

PENDUGAAN LENGAS TANAH DALAM TUMPANGSARI JAGUNG-KEDELAI DENGAN METODE THORNTHWAITTE DAN MATHER YANG DIMODIFIKASI

Rini Hidayati, Tania June dan M. Bl. de Rozari *

Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Lengas Tanah (KAT) lebih menggambarkan ketersediaan air untuk tanaman daripada besarnya curah hujan. Salah satu cara menghitung KAT adalah melalui analisa neraca air model Thornthwaite dan Mather. Untuk keperluan pada tumpangsari dengan kedalaman tinjau terbatas model ini perlu diteliti kembali. Penelitian ini menghitung KAT harian dalam tumpangsari jagung kedelai. Penelitian ini juga mencari modifikasi atas parameter-parameter neraca air Thornthwaite dan Mather yang tepat untuk mendapatkan besaran KAT yang lebih mendekati KAT terukur. Metode Thornthwaite dan Mather dapat dipakai untuk menduga KAT harian di lahan berumput tetapi dengan simpangan yang cukup besar. KAT harian akan lebih teliti dengan perhitungan masukan sebesar $5+0.5(CH-5)$ mm jika $CH > 5$ mm dengan APWL berlanjut dan KAT diperhitungkan dari defisit. Dengan modifikasi yang sama KAT harian di lahan tumpangsari dapat dihitung dengan cukup teliti.

ABSTRACT

Soil moisture content (SMC) explain moisture availability for plant better than the amount of rainfall. One approach in determining SWC is by analysing the water budget using Thornthwaite and Mather model. This experiment determined daily SMC under corn soybean intercropping and find appropriate modification on parameters of Thornthwaite and Mather water budget to estimate SMC closed to measured values. Thornthwaite and Mather method can be used to estimate daily SMC on grassed land but with wide deviation. More accurate daily SMC was found when calculated with input $5+0.5(P-5)$ mm if input > 5 mm with continous APWL and SMC was calculated from deficit. With similar modification, daily SMC under the intercropping can be accuratelly determined ($r = 0.96$).

Key words : Lengas tanah, Jagung kedelai, KAT, Cikampek

PENDAHULUAN

Hujan di Indonesia umumnya mempunyai pola konvektif dengan ciri curahan yang lebat dalam waktu yang relatif singkat. Dalam keadaan demikian sebagian air hujan akan menjadi aliran permukaan, tidak berfungsi sebagai masukan dalam neraca air lahan. Salah satu manfaat dari analisis neraca air lahan adalah diketahuinya Kandungan Lengas Tanah (KAT). Besaran KAT lebih erat hubungannya dengan pemenuhan kebutuhan air tanaman daripada besaran curah hujan.

Salah satu cara menghitung neraca air adalah dengan metode Thornthwaite dan Mather. Metode ini relatif sederhana dan umum dipakai di Indonesia. Perhitungan neraca air dengan metode ini hanya memerlukan data curah hujan dan evapotranspirasi potensial yang dapat diduga dari data suhu udara. Untuk neraca air kawasan yang luas, Thornthwaite dan Mather menganggap seluruh curah hujan berfungsi sebagai masukan. Tetapi untuk suatu wilayah pertanaman yang sempit dengan kedalaman tinjau terbatas, misal sampai pada kedalaman akar, maka tidak seluruh air hujan akan berfungsi sebagai masukan. Sebagian dari air hujan akan menjadi aliran permukaan yang dilimpahkan ke bagian lahan yang lain. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian, terutama pada unsur curah hujan sebagai masukan.

Blantran de Rozari dan Baharsyah memperhitungkan curah hujan sebagai masukan dalam analisis neraca air untuk masukan petani Sikka, Nusa Tenggara Timur (1988) dan untuk monitoring lengas tanah pada lahan pertanian tembakau Besuki NO (1990) sebesar 10 mm ditambah 1/2 sisa dari curah hujan harian jika curah hujan harian lebih dari 10 mm. Hidayati dan tim Geomet (1991) dari penelitian di Cikarawang pada musim hujan mendapatkan curah hujan yang berfungsi sebagai masukan neraca air untuk mendapatkan KAT di bawah penutupan rumput adalah sebesar 5 mm ditambah dengan 1/2 sisanya jika hujan lebih dari 5 mm.

Slatyer dalam Kramer (1969) menggambarkan potensial air pada tanah dan daun tanaman akibat proses transpirasi. Potensial air ke daun dan akar akan berkurang pada siang hari (demand lingkungan lebih besar daripada suplai akar), sehingga perbedaan potensial tanah dan daun besar. Dengan menurunnya laju evaporasi pada sore hari maka potensial air daun meningkat kembali dan perbedaan potensial daun dan tanah mengecil. Fluktuasi potensial air tanah didapatkan menyerupai fluktuasi potensial air daun tetapi dengan simpangan yang kecil. Pada siang hari karena penguapan, potensial air tanah berkurang dan bertambah kembali pada pagi hari berikutnya karena adanya proses pengembunan.

Menurut Doorenboss dan Kassam (1979) kebutuhan air tanaman jagung adalah sebesar 500 - 800 mm per periode tumbuh, sedang kebutuhan air tanaman kedelai sebesar 450 - 700 mm per periode tumbuh dengan kebutuhan maksimum 7.6 mm per hari dan kebutuhan rata-rata 5.8 mm per hari. Menurut Allen (1975) pertanian tumpangsari menyebabkan turunnya suhu udara dan kecepatan angin, tetapi meningkatkan kelembaban udara. Hal-hal tersebut memungkinkan turunnya evapotranspirasi, sehingga pemakaian air tanah tidak sebesar di pertanian monokultur, terutama pemakaian air oleh tanaman yang terlindungi.

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) menguji ketepatan pendugaan KAT dari neraca air Thornthwaite dan Mather, dan (2) mencari modifikasi yang cocok pada masukan curah hujan sehingga metoda Thornthwaite dan Mather bisa digunakan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan Balitro di desa Kebon Kembang, Cikampek, Kab. Karawang. Terletak antara 6° 12' LS dan 107° 30' BT dengan ketinggian antara 28 - 30 mdpl. Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pemasangan alat dan pengolahan tanah yang dilakukan tanggal 17 September 1991 hingga tanggal 8 Desember 1991.

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah tensio meter jetfill dan gipsometer untuk mengukur lengas tanah, lisimeter drainase untuk mengukur evapotranspirasi potensial tanaman serta seperangkat alat penyiram tanaman. Sebagai pembanding (dalam kalibrasi gipsometer) dilakukan pengukuran lengas tanah secara gravimetrik.

Lengas tanah diukur pada dua lokasi, yaitu di lahan berumput dan di lahan tumpangsari. Pada lahan tumpangsari jarak antar baris jagung 150 cm dan jarak dalam baris 50 cm. Kedelai ditanam diantara baris jagung dengan jarak antar baris 50 cm dan jarak dalam baris 20 cm. Alat pengukur lengas tanah ditanam pada kedalaman 15, 30, 45 dan 60 cm. Karena keterbatasan alat, 1 set tensiometer diletakkan secara acak. Alat ini tidak menghasilkan data yang kontinu karena tanah terlalu kering. Pengukuran KAT secara gravimetrik dilakukan 5 kali selama penelitian.

Karena tanah sangat kering, maka pada saat tanam sampai dengan 3 MST disiram 2 kali sehari (pagi dan sore hari) dengan penyiraman yang diasumsikan cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Setelah pengamatan dimulai (setelah 3 MST), tanaman disiram 6.7 mm per hari (pada pagi hari). KAT diamati pada sore hari. ETP tanaman dari lisimeter dihitung dari selisih antara air yang diberikan ke dalam lisimeter dengan sisanya pada hari berikutnya, yang diambil dengan pompa hisap. Karena tanahnya belum stabil, maka ETP ini dikoreksi dengan ETP hitungan (dengan metode Thornthwaite), yaitu dengan membuat regresi linier antara ETP perhitungan (x) dengan ETP dari lisimeter (y).

Untuk mendapatkan nilai KAT yang mendekati KAT ukur, perhitungan dimulai dengan analisis neraca air metode Thornthwaite dan Mather. Jika dengan cara ini didapati nilai KAT yang berbeda dengan KAT ukur, maka dicoba beberapa modifikasi yang meliputi besaran masukan curah hujan dan cara perhitungan. KAT hitung dianggap bisa dipercaya jika korelasinya besar dan kurva trend naik/turun KAT hitung sama dengan kurva KAT ukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan umum

Daerah penelitian ini mempunyai musim kering yang nyata. Curah hujan tahunan rata-rata 2138 mm dengan 122 hari hujan. Pada tahun 1991 daerah ini menerima hujan sebesar 1635 mm dengan 102 hari hujan. Selama masa penelitian daerah ini menerima hujan sebesar 335 mm dengan 20 hari hujan.

Pada waktu penelitian ini dimulai tanah dalam keadaan sangat kering karena tidak menerima hujan sejak 4 bulan sebelumnya. Dari hasil analisis secara gravimetrik, lengas tanah awal sebesar 15 % volume, jauh di bawah titik layu permanen (27.38 % volume). Keadaan kering ini ditandai dengan keringnya rumput-rumputan. Beberapa tanaman lain yang akarnya lebih dalam (sebangsa sereh wangi) masih bertahan hidup. Jenis tanah pada lokasi penelitian ini adalah podsolik merah kuning. Dari analisis laboratorium tanah ini mempunyai berat jenis 1.145 g/cc, dengan porositas yang makin besar dengan bertambahnya kedalaman tanah (porositas pada kedalaman 10, 20, 40 dan 60 cm masing-masing sebesar 47.55 %, 51.91 %, 55.10 %, 55.09 %). Kadar air pada kapasitas lapang sebesar 38.11 % volume.

Tabel 1. Curah hujan harian selama masa penelitian (mm)

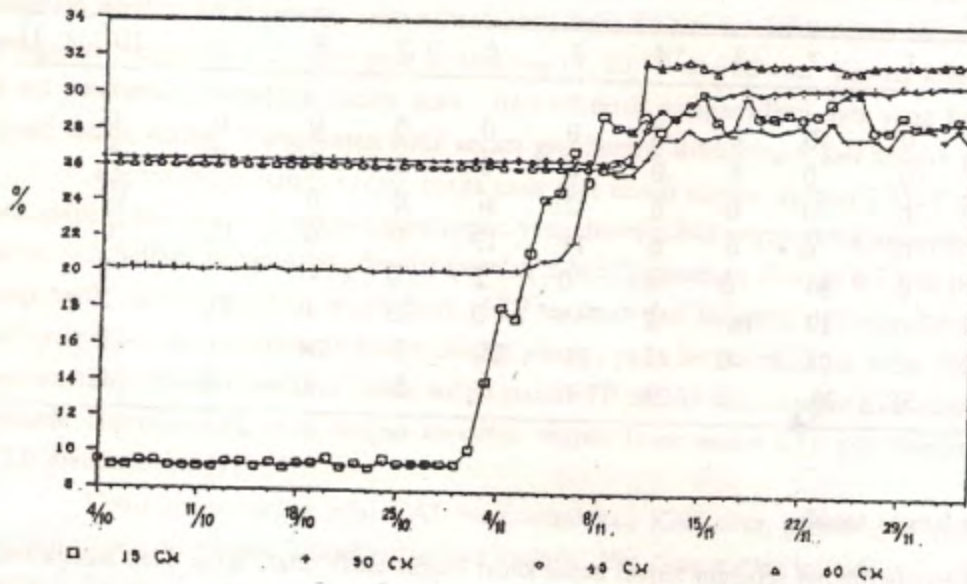
Dekade		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Oktober	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
Nopember	I	0	0	0	6	11	19	9	0	16	0	0
	II	0	36	0	8	0	2	0	0	0	0	0
	III	0	17	16	2	9	0	23	0	19	4	0
Desember	I	2	21	0	43	11	25	3	24	0	0	0
	II	55	35	0	28	0	0	5	0	0	0	0

Profil kadar lengas tanah

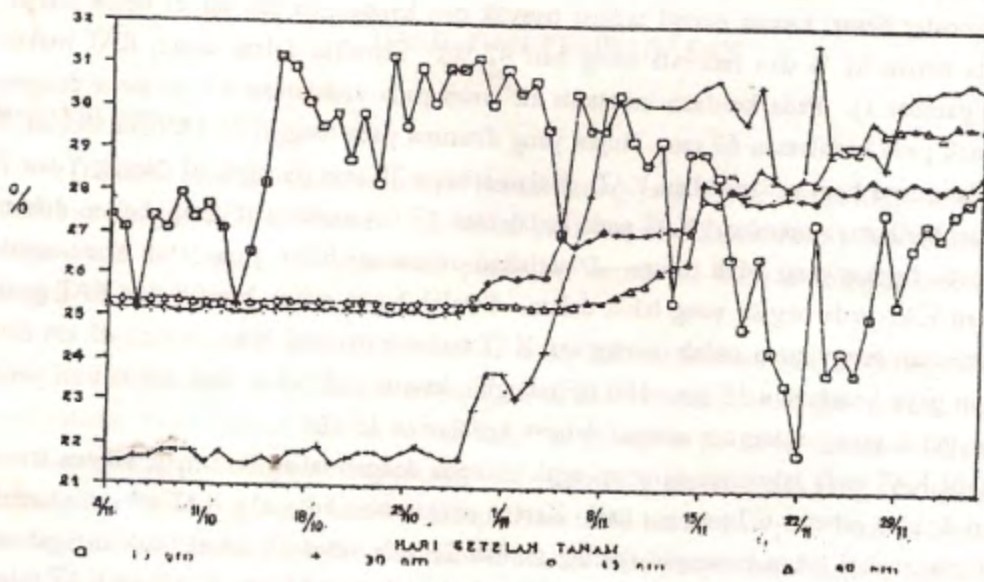
Di lahan berumput sebelum terjadi hujan kadar lengas tanah relatif tetap tidak mengalami pengurangan lagi. Hal ini terjadi karena air telah terikat kuat pada agregat tanah. Lengas tanah terendah ditemui pada kedalaman 15 cm, yaitu sebesar $\pm 9.5\%$. Diantara KAT terukur, pada kedalaman tanah inilah yang paling terpengaruh oleh keadaan atmosfer. Ini terjadi pada saat daya evaporasi atmosfer besar, karena energi radiasi banyak dan kandungan uap air di udara rendah (RH rata-rata harian 61 % dan rata-rata siang hari 42 %). Semakin dalam tanah, KAT makin tinggi (lihat gambar 1). Pada keadaan ini status air tanah pada kedalaman 45 cm sama dengan status air tanah pada kedalaman 60 cm. Hujan yang diterima pada tanggal 25 Oktober sebesar 2 mm tidak ada artinya bagi penambahan KAT. Hujan sebesar 10 mm (tanggal 29 Oktober) dan 7 mm pada hari berikutnya membuat KAT pada kedalaman 15 cm meningkat, tetapi belum diikuti oleh KAT pada bagian yang lebih dalam. Diperlukan akumulasi hujan yang lebih besar untuk meningkatkan KAT pada bagian yang lebih dalam. Setelah hujan cukup banyak dan KAT pada seluruh kedalaman pengukuran sudah meningkat, KAT terbesar ditemui di kedalaman 45 cm dan 60 cm bukan pada kedalaman 15 cm. Hal ini mungkin karena pada siang hari ada radiasi yang cukup besar untuk menguapkan air sampai dengan kedalaman 15 cm.

Profil KAT pada lahan tumpangsari agak berbeda dengan lahan berumput, karena lahan tumpangsari disiram sebesar 6.7 mm per hari. Karena penyiraman ini, maka KAT sebelum terjadi hujan lebih tinggi dari lahan berumput (paling rendah 21.5 % volume), tetapi tidak mengalami penambahan/pengurangan yang berarti, kecuali pada kedalaman 15 cm. Keadaan KAT relatif tidak berubah karena volume siraman hanya untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman (Gambar 2).

Karena penyiraman, KAT tertinggi terjadi pada kedalaman 15 cm. Pada kedalaman 30 cm terlihat peningkatan KAT tetapi hanya sedikit. Ini berarti air siraman hanya sampai pada



Gambar 1. Profil lengas tanah pada petak kosong (rumput)



Gambar 2. Profil lengas tanah pada petak tumpangsari

kedalaman 30 cm. Di bawah 15 cm KAT tertinggi tetap terjadi pada kedalaman 60 cm, dan terendah pada kedalaman 30 cm. Kedalaman 30 cm ini dekat dengan pengaruh atmosfer, tetapi tidak banyak menerima air siraman. Setelah hujan cukup maka penyiraman dibentikan. KAT pada seluruh kedalaman meningkat. Pada kedalaman 15 cm fluktuasi KAT besar mengikuti besaran selisih curah hujan dengan evapotranspirasi. Fluktuasi KAT berkurang dengan bertambahnya kedalaman.

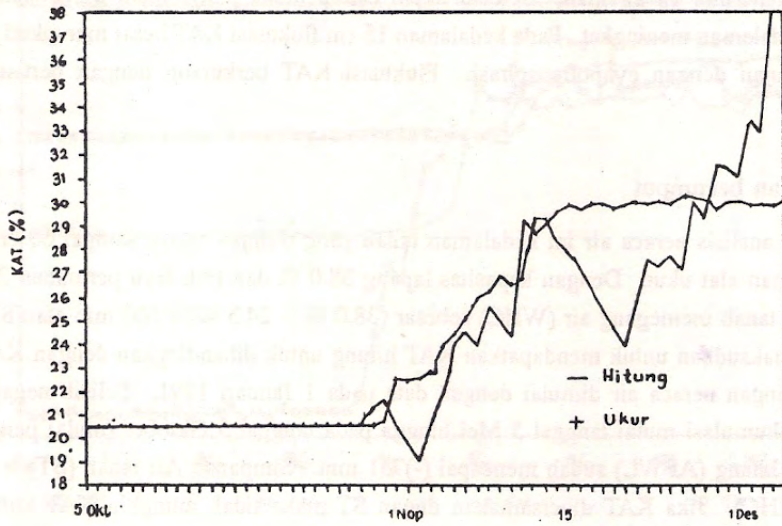
Neraca air lahan berumput

Dalam analisis neraca air ini kedalaman tanah yang ditinjau hanya sampai 60 cm sesuai dengan kedalaman alat ukur. Dengan kapasitas lapang 38.0 % dan titik layu permanen 24.30 %, maka kapasitas tanah memegang air (WHC) sebesar $(38.0 \% - 24.3 \%) \times 600$ mm atau 82.2 mm. Analisis ini dimaksudkan untuk mendapatkan KAT hitung untuk dibandingkan dengan KAT ukur.

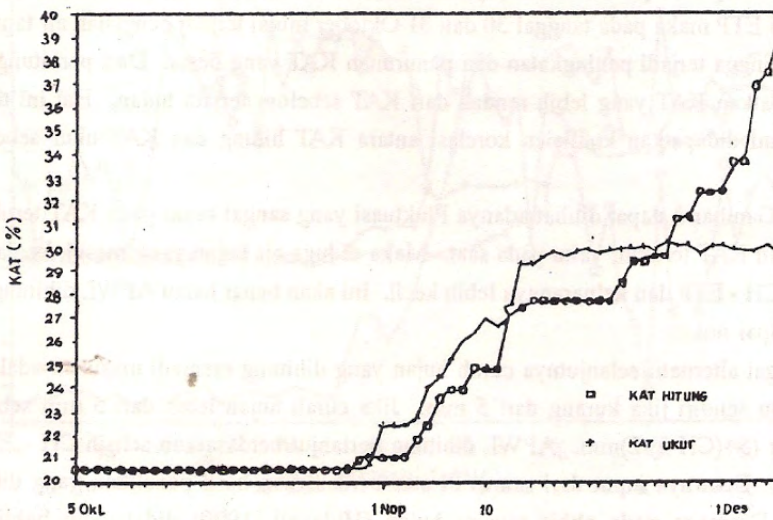
Perhitungan neraca air dimulai dengan data pada 1 Januari 1991. Selisih negatif CH - ETP sudah terakumulasi mulai tanggal 5 Mei hingga pada tanggal 5 Oktober (mulai pengamatan KAT) air yang hilang (APWL) sudah mencapai (-)731 mm. Simpanan Air tanah (ST) = WHC x exp (APWL/WHC). Jika KAT dipersamakan dengan ST maka tidak mungkin KAT kurang dari titik layu permanen (ST minimum = 0, atau sama dengan titik layu permanen). Dari pengukuran pada tanggal 5 Oktober KAT hanya sebesar 22.6 mm di bawah TLP atau sebesar 20.5 %. Karena itulah KAT dihitung dari perubahan simpanan air (perubahan ST). Menurut metode Thornthwaite dan Mather jika terjadi hujan APWL menjadi nol. Dalam analisis ini jika APWL terputus setelah hujan melebihi ETP maka pada tanggal 30 dan 31 Oktober mulai terjadi pengisian air tanah sebesar CH - ETP, sehingga terjadi peningkatan dan penurunan KAT yang besar. Dari perhitungan seperti ini akan didapatkan KAT yang lebih rendah dari KAT sebelum terjadi hujan. Hal ini tidak logis. Dari analisis ini didapatkan koefisien korelasi antara KAT hitung dan KAT ukur sebesar 88 % (Gambar 3).

Dari Gambar 3 dapat dilihat adanya Fluktuasi yang sangat besar pada KAT terukur dibandingkan dengan KAT terukur, yaitu pada saat. Maka diduga air hujan yang masuk ke dalam tanah tidak sebesar CH - ETP dan keluarannya lebih kecil. Ini akan benar kalau APWL dihitung berlanjut sampai mencapai nol.

Sebagai alternatif selanjutnya curah hujan yang dihitung menjadi masukan adalah sebesar curah hujan itu sendiri jika kurang dari 5 mm. Jika curah hujan lebih dari 5 mm sebagai input adalah sebesar $(5+(CH-5)/2)$ mm. APWL dihitung berlanjut berdasarkan selisih CH - ETP hingga mencapai nol. Besarnya input dari rumus di atas berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Cikarawang, Darmaga pada akhir musim hujan (Hidayati, 1990) didapatkan bahwa dengan masukan seperti di atas diperoleh korelasi terbesar antara KAT hitung dan KAT ukur. Dalam analisis ini KAT dihitung dari defisit air setelah air terpakai untuk evapotranspirasi (Gambar 4). Didapatkan bahwa penurunan dan peningkatan KAT lebih mendekati hasil pengukuran dengan



Gambar 3. Perbandingan KAT hitung (input seluruh curah hujan, APWL terputus jika hujan > ETP) dengan KAT ukur.



Gambar 4. Perbandingan KAT hitung dan KAT ukur (input $5 + 1/2(CH-5)$ jika $CH > 5$ mm, APWL berlanjut, KAT dihitung dari defisit).

korelasi yang lebih besar yaitu 95 %. Rata-rata dan simpangan baku KAT ukur, KAT hitung I dan KAT hitung II masing-masing sebesar 24.8 % dan 4.3 %, 24.3 % dan 4.7 % serta 24.9 % dan 5.1 % dengan jumlah data 61.

Neraca air lahan tumpangsari

Neraca air adalah keseimbangan antara masukan dan keluaran air dalam tanah. Pada kasus ini sebagai masukan adalah curah hujan dan irigasi. Dari saat tanam hingga 3 mst penyiraman diberikan secara merata (volume tak ditentukan) dan diberi mulsa. Pada 3 mst, KAT mulai diukur. Pada hari tersebut penyiraman mulai diperhitungkan, yaitu sebesar 6.7 mm/hari. Irigasi diberikan pada pagi hari dan pengukuran KAT dilakukan pada sore hari. ETP tanaman (keluaran) didapatkan dari ETo (perhitungan) dengan koefisien tanaman (ko) pada setiap fase pertumbuhan. Nilai ko dan periode tumbuh disadur dari Dooren-boss dan Pruitt (1975). Ko untuk tanaman tumpangsari diperhitungkan dengan perbandingan ILD (indeks luas daun). ILD jagung : kedelai pada pertanaman tumpangsari adalah 1.5 : 1.57.

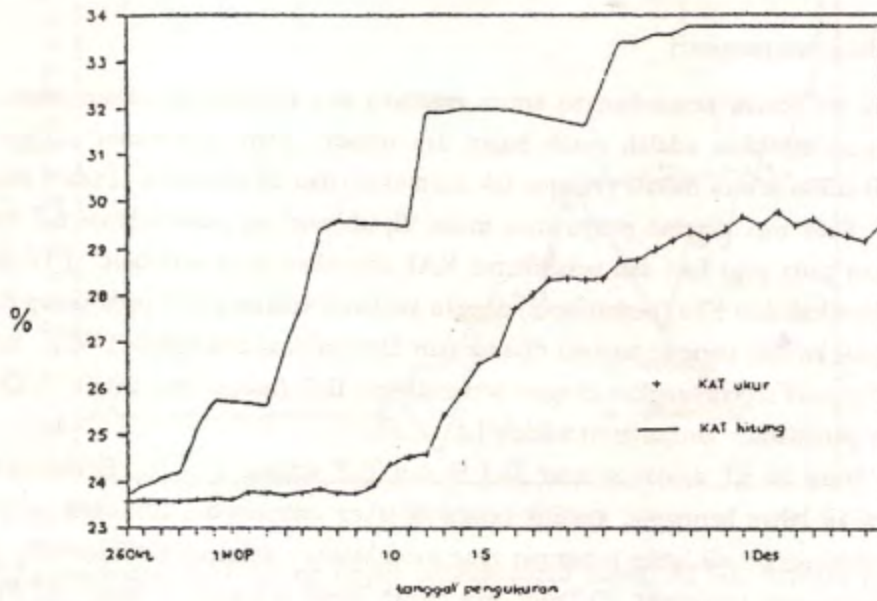
Pada lahan ini KL adalah sebesar 38.1 % dan TLP sebesar 27.4 %. Berdasarkan hasil analisis neraca air lahan berumput, analisis neraca di lahan tumpangsari dilakukan dengan cara yang sama seperti neraca air lahan berumput yang menghasilkan keluaran KAT terbaik. Besaran masukan adalah sebesar $(5 + (\text{input} * -5) / 2)$ mm, jika input* (hujan + irigasi) 5 mm. APWL diperhitungkan berlanjut $(+ (CH - ETP))$ dan KATn dihitung dari KATn-1 ditambah defisit (-) atau surplus (+).

Jika diasumsikan oleh siraman APWL menjadi nol, analisis neraca air menghasilkan KAT hitung dibandingkan KAT ukur seperti pada Gambar 5, dengan koefisien korelasi antara KAT hitung dengan KAT ukur sebesar 88 %. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang besar antara KAT hitung dengan KAT ukur (KAT hitung selalu KAT ukur).

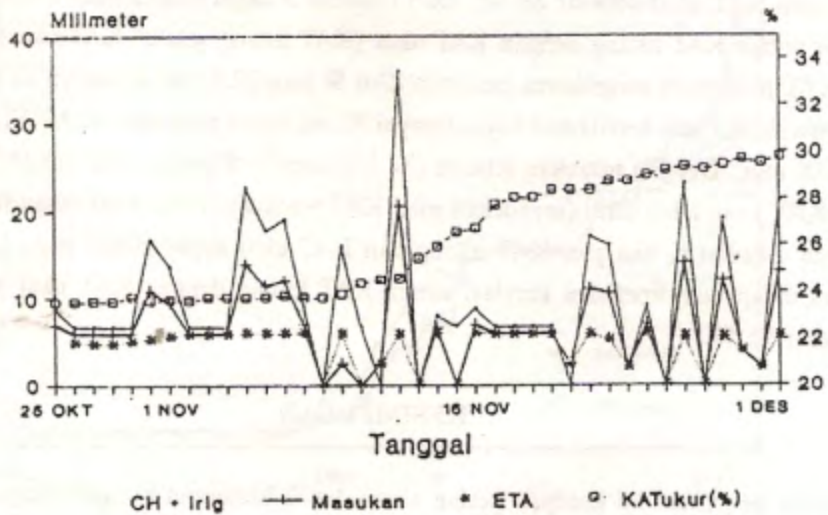
KAT pada awal pengukuran besarnya 23.6 % atau 22.9 mm di bawah TLP. Karena KAT masih di bawah TLP dan kedalaman tinjau sampai 30 cm, maka pada saat ini APWL diperhitungkan sebesar -300 mm. Dengan masukan sebesar $(5 + 1/2(\text{input} * -5))$ mm. Jika input* 5 mm, didapatkan nilai KAT yang lebih teliti (mendekati nilai KAT terukur). Neraca air lahan tumpangsari bisa dilihat pada Gambar 6, dan plot KAT hitung dan KAT ukur dapat dilihat pada Gambar 7. Dari analisis ini didapatkan koefisien korelasi antara KAT hitung dengan KAT ukur yang lebih baik, yaitu sebesar 96 %.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini keadaan kering alami, tanah berumput sampai dengan kedalaman 30 cm dan tanah yang ditanami dengan sistim tumpangsari jagung kedelai sampai dengan kedalaman 60 cm mencapai KAT di bawah titik layu permanen. Siraman 6.7 mm/hari atau setara dengan 67.000 l/ha/hari di lahan tumpangsari hanya meningkatkan KAT pada kedalaman 15 cm di atas



Gambar 5. Perbandingan KAT hiung dan KAT ukur (input = $5 + 1/2(CH-5)$ jika $CH > 5$ mm, APWL berlanjut, KAT dihitung dari defisit) di lahan tumpangsari.



Gambar 6. Neraca air lahan tumpangsari jagung kedelai (input = $5 + 1/2(CH-5)$ jika $CH > 5$ mm, APWL berlanjut dengan nilai awal -300 mm, KAT dihitung dari defisit).

Rini Hidayati, *et al.* : Pendugaan lengas tanah dalam tumpangsari jagung-kedelai

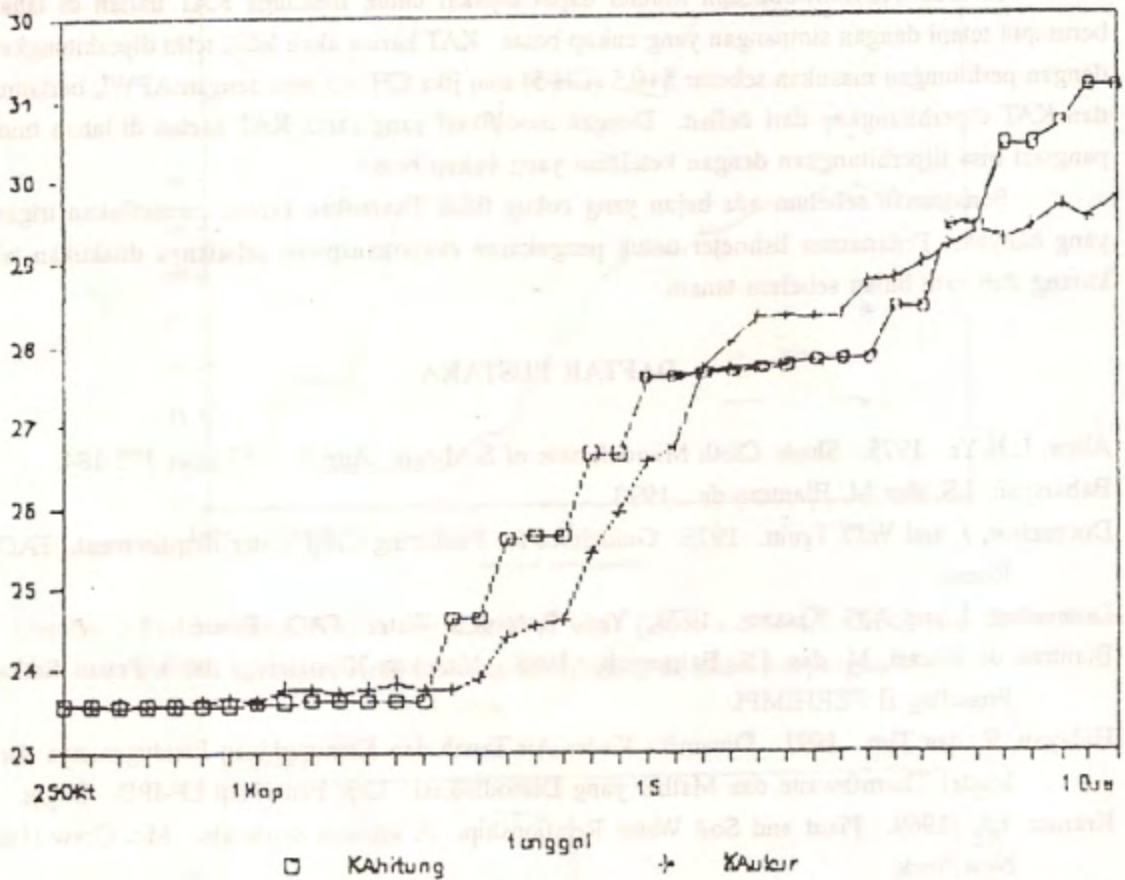
TLP. Sampai dengan akhir pengamatan total penerimaan curah hujan 239 mm atau setara dengan 2.390.000 liter per ha dalam 20 hari hujan di lahan berumput belum meningkatkan KAT hingga mencapai KL.

Metode Thornthwaite dan Mather dapat dipakai untuk menduga KAT harian di lahan berumput tetapi dengan simpangan yang cukup besar. KAT harian akan lebih teliti diperhitungkan dengan perhitungan masukan sebesar $5+0.5(CH-5)$ mm jika $CH > 5$ mm dengan APWL berlanjut dan KAT diperhitungkan dari defisit. Dengan modifikasi yang sama KAT harian di lahan tumpangsari bisa diperhitungkan dengan ketelitian yang cukup besar.

Penanaman sebelum ada hujan yang cukup tidak disarankan karena memerlukan irigasi yang banyak. Penanaman lisimeter untuk pengukuran evapotranspirasi sebaiknya dilakukan tak kurang dari satu bulan sebelum tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, L.H.Yr. 1975. Shade Cloth Microclimate of Soybean. *Agron. J.* 67 (2) : 175-184.
- Baharsyah, J.S. dan M. Blantran de. 1990.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1975. Guidelines for Predicting Crop Water Requirement. FAO. Rome.
- Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979. Yield Respon to Water. FAO. Rome.
- Blantran de Rozari, M. dan J.S. Baharsyah. 1988. Masukan Klimatologi untuk Petani Sikka. Prosiding II PERHIMPI.
- Hidayati, R. dan Tim. 1991. Dinamika Kadar Air Tanah dan Kemungkinan Pendugaannya dari Model Thornthwaite dan Mather yang Dimodifikasi. Lap. Penelitian LP-IPB. Bogor.
- Kramer, P.J. 1969. Plant and Soil Water Relationship. A modern synthesis. Mc. Graw-Hill. New York.
- Milthorpe, F.L. and Moorby, J. 1974. An Introduction to Crop Physiology. Cambridge Univ. Press. London.
- Thornthwaite, C.W. and J.R. Mather. 1957. Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance. Publication in Climatology. Lab. of Climatology. Vol. 10 No. 3.



Gambar 7. Perbandingan KAT terhitung dan KAT terukur di lahan tumpangsari (input = 5 + 1/2(CH-5) jika CH > 5 mm, APWL berlanjut dengan nilai awal -300 mm, KAT dihitung dari defisit).