



Pusat  
Pengkajian Perencanaan dan  
Pengembangan Wilayah  
Institut Pertanian Bogor

Center for Regional System Analysis,  
Planning and Development  
Bogor Agricultural University

**Working Paper**

No.1 | November 2010

## **DAYA DUKUNG LINGKUNGAN ASPEK SUMBERDAYA AIR**

**Prastowo**

Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W)  
Center for Regional System Analysis, Planning and Development  
Kampus IPB Baranangsiang, Jl. Raya Pajajaran Bogor-16144, Jawa Barat, Indonesia  
Telp/Fax : +62-251-8359072  
e-mail : p4w\_ipb@yahoo.com

## KATA PENGANTAR

Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W) merupakan salah satu pusat yang berada di bawah Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Pertanian Bogor (IPB). Dari sisi struktur keilmuan, lingkup ilmu yang menjadi kompetensi utama P4W meliputi: (1) Pengembangan Model dan Sistem Informasi Spasial, (2) Perencanaan Tata Ruang dan Pengembangan Wilayah, (3) Pengelolaan Sistem Ekologi-Sumberdaya Alam dan Lingkungan; (4) Perencanaan dan Pengembangan Komunitas dan Perdesaan; serta (5) Studi Kemiskinan dan Ketenagakerjaan.

Working Paper No.1 yang terbit pada bulan November 2010 ini merupakan Working Paper edisi perdana yang dikeluarkan oleh P4W-IPB sebagai upaya peningkatan mutu dan kredibilitas dalam merintis terbitnya publikasi-publikasi ilmiah. Working Paper berjudul: **"Daya Dukung Lingkungan Aspek Sumberdaya Air"** ini merupakan karya tulis Dr Prastowo, berdasarkan hasil penelitian yang sudah beberapa kali dibahas dalam forum akademik, baik di lingkup IPB maupun di luar IPB, terutama di Kementerian Lingkungan Hidup.

Akhir kata, semoga publikasi ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan yang membutuhkannya.

November, 2010

Ernan Rustiadi  
Kepala Pusat

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	ii
I. PENDAHULUAN .....	1
II. KONSEP DAYA DUKUNG WILAYAH DALAM PENYEDIAAN AIR .....	2
III. ANALISIS NERACA AIR .....	10
3.1. Evapotranspirasi ( $ET_{Crop}$ ) .....	11
3.2. Curah Hujan <sub>lebih</sub> ( $CH_{lebih}$ ) dan Kapasitas Simpan Air .....	11
3.3. Limpasan dan Pengisian Airtanah .....	12
IV. INDIKATOR DEGRADASI SUMBERDAYA AIR .....	13
DAFTAR PUSTAKA .....	16



# DAYA DUKUNG LINGKUNGAN ASPEK SUMBERDAYA AIR

Prastowo

Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

## Abstrak

Analisis daya dukung lingkungan aspek sumberdaya air pada suatu wilayah dapat dilakukan melalui 4 (empat) hirarki analisis, yaitu meliputi penetapan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air, kajian sumberdaya iklim untuk pertanian, analisis potensi suplai air, dan kajian indikator degradasi sumberdaya air. Dalam tulisan ini, pada setiap hirarki analisis diuraikan tentang konsep, metodologi, dan ilustrasi hasil analisis. Status daya dukung lingkungan berbasis neraca air menggambarkan ketersediaan air hujan untuk memenuhi seluruh kebutuhan air untuk manusia (*water footprint*) pada suatu wilayah. Kajian sumberdaya iklim untuk pertanian dimaksudkan untuk memberi gambaran ketersediaan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, khususnya tanaman pangan dan hortikultura pada wilayah tertentu. Pada hirarki analisis ke-tiga, analisis potensi suplai air diperlukan untuk mengetahui berbagai skenario kondisi tutupan hutan, terkait dengan parameter  $CH_{lebih}$ , limpasan dan pengisian air tanah. Selain itu, analisis ini juga perlu dilakukan untuk mengetahui ketersediaan air permukaan dan airtanah, untuk memenuhi kebutuhan air pertanian, domestik, industri, dan PLTA, melalui pengembangan prasarana sistem suplai air. Data potensi air permukaan dapat berupa debit sungai, debit intake, volume dan muka air waduk/reservoir, sedangkan data potensi airtanah dapat berupa peta geohidrologi, hasil analisis cadangan airtanah, *safe yields*, debit pemompaan optimum, serta parameter potensi airtanah lainnya.

Kata kunci: daya dukung lingkungan, kebutuhan air, potensi suplai air, sumberdaya air,

## 1. PENDAHULUAN

Pertimbangan daya dukung lingkungan dalam penataan ruang merupakan amanah Undang-undang Negara Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan No. 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Salah satu langkah kegiatan yang harus ditempuh dalam penyusunan dan penetapan rencana tata ruang adalah menentukan arah pengembangan yang akan dicapai dilihat dari daya dukung dan daya tampung lingkungan. Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain. Pelestarian daya dukung lingkungan hidup merupakan rangkaian upaya untuk melindungi kemampuan lingkungan hidup terhadap tekanan perubahan dan/atau dampak negatif yang ditimbulkan oleh suatu kegiatan, agar tetap mampu mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain.

Konsep daya dukung terhadap populasi manusia mulai diterapkan pada tahun 1960an. Ditekankan bahwa kebiasaan mengkonsumsi oleh manusia sangat bervariasi dibandingkan dengan jenis hewan, menyebabkan sangat sulit untuk menduga daya dukung bumi bagi manusia. Oleh karena itu daya dukung lingkungan untuk kehidupan

manusia merupakan fungsi tidak hanya jumlah populasi, tetapi juga perbedaan tingkat konsumsi yang dipengaruhi oleh teknologi produksi dan konsumsi.

Analisis daya dukung lingkungan aspek sumberdaya air dapat dilakukan melalui 4 (empat) hirarki analisis, yaitu meliputi:

- a. Penetapan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air
- b. Kajian sumberdaya iklim untuk pertanian (tipe agroklimat)
- c. Analisis potensi suplai air
- d. Kajian indikator degradasi sumberdaya air

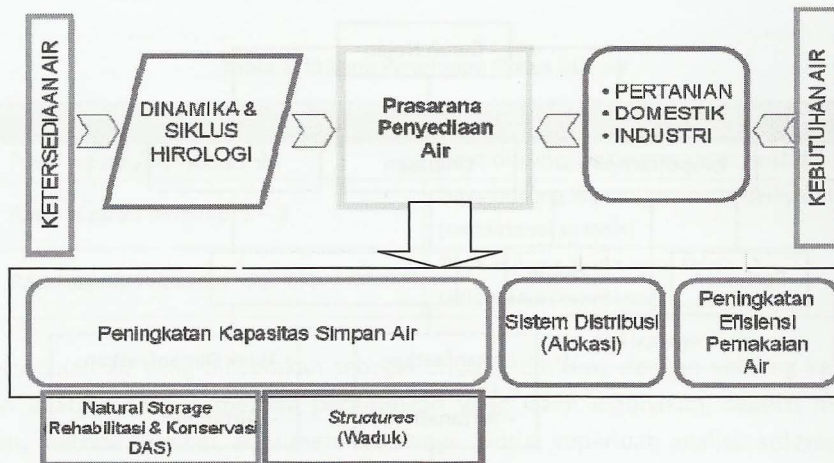
## 2. KONSEP DAYA DUKUNG WILAYAH DALAM PENYEDIAAN AIR

Daya dukung wilayah dalam menyediakan air ditentukan oleh satuan wilayah (misalnya Daerah Aliran Sungai - DAS) dari asupan curah hujan, yang menentukan jumlah air permukaan maupun airtanah. Kuantitas air tersedia ditentukan oleh beberapa parameter dalam perhitungan neraca air, yang meliputi karakteristik DAS seperti sifat fisik tanah, jenis penggunaan lahan, pola drainase, kapasitas infiltrasi, kapasitas simpan air, curah hujan, dan debit sungai. Ketersediaan air juga ditentukan oleh kualitas air tersedia serta tingkat pencemaran air dari berbagai sumber. Dalam tulisan ini, aspek kualitas air tidak dipertimbangkan lebih lanjut.

Daya dukung lingkungan berbasis neraca air suatu wilayah dapat diketahui dengan menghitung kapasitas ketersediaan air pada wilayah tersebut, yang besarnya sangat tergantung pada kemampuan menjaga dan mempertahankan dinamika siklus hidrologi pada daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). Upaya mempertahankan siklus hidrologi secara buatan sangat ditentukan oleh kemampuan meningkatkan kapasitas simpan air, baik penyimpanan secara "alami" melalui upaya rehabilitasi dan konservasi wilayah hulu DAS, maupun secara "struktur buatan" seperti pembangunan waduk/bendungan, embung, dan lainnya.

Pemanfaatan sumber-sumber air yang tidak terkendali dapat menyebabkan pasokan air cenderung berkurang akibat inefisiensi pemakaian air baik untuk pertanian, domestik, industri, dan lain-lain. Pengendalian status daya dukung air ditentukan oleh kemampuan menjaga kapasitas simpan air, sistem distribusi (alokasi) air, serta pemanfaatan/pemakaian air yang efisien, melalui penyediaan prasarana penyediaan air, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



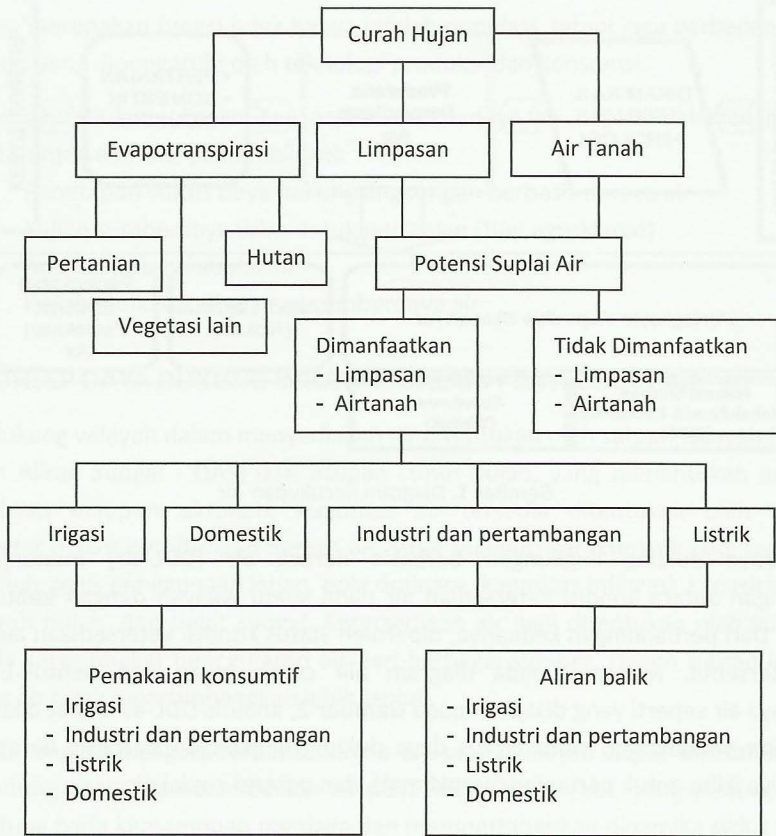


Gambar 1. Diagram Kecukupan Air

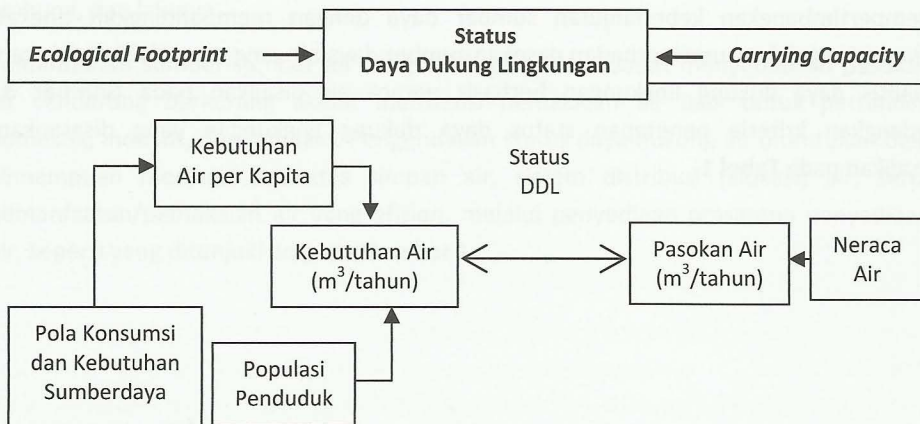
Analisis daya dukung lingkungan berbasis neraca air (DDL-air) menunjukkan perbandingan antara kondisi ketersediaan air pada suatu wilayah dengan kebutuhan yang ada. Dari perbandingan keduanya, diperoleh status kondisi ketersediaan air pada wilayah tersebut. Mengacu pada diagram alir curah hujan dan bentuk-bentuk sumberdaya air seperti yang disajikan pada **Gambar 2**, analisis DDL-air dapat dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu status daya dukung lingkungan berbasis neraca air, sumberdaya iklim untuk pertanian (agroklimat), dan potensi suplai air.

### 1) Status Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air

Konsep ini membandingkan antara *ketersediaan air hujan* (nilai  $CH_{\text{andalan}}$ ) dengan *water footprint* untuk menilai status DDL-air. Kriteria status DDL-air dinyatakan dengan *surplus-defisit neraca air* dan *rasio supply/demand*. Penetapan status daya dukung mempertimbangkan keberlanjutan sumber daya dengan membandingkan tingkat *demand* untuk konsumsi terhadap pasokan sumber daya air yang tersedia. Pendekatan analisis daya dukung lingkungan berbasis neraca air disajikan pada **Gambar 3**, sedangkan kriteria penetapan status daya dukung lingkungan yang disarankan disajikan pada **Tabel 1**.



**Gambar 2.** Diagram Alir Curah Hujan dan Bentuk-Bentuk Sumberdaya Air (Ward and William, 1995)



**Gambar 3.** Pendekatan Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air

**Table 1.** Kriteria Penetapan Status DDL-air

Kriteria	Status DDL-air
Rasio <i>supply / demand</i> > 2	Daya dukung lingkungan aman ( <i>sustain</i> )
Rasio <i>supply / demand</i> 1 ~ 2	Daya dukung lingkungan aman bersyarat ( <i>conditional sustain</i> )
Rasio <i>supply / demand</i> < 1	Daya dukung lingkungan telah terlampaui ( <i>overshoot</i> )

Ketersediaan air yang dinyatakan sebagai  $CH_{\text{andalan}}$  dihitung dengan peluang kejadian hujan  $\geq 50\%$ , dengan metode perhitungan yang lazim digunakan, seperti metode Hazen, metode Gumbel, atau metode lainnya. Untuk keperluan analisis ketersediaan air harus menggunakan data curah hujan dan data iklim yang *representative*, yang dapat diperoleh dari stasiun iklim terdekat, minimal data 10 tahun terakhir.

Adapun kebutuhan air (*water footprint*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D_A = N \times KHL_A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$D_A$  : Total kebutuhan air ( $m^3$ /tahun)

$N$  : Jumlah penduduk (jiwa)

$KHL_A$  : Kebutuhan air untuk hidup layak, sebesar  $1.600 m^3$  air/kapita/tahun ( $2 \times 800 m^3$  air/kapita/tahun), dimana  $800 m^3$  air/kapita/tahun adalah kebutuhan air untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan; sedangkan 2,0 adalah faktor koreksi untuk memperhitungkan kebutuhan hidup layak yang mencakup kebutuhan pangan, domestik dan lainnya

**Gambar 4** menyajikan nomogram penetapan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air pada suatu wilayah, dengan mempertimbangkan nilai curah hujan (mm/tahun) dan kepadatan penduduk (jiwa/ $km^2$ ).

**2) Sumberdaya Iklim Untuk Pertanian (Agroklimat)**

Diagram alir curah hujan dan bentuk-bentuk sumberdaya air pada **Gambar 2** memberikan gambaran bahwa curah hujan yang turun pada suatu wilayah akan berproses dalam bentuk evapotranspirasi, limpasan, dan airtanah. Proses dan besaran evapotranspirasi sangat tergantung pada kondisi penggunaan lahan untuk pertanian, hutan, dan tumbuhan lain. Dalam kaitannya dengan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman, khususnya tanaman pangan pada suatu wilayah, Oldeman (1975) telah mengembangkan konsep zona agroklimat, seperti yang disajikan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.



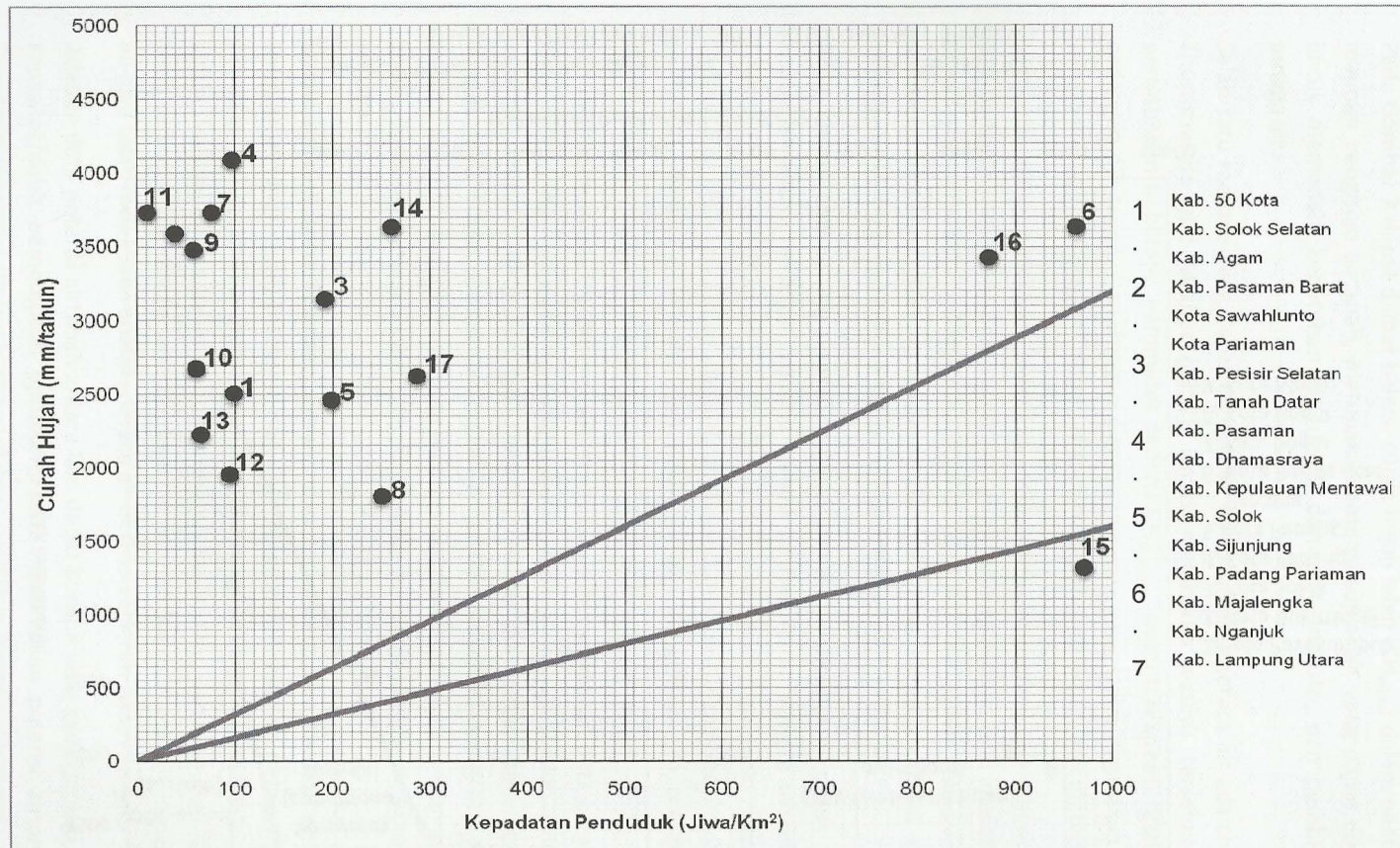
Dengan mengetahui zona agroklimat suatu wilayah, dapat diperkirakan daya dukung sumberdaya iklim untuk pengembangan pertanian di wilayah tersebut. Melalui pendekatan tersebut, telah dibuat beberapa Peta Agroklimat Jawa, Sumatera, Kalimantan, Maluku, dan Irian Jaya. Lebih lanjut Departemen Pertanian (2003) telah mengembangkan pendekatan serupa dengan lebih rinci, yaitu dengan menerbitkan *Atlas Sumberdaya Iklim Pertanian Indonesia*.

**Tabel 2.** Zona Agroklimat Utama Berdasarkan Klasifikasi Oldeman

Tipe Utama	Jumlah bulan basah berturut-turut
A	9
B	7 – 9
C	5 – 6
D	3 – 4
E	< 3
Sub divisi	Jumlah bulan kering berturut-turut
1	<2
2	2 – 3
3	4 – 6
4	>6

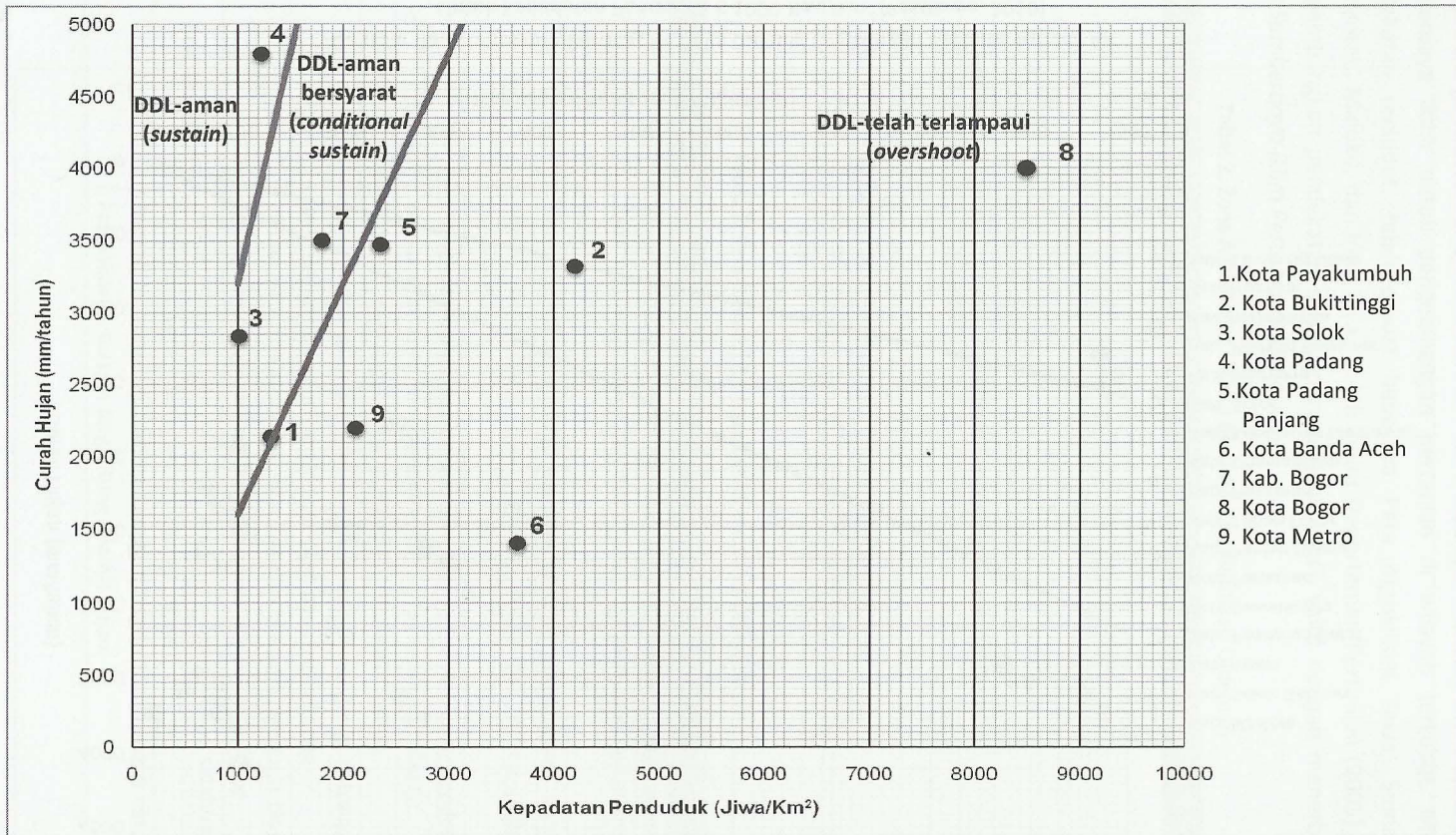
**Tabel 3.** Penjabaran Tipe Agroklimat Menurut Oldeman

Tipe agroklimat	Penjelasan
A1, A2	Sesuai untuk padi terus menerus tetapi produksi kurang karena pada umumnya kerapatan fluks radiasi surya rendah sepanjang tahun.
B1	Sesuai untuk padi terus menerus dengan perencanaan awal musim tanam yang baik. Produksi tinggi bila panen pada kemarau.
B2	Dapat tanam padi dua kali setahun dengan varietas umur pendek dan musim kering yang pendek cukup untuk tanaman palawija.
C1	Tanaman padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun.
C2, C3, C4	Setahun hanya dapat satu kali padi dan penanaman palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering.
D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan biasanya produksi bias tinggi karena fluks radiasi tinggi. Waktu tanam palawija cukup.
D2, D3, D4	Hanya mungkin satu kali padi atau satu kali palawija setahun, tergantung pada adanya persediaan air irigasi.
E	Daerah ini umumnya terlalu kering, mungkin hanya dapat satu kali palawija, itu pun tergantung adanya hujan.



Gambar 4a. Nomogram Penetapan Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air Untuk Kepapatan Penduduk  $\leq 1000$  Jiwa/km<sup>2</sup> (Prastowo, 2010)





Gambar 4b. Nomogram Penetapan Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air Untuk Kepadatan Penduduk 1000 – 20.000 Jiwa/km<sup>2</sup> (Prastowo, 2010)



### 3) Potensi Suplai Air

Pada **Gambar 2** dapat dilihat bahwa curah hujan lebih ( $CH_{\text{lebih}}$ ) dalam bentuk limpasan maupun pengisian airtanah, merupakan potensi suplai air yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, domestik, industri, dan pembangkit listrik tenaga air.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk analisis neraca air adalah persamaan Thornthwaite and Mather (1957). Untuk melakukan analisis tersebut diperlukan perhitungan beberapa parameter seperti  $CH_{\text{andalan}}$ , evapotranspirasi, dan perubahan cadangan air tanah. Perhitungan evapotranspirasi yang lazim digunakan antara lain adalah metode SCS Blaney-Criddle, Jensen-Haise, Thornthwaite, dan metode Penman.

Dari hasil analisis neraca air, nilai  $CH_{\text{lebih}}$  selanjutnya diturunkan dalam bentuk limpasan dan pengisian air tanah. Besarnya limpasan sebanding dengan nilai koefisien limpasan di wilayah tersebut, sedangkan besarnya pengisian air tanah sebesar nilai  $CH_{\text{lebih}}$  dikurangi limpasan. Besaran limpasan dan pengisian air tanah dapat dikelola dan didayagunakan sebagai potensi suplai air (*water supply*).

Pada hirarki analisis ini, analisis potensi suplai air diperlukan untuk mengetahui hubungan antara berbagai skenario kondisi tutupan hutan dengan parameter  $CH_{\text{lebih}}$ , limpasan dan pengisian air tanah. Selain itu, analisis ini juga perlu dilakukan untuk mengetahui ketersediaan air permukaan dan airtanah, untuk memenuhi kebutuhan air pertanian, domestik, industri, dan PLTA, melalui pengembangan prasarana sistem suplai air.

Untuk keperluan analisis potensi suplai air, harus menggunakan data curah hujan dan data iklim yang *representative*, yang dapat diperoleh dari stasiun iklim terdekat, minimal data 10 tahun terakhir. Data potensi air permukaan dapat berupa debit sungai, debit intake, volume dan muka air waduk/reservoir/embung/situ. Adapun data potensi airtanah dapat berupa peta hidrogeologi, hasil analisis cadangan airtanah, *safe yields*, debit pemompaan optimum, debit mata air, serta parameter potensi airtanah lainnya.

Dalam praktek pengembangan sistem suplai air, potensi sumberdaya air permukaan maupun airtanah dapat diketahui dari data pengamatan maupun peta-peta yang telah tersedia. Data potensi air permukaan antara lain dapat berupa data debit sungai, debit intake, volume dan muka air waduk/reservoir, danau, situ, dan embung. Data ini relatif telah tersedia di Kementerian Pekerjaan Umum dan Bakosurtanal. Instansi pemerintah ini juga telah melakukan analisis neraca air berbasis Daerah Aliran Sungai.

Adapun data potensi airtanah antara lain dapat berupa peta geohidrologi, *safe yields*, kapasitas/debit pemompaan optimum, serta hasil kajian potensi airtanah lainnya. Direktorat Geologi Tata Lingkungan telah menerbitkan Peta Geohidrologi untuk hampir

seluruh wilayah di Indonesia serta telah melakukan banyak kajian yang menyajikan data dan informasi mengenai potensi airtanah. Selain instansi tersebut, beberapa Pemerintah Daerah juga telah melakukan pemetaan potensi airtanah dengan skala peta yang relatif detil.

Kebutuhan air untuk irigasi dapat dihitung dengan mengetahui satuan kebutuhan air irigasi (1 lt/det/ha untuk tanaman padi) dikalikan dengan luas tanam (hektar). Kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dihitung dengan mengetahui satuan kebutuhan air bersih (60-150 liter/hari/orang) dikalikan dengan jumlah penduduk.

Kebutuhan air untuk industri dapat dihitung dengan mengetahui satuan kebutuhan air per satuan produk (lt/unit produk) dikalikan dengan jumlah produk per satuan waktu. Adapun kebutuhan air untuk sumber energi dan lainnya dapat dihitung sesuai dengan spesifikasi teknis prasarananya.

### 3. ANALISIS NERACA AIR

Persamaan neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama selang waktu tertentu, masukan air total pada suatu ruang tertentu harus sama dengan keluaran total ditambah perubahan bersih cadangan. Dalam perhitungan neraca air, penentuan jenis masukan dan keluaran air disesuaikan dengan ruang lingkup dimana neraca air akan dianalisis. Menurut Thornthwaite and Mather (1957), pada suatu daerah tangkapan, perhitungan neraca air dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$P = ET + \Delta St \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- P : presipitasi (mm/bulan)
- ET : evapotranspirasi (mm/bulan)
- $\Delta St$  : perubahan cadangan air (mm/bulan)

Presipitasi merupakan sumber utama pemasukan air pada suatu lahan yang masuk ke lahan dengan berbagai cara, misalnya dengan intersepsi dari tumbuh-tumbuhan atau jatuh langsung ke tanah. Evapotranspirasi adalah hasil akumulasi dari semua jenis kehilangan air pada suatu lahan tertentu. Pada metode ini semua aliran masuk dan keluar serta nilai kapasitas cadangan air tanah pada lokasi dengan kondisi tanaman tertentu digunakan untuk mendapatkan besarnya kadar air tanah, kehilangan air, surplus air, dan defisit air. Dalam proses analisis neraca air dengan persamaan Thornthwaite, diperlukan data curah hujan bulanan, suhu udara bulanan, penggunaan lahan, jenis atau tekstur tanah, serta letak lintang daerah tersebut.

Perhitungan neraca air dengan menggunakan persamaan Thornthwaite dapat memberikan gambaran tentang  $CH_{\text{lebih}}$  dan defisit air pada suatu wilayah. Setelah simpan air mencapai kapasitas cadangan lengas tanah (*water holding capacity*), kelebihan curah



hujan akan dihitung sebagai  $CH_{\text{lebih}}$ . Air ini merupakan kelebihan setelah air tanah terisi kembali. Dengan demikian  $CH_{\text{lebih}}$  dihitung sebagai nilai curah hujan dikurangi dengan nilai evapotranspirasi dan perubahan kadar air tanah. Selanjutnya,  $CH_{\text{lebih}}$  air akan menjadi limpasan dan pengisian air tanah.

Jika curah hujan yang turun lebih kecil dari evapotranspirasi aktual, akan terjadi defisit air. Nilai defisit air merupakan jumlah air yang perlu ditambahkan untuk memenuhi keperluan evapotranspirasi potensial (ETP) tanaman. Defisit air adalah selisih antara nilai evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi aktual (ETA).

### 3.1. Evapotranspirasi ( $ET_{\text{crop}}$ )

Nilai evapotranspirasi potensial (ETP atau  $ET_{\text{crop}}$ ) tergantung pada nilai evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) dan koefisien tanaman ( $kc$ ). Faktor-faktor yang menentukan besarnya  $ET_0$  adalah unsur-unsur iklim, diantaranya adalah radiasi matahari, suhu, kelembaban atmosfer dan angin.

Untuk mengetahui nilai ET tanaman tertentu,  $ET_0$  dikalikan dengan nilai  $kc$  yakni koefisien tanaman yang tergantung pada jenis tanaman dan tahap pertumbuhannya. Perhitungan nilai  $ET_{\text{crop}}$  dapat dilihat pada persamaan (3). Nilai  $ET_{\text{crop}}$  dapat dikonversi ke dalam satuan mm/ bulan dengan cara mengalikan nilai  $ET_{\text{crop}}$  (mm/hari) dengan jumlah hari tertentu dalam suatu bulan.

$$ET_c = kc \cdot ET_0 \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

$ET_{\text{crop}}$  : Evapotranspirasi potensial tanaman (mm/hari)

$kc$  : koefisien tanaman

Untuk berbagai perubahan penutupan lahan, nilai  $kc$  berpengaruh pada besarnya perubahan ETP.

### 3.2. Curah Hujan<sub>lebih</sub> ( $CH_{\text{lebih}}$ ) dan Kapasitas Simpan Air

Kapasitas simpan air ( $ST_0$ ) atau cadangan air merupakan besaran yang menunjukkan jumlah air tersedia di dalam suatu batasan ruang tertentu, yang merupakan hasil interaksi antara aliran masuk dan aliran keluar pada ruang tersebut. Bagi suatu daerah perakaran, bila dipandang sebagai ruang tempat terjadinya proses neraca air, besarnya cadangan lengas tanah maksimum adalah hasil perkalian antara jumlah air yang tersedia dengan kedalaman zona perakaran.

Menurut Thornthwaite and Mather (1957), kapasitas cadangan lengas tanah bergantung pada dua faktor yaitu jenis dan struktur tanah serta jenis tanaman yang terdapat pada permukaan tanah tersebut. Nilai  $ST_0$  akan sangat dipengaruhi oleh jenis penutupan lahan. Oleh sebab itu, nilai  $ST_0$  pada setiap persentase hutan akan berbeda. Nilai  $ST_0$  ditentukan dengan cara tertimbang sesuai proporsi luasan penutupan lahan.



### 3.3. Limpasan dan Pengisian Airtanah

Perhitungan neraca air dengan menggunakan persamaan Thornthwaite dapat memberikan gambaran tentang  $CH_{\text{lebih}}$  dan defisit air pada suatu wilayah. Setelah simpan air mencapai kapasitas cadangan lengas tanah (*water holding capacity*), kelebihan curah hujan akan dihitung sebagai  $CH_{\text{lebih}}$ . Air ini merupakan kelebihan setelah air tanah terisi kembali. Dengan demikian  $CH_{\text{lebih}}$  dihitung sebagai nilai curah hujan dikurangi dengan nilai evapotranspirasi dan perubahan kadar air tanah. Selanjutnya,  $CH_{\text{lebih}}$  akan menjadi limpasan dan pengisian air tanah.  $CH_{\text{lebih}}$  dapat ditentukan dengan persamaan:

$$S = P - ETP - \Delta St \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

S :  $CH_{\text{lebih}}$  (mm/bulan)

Jika curah hujan yang turun lebih kecil dari evapotranspirasi aktual, akan terjadi defisit air. Nilai defisit air merupakan jumlah air yang perlu ditambahkan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi potensial (ETP) tanaman. Defisit air adalah selisih antara nilai evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi aktual (ETA) yang ditunjukkan dengan persamaan :

$$D = ETA - ETP \dots\dots\dots(5)$$

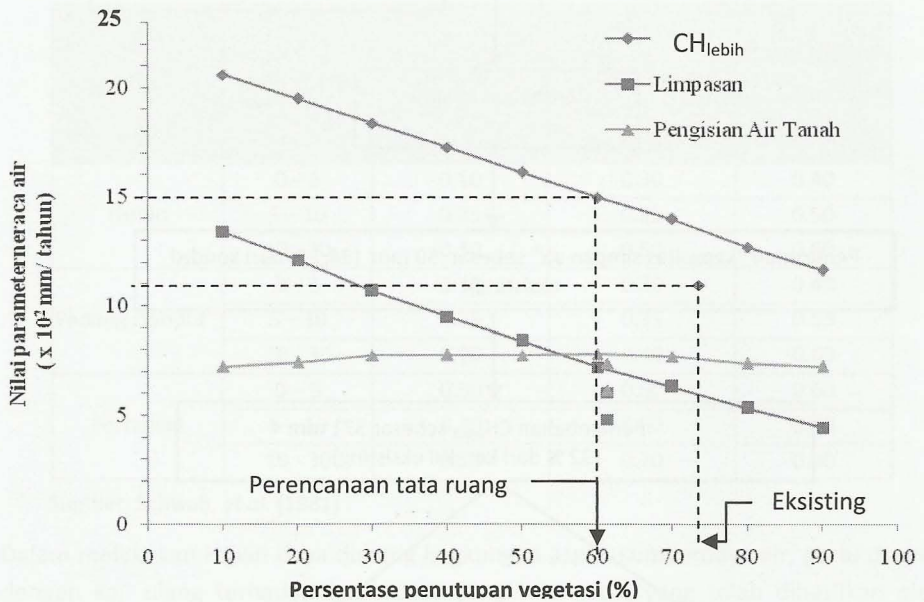
dimana :

D : defisit air (mm/bulan)

$CH_{\text{lebih}}$  kemudian akan diturunkan dalam bentuk limpasan dan pengisian air tanah. Besarnya limpasan sebanding dengan nilai koefisien limpasan di wilayah tersebut, sedangkan besarnya pengisian air tanah sebesar nilai  $CH_{\text{lebih}}$  dikurangi limpasan. Total limpasan dan pengisian air tanah dapat dikelola dan didayagunakan sebagai suplai air (*water supply*).

**Gambar 5.** menyajikan contoh kurva neraca air dengan skenario persentase penutupan vegetasi, yang memberikan ilustrasi perbandingan  $CH_{\text{lebih}}$ , limpasan dan pengisian air tanah pada berbagai kondisi persentase penutupan vegetasi termasuk di dalamnya kondisi eksisting dan perencanaan tata ruang. Nilai yang tertera pada gambar tersebut merupakan akumulasi jumlah dalam satu tahun. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan persentase penutupan vegetasi di suatu wilayah akan menyebabkan penurunan nilai  $CH_{\text{lebih}}$ . Hal ini berakibat pada penurunan nilai limpasan dan pengisian air tanah. Namun pola perubahan pengisian air tanah berbeda dengan limpasan dan  $CH_{\text{lebih}}$ . Nilai pengisian air tanah mengalami peningkatan seiring dengan

peningkatan persentase penutupan vegetasi sedemikian hingga pada titik tertentu yang menjadi titik balik dan selanjutnya mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase penutupan vegetasi. Pengisian air tanah maksimum di wilayah sub DAS Cipinang Gading terjadi pada kondisi eksisting yaitu pada persentase penutupan vegetasi 60%.



Gambar 5. Kurva Neraca Air Sub DAS Cipinang Gading, Bogor

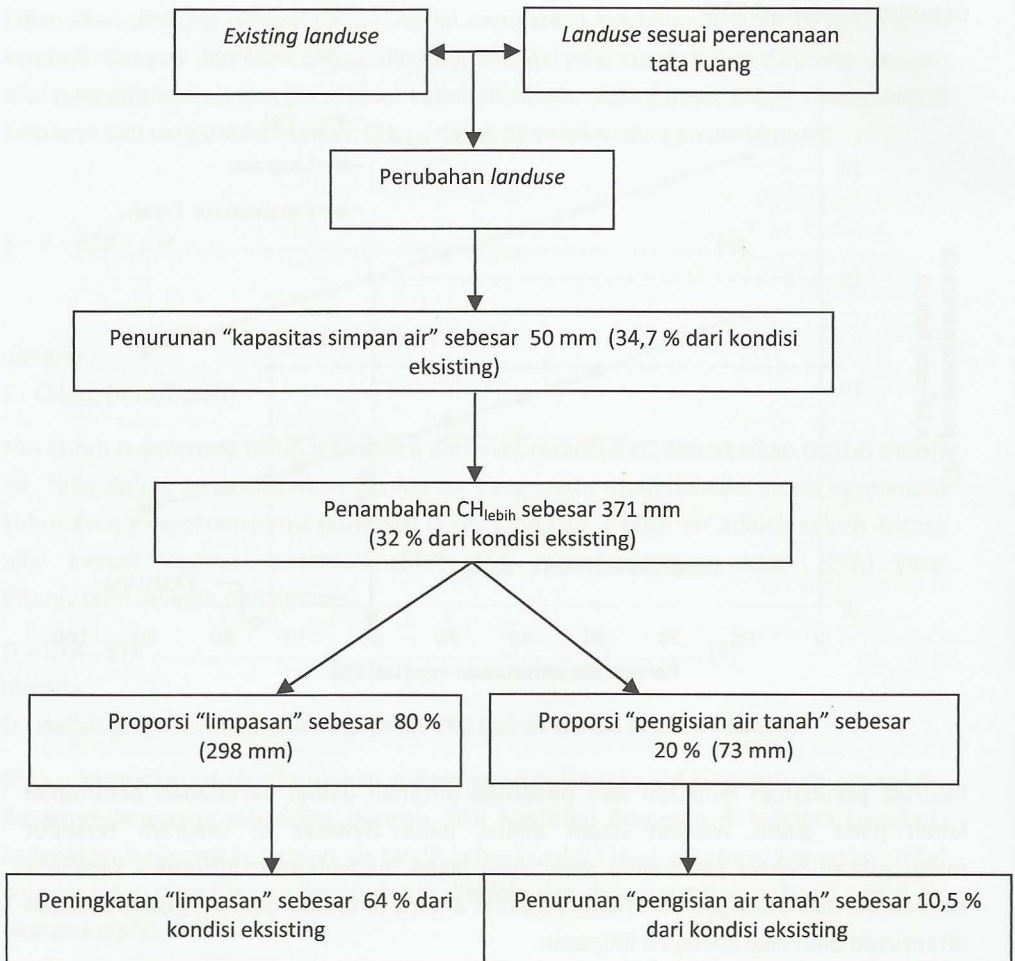
Ilustrasi perubahan limpasan dan pengisian airtanah akibat perubahan penutupan lahan pada suatu wilayah dapat dilihat pada **Gambar 6**. Diagram tersebut menunjukkan bahwa perubahan penutupan lahan menyebabkan turunnya kapasitas simpan air dan peningkatan CH<sub>lebih</sub>. Proporsi antara limpasan dan pengisian airtanah ditentukan oleh nilai koefisien limpasan.

#### 4. INDIKATOR DEGRADASI SUMBERDAYA AIR

Tinjauan atas daya dukung lingkungan aspek sumberdaya air, selain berbasis neraca air, dapat pula dilihat dari berbagai indikator kerusakan lingkungan, seperti banjir dan kekeringan. Beberapa parameter hidrologi yang dapat digunakan sebagai indikator degradasi sumberdaya air antara lain adalah:

- a) koefisien limpasan
- b) hidrograf sungai
- c) *rating curve* (muka air -Vs- debit) sungai

- d) fluktuasi debit sepanjang tahun (rasio  $Q_{maks}/Q_{min}$ )
- e) debit sedimen
- f) penurunan muka airtanah



**Gambar 6.** Diagram Limpasan dan Pengisian Air Tanah

Nilai koefisien limpasan menunjukkan bagian curah hujan yang tidak masuk ke dalam tanah, yang mengalir sebagai aliran permukaan (limpasan). Semakin tinggi nilai koefisien limpasan pada suatu wilayah, semakin rendah penutupan vegetasi pada wilayah tersebut. Peningkatan nilai koefisien limpasan adalah akibat adanya konversi lahan hutan atau lahan bervegetasi menjadi peruntukan lainnya. Selain oleh faktor penutupan lahan, nilai koefisien limpasan juga dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan



kondisi kemiringan lahan. **Tabel 4** menyajikan salah satu referensi yang dapat digunakan untuk menduga nilai koefisien limpasan.

**Tabel 4** Nilai Koefisien Limpasan ( C ) Untuk Perhitungan Limpasan

Lahan	Lereng (%)	Tekstur Tanah		
		Lempung berpasir (Sandy Loam)	Liat & lempung berdebu (Clay & Silt Loam)	Liat berat (Tight Clay)
Hutan	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Padang rumput	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	0.40	0.60
Pertanian	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

Sumber: Schwab, *et al.* (1981)

Dalam melakukan kajian daya dukung lingkungan aspek sumberdaya air, perlu diawali dengan kaji ulang terhadap basis data yang telah ada, yang telah dihasilkan oleh berbagai instansi terkait. Hal ini penting dilakukan oleh karena analisis yang mendalam terhadap parameter sumberdaya air tertentu cenderung telah dilakukan oleh instansi yang relevan. Sebagai contoh, Kementerian Pertanian dan beberapa Pemerintah Daerah telah menyusun peta kekeringan dan rawan banjir. Peta-peta tersebut tentu menyajikan data dan informasi yang sangat berarti, yang diperlukan dalam perencanaan pengembangan wilayah tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pertanian. 2003. Atlas Sumberdaya Iklim Pertanian Indonesia. Jakarta
- Prastowo, *et al.* 2007. *Kajian Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai*. Paper: "Workshop Daya Dukung Lingkungan". Kementerian Lingkungan Hidup – RI. Jakarta, 9 Agustus 2007.
- Safitri, Lisma. 2010. Perubahan Kapasitas Simpan Air Akibat Pembangunan Kawasan Bogor Nirwana Residence. Skripsi: Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Thornthwaite, C.W dan J.R Mather. 1957. Instruction and Table for Computing Potensial Evapotranspiration and Water Balance. New Jersey: Certerton.
- Ward, A.D. dan William J. E. 1995. Environmental Hydrology. New York : Lewis Publisher.
- Schwab, G.O., R.K.Frevert, T.W.Edminster, and K.K.Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons, New York.



# Working Paper

No.1 | November 2010

Crestpent Press adalah penerbitan yang berada di bawah payung Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah - Institut Pertanian Bogor. Crestpent Press menerbitkan buku-buku yang terkait dengan perencanaan wilayah, ekonomi wilayah, perencanaan pengembangan komunitas, sistem informasi wilayah, tata ruang, lanskap dan lingkungan.



## CRESTPENT PRESS

Kantor Pusat Pengkajian Perencanaan  
dan Pengembangan Wilayah (P4W)

Jl. Pajajaran Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16144

Telepon : 0251-8359072 | Faksimile : 0251-8359072

E-mail : crestpent@gmail.com

ISSN 2087-653X



9 772087 653011