

PEMODELAN NERACA AIR TANAH UNTUK PENDUGAAN SURPLUS DAN DEFISIT AIR UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN PANGAN DI KABUPATEN MERAUKE PAPUA

Fadjry Djufry

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 17,5 Sudiang – Makassar 90242

E-mail :dfadjry2006@yahoo.com

(Makalah diterima, 20 juni 2012 – Disetujui, 29 Agustus 2012)

ABSTRAK

Pemodelan neraca air merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk menduga dinamika kadar air tanah selama periode pertumbuhan tanaman, sehingga dapat dihitung jumlah kebutuhan air tanaman untuk dapat berproduksi, terutama pada periode kritis yaitu pada saat kadar air tanah sangat rendah maupun dalam keadaan normal. Penelitian dilaksanakan mulai bulan April – November 2010 di Kabupaten Merauke Provinsi Papua. Pengumpulan data iklim (curah hujan, suhu udara, kelembaban), informasi lahan (didasarkan pada peta jenis tanah dan tataguna lahan, terutama untuk menentukan kapasitas menyimpan air dari tanah dan kedalaman perakaran tanaman). Analisis neraca air tanah dilakukan untuk setiap satuan analisis wilayah kecamatan dengan menggunakan metode *Thornthwaite dan Mather* (1957). Selanjutnya hasil analisis neraca air tanah dipetakan dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) sehingga dapat diketahui wilayah kecamatan yang mengalami periode defisit air maupun yang mengalami periode surplus air yang panjang. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola curah hujan yang dominan di Kabupaten Merauke adalah Pola A yaitu pola yang memberikan gambaran bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara jumlah curah hujan pada musim penghujan dengan musim kemarau. Kabupaten Merauke mengalami periode defisit air sekitar 4-7 bulan selama setahun. Kecamatan yang mengalami periode dan jumlah defisit air yang tinggi adalah Kecamatan Kuprik berturut-turut sebesar 7 bulan. Kecamatan yang mengalami periode defisit yang singkat sekitar 4 bulan adalah Kecamatan Jagebob, Kimaan dan Muting. Potensi masa tanam tanaman pangan di Kabupaten Merauke berkisar antara 5-7 bulan. Periode surplus yaitu sekitar 3 – 6 bulan pada bulan November sampai Mei/Juni. Kecamatan yang mengalami periode surplus yang lebih lama adalah Kecamatan Jagebob dan Kimaan yaitu 6 bulan. Sebagian besar kecamatan (6 kecamatan) yang ada di Kabupaten Merauke memiliki surplus air > 1000 mm/tahun. Hanya ada 2 kecamatan yang memiliki surplus air < 1000 mm/tahun yaitu Kecamatan Kuprik dan Kecamatan Sota. Kecamatan yang memperoleh surplus air yang tinggi selama setahun adalah Kecamatan Semangga. Potensi masa tanam yang pendek terdapat pada Kecamatan Kuprik (3 bulan) sedangkan potensi masa tanam yang panjang adalah (6 bulan) hampir pada semua Kecamatan (Semangga, Okaba, Muting Kimaan, dan Sota). Model neraca air yang disusun cukup valid untuk memprediksi ketersediaan air tanah dan penentuan waktu tanam di Kabupaten Merauke Provinsi Papua.

Kata kunci: Kabupaten Merauke, Neraca Air Tanah, Surplus dan Defisit Air, Tanaman Pangan

ABSTRACT

Water Balance Modelling to Estimate the Surplus and Water Deficit in Merauke District of Papua

Water balance modeling is one approach that can be used to predict the dynamics of soil water content for plant growth, so it can calculate the amount of crop water requirements, particularly at critical periods during which the soil moisture content is very low and in normal circumstances. The experiment was conducted April-November 2010 in Merauke district of Papua province. The collection of climate data (rainfall, temperature, humidity), land information (based on soil type and land use map, primarily to determine water holding capacity and root zone depth of the soils). Land water balance analysis was conducted for each analysis of districts using *Thornthwaite and Mather* (1957). Furthermore, the results of water balance of land was mapping used the geographic information system (GIS) method for knowing the districts that have the periods of water deficit or water surplus. The results showed that the dominant patterns of rainfall in the district of Merauke is pattern A is a pattern that suggests that there is a clear difference between the amount of rainfall during the rainy season to dry season. Merauke district experienced a period of water deficit of about 4-7 months for a year. Sub districts that have a period and a high amount of water deficit is Kuprik for 7 consecutive months. Sub districts that have a short period of deficit 4 months is Jagebob, Kimaan and Muting. The potential for planting food crops in Merauke district ranges from 5-7 months. The surplus period is about 3-6 months of November to May / June. Sub districts that have a longer period surplus is Jagebob and Kimaan is 6 months. The most of the sub districts (6 sub districts) in the Merauke district has a surplus of water > 1000 mm / year. There are only two sub districts that have surplus water < 1000 mm / year is Kuprik and Sota. Sub districts that obtain high water surplus for the year is Semangga. Potential of the short growing season found in Kuprik (3 months) while the potential of the growing season is long (6 months) in almost every sub district (Semangga, Okaba, Muting Kimaan, and Sota). Water balance model is developed enough valid for predicting soil water availability and timing of **food crop** planting in Merauke district of Papua province.

Keywords: Merauke Distric, water balance model, surplus and water deficit, food crop planting date calender

PENDAHULUAN

Potensi lahan untuk pengembangan pertanian di Kabupaten Merauke sangat luas dan merupakan salah satu sentra pengembangan tanaman pangan di Provinsi Papua. Pemerintah daerah dan pemerintah pusat telah mencanangkan kabupaten Merauke sebagai sebagai sentra cadangan pangan di Kawasan Timur Indonesia melalui Program MIFEE (*Merauke Integrated Food Energy and Estate*) dan sudah menjadi program nasional. Cadangan lahan yang potensial untuk pengembangan tanaman pangan di Kabupaten Merauke berkisar 2.5 juta ha. Hasil pewilayahan AEZ (Sosiawan, 2006), menunjukkan bahwa luas lahan di Kabupaten Merauke yang sesuai untuk usaha pertanian dan belum dimanfaatkan sekitar 1.913.304 ha (98,8 %) dan sudah dimanfaatkan sekitar 23.987 ha (1.24 %).

Ketersediaan air merupakan salah satu faktor pembatas yang menentukan jenis dan sebaran tanaman serta periode masa tanam. Setiap jenis tanaman dan sistem usahatani membutuhkan air yang bervariasi bergantung sifat genetis dan faktor lingkungan. Ketersediaan air tanah akan menentukan status air tanaman dan penting dalam proses absorpsi CO₂ (Chang, 1968; Jensen, 1991; Grant *et al.*, 1993)

Pemanfaatan pemodelan tanaman sudah banyak digunakan pada berbagai bidang seperti pemuliaan tanaman, ilmu tanah, fisiologi tanaman, antisipasi serangan hama penyakit tanaman, penentuan waktu tanam termasuk studi neraca air untuk mengetahui dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air pada suatu wilayah (Rafi *et al.*, 2005; Kumanbala *et al.*, 2010; Bari *et al.* 2006).

Pendekatan neraca air memungkinkan untuk mengevaluasi dinamika air tanah dan penggunaan air oleh tanaman secara kuantitatif (Lascano, 1991; Brisson *et al.*, 1992; Lascano, 2000), memantau cekaman air pada tanaman (Doraiswamy *et al.*, 1982) dan mengevaluasi penerapan sistem pertanian irigasi pada kondisi iklim tertentu (Binh *et al.*, 1994), dan menghitung ketersediaan air secara spasial pada suatu wilayah (Latha *et al.*, 2010).

Teknologi pemodelan telah banyak membantu menjelaskan dan menggambarkan proses yang terjadi dalam pergerakan air dari tanah ke tanaman serta dinamika kadar air tanah. Grant *et al.* (1997) mengemukakan bahwa pemodelan yang dilakukan tidak hanya memprediksi gejala sistem, tetapi juga bertujuan untuk meningkatkan pengertian terhadap fenomena yang diamati.

Keunggulan teknologi pemodelan neraca air adalah dapat dimanfaatkan untuk memprediksi potensi hasil tanaman secara akurat, prediksi kadar air tanah, dan penentuan waktu tanam optimum pada suatu daerah/wilayah. Khusus model neraca air, hasil pendugaannya sudah mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi.

Selain itu model neraca air dapat digunakan untuk menganalisis dan mensimulasi berbagai komponen neraca air, setelah divalidasi. Simulasi tersebut berguna dalam menyusun berbagai skenario dalam perencanaan penggunaan dan pengelolaan lahan dengan berbagai alternatif masukan dan teknologi. Skenario tersebut berguna untuk menduga pengaruh suatu sistem pengelolaan lahan dan penerapan teknologi terhadap setiap komponen neraca air dan dampaknya terhadap fisik lahan, sehingga setiap pilihan dapat diduga risikonya dan

langkah antisipasi yang perlu dilakukan. Penelitian bertujuan menyusun model simulasi neraca air untuk pendugaan surplus dan defisit air sebagai antisipasi kekeringan di Kabupaten Merauke Provinsi Papua.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Merauke Provinsi Papua. Analisis data dan pengambilan contoh tanah dilaksanakan mulai bulan April sampai bulan November 2010. Bahan penelitian yang digunakan adalah peta jenis tanah dan tataguna lahan, peta digital *Land Use* (1:50.000), peta kontour (1:50.000), peta batas administrasi kabupaten (1: 50.000), dan peta rupa bumi Kabupaten Merauke (1:50.000). Untuk menentukan letak lintang dan bujur lokasi pengambilan contoh tanah digunakan *Global Positioning System* (GPS).

Data curah hujan harian dikumpulkan dari setiap stasiun penakar hujan dan data iklim (suhu, kelembaban, kecepatan angin, radiasi matahari dan evaporasi) berupa harian dan bulanan dikumpulkan dari stasiun klimatologi Merauke periode tahun 1995-2010. Pengumpulan data kadar air tanah (KAT), kapasitas lapang (KL), dan titik layu permanen (TLP) dilakukan melalui pengambilan contoh tanah dua desa disetiap kecamatan yang masing-masing mewakili kondisi curah hujan wilayah Kabupaten Merauke. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada kedalaman yaitu 0-20 cm. Untuk verifikasi hasil dilakukan wawancara dengan petani dan petugas Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) untuk mengetahui jadwal tanam dan pola tanam eksisting pada wilayah tersebut.

Metode Analisis

Analisis neraca air tanah untuk setiap satuan analisis pada sembilan kecamatan dilakukan menggunakan metode *Thornthwaite dan Mather* (1957) dan Black (2007) dengan prosedur sebagai berikut :

1. Mengisikolom curah hujan (CH) berdasarkan pengamatan;
 2. Mengisikolomevapotranspirasi potensial (ETP) dengan metode *Thornthwaite dan Mather* dengan menggunakan unsur iklim suhura-rata.
- Formulanya adalah sebagai berikut :

a. Jika $T_a < 26.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$PET = 1.6 \left(\frac{L}{12} \right) \left(\frac{N}{30} \right) \left(\frac{10 T_a}{I} \right)^\alpha, \text{ dengan}$$

$$\alpha = (6.75 \times 10^{-7}) I^3 - (7.71 \times 10^{-5}) I^2 + (1.792 \times 10^{-2}) I + 0.49239$$

Dimana :

PET = evapotranspirasi potensial (cm/bulan)

T_a = suhu udara rata-rata harian ($^\circ\text{C}$)

N = jumlah hari dalam sebulan

L = panjang hari aktual

I = akumulasi indeks panas dalam setahun, diperoleh dengan rumus :

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{ai}}{5} \right)^{1.514}$$

b. Jika $T_a \geq 26.5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$PET = -0.433T_a^2 + 32.244T_a - 415.85$$

- Menghitung $CH - ETP$;
- Hasil-hasil negatif padalangkah 4 diakumulasi bulanan demi bulanan sebagai nilai *accumulation of Water Loss* (APWL); dengan formula sebagai berikut :

$$APWL_i = APWL_{i-1} + (CH - ETP)_i$$

- Menentukan nilai kapasitas lapangan tanah serta kedalaman tinjau nya (kedalaman perakaran); Dalam perhitungan dipergunakan $KL=0.37$ dan kedalaman tinjau = 1000 mm
- Mengisinkan kandungan air tanah (KAT) berdasarkan APWL dari bulan kebulan dengan rumus berikut :

$$KAT = KL * k^{APWL} \text{ dimana } k = p_0 + \frac{p_1}{KL}, \text{ dengan}$$

$$p_0 = 1.000412351, p_1 = 1.073807306$$

- Mengisinkan perubahan KAT (dKAT) :

$$DKAT = KAT_i - KAT_{i-1}$$

- Menghitung Evapotranspirasi Aktual (ETA):

$$\text{Jika } APWL = 0 \rightarrow ETA = ETP$$

$$\text{Jika } APWL \geq 0 \rightarrow ETA_i = CH_i + |DKAT_i| \rightarrow$$

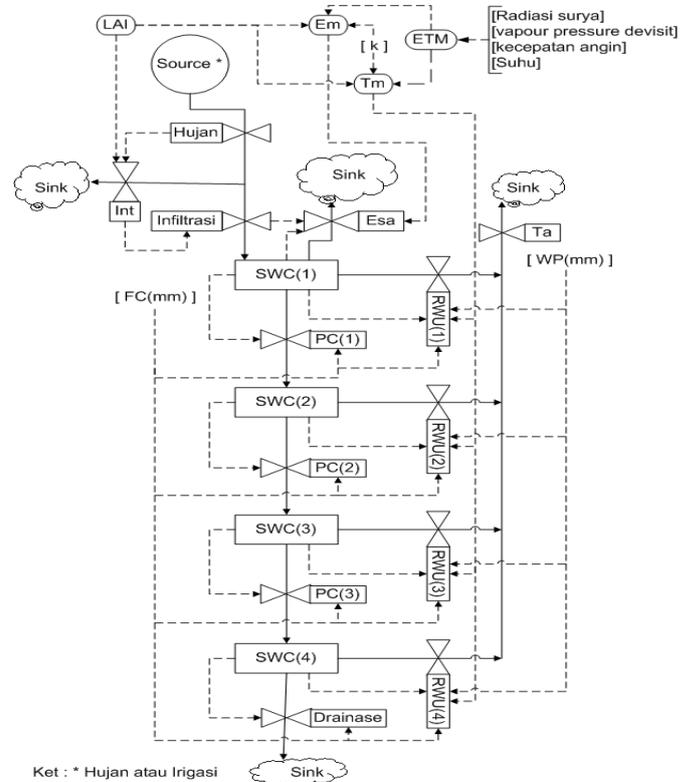
$$\text{if } (ETA_i > ETP_i) \rightarrow ETA_i = ETP_i$$

- Kolom Defisit (D) dimana $D_i = ETP_i - ETA_i$

- Surplus terjadi saat tidak ada defisit, maka

$$S_i = CH_i - ETP_i - DKAT_i$$

unsur cuaca dan parameter tanah dalam model. Hasil keluaran model kemudian dipetakan daerah-daerah yang berpotensi rawan kekeringan. Perangkat lunak sistem informasi geografis (PC-ArcInfo) digunakan untuk menyusun *database* serta memetakan wilayah-wilayah rawan banjir dan kekeringan di wilayah ini.



Gambar 1. Diagram Alir model neraca air

Pemodelan Neraca Air

Tahapan penyusunan pemodelan neraca air meliputi, (1) penyusunan model, (2) pengujian model dan (3) aplikasi model. Model neraca air yang disusun mensimulasikan komponen-komponen neraca air, seperti : intersepsi tajuk, infiltrasi, perkolasi, limpasan permukaan, kadar air tanah, evaporasi dan transpirasi.

Peubah masukan (*input variables*) yang digunakan dalam model simulasi adalah peubah cuaca, tanaman, tanah dan keadaan awal (*initial variables*). Model yang disusun mempunyai resolusi harian sehingga diperlukan unsur-unsur cuaca harian sebagai masukan yang terdiri atas radiasi surya (MJ/hari), suhu udara ($^\circ\text{C}$), kelembaban udara (%), kecepatan angin (m/detik) dan curah hujan (mm/hari).

Hasil analisis neraca air tanah dengan sistem informasi geografis (SIG) dipetakan berdasarkan periode surplus air (masa tanam) dan defisit air (masa kurang air) sehingga lokasi kecamatan yang mengalami periode defisit air yang lama dan yang mengalami periode surplus air yang panjang (berpotensi untuk budidaya tanaman pangan), diketahui.

Pewilayahan surplus dan defisit air dilakukan dengan menjalankan model yang telah disusun dengan masukan unsur-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian meliputi seluruh Kabupaten Merauke, yang secara astronomis terletak pada koordinat antara $6^{\circ}00' - 9^{\circ}00'$ Lintang Selatan dan $137^{\circ}30' - 141^{\circ}00'$ Bujur Timur. Menurut data Merauke Dalam Angka tahun 2011 (BPS, 2011), luas wilayah Kabupaten Merauke adalah 4.507.100 ha. Kabupaten Merauke terbagi menjadi 20 Kecamatan, yaitu: Kecamatan Kimaan, Waan, Tabonji, Ilyawab, Okaba, Tubang, Ngguti, Kaptel, Kurik, Malind, Animha, Merauke, Semangga, Tanah Miring, Jagebob, Sota, Naukenjerai, Muting, Eligobel, Ulilin (Distan Papua, 2011).

Kabupaten Merauke berbatasan dengan:

- Sebelah Utara : Berbatasan dengan Kabupaten Mappi dan Boven Digoel
- Sebelah Timur : Berbatasan dengan Papua Nugini (PNG)
- Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Laut Arafura
- Sebelah Barat : Berbatasan dengan Laut Arafura

Bentang alam Kabupaten Merauke berupa dataran sangat luas. Secara umum zonasi bentang alam dari pantai ke arah utara berupa: beting pantai (daerah pantai), rawa belakang (sering tergenang), dataran teras (relatif tinggi), dan dataran

pedalaman (relief berombak-bergelombang). Secara umum melandai ke arah selatan. Berdasarkan analisis terrain, daerah penelitian dikelompokkan menjadi 5 Grup landform utama, yaitu: Aluvial (A), Marin (M), Fluvio-marin (B), Gambut (G), dan Tektonik/Struktural (T). Tanah

Lahan di Kabupaten Merauke dikelompokkan menjadi daerah bawahan (*lowland*) dan daerah atasan (*upland*). Keadaan tanah kedua lingkungan tersebut sangat berbeda sehingga karakteristiknya tanahnya berbeda pula. Keadaan tanah daerah bawahan (*lowland*) umumnya tergenang/sering tergenang (jenuh air). Bahan induk tanah berasal dari endapan sungai, marin, organik. Tanah yang terbentuk dari bahan marin, tanahnya ada yang mengandung bahan sulfidik (*pirit*) dan terkena pasang surut air laut. Tanah di daerah atasan (*upland*) terjadi proses pencucian (*leaching*) dan pengendapan. Bahan induk tanah berasal dari endapan batuliat dan batupasir. Landform yang terbentuk dikelompokkan ke dalam teras marin dan tektonik/struktural dengan relief berombak, bergelombang dan berbukit mempunyai drainase baik. Tanah-tanah yang terbentuk antara lain diklasifikasikan kedalam: Dystrudepts (Kambisol), Hapludults (Podsolik Merah Kuning), dan Plintudults (Podsolik Plintik) (Sosiawan, et. al., 2006)

Karakteristik Iklim Kabupaten Merauke

Kabupaten Merauke merupakan zona inter-tropikal dan mempunyai tipe iklim monsonal, artinya flukutasi curah hujan yang dipengaruhi oleh pergerakan angin muson. Seperti Papua pada umumnya, wilayah penelitian dicirikan oleh musim hujan yang terjadi bulan Oktober-Maret dan musim kemarau yang terjadi antara bulan April-September. *Series* data iklim selama 10 tahun yang tercatat di stasiun Merauke yang mewakili daerah pantai selatan menunjukkan bahwa curah hujan rerata tahunan berkisar 1.696 mm, suhu rerata tahunan berkisar 27 °C. Evaporasi potensial (*ETP Penman*) tahunan sebesar 1.560 mm. Kecepatan angin bervariasi antara 2–4 mm/detik; kelembaban udara relatif berkisar 65% sepanjang tahun yang mencapai maksimum bulan Desember dan Januari dan minimum terjadi bulan Juli. Radiasi matahari tahunan berkisar antara 1700-2.200 jam dengan kisaran tertinggi bulanan 176 jam/bulan dan terendah 139 jam/bulan. Hasil analisis probabilitas curah hujan bulanan periode 1995-2010 menunjukkan bahwa pada tahun-tahun normal curah hujan bulanan akan berkisar antara 10 mm (Agustus) sampai 340 mm (Januari), sedangkan pada tahun-tahun kering periode kering akan terjadi selama 8 bulan (Mei–Oktober) dengan curah hujan bulanan maksimum berkisar 32 mm (Sosiawan, et. al., 2006).

Penyebaran curah hujan tahunan dapat dilihat dengan mengetahui berapa jumlah curah hujan rata-rata (mm/tahun) di beberapa stasiun hujan. Penyebaran curah hujan tahunan akan lebih informatif bila disajikan dalam bentuk peta isohyet, yaitu peta-peta yang berisi garis-garis (isoline) yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai jumlah curah hujan yang sama. Menurut Amien (1996) ketepatan dan keabsahan (validitas) informasi ini ditentukan oleh jumlah dan penyebaran stasiun hujan di suatu wilayah. Makin rapat dan makin banyak stasiun yang digunakan akan memberikan hasil yang lebih baik, sebaliknya makin jarang dan makin sedikit stasiun yang digunakan maka analisis dapat menghasilkan informasi yang bias.

Pengelompokan data curah hujan tahunan dari 8 stasiun pencatat hujan pada periode 1995 – 2010 disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengelompokan, Kabupaten Merauke dibagi menjadi empat (4) wilayah hujan yang diberi notasi wilayah I, wilayah II dan wilayah III, serta IV masing-masing berturut-turut memiliki kisaran curah hujan > 2500 mm/tahun, 2000 – 2500 mm/tahun, 1500-2000 mm/tahun dan < 1500 mm/tahun.

Wilayah I hanya satu daerah yaitu sebagian Kecamatan Kimaan Barat, wilayah II meliputi Kecamatan Jagebob, Semangga, Muting dan Kimaan Timur, wilayah III meliputi Kecamatan Sota, Okaba, sedangkan wilayah IV yaitu Kecamatan Kuprik.

Tabel 1. Pengelompokan curah hujan tahunan di Kabupaten Merauke

Wilayah	Kisaran curah hujan	Kecamatan/Kecamatan
I	> 2500 mm/tahun	Kimaan Barat
II	2000 – 2500 mm/tahun	Jagebob, Kimaan, Semangga, Muting
III	1500 - 2000 mm/tahun	Sota, Okaba, Tanah Miring, Kimaan Timur
IV	< 1500 mm/tahun	Kuprik

Secara umum curah hujan di Kabupaten Merauke berkisar 1500 mm/tahun hingga tidak lebih 3000 mm/tahun. Kecamatan yang mempunyai rata-rata curah hujan tahunan tertinggi adalah Kecamatan Kimaan (2371 mm/tahun) dan terendah adalah Kecamatan Kuprik (1382 mm/tahun).

Pola curah hujan menggambarkan fluktuasi rata-rata curah hujan bulanan dalam setahun. Pola curah hujan dapat diketahui dengan cara membandingkan nilai curah hujan bulanan tersebut dengan nilai intensitas rata-rata. Nilai intensitas rata-rata adalah nilai curah hujan tahunan dibagi 12.

Tabel 2 menyajikan pola curah hujan di setiap Kecamatan yang ada di Kabupaten Merauke. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa pola curah hujan yang dominan di Kabupaten Merauke adalah Pola tunggal atau pola sederhana (A) yaitu terdapat perbedaan yang jelas antara jumlah curah hujan pada musim penghujan dengan musim kemarau yang meliputi Kecamatan Semangga, Tanah Miring, Jagebob, Kuprik, Kimaan, Sota, Okaba, dan Muting.

Penyebaran zona agroklimat merupakan suatu analisis yang dapat memberikan gambaran seberapa jauh potensi masa tanam untuk tanaman pangan (padi sawah dan palawija) dan teknologi-teknologi yang dibutuhkan. Oldeman (1975) telah membuat sistem baru dalam klasifikasi iklim yang dihubungkan dengan pertanian menggunakan unsur iklim hujan. Analisis ini dilakukan dengan menghitung jumlah bulan basah (BB) berturut-turut dan jumlah bulan kering (BK) berturut-turut di suatu stasiun atau suatu wilayah, dimana menurut Oldeman yang dimaksud bulan basah untuk kebutuhan budidaya padi sawah adalah bulan dengan rata-rata curah hujan >200 mm/bulan sedangkan yang dimaksud bulan kering adalah bulan dengan rata-rata curah hujan < 100 mm/bulan. Selanjutnya, dalam penentuan klasifikasi iklimnya Oldeman menggunakan ketentuan panjang periode bulan basah dan bulan kering berturut-turut.

Tabel 2 menunjukkan bahwa zona agroklimat yang terdapat di Kabupaten Merauke cukup bervariasi mulai dari iklim yang agak basah (C3) sampai tipe iklim kering (D4). Sebagian besar Kecamatan di Kabupaten Merauke (Semangga, Tanah Miring,

Jagebob, Muting, Okaba dan Kimaan) termasuk tipe iklim C3 yang menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki 5-6 bulan basah (> 200 mm) berturut-turut, dan 4-6 bulan kering (< 100 mm). Tipe iklim D3 juga hanya satu kecamatan yaitu Sota, wilayah ini memiliki 3 bulan basah (> 200 mm) berturut-turut, dan 5 bulan kering (< 100 mm). Begitupula tipe iklim D4 hanya satu kecamatan yaitu Kuprik yang mana wilayah ini memiliki memiliki 3 bulan basah (> 200 mm) berturut-turut, dan 7 bulan kering (< 100 mm).

Tabel 2. Tipe iklim dan pola hujan di Kabupaten Merauke

No	Kecamatan	BB	BK	Tipe Iklim	Pola Hujan
1	Semangga	5	5	C3	A
2	Tanah Miring	5	5	C3	A
3	Jagebob	6	4	C3	A
4	Kuprik	3	7	D4	A
5	Muting	5	4	C3	A
6	Kimaan	6	4	C3	A
7	Okaba	5	5	C3	A
8	Sota	3	5	D3	A

Analisis Neraca Air Tanah

Berdasarkan data curah hujan, laju evapotranspirasi, dan kemampuan tanah menahan air pada daerah perakaran sedalam 30 cm, disusun perhitungan neraca air lahan tiap kecamatan di Kabupaten Merauke. Dari perhitungan neraca air lahan tersebut dapat diketahui defisit dan surplus, bulan kemarau dan penentuan periode (masa) tanam serta pola tanam yang akan dikembangkan.

Secara umum wilayah Kabupaten Merauke sebagian besar mempunyai periode surplus yaitu sekitar 3 – 6 bulan pada bulan November sampai Mei/Juni. Kecamatan yang mengalami periode surplus yang lebih lama adalah Kecamatan Jagebob dan Kimaan yaitu 6 bulan. Sebagian besar kecamatan (6 kecamatan) yang ada di Kabupaten Merauke memiliki surplus air > 1000 mm/tahun. Hanya ada 2 kecamatan yang memiliki surplus air < 1000 mm/tahun yaitu Kecamatan Kuprik dan Kecamatan Sota. Kecamatan yang memperoleh surplus air yang tinggi selama setahun adalah Kecamatan Semangga .

Wilayah Kabupetan Merauke secara umum mengalami periode defisit air sekitar 4-7 bulan selama setahun. Kecamatan yang mengalami periode dan jumlah defisit air yang tinggi adalah Kecamatan Kuprik berturut-turut sebesar 7 bulan. Kecamatan yang mengalami periode difisit yang singkat sekitar 4 bulan adalah Kecamatan Jagebob, Kimaan dan Muting. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh besarnya evapotranspirasi pada wilayah tersebut sehingga kadar air tanah mengalami penurunan yang drastis. Defisit air dapat terjadi bila kandungan air tanah yang ada tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air potensialnya (Djufry, 2005, 2006, 2011). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Suharsono, H., *et al.* 1996 mengemukakan bahwa, wilayah Papua umumnya mengalami defisit air sampai 3-4 bulan/tahun sedangkan periode surplus air <6 bulan/tahun.

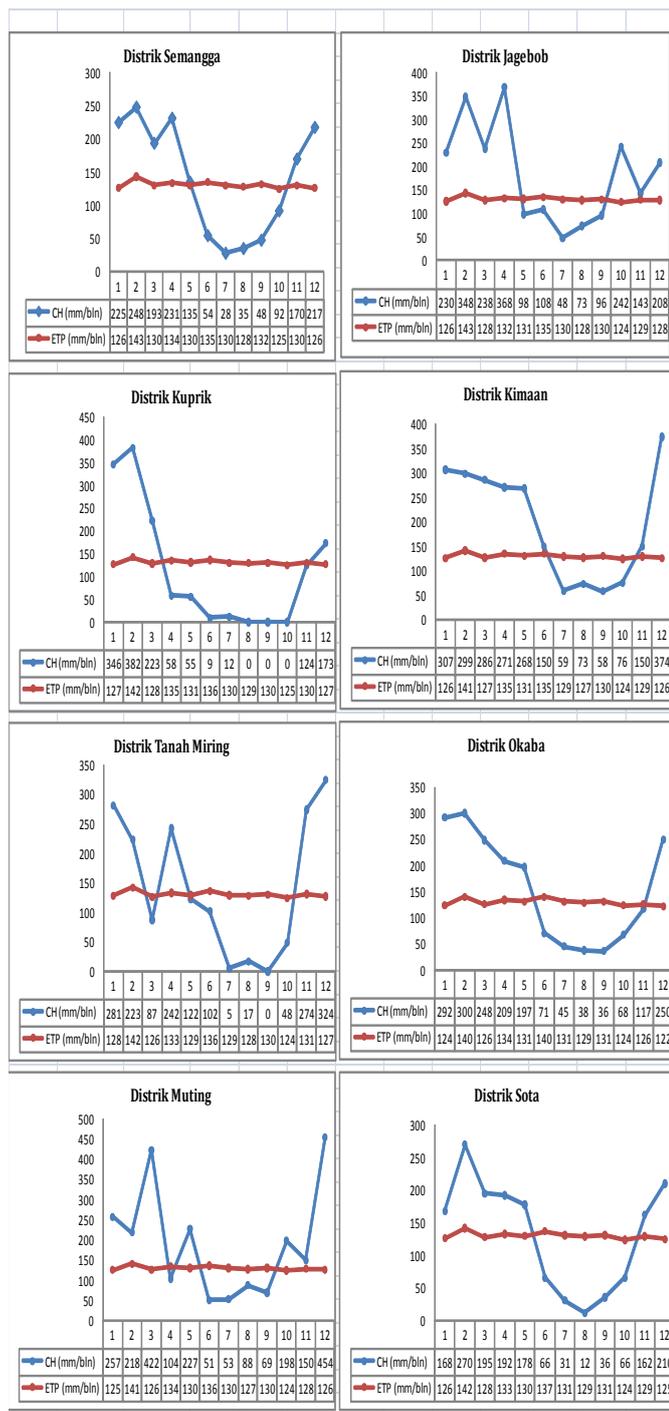
Penentuan Waktu Tanam dan Pola Tanam

Status dan pola ketersediaan air merupakan faktor utama penentu pola tanam untuk tanaman semusim. Pola tanam sangat dipengaruhi oleh lamanya musim tanam (*lengthgrowing season*) yang sepenuhnya ditentukan oleh ketersediaan air bagi tanaman. Masa tanam atau *growing season* (GS) khususnya pada lahan tadah hujan tergantung pada ada tidaknya curah hujan dan distribusinya selama periode tertentu. Umumnya pendugaan musim tanam dan penetapan pola tanam pada masing-masing wilayah ditentukan berdasarkan pola curah hujan rata-rata bulanan atau berdasarkan potensi dan pola pasokan air irigasi.

Pada lahan kering dan tanah hujan lamanya lahan dapat dibudidayakan (musim pertanaman atau *growing season*) terkait langsung jumlah dan distribusi hujan serta sifat tanah dalam memegang air. Jumlah air yang dibutuhkan tanaman (*water consumptive use*) atau air yang diserap akar tanaman hampir sama dengan jumlah air yang hilang akibat evapotranspirasi tanaman (Bey dan Las, 1993).

Berdasarkan hal tersebut di atas FAO (1978), memberikan batasan GS berdasarkan perimbangan antara curah hujan dengan evapotranspirasi potensial dimana masa tanam adalah selang waktu dalam setahun dengan curah hujan > 0.5 ETP ditambah waktu pada akhir musim hujan (curah hujan mendekati nilai ETP) untuk mengevapotranspirasikan air setinggi 100 mm dari air tanah yang masih tersimpan. Oldeman (1975) mengemukakan bahwa GS dinyatakan GS bila curah hujan > 100 mm/bulan, dan khusus untuk padi sawah adalah > 200 mm/bulan yang disebut sebagai bulan basah.

Gambar 2 menunjukkan sebaran curah hujan dan evapotranspirasi potensial selama setahun di Kabupaten Merauke. Hasil perhitungan neraca air lahan menunjukkan bahwa potensi masa tanam tanaman pangan di Kabupaten Merauke berkisar antara 5-7 bulan. Potensi masa tanam yang pendek terdapat pada Kecamatan Kuprik (4 bulan) sedangkan potensi masa tanam yang panjang adalah (6 bulan) hampir pada semua kecamatan. Dengan kondisi musim tanam yang lebih panjang dan kadar air tanah relatif cukup tersedia, sepanjang fisik lahan dan kesuburan tanah memungkinkan, maka sepanjang tahun dapat ditanami tanaman semusim rata-rata dua kali. Pola tanam yang ideal untuk sawah tadah hujan/lahan kering antara lain adalah padi gogo-palawija/sayur-sayuran, jagung-jagung/sayuran.



Gambar 2. Sebaran curah hujan dan evapotranspirasi potensial selama setahun di Kabupaten Merauke

Berdasarkan curah hujan rata-rata di Kabupaten Merauke terdapat sekurang-kurangnya dua musim pertanaman yang berarti dua kali penanaman tanaman pangan. Growing Season I (Oktober-Februari) lebih ideal untuk tananaman padi atau jagung sebagai komoditi utama. Sedangkan musim pertanaman II (Pebruari-Mei) lebih baik untuk tananaman kacang-kacangan, palawija. Gambar 3 memperlihatkan alternatif pola tanam yang dapat diterapkan di Kabupaten Merauke Papua.

Kecamatan	BULAN										
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Semangga	Padi Gogo/Jagung		Jagung/Palawija				Sayuran/bera				
2 Tanah Miring	Jagung/Palawija		Sayuran				Sayuran/bera				
3 Jagebob	Jagung/Palawija		Jagung/Palawija				Sayuran/bera				
4 Kurik	Palawija/Sayuran		Jagung				Sayuran/bera				
5 Muting	Padi Gogo/Jagung		Palawija/Sayuran			Palawija					
6 Kimaan	Padi Gogo/Jagung		Jagung/Palawija				Sayuran/bera				
7 Okaba	Padi Gogo/Jagung		Jagung/Palawija				Sayuran/bera				
8 Sota	Jagung/Palawija		Sayuran				Bera				

Gambar 3. Alternatif pola tanam yang dapat dikembangkan di Kabupaten Merauke Papua

SIMULASI WAKTU TANAM

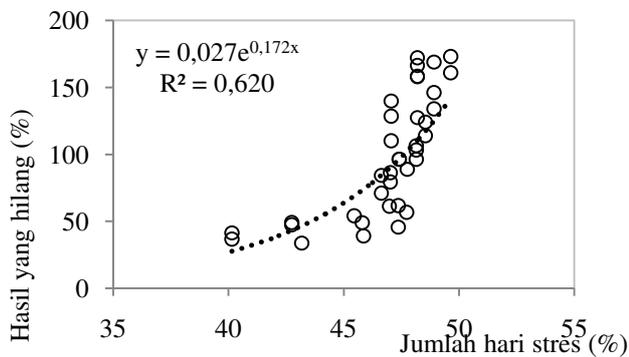
Simulasi waktu tanam bertujuan untuk mengetahui waktu optimum untuk melakukan penanaman sehingga tercapai tujuan yang diharapkan (keuntungan maksimum atau hasil maksimum). Skenario untuk simulasi waktu tanam ini adalah melakukan simulasi penanaman setiap 10 harian selama 1 tahun. Ada beberapa istilah yang digunakan dalam simulasi ini, yaitu sebagai berikut :

1. **Hari stres**, didefinisikan sebagai hari dimana kondisi air tanah dibawah batas air tersedia bagi tanaman sehingga tanaman mulai mengalami stres.
2. **Jumlah hari stres (%)**, didefinisikan sebagai akumulasi hari stres selama periode pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan dalam nilai persentasenya. Misalnya masa pertumbuhan padi 100 hari, selama masa pertumbuhannya memiliki jumlah hari stress 30 %. ini artinya selama 100 hari masa pertumbuhannya, diantaranya mengalami 30 hari stress air.
3. **Kekurangan air (m³/ha)**, didefinisikan sebagai jumlah air dalam m³ per satuan Ha luas tanam yang harus ditambahkan untuk mencapai kondisi dimana tanaman tidak mengalami stress.
4. **Hasil (kg/ha)**, didefinisikan sebagai hasil tanaman yang dipanen, yang bernilai ekonomis. Pada kondisi tanaman optimum dinyatakan sebagai **Hasil Maksimum**, pada kondisi tanaman aktual dinyatakan **Hasil Aktual**.

5. **Hasil yang hilang (%)**, didefinisikan sebagai selisih antara jumlah produksi tanaman dalam kondisi optimum terhadap jumlah produksi tanaman dalam kondisi aktualnya, dimana relatif terhadap jumlah produksi tanaman dalam kondisi aktualnya. Misalnya padi memiliki hasil aktual ketika panen 2000 kg/ha dan hasil yang hilang 20 %. Ini artinya tanaman tersebut memiliki potensi jumlah kehilangan hasil sekitar 400 kg/ha karena stress air.

1. Hubungan jumlah hari stres (%) dan hasil yang hilang (%)

Hasil simulasi ini dapat menunjukkan variasi kondisi ketersediaan air tanah untuk pertumbuhan dan produksi tanaman sehingga dapat diketahui pola hubungan jumlah hari stres air tanaman (%) dan potensi hasil yang hilang (%) dari hasil aktualnya. Dalam penanaman selama setahun pada tanggal tanam berbeda, tanaman padi mengalami hari stres bervariasi 40 – 50 % selama masa pertumbuhan-produksi. Peningkatan prosentasi jumlah hari stres yang dialami tanaman padi akan meningkatkan secara eksponensial potensi hasil yang hilang. Pola eksponensial ini memberikan korelasi yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis persamaan-persamaan yang lainnya, seperti ditunjukkan Gambar 4. Tanaman padi yang mengalami stres tanaman sekitar 47.62 % berpotensi mengalami hasil yang hilang sekitar 100 % dari hasil aktualnya. Jika umur tanaman padi sekitar 130 hari, pada kondisi ini tanaman padi mengalami stres air sekitar 62 hari



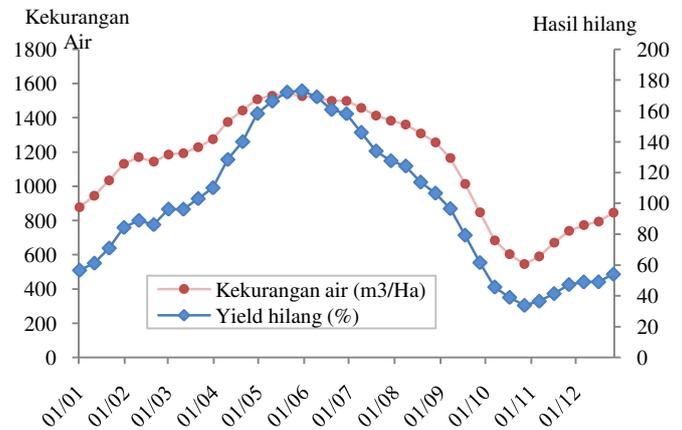
Gambar 4. Pola hubungan antara jumlah hari stres tanaman (%) dengan potensi hasil yang hilang (%) yang dialami tanaman padi

2. Waktu tanam optimum

Dalam penentuan waktu tanam, ada 2 pendekatan yaitu secara teknis dan ekonomis. Secara ideal adalah dengan mempertimbangkan faktor ekonominya, yaitu dengan mempertimbangkan faktor keuntungannya dari rangkaian kegiatan produksinya (*benefit cost ratio*). Dengan pendekatan ini waktu tanam optimum adalah pada saat presentasi keuntungannya sesuai yang diharapkan petani (BCR=1 menunjukkan kondisi tidak untung dan tidak rugi).

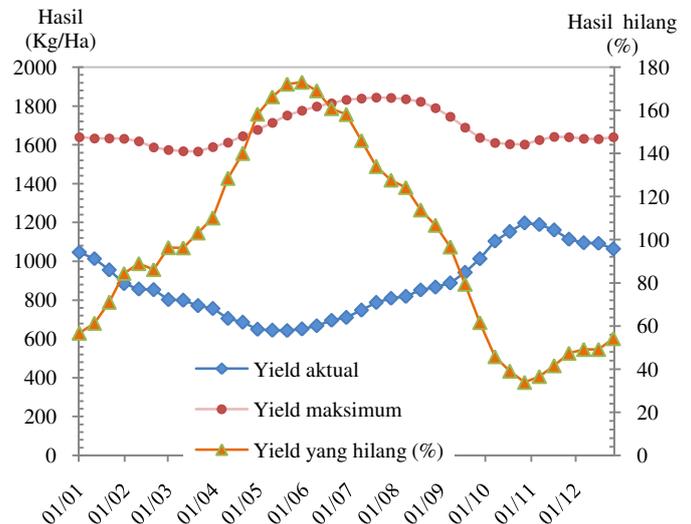
Secara teknis, penentuan waktu optimum dapat dijelaskan pada Gambar 5 dan 6. Pada Gambar 5 menunjukkan tanaman mengalami kekurangan air 500 – 1700 m³/ha. Kekurangan air paling banyak ketika tanaman padi ditanam pada bulan Mei-Juli (awal musim kemarau). Hasil

sebaliknya diperoleh ketika tanaman padi ditanam pada awal musim hujan (bulan November – Desember). Kekurangan air akan terus meningkat sampai waktu tanam mendekati awal musim kemarau. Berdasarkan informasi tersebut kita dapat mengetahui waktu tanam dimana presentasi kehilangan hasil paling minimum dan jumlah air yang harus ditambahkan untuk memenuhi kebutuhan tanaman paling sedikit karena terkait biaya penyediaan air irigasi.



Gambar 5. Pola potensi hasil yang hilang (%) dan kekurangan air (m³/Ha) yang di alami tanaman padi berdasarkan kalender waktu tanam

Pada Gambar 6 menunjukkan pola perbandingan potensi hasil maksimum dan aktual berdasarkan kalender waktu tanam. Hasil maksimum tanaman padi berkisar pada 1600 – 1800 kg/ha, pada kondisi ini tanaman tidak mengalami stres air. Ketika faktor stres air dimasukan, sehingga hasil aktual tanaman padi berkurang menjadi 600 – 1200 kg/ha.



Gambar 6. Pola perbandingan potensi hasil maksimum dan aktual berdasarkan kalender waktu tanam

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pola curah hujan yang dominan di Kabupaten Merauke adalah Pola A yaitu pola yang memberikan gambaran bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara jumlah curah hujan pada musim penghujan dengan musim kemarau.
2. Kabupaten Merauke mengalami periode defisit air sekitar 4-7 bulan selama setahun. Kecamatan yang mengalami periode dan jumlah defisit air yang tinggi adalah Kecamatan Kuprik berturut-turut sebesar 7 bulan. Kecamatan yang mengalami periode defisit yang singkat sekitar 4 bulan adalah Kecamatan Jagebob, Kimaan dan Muting.
3. Kabupaten Merauke mempunyai periode surplus yaitu sekitar 3 – 6 bulan pada bulan November sampai Mei/Juni. Kecamatan yang mengalami periode surplus yang lebih lama adalah Kecamatan Jagebob dan Kimaan yaitu 6 bulan. Sebagian besar kecamatan (6 kecamatan) yang ada di Kabupaten Merauke memiliki surplus air > 1000 mm/tahun. Hanya ada 2 kecamatan yang memiliki surplus air < 1000 mm/tahun yaitu Kecamatan Kuprik dan Kecamatan Sota. Kecamatan yang memperoleh surplus air yang tinggi selama setahun adalah Kecamatan Semangga
4. Potensi masa tanam tanaman pangan di Kabupaten Merauke berkisar antara 5-7 bulan. Potensi masa tanam yang pendek terdapat pada Kecamatan Kuprik (3 bulan) sedangkan potensi masa tanam yang panjang adalah (6 bulan) hampir pada semua Kecamatan (Semangga, Okaba, Muting Kintap, dan Sota).

DAFTAR PUSTAKA

- Amien, Le. I., *et al.* 1996. Penelitian Agroklimat dan Pengembangan Database Sumberdaya Iklim untuk meningkatkan Hasil Pertanian di Sulawesi Tenggara. Laporan Penelitian (tidak dipublikasikan). Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. 85 hal.
- Bari, M.A., and K. R. J. Smettem. 2006. A conceptual model of daily water balance following partial clearing from forest to pasture. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10: 321–337
- Binh, N.D., V.V.N. Murty, and D.X. Hoan. 1994. Evaluation of the possibility for rainfed agriculture using a soil moisture simulation model. *Agric. Water. Manage* 26 : 187-199.
- BPS. 2011. Kabupaten Merauke Dalam Angka. Biro Pusat Statistik Provinsi Papua. 50 hal.
- Bey, A dan I, LasI.1991. Strategi Pendekatan Iklim Dalam Usaha Tani. Di dalam : Bey, editor. *Kapita Selekt dalam Agrometeorologi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. hlm 18-47
- Black, P. 2007. Revising the Thornthwaite and Mather water balance. *Journal of the American Water Resources Association*. 43(6): 1604-1605.
- Brisson, N., S. Bernard, and B. Patrick. 1992. Agrometeorological soil water balance for crop simulation models. *Agric. For. Meteorol* 59: 267-287.
- Chang, J. H. 1968. *Climate and Agriculture*. An Ecology Survey. Chicago : Aldine Publ. Co.
- Distan TPH. 2011. Laporan Tahunan Dinas Petanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Papua
- FAO. 1978. Report on the agroecological zones project. Vol. 1, methodology and result for Africa. Rome
- Doraiswamy, D. C., and D.R. Thomson. 1982. A crop moisture stress index for large areas and its application in the prediction of spring wheat phenology. *Agric. Meteorol* 27: 1-15.
- Djufry, F., A. Yanto, Handoko, dan Koesmaryono Y. 2005. Pendugaan defisit air tanaman Jarak (*Ricinus communis* L.) berdasarkan model simulasi dinamika air tanah. *Jurnal Agromet Indonesia* 19: 1-12.
- Djufry, F. 2006. Respon tanaman Jarak (*Ricinus communis* L.) pada kondisi cekaman air. *Jurnal Agrivigor*. Jurusan Budidaya Fakultas Pertanian dan Kehutanan Unhas Makassar 5: 98-107.
- Djufry, F. 2011. Kajian pendugaan musim tanam tanaman pangan berdasarkan model neraca air di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 14(3): 181-190.
- Fagi, A.M dan I. Manwan. 1992. Teknologi pertanian alternatif penanggulangan dampak negatif kekeringan. Dalam Prosiding Seminar Nasional Antisipasi Iklim 1992 dan Dampaknya Terhadap Pertanian Tanaman Pangan, Bogor 27-28 Desember 1991. Perhimpian dan badan Litbang Pertanian Jakarta.
- Grant, R.F., P. Rochette, R.L. Desjardins. 1993. Energy exchange and water use efficiency of field crops: Validation of a Simulation Model. *Agron. J.*, 85:916 – 928
- Kumambala, P.G and Ervine, A. 2010. Water balance model of lake malawi and its sensitivity to climate change. *The Open Hydrology Journal* 4: 152-162
- Latha, J., Saravanan and Palanichamy. 2010. A Semi – Distributed water balance model for amaravathi river basin using remote sensing and GIS. *International Journal of Geomatics and geosciences* 1:252-263
- Oldeman, L.R. 1975. An agroclimatic map of Java. Contribution from The Central Research Institute for Agriculture no. 17. CRIA. Bogor.
- Sosiawan, H., et al. 2006. Penyusunan Zona Agroekologi (ZAE) Kabupaten Merauke Provinsi Papua. Laporan Hasil Penelitian BPTP Papua TA 2006. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua. Tidak dipublikasi. 87 hal.
- Suharsono, H., *et al.* 1996. Neraca Air Lahan Klimatik di Indonesia pada Satuan Kabupaten. Laporan Penelitian (tidak dipublikasikan). Lembaga Penelitian IPB Bogor dengan Badan Litbang Pertanian Jakarta. Bogor. 133 hal.
- Jensen, H.E. 1991. Plant water relationships and evapotranspiration. *IAHS Publ* 204 : 295 – 307.
- Lascano, R.J. 1991. Review of models for predicting soil water balance. *IAHS Publ* 199: 443-458.

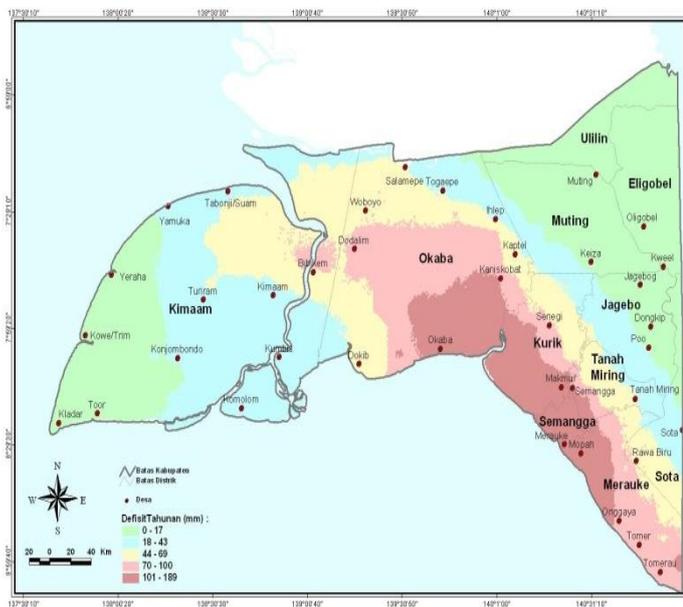
Lascano, R.J. 2000. A general system to measure and calculate daily crop water use. *J. Agron* 92: 821-832.

Rafi, Z., and Ahmad, R. 2005. Wheat crop model based on water balance for agrometeorological crop monitoring. *Pakistan Journal of Meteorology* 2:23-33

Riajaya P. D, dan A.C. Setiawan. 1994. Analisis neraca air pada Kapas. *Buletin Agrometeorologi Indonesia* I: 69-78.

Thornthwaite C.W and J.R. Mather. 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance. Drexel Institute of Technologi Laboratory of Climatology. Vol X No. 3. Centerton. New Jersey.

Lampiran 1. Sebaran Spasial Defisit Air Tanah Tahunan Kabupaten Merauke Papua



Lampiran 2. Sebaran Spasial Surplus Air Tanah Tahunan Kabupaten Merauke Papua

