juga luas penggunaan lahan lainnya.

**Skenario 4 :** Modifikasi skenario 3 dengan mengurangi 10 % luas hutan untuk areal penggunaan lain (APL) pertambangan.

**Skenario 5 :** Luas hutan menurut arahan fungsi kawasan DAS Konaweha (BPDAS Sampara), sedangkan luas penggunaan lahan lainnya sesuai hasil simulasi.

### **Analisis Kelayakan Penggunaan Lahan Alternatif**

Kelayakan skenario penggunaan lahan alternatif menggunakan alat pengambil keputusan (*decision tools*) sebagai berikut: (1) aspek lingkungan: debit minimum dan rasio ketersediaan dan kebutuhan air (S/D), (2) aspek ekonomi: rasio R/C, dan (3) aspek sosial: penerimaan para pihak. Penggunaan lahan alternatif dinyatakan layak jika rasio antara ketersediaan air dengan kebutuhan air ( $S/D \geq 1$ ), demikian juga sebaliknya.

Kelayakan ekonomi didasarkan pada rasio antara nilai ekonomi hasil hutan non kayu dan nilai ekonomi air (*return*) dengan biaya yang diperlukan untuk memelihara fungsi lindung hutan (*cost*) dengan kriteria layak jika nilai  $R/C > 1$ .

Kelayakan sosial dari skenario penggunaan lahan alternatif ditandai dengan tingkat penerimaan para pihak. Jika penggunaan lahan alternatif diterima, maka skenario tersebut dikatakan layak, demikian juga sebaliknya.

Analisis neraca ketersediaan dan kebutuhan air masing-masing penggunaan lahan alternatif merupakan selisih atau rasio antara ketersediaan dengan kebutuhan air pada bulan dimana terjadi debit minimum. Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air total pada bulan tertentu yang saat terjadinya debit minimum sebagaimana hasil perhitungan pada tujuan pertama.

Ketersediaan air yang dimaksud adalah debit minimum yang harus terjaga untuk memenuhi kebutuhan air untuk lima skenario yang telah ditetapkan sebelumnya. Debit minimum masing-masing skenario ditentukan berdasarkan hasil analisis regresi hubungan antara perubahan penggunaan lahan dengan debit minimum.

Perhitungan nilai manfaat ekonomi pada penelitian ini menggunakan pendekatan analisis R/C rasio (*return and cost ratio*). Soekartawi (2006) dan Suratiah (2006) mengemukakan bahwa R/C rasio sering diterapkan untuk menghitung penerimaan usahatani, sehingga penerapannya menggunakan contoh kasus usahatani. R/C adalah singkatan dari *return cost ratio*, atau dikenal dengan perbandingan (nisbah) antara penerimaan dan biaya. Analisis R/C mencakup analisis biaya (*cost*) dan analisis penerimaan (*return*).

Di dalam penelitian ini maka yang dimaksud dengan biaya (C) adalah biaya yang diperlukan untuk pemeliharaan fungsi hutan dalam menjaga tata air dengan acuan hasil perhitungan UNDP dan KLH (1999) yakni 1,5 juta rupiah per hektar. Sedangkan penerimaan (R) adalah nilai ekonomi hasil hutan non kayu dan nilai ekonomi air yang mencakup nilai ekonomi flora dan fauna, karbon, nilai pilihan, nilai warisan, dan nilai keberadaan hutan serta nilai ekonomi air.



Kelayakan ekonomi penggunaan lahan terbaik dianalisis dengan menggunakan RC Ratio (Husnan dan Muhammad, 2000; Gittinger, 1986; Soekartawi, 2006 dan Suratiyah, 2002). Secara matematik analisis R/C dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{R/C} = \frac{\text{Nilai Ekonomi Hasil Hutan non Kayu dan Nilai Ekonomi Air (R)}}{\text{Biaya Pemeliharaan Fungsi Hutan (C)}} \quad (38)$$

Penetapan tata guna lahan alternatif yang secara sosial layak direkomendasikan jika alternatif tersebut memenuhi satu atau lebih kriteria (Sinukaban, 1994) berikut : (1) dapat diterapkan (*aplicable*) oleh masyarakat lokal dengan pengetahuan dan keterampilan yang dimilikinya; (2) dapat direplikasikan (*replicable*) di tempat lain tanpa bantuan dari pihak luar; (3) dapat diterima (*acceptable*) karena tidak bertentangan dengan adat, tradisi dan kebiasaan masyarakat lokal; (4) pernah dilakukan sebelumnya oleh masyarakat lokal; dan (5) alternatif yang ditawarkan tidak menimbulkan kerugian ekonomi dan lingkungan kepada masyarakat.

### Analisis Kebijakan Penggunaan Lahan Alternatif di DAS Konaweha

Analisis kebijakan penggunaan lahan alternatif di DAS Konaweha dilakukan dengan membandingkan kebijakan penggunaan lahan eksisting dengan penggunaan lahan alternatif. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut di atas (Kartodihardjo, dkk., 2004) adalah sebagai berikut:

Melakukan evaluasi dan kajian kebijakan penggunaan lahan eksisting, bentuk, konsep dasar, batas yuridiksi formal, substansi dasar, regulasi, implementasi dan kendala.

Membandingkan kebijakan penggunaan lahan eksisting dengan penggunaan lahan alternatif menggunakan kriteria aspek lingkungan, ekonomi dan sosial.



3. Merumuskan rekomendasi atau saran kebijakan penggunaan lahan alternatif berdasarkan skenario penggunaan lahan alternatif yang layak diterapkan.

Analisis kebijakan penggunaan lahan eksisting dan penggunaan lahan alternatif menggunakan kerangka waktu yang sama yakni tahun 2050 sehingga analisis faktor lingkungan, ekonomi dan sosial menggunakan waktu tersebut.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.