

# MANFAAT INFORMASI NERACA AIR UNTUK MENDUKUNG SILVIKULTUR HUTAN TANAMAN

*Water Balance information for supported silviculture of forest plantation*

Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat, Kuok  
Jl. Raya Bangkinang-Kuok Km. 9, Telp. (0762) 7000121 Bangkinang, Riau

## **ABSTRACT**

*The analysis of water-balance accounting in forest plantation area will give important information on water magnitude and time of its existence, of the plantation unit. In forest plantation management, one of the importance of water-balance accounting is for supporting the activity of silviculture. For forest management, water balance information could be used to decide harvesting time, plantation time and silviculture technique which must be done. The silviculture activity which is supported by water balance information will more successful than no water balance supported.*

**Keywords:** *Water-balance accounting, silviculture, harvesting time, plantation time*

## **ABSTRAK**

Hasil dari analisa neraca air pada suatu unit manajemen hutan tanaman akan memberikan informasi penting mengenai kondisi ketersediaan air pada unit tersebut, baik jumlah maupun waktunya. Untuk keperluan pengelolaan hutan tanaman yang bersifat teknis, informasi neraca air dapat dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan silvikultur. Pada kegiatan silvikultur informasi ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar penentuan waktu tebang dan tanam serta teknik silvikultur yang sebaiknya diterapkan. Kegiatan silvikultur di hutan tanaman yang berbasiskan informasi neraca air akan memberikan harapan keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa basis informasi neraca air.

**Kata kunci :** *Analisa neraca air, silvikultur, waktu tebang, waktu tanam*

## I. PENDAHULUAN

Tiga aspek penting yang harus diperhatikan dalam silvikultur hutan tanaman industri adalah aspek teknis, genetik dan ekologi. Perhatian terhadap aspek teknis dan genetik dilakukan oleh pihak manajemen HTI melalui kegiatan silvikultur intensif (SILIN). Selain telah memasukkan pemeliharaan intensif sebagai kegiatan rutin yang meliputi kegiatan pemupukan dan pemberantasan organisme pengganggu tanaman, kegiatan silin di HTI telah diawali juga dengan pemilihan dan penggunaan bibit unggul. Sementara itu perhatian terhadap aspek ekologi dilakukan dengan mengawasi penilaian kualitas lahan (edafis dan klimatis) pada saat akan menanam/membangun HTI serta monitoring kondisi kualitas lahan selama kegiatan penanaman berlangsung.

Air merupakan salah satu unsur dari aspek ekologi yang penting dalam silvikultur hutan tanaman. Ketersediaan air baik kuantitas maupun waktunya merupakan hal yang perlu diketahui dan dimonitor. Dalam prinsip silvikultur, persediaan air didefinisikan sebagai jumlah air yang tersedia untuk pohon selama musim pertumbuhan (Daniel *et al.*, 1995).

Teknik SILIN yang diterapkan tidak akan optimal apabila tidak didukung oleh ketersediaan air yang mencukupi. Walaupun didukung oleh pemeliharaan intensif, pada kondisi air yang tidak mencukupi, bibit unggul yang digunakan tidak akan dapat mengekspresikan kualitas pertumbuhan dan produksinya. Untuk itu pengetahuan mengenai jumlah dan waktu ketersediaan air pada suatu unit manajemen hutan tanaman merupakan informasi yang penting untuk diketahui.

Neraca air merupakan metode yang sering digunakan untuk mengetahui kuantitas dan waktu ketersediaan air pada suatu unit wilayah. Nasir dan Effendy (1999) menyatakan bahwa data neraca air dapat memberikan beberapa keterangan penting tentang jumlah neto air yang dapat diperoleh, nilai surplus air yang tidak tertampung dan kapan saat terjadinya.

Dalam praktik silvikultur hutan tanaman informasi neraca air penting diantaranya untuk menentukan waktu tanam, penyulaman dan panen/tebang. Praktik silvikultur yang berbasis pengetahuan neraca air akan memberikan harapan keberhasilan yang lebih besar dibandingkan tanpa pengetahuan neraca air. Tulisan ini memberikan informasi tentang manfaat neraca air untuk silvikultur hutan tanaman.

## II. NERACA AIR

Neraca air merupakan penjelasan tentang hubungan antara aliran air ke dalam (*in flow*) dan aliran ke luar (*out flow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu dari proses sirkulasi air (Sosrodarsono dan Takeda, 1978). Sementara itu, Nasir dan Effendy (1999) menyatakan bahwa neraca air merupakan perimbangan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*) air di suatu tempat pada saat/periode tertentu.

Pendekatan neraca air adalah pendekatan ilmu fisika yaitu konsep kekekalan massa. Menurut kekekalan massa diartikan bahwa massa suatu materi tidak bertambah maupun berkurang tetapi hanya berubah bentuk dan berpindah tempat. Begitu pun dengan air, menurut pendekatan tersebut sebagai sebuah materi pada dasarnya kuantitas air pada suatu siklus hidrologi tidak berubah akan tetapi air mengalami perubahan bentuk dan berpindah tempat. Dalam satu siklus hidrologi air bisa terdapat dan berubah bentuk dalam tiga fase yaitu cair (air) terjadi melalui presipitasi (hujan), gas yaitu uap air terjadi melalui evapotranspirasi dan padat yaitu es/salju terjadi melalui proses kondensasi. Sementara perpindahan tempat/posisi air bisa berlangsung pada lokasi air bawah tanah (air tanah dan air bumi), air permukaan (laut, danau, sungai), dalam tubuh organisme dan udara (uap air dan awan).

Dengan pendekatan kekekalan massa maka dapat diformulasikan persamaan neraca air yaitu *input/inflow*/masukan sama dengan *output/outflow*/keluaran (Masukan = Keluaran). Sementara itu, persamaan dan kuantifikasi neraca air yang lebih lengkap tergantung dari tujuan penggunaan dari analisis neraca air yang dilakukan. Berdasarkan tujuan penggunaannya neraca air dapat dibedakan menjadi

neraca air umum, neraca air lahan dan neraca air lahan tanaman (Nasir dan Effendy, 1999).

#### A. Neraca Air Umum

Analisis neraca air umum dilakukan secara klimatologis dengan kebutuhan data iklim minimal 10 tahun. Melalui informasi neraca air umum dapat diketahui periode basah pada suatu wilayah. Dalam konsep klimatologi periode basah diartikan sebagai periode pada saat jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan maupun kehilangan air keluar dari sistem tanaman. Selain manfaat tersebut, hasil dari analisis neraca air umum dapat digunakan sebagai dasar klasifikasi iklim.

Persamaan neraca air umum adalah :

$$CH = ETP + S,$$

dengan CH = curah hujan (mm); ETP = evapotranspirasi potensial (mm) dan S = surplus air (mm). Pada tahap analisis data yang diperlukan untuk menyusun neraca air umum adalah data suhu dan evapotranspirasi rata-rata bulanan. Data evapotranspirasi diperoleh dari pengukuran panci kelas A di stasiun klimatologi. Apabila data evapotranspirasi bulanan tidak diperoleh maka nilai evapotranspirasi diperoleh melalui persamaan ETP (evapotranspirasi potensial) metode Thornthwaite dan Mather (1975) dalam Nasir dan Effendy (1999) . Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$ETP = 1.6x Fx (10T/I)^a$$

I = akumulasi indeks panas dalam setahun (12 bulan) yaitu =  $\sum (T/5)^{1.54}$

T = suhu rata-rata bulanan ( $^{\circ}C$ )

$$a = 0.675 \times 10^{-6} \times I^3 - 0.771 \times 10^{-4} \times I^2 + 0.01792 \times I + 0.49239$$

F = Faktor panjang hari (dari bulan ke bulan dalam setahun), tergantung posisi lintang/*latitude* wilayah.

Dalam analisis neraca air umum penyusunannya dilakukan hanya berdasarkan karakteristik iklim wilayah yang dianalisis. Sementara kondisi tanah/lahan tidak turut diperhitungkan. Dengan pendekatan seperti ini, beberapa asumsi telah disusun, yaitu: perlakuan tanah terhadap surplus air belum diperhitungkan, lahan tertutup rapat oleh tumbuhan/rumput pendek yang rapat dan tumbuh aktif serta nilai ETP dianggap mewakili nilai ETP seluruh lahan di mana neraca air disusun (Nasir dan Effendy, 1999).

## B. Neraca Air Lahan

Berbeda dengan neraca air umum, dalam analisis neraca air lahan selain faktor klimatologi, turut diperhitungkan pula kondisi tanah/lahan wilayah yang dianalisis. Pada neraca air ini kondisi lahan diekspresikan oleh informasi fisika tanah terutama nilai kandungan air tanah pada kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP). Nilai KL dan TLP dipengaruhi oleh sifat fisik tanah lainnya diantaranya adalah tekstur dan struktur tanah.

Prosedur analisis neraca air lahan mengikuti persamaan berikut (Sarjiman dan Muladi, 2006) :

$$M = K \dots\dots\dots (1)$$

$$CH = ETP + S \dots\dots\dots (2)$$

$$CH = ETP + dKAT + S \dots\dots\dots (3)$$

$$S = CH - ETP - dKAT \dots\dots\dots (4)$$

$$ETP = (x/12)(Y/30) * ETP \text{ dasar} \dots\dots\dots (5)$$

$$ETP \text{ dasar} = 16(10T/I)^a \dots\dots\dots (6)$$

$$ETA = CH + |dKAT|; \text{ (jika } CH > ETP) \dots\dots\dots (7)$$

$$ETA = ETP; \text{ (jika } CH < ETP) \dots\dots\dots (8)$$

dengan M = masukan, K = keluar, CH = curah hujan (mm/bulan), ETP = evapotranspirasi (mm/bulan), S = Surplus air dapat berupa genangan atau air perkolasi dKAT = perubahan kadar air tanah.

Seperti halnya pada analisis neraca air umum, beberapa asumsi perlu diperhatikan dalam penyusunan neraca air lahan. Asumsi-asumsi tersebut adalah lahan dianggap sebagai lahan datar yang tertutup vegetasi rumput pendek sebagai penutup tanah standar dan lahan merupakan lahan tadah hujan dalam artian tidak ada masukan air pada sistem selain dari hujan (tanpa irigasi).

### **C. Neraca Air Lahan Tanaman**

Dalam konsep neraca air, neraca air lahan tanaman merupakan neraca air yang paling spesifik dan teliti karena dalam analisisnya secara kompleks telah memasukan komponen iklim, tanah dan tanaman. Komponen tanaman dalam neraca air lahan tanaman diekspresikan oleh nilai Evapotranspirasi tanaman (ETPt) yang merupakan modifikasi dari nilai ETP standar. Berikut ini adalah persamaan ETPt (Nasir dan Effendy, 1999):

$$ETPt = Kc \times ETP_{\text{standar}}$$

Kc merupakan koefisien tanaman yang nilai bervariasi menurut jenis tanaman dan dapat berubah menurut umur atau perkembangan (fenologi) tanaman. Nilai Kc diperoleh secara empiris melalui percobaan lapang.

Prosedur analisis neraca air lahan tanaman mirip dengan neraca air lahan. Akan tetapi nilai ETP yang merupakan nilai evapotranspirasi lahan diganti oleh nilai ETPt yang merupakan nilai evapotranspirasi tanaman.

## **III. ANALISIS NERACA AIR UNTUK SILVIKULTUR HUTAN TANAMAN**

Sampai saat ini pembangunan hutan tanaman masih didominasi oleh hutan tanaman industri pulp (HTI-pulp) dan sebagian lainnya adalah HTI- pertukangan, HTI-andalan, HTI-campuran dan HTI-swakelola. Departemen Kehutanan (2007) melaporkan bahwa sampai tahun 2006 rincian luas hutan tanaman yang telah dibangun adalah HTI-pulp 1,8 juta ha, HTI-pertukangan 1,3 juta ha, HTI-andalan 43955 ribu ha, HTI-campuran 2,6 ribu ha dan HTI-swakelola 28,7 ribu ha.

Dari segi distribusi wilayah, pembangunan hutan tanaman terkonsentrasi di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Dephut (2007) melaporkan bahwa sampai tahun 2006 ijin HPHTI untuk Sumatera didominasi oleh Provinsi Riau yaitu seluas 1 juta ha dan untuk Kalimantan didominasi oleh Provinsi Kalimantan Timur yaitu seluas 1,1 juta ha. Berdasarkan karakter iklimnya, pembangunan hutan tanaman pada kedua pulau tersebut secara umum ada pada wilayah dengan tipe iklim A dengan pola curah hujan musiman tipe ekuatorial. Karakter wilayah dengan karakter iklim tersebut secara umum dicirikan oleh hujan yang berlangsung setiap tahun sehingga relatif tidak berlangsung musim kering. Dari segi kebutuhan air untuk tanaman (*water used consumption*) karakter wilayah seperti ini relatif belum membutuhkan informasi analisa neraca air. Sampai saat ini pun, belum ada laporan yang menginformasikan bahwa kegiatan silvikultur pada hutan tanaman berbasis informasi neraca air. Hal ini menjadi wajar mengingat bahwa pada wilayah tersebut sepanjang tahun air tersedia dan tidak menjadi faktor pembatas kegiatan silvikultur, terutama untuk kegiatan penanaman



Gambar (Figure)1. Pola curah hujan di Indonesia/*Rainfall type in Indonesia* (Tjasyono, 1999 dalam/in Kadarsah, 2009)

Telah dipahami bahwa dari segi kebutuhan air tanaman kondisi ketercukupan air sepanjang tahun tidak akan menjadi faktor pembatas kegiatan penanaman di hutan

tanaman. Akan tetapi dari segi manajemen kondisi ini tetap perlu untuk dikelola. Pengelolaan diarahkan kepada jadwal pemanenan dan penanaman pada rotasi tanam berikutnya. Dengan arti lain, pada kondisi lahan dengan ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun informasi neraca air tetap diperlukan sebagai salah satu bagian yang diperhitungkan dalam penentuan waktu panen/tebang dan penanaman rotasi berikutnya.

Salah satu informasi yang dihasilkan dari analisis neraca air adalah informasi mengenai besaran dan waktu ketersediaan air yang melimpah atau surplus air yang tinggi. Surplus air merupakan kondisi ketika nilai curah hujan (CH) pada suatu lahan lebih tinggi dibandingkan nilai evapotranspirasinya (ETP).

Pasca pemanenan akan meninggalkan lahan terbuka yang bisa berlangsung sampai satu bulan untuk kembali ditanami. Selama waktu tersebut, dengan kondisi lahan yang terbuka apabila terjadi curah hujan dengan besaran dan intensitas yang tinggi maka akan terjadi erosi dan *leaching* pada lahan sehingga tingkat kesuburan lahan pun akan menurun. Untuk itu supaya kualitas lahan lebih terjaga maka sebaiknya pemanenan/tebang tidak dilakukan pada waktu kondisi surplus air/curah hujan yang tinggi. Melalui analisis neraca air kondisi pada saat periode tersebut berlangsung akan dapat diketahui. Pertimbangan seperti ini akan berpengaruh terhadap waktu penanaman pada rotasi berikutnya.

Pembangunan hutan tanaman dianggap sebagai langkah yang strategis untuk merespon kebutuhan kayu industri yang sudah tidak bisa diharapkan lagi pasokannya dari hutan alam. Dengan demikian menjadi pilihan yang strategis juga apabila pembangunan hutan tanaman diperluas. Besar kemungkinan perluasan hutan tanaman akan mengarah pada wilayah dengan kondisi iklim musiman (pola monsoon). Untuk menghindari resiko kegagalan, dikarenakan pada tipe iklim tersebut terdapat periode/musim kering maka penanaman sebaiknya didasarkan kepada informasi neraca air wilayah bersangkutan.

#### **IV. APLIKASI NERACA AIR UNTUK SILVIKULTUR HUTAN TANAMAN**

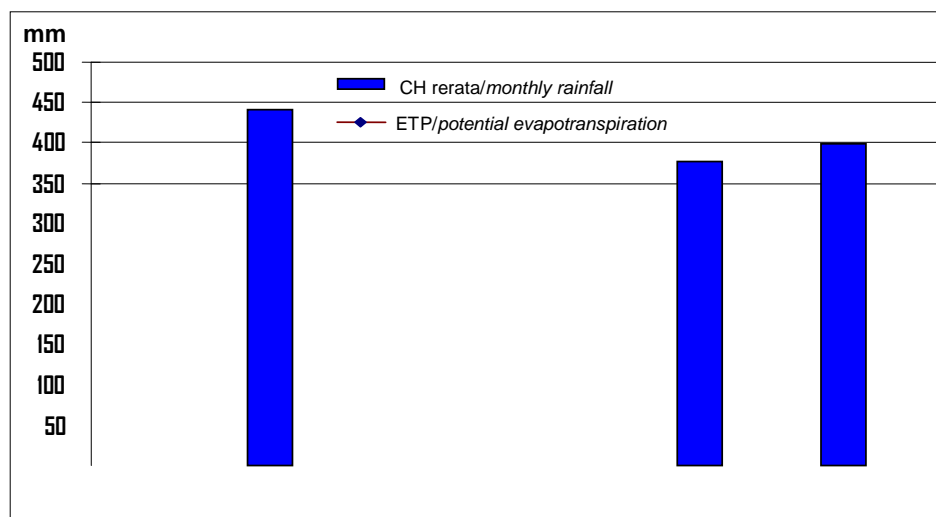


Berikut ini akan diuraikan mengenai contoh aplikasi neraca air untuk mendukung kegiatan silvikultur hutan tanam yaitu penentuan waktu tebang dan tanam. Contoh aplikasi diambil berdasarkan pendekatan pola curah hujan wilayah. Berdasarkan pola curah hujan dipilih dua pola curah hujan yaitu tipe ekuatorial dan monsun. Untuk wilayah dengan tipe curah hujan ekuatorial dipilih Perawang, Riau yang merupakan salah satu lokasi HTI-pulp yang ada di Propinsi Riau yaitu PT. Arara Abadi. Sementara itu, untuk wilayah dengan tipe curah hujan monsun dipilih daerah Gunungkidul, DI Yogyakarta. Gunungkidul merupakan salah satu wilayah di Pulau Jawa yang memperoleh alokasi lahan seluas 327,73 ha untuk dimanfaatkan sebagai hutan tanaman rakyat/HTR (Novianto, 2009)

#### A. Tipe Ekuatorial

Tjasyono (1999) dalam Kadarsah (2009) mengemukakan bahwa wilayah dengan tipe ekuatorial memiliki karakter musim hujan yang berlangsung sepanjang tahun. Ciri dari tipe ekuatorial adalah dalam satu tahun terdapat dua puncak hujan (bimodal) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau pada saat terjadi ekinoks.

Salah satu wilayah di Indonesia dengan tipe curah hujan ekuatorial adalah Provinsi Riau. Hal ini nampak jelas dari hasil analisis neraca air pada salah satu lokasi di Riau yaitu Perawang yang memperlihatkan besaran curah hujan yang tinggi sepanjang tahun. Selanjutnya, nampak pula dua puncak hujan yang terjadi pada bulan Maret dan November.





Gambar (Figure) 2. Neraca air umum di Perawang, Kabupaten Siak, Riau/*General water balance of Perawang, Siak District, Riau Propvince* (Supangat *et al*, 2008 telah dimodifikasi/*modified*)

Sepanjang tahun nampak besaran evapotranspirasi potensial (ETP) bulanan di Perawang lebih kecil dibandingkan curah hujannya (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa surplus air terjadi sepanjang tahun, yang berarti berdasarkan kebutuhan air tanaman (*water crop consumption*) penanaman bisa berlangsung sepanjang tahun. Akan tetapi pada kegiatan silvikultur hutan tanaman karena merupakan kegiatan yang berkesinambungan maka selain berdasarkan faktor kebutuhan air tanaman, penanaman yang dilakukan juga harus memperhitungkan stabilitas kualitas lahan. Hal ini terutama untuk penanaman antar rotasi/setelah tebang, karena waktu penanaman berikutnya sangat ditentukan oleh jadwal tebang maka penentuan waktu tebang pun merupakan sesuatu yang perlu diperhatikan.

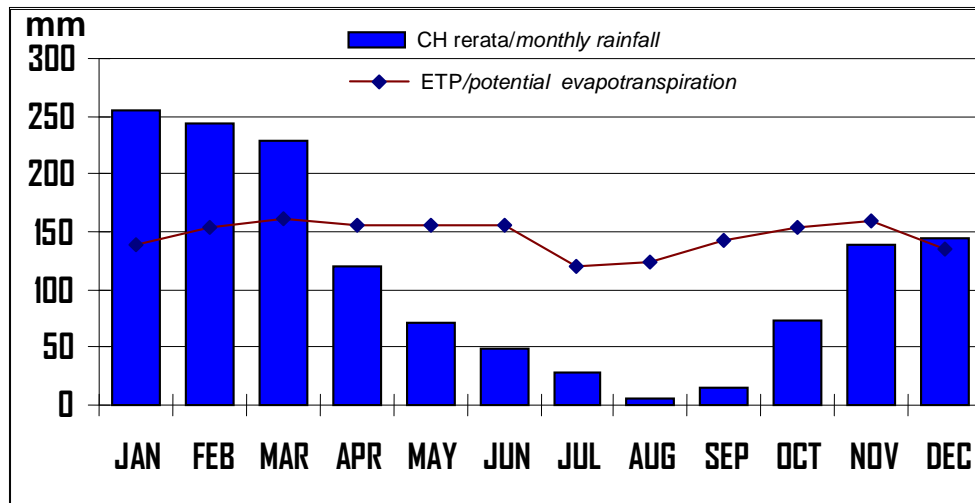
Berdasarkan hasil analisis neraca air umum Perawang terdapat periode/bulan dengan curah hujan/surplus air yang tinggi yaitu bulan Maret (surplus 231 mm), September (194 mm) dan November (surplus 203 mm). Dengan kondisi ini, penebangan/panen di awal bulan-bulan tersebut dan akhir pada satu bulan sebelumnya (akhir bulan Februari, Agustus dan Oktober) tidak disarankan untuk dilakukan. Dengan curah hujan yang tinggi, jika penebangan dilakukan pada bulan-bulan tersebut maka akan meninggalkan lahan terbuka yang potensial mengalami erosi dan *leaching*. Selanjutnya, penanaman antar rotasi pun sebaiknya tidak dilakukan pada waktu-waktu tersebut. Sementara itu, penebangan dan penanaman antar rotasi di luar waktu-waktu tersebut lebih disarankan untuk dilakukan.

Akan tetapi, bisa saja penebangan/penanaman dilakukan pada bulan-bulan yang tidak disarankan dengan catatan terlebih dahulu dilakukan pengaturan/kontrol tapak, misalnya melalui pemulsaan. Adanya mulsa di permukaan akan dapat menahan pukulan curah hujan sehingga dapat mengurangi erosi dan pencucian hara (*leaching*).

Jenis mulsa yang dipakai bisa berasal dari sisa pembalakan ataupun dari serasah tanaman.

## B. Tipe Monsun

Wilayah dengan tipe curah hujan monsun memiliki pola musiman curah hujan yang jelas yakni bisa dibedakan antara musim hujan dan kemarau. Wilayah ini memiliki satu puncak hujan (*unimodal*). Musim hujan biasanya diawali pada bulan-bulan dengan nama bulan berakhiran ber (September – Desember).



Gambar (Figure) 3. Neraca air umum di Gunungkidul, DI Yogyakarta/*General water balance of Gunung Kidul, Yogyakarta Propvince* (Sarjiman dan Muladi, 2006 telah dimodifikasi/*modified*)

Kabupaten Gunungkidul merupakan salah satu wilayah di Propinsi DI Yogyakarta yang memiliki tipe curah hujan monsun. Hasil analisis neraca air yang dilakukan oleh Sarjimandan dan Muladi (2006) pada wilayah ini menunjukkan bahwa musim hujan dan kemarau masing-masing berlangsung selama 6 (enam) bulan. Periode musim hujan berlangsung dari bulan November-April, sedangkan musim kemarau dari bulan Maret-Oktober. Hasil analisis neraca air tersebut pun

menunjukkan bahwa periode surplus air berlangsung selama 4 (empat) bulan yaitu pada periode bulan Desember-Maret (Gambar 3).

Berdasarkan distribusi surplus/defisit air (CH rerata – ETP) nampak tidak terdapat bulan dengan surplus air yang sangat tinggi. Dengan demikian pada prinsipnya penebangan dapat dilakukan sepanjang tahun. Akan tetapi karena waktu penebangan akan terkait dengan waktu penanaman berikutnya maka ketersediaan air pada saat penanaman perlu untuk dipertimbangkan. Dengan pertimbangan ini maka jadwal tebang yang disarankan adalah pada kisaran bulan November-Februari. Sementara jadwal tanam yang disarankan adalah pada periode awal Desember – awal Maret.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Informasi kuantitas dan waktu ketersediaan air yang dihasilkan dari analisis neraca air akan memberikan manfaat untuk mendukung keberhasilan kegiatan silvikultur di hutan tanaman. Pada kegiatan silvikultur informasi ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan waktu tebang dan tanam serta teknik silvikultur yang harus diterapkan. Kegiatan silvikultur di hutan tanaman yang berbasis informasi neraca air akan memberikan harapan keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa basis informasi neraca air.

### B. Saran

Untuk memperoleh informasi neraca air yang akurat, periodik dan berkesinambungan diperlukan dukungan alat-alat ukur cuaca/iklim yang terpasang pada stasiun cuaca di tiap unit manajemen hutan tanaman. Untuk itu beberapa alat yang perlu untuk disiapkan antara lain adalah *pertama*, alat ukur curah hujan yaitu penakar hujan manual tipe *observatorium* atau *ombrometer* dan penakar huna

otomatis tipe *Hellman*; *kedua*, alat ukur evapotranspirasi (penguapan) yaitu evaporimeter tipe panci klas A; *ketiga*, alat ukur suhu udara yaitu termometer bola kering, termograf, termometer maksimum dan termometer minimum dan *keempat*, alat ukur lengas tanah yaitu *soil moist tester*.

## DAFTAR PUSTAKA

- .  
Daniel, T.W., J.A. Helms dan F.S. Baker. 1995. Prinsip-prinsip Silvikultur. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Departemen Kehutanan. 2007. Eksekutif Data Strategis Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Kadarsah. 2009. Tiga Pola Curah Hujan di Indonesia. [www.kadarsah.wordpress.com](http://www.kadarsah.wordpress.com). Diakses Tanggal 2 Juni 2009
- Nasir, A., dan S. Effendy . 1999. Analisis Neraca Air dan Pola Tanam. Makalah pada Pelatihan Dosen-dosen Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Barat dalm Bidang Agroklimatologi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB. Bogor.
- Novianto, E. 2009. Hutan Tanaman Rakyat Gunungkidul Berkembang. [www.beritajogja.com](http://www.beritajogja.com). Diakses Tanggal 2 Juni 2009.
- Sarjiman dan Muladi. 2006. Analisis Neraca Air Lahan Kering pada Iklim Kering untuk Mendukung Pola Tanam. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian DI Yogyakarta. Yogyakarta. [www.ntb.litbangdeptan.go.id](http://www.ntb.litbangdeptan.go.id). Diakses Tanggal 2 Juni 2009.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1985. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Paradyna Paramita. Jakarta.
- Supangat, A.B., A. Junaedi dan Kosasih. 2008. Kajian Tata Air Hutan *A. mangium* dan *E. pellita*. Laporan Hasil Penelitian Tahun Anggaran 2008. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat, Kuok. Bangkinang.

