

## PREDIKSI NERACA AIR DENGAN KOMPUTER MODEL UNTUK ANTISIPASI BAHAYA KEKERINGAN

*(Soil Water Balance Prediction Using Computer Model To Anticipate Drought)*

Pudjo Rahardjo

Pusat Penelitian Teh dan Kina, Gambung

### ABSTRACT

Approaching dry season, farmers and planters understands that water is a limiting factor for well growth of their plants. Every water use management for plant always needs soil water balance knowledge. A software to predict and simulate soil water balance is introduced. A software package, SWIM version 2.11 developed by CSIRO Division of Soils, can be useful to predict soil properties and the fate of soil solution, to simulate soil water redistribution including nutrient leaching. The two numerical equations of Richards', advection-dispersion are applied in the computer simulation. The simulation processes are run with initial activity for checking modeling and its validation. Soil physical and hydraulic properties are required. The research is carried out at a research station, KP Pasir Sarongge, the Research Institute for Tea and Cinchona, with Regosol soil type, 1200 m above sea level. The average values for wilting point and permanent wilting point occurs at the soil water content of 0.28 and 0.20 respectively. Deficit of water balance took place from October 2002 until in the middle of November 2002 when the balance surplus of 40 cm depth wetting soil. Soil water balance provides beneficial to inform the right time to carry out fertilization. It is suggested that fertilization in the KP Pasir Sarongge in the Regosol location can be started when the average soil water content profile above 0.4. That based on the soil water balance detection, happens in the middle of November after receiving about 150 mm of rainfall with 10 rain days in about 20 days. In the case of available irrigation scheme, soil wetting can be controlled based on the value of soil water deficit using soil water balance calculation to again the total soil water content profile for optimum tea plant growth.

Keywords : kekeringan, neraca air, simulasi komputer

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Dampak bencana kekeringan yang terjadi disertai dengan gejala alam El-Nino telah mengakibatkan produksi pucuk tanaman teh turun drastis. Walaupun suatu perusahaan memiliki liquidasi membeli pupuk tetapi pemupukan tidak dapat dilakukan karena kondisi profil kadar air dalam jeluk perakaran tidak memungkinkan menerima pupuk tersebut.

Dalam proses budidaya perkebunan teh, informasi di dalam tanah belum terurai secara baik, seperti berapa jeluk perakaran sesungguhnya sesuai dengan waktu pertumbuhan tanaman, berapa kandungan air dalam jeluk perakaran itu, kapan terjadi jenuh, layu biasa atau permanen, bagaimana redistribusi air setelah hujan. Disamping situasi iklim yang makin terganggu sehingga makin sulit diprediksi. Dampak El-Nino akan memberikan efek kekeringan yang serius sehingga produksi mengalami penurunan yang drastis. Sedangkan produksi mengalami fluktuasi dalam kondisi iklim tahunan yang normal.

Simulasi neraca air dan pergerakan distribusi air dalam zona perakaran akan memberikan banyak keuntungan antara lain memberikan distribusi air dan pupuk di zona perakaran tanaman dan kapan harus dilakukan irigasi dan pemupukan kembali (Ball and Trudgill, 1995). Untuk simulasi telah dikembangkan SWIM version 2.11 oleh CSIRO Division of Soils yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan segala gerak gerik dan perilaku tanah terhadap distribusi air dan juga proses pencucian larutan hara tanah apabila terlalu banyak air terdistribusikan di jeluk perakaran (Ross, 1990, Verburg *et al*, 1996). Parameter yang diperlukan sebagai masukan data berjumlah sekitar seratus buah, tetapi tidak semua perlu terukur melainkan dapat diperkirakan dari beberapa pustaka, beberapa parameter tanah yang diperlu diukur, misal: konduktivitas hidrolik tanah (Bristow *et al*, 1997).

Persamaan matematika numerik dari Richards' dan persamaan adveksdispersi dipakai untuk melakukan model pergerakan distribusi air tanah biasanya di dalam suasana tanah yang tidak jenuh. Kegunaan lain dari SWIM v2.11 selain simulasi redistribusi air tanah, juga kemampuan untuk melakukan simulasi run-off, infiltrasi, serapan air oleh tanaman, evaporasi, laju drainase pada multi horizon tanah yang masing-masing mempunyai sifat fisika yang berbeda (Verburg *et al*, 1996).

Oleh karena itu, neraca air yang bisa lebih mudah diinformasikan akan merupakan salah satu solusi sehingga para pekebun akan lebih mudah menentukan pemupukan, kalau memungkinkan jadwal irigasi yang benar dan akurat, juga perlakuan budidaya lainnya. Dengan demikian diperlukan adanya paket teknologi untuk melakukan simulasi neraca air yang dapat dipertanggung jawabkan validasinya. Lebih lanjut, prediksi parameter yang terukur akan makin memudahkan melakukan komputer model. Kalau akhirnya benar, simulasi berguna dalam membantu penanggulangan bahaya kekeringan.

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) melakukan inventarisasi seluruh parameter yang berguna dan diperlukan oleh SWIM; 2) melakukan simulasi seluruh aspek neraca air yang meliputi redistribusi air, run-off, infiltrasi, evaporasi, transpirasi, drainase; 3) memberikan informasi penting kapan tanaman mengalami stress akibat defisit air di zona perakaran; 4) mem-berikan informasi kapan dan berapa jumlah air dalam melakukan irigasi; 5) memberikan informasi perlakuan yang berguna menaikkan kapasitas penyimpanan air dalam tanah; 6) memberikan dukungan terhadap *Decision Support System, Solution Support System* dalam pengelolaan perkebunan teh.

Dari hasil penelitian ini, nantinya diharapkan dapat memberikan manfaat untuk : 1) memberikan paket teknologi yang mudah untuk simulasi; 2) memberikan saran kapan melakukan irigasi, berapa banyak air yang diperlukan, alat apa yang cocok dipakai; 3) mempunyai nilai tambah atas tertolongnya penurunan produksi dengan kualitas teh jadi di musim kemarau; 4) menjaga produksi pucuk tidak turun selama kemarau yang kering.

Hipotesis yang digunakan dalam penanaman ini adalah : 1) masing jenis tanah (Regosol, Andisol, Latosol) memberikan sifat dan hidrolik yang berbeda; 2) perbedaan sifat fisik tanah masing-masing kedalaman horison tanah akan memberikan distribusi air yang berbeda; 3) kedalaman zona perakaran penting artinya bagi pelaksanaan simulasi; 4) kondisi permukaan tanah dan sifat tanaman akan mempengaruhi distribusi air dalam neraca air.

## METODOLOGI

Dua persamaan numerik Richard's dan adveksi-dispersi dipakai dalam perhitungan simulasi komputer. Pertama kali yang harus dilakukan dalam proses simulasi adalah melakukan pengecekan modelling dan validasi atas sifat-sifat fisika hidrolik tanah termasuk konduktivitas hidrolik dan kurva retensi air tanah. Proses selanjutnya adalah pengisian parameter-parameter yang diperlukan baik secara terukur ataupun terprediksi. Pemakaian software yang tepat parameter akan memberikan validasi yang sesuai.

Adapun parameter yang diamati adalah :

- a) Parameter terukur harian diatas permukaan tanah: data curah hujan, suhu maksimum dan minimum, panjang penyinaran matahari
- b) Profil sifat fisika tanah terukur masing-masing horison tanah: kadar air ( $\theta$ ), konduktivitas hidrolik secara jenuh ( $K_{sat}$ ), pada rentensi  $K$  ( $\Psi-4$  cm)

Selanjutnya dilakukan :

- a) Prediksi konduktivitas hidrolik untuk matrix ( $K_{matrix}$ ) dan macro ( $K_{macro}$ )
- b) Validasi sifat hidrolik masing-masing horison tanah
- c) Simulasi komputer dengan software SWIM
- d) Analisis distribusi air tanah, profil tanah jenuh, layu biasa dan permanen
- e) Memberikan rekomendasi berkenaan dengan manfaat simulasi neraca air harian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian prediksi neraca ini memerlukan beberapa tahap, dimulai dengan memilih salah satu jenis tanah untuk uji awalnya, dalam hal ini tanah Regosol di salah satu kebun percobaan PPTK Gambung yaitu KP Pasir Sarongge, Cianjur. Pengambilan sample tanah dengan menggunakan ring sample dari tiap lapisan horizon tanah, kemudian dilakukan pengukuran permeabilitas tanah dengan retensi yang berbeda yaitu  $\Psi = -10$  and  $-1$  cm dengan memakai peralatan disc-permeameter dan hasilnya tersusun di Tabel 1.

Tabel 1. Nilai konduktivitas hidrolis pada retensi  $K(\psi = -10 \text{ cm})$  dan  $K(\psi = -4 \text{ cm})$  tanah Regosol KP Pasir Sarongge kedalaman 0 – 100 cm

Kedalaman (cm)	Retensi (cm)	Konduktivitas Hidrolis Tidak Jenuh (cm/jam)			Rata-rata
0	-10	0.01845	0.00410	0.01230	0.01162
10	-10	0.14762	0.24809	0.09637	0.16403
20	-10	0.17428	0.03793	0.59870	0.27030
40	-10	0.21324	0.18658	0.14147	0.18043
60	-10	0.08611	0.27475	0.16198	0.17428
80	-10	0.06459	0.44492	0.28295	0.26415
100	-10	0.08304	0.06356	0.15583	0.10081
<hr/>					
0	-4	0.02050	0.04511	0.02563	0.03041
10	-4	0.25834	0.46338	0.30345	0.34172
20	-4	0.17633	0.23271	0.73812	0.38239
40	-4	0.44082	0.20708	0.30345	0.31712
60	-4	0.24502	0.33113	0.30960	0.29525
80	-4	0.21016	0.52489	0.43467	0.38991
100	-4	0.24297	0.24297	0.17633	0.22075

Selanjutnya data pengamatan konduktivitas hidrolis jenuh telah tersusun di Tabel 2. dan parameter ini diperlukan bersama parameter konduktivitas hidrolis lainnya untuk memprediksi konduktivitas hidrolis matrik dan makro.

Selanjutnya, nilai densitas bongkah kedalaman 0 – 120 cm tersusun di Tabel 3 sebagai salah satu parameter yang diperlukan untuk menghitung kadar air volumetri dan melakukan simulasi.

Tabel 2. Nilai konduktivitas hidrolis jenuh tanah Regosol, KP Pasir Sarongge

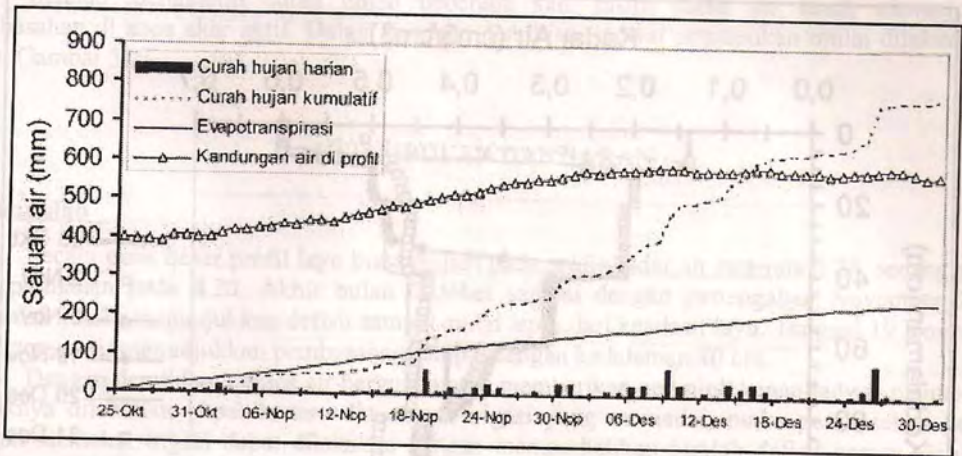
Kedalaman (cm)	Rata-rata $K_{sat}$ (cm/jam)
2.5	24.73
10	23.09
20	23.19
40	10.39
60	13.36
80	15.81
100	5.21

Tabel 3. Profil densitas bongkah tanah Regosol, KP Pasir Sarongge kedalaman 0-100cm

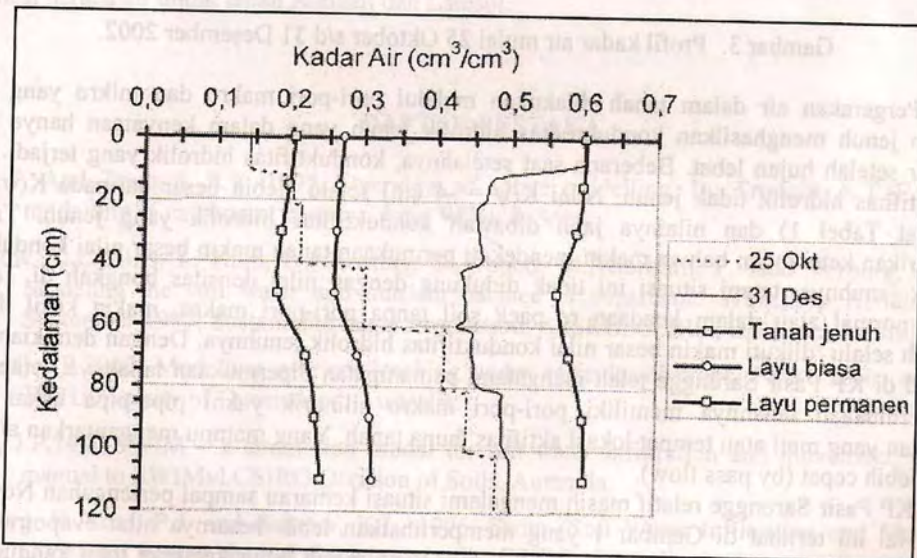
Kedalaman (cm)	Densitas Bongkah	Rata-rata
	(gr tanah/cm <sup>3</sup> )	
205	0.64	0.67
205	0.66	
205	0.73	
10	0.61	0.66
10	0.65	
10	0.70	
20	0.69	
20	0.66	0.67
20	0.67	
40	0.58	
40	0.60	0.60
40	0.63	
60	0.53	
60	0.46	0.49
60	0.47	
80	0.49	
80	0.49	0.48
80	0.47	
100	0.44	
100	0.50	0.48
100	0.49	

Simulasi dilakukan mulai tanggal 25 Oktober 2002 sampai dengan 31 Desember 2002, setelah data konduktivitas hidrolik baik yang jenuh maupun pada rentensi  $K(\psi = -10 \text{ cm})$  dan  $K(\psi = -4 \text{ cm})$  selesai terukur. Berdasarkan data suhu maksimum – minimum dan panjang matahari dilakukan penghitungan evapotranspirasi dengan model Priestley dan Taylor. Bersama-sama dengan data cutah hujan KP Pasir Sarongge dan hasil penghitungan profil air dalam tanah dengan kedalaman 0 – 120 cm tersaji dalam Gambar 1.

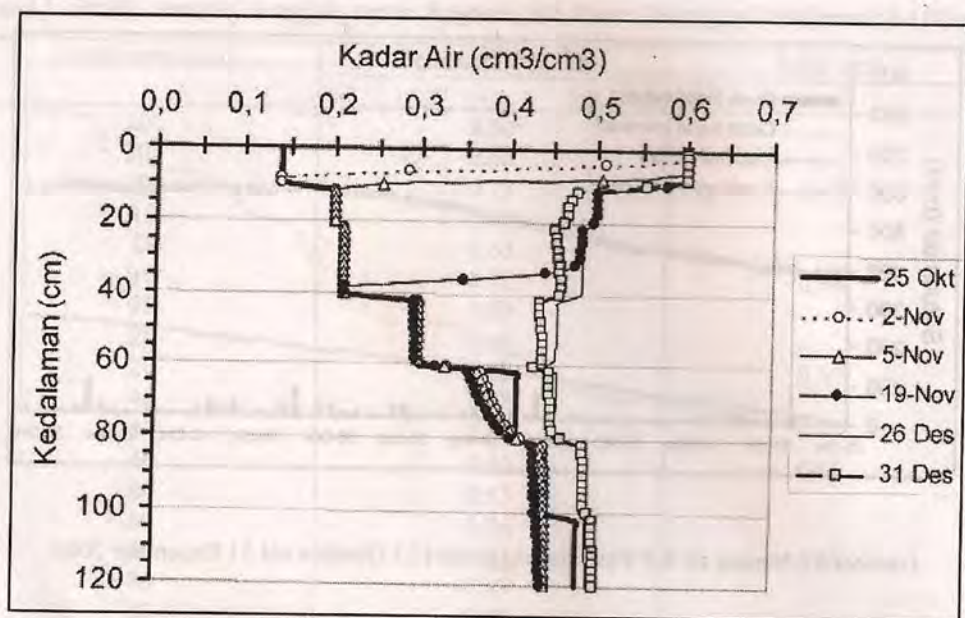
Gambar 2 memberikan paparan nilai profil kadar air pada kapasitas jenuh, layu biasa dan permanen berdasarkan hasil analisa kurva retensi air tanah Regosol, berikut data profil kadar air awal dimulainya simulasi neraca air. Setelah dilakukan simulasi dengan memakai SWIM version 2.11 didapatkan profil kadar air mulai 25 Oktober 2002 sampai dengan 31 Desember 2002 dengan kenampakan pola redistribusi air di kedalaman tanah 0 -120 cm seperti dinyatakan dalam Gambar 3.



Gambar 1. Neraca air KP Pasir Sarongge dari 25 Oktober s/d 31 Desember 2002.



Gambar 2. Profil kadar air saat jenuh, layu dan model di tanah Regosol KP Pasir Sarongge.



Gambar 3. Profil kadar air mulai 25 Oktober s/d 31 Desember 2002.

Pergerakan air dalam tanah dilakukan melalui pori-pori makro dan mikro yang dalam keadaan jenuh menghasilkan konduktivitas hidrolik jenuh yang dalam kenyataan hanya terjadi sebentar setelah hujan lebat. Beberapa saat setelahnya, konduktivitas hidrolik yang terjadi adalah konduktivitas hidrolik tidak jenuh. Nilai  $K(\psi = -4 \text{ cm})$  selalu lebih besar daripada  $K(\psi = -10 \text{ cm})$  (lihat Tabel 1) dan nilainya jauh dibawah konduktivitas hidrolik yang jenuh. Tabel 2 memberikan keterangan bahwa makin mendekati permukaan tanah makin besar nilai konduktivitas hidrolik jenuhnya, tetapi situasi ini tidak didukung dengan nilai densitas bongkah di Tabel 3. Secara normal atau dalam keadaan re pack soil tanpa pori-pori makro, makin kecil densitas bongkah selalu diikuti makin besar nilai konduktivitas hidrolik jenuhnya. Dengan demikian, tanah Regosol di KP Pasir Sarongge telah mengalami pemampatan dipermukaan tanahnya, tetapi disisi lain permukaan tanahnya memiliki pori-pori makro silindrik yakni pipa-pipa bekas sistim perakaran yang mati atau tempat lokasi aktifitas fauna tanah. Yang mampu mengantarkan aliran air secara lebih cepat (by pass flow).

KP Pasir Sarongge relatif masih mengalami situasi kemarau sampai pertengahan November 2002. Hal ini terlihat di Gambar 1 yang memperlihatkan lebih besarnya nilai evapotranspirasi dibanding dengan nilai kumulatif curah hujannya, serta masih lebih kecilnya total kandungan di kedalaman profil 0 – 120 cm.

Posisi awal simulasi menunjukkan bahwa sampai kedalaman 40 cm, keadaan kadar air dalam posisi layu biasa sampai permanen seperti terlihat di Gambar 2. Kelangsungan hidup tanaman hanya dilakukan oleh penyerapan akar tanaman teh yang lebih dalam dari 40 cm. Mulai kedalaman 40 cm, kadar air tanah tidak memberikan keadaan layu biasa. Kondisi di akhir tahun dimana lokasi penelitian telah menerima beberapa kali curah hujan maka posisi profil kadar air tanah makin mendekati garis profil kadar air jenuh.

Setelah mengalami curah hujan beberapa kali, profil kadar air tanah menunjukkan pembasahan di zona akar aktif. Dalam keadaan demikian, jadwal pemupukan mulai dilaksanakan (lihat Gambar 3).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Secara garis besar profil layu biasa terjadi pada profil kadar air rata-rata 0.28, sedang profil layu permanen pada 0.20. Akhir bulan Oktober sampai dengan pertengahan November 2002, neraca air masih menunjukkan defisit sampai mulai lepas dari keadaan layu. Tanggal 19 November 2002 neraca air menunjukkan pembasahan sampai dengan kedalaman 40 cm.

Dengan demikian, neraca air berguna untuk memberikan petunjuk kapan jadwal pemupukan sebaiknya dilakukan. Apabila tersedia sarana irigasi yang memadai, maka pembasahan buatan dengan memakai irigasi dapat dilakukan dengan memperhatikan jumlah defisit neraca air untuk menaikkan total kandungan air tanah yang layak untuk pertumbuhan tanaman teh.

### Saran

Penelitian ini baru dilakukan untuk jenis tanah Regosol, maka diperlukan penelitian untuk simulasi neraca air untuk tanah Andisol dan Latosol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ball, J. And Trudgill, S.T. 1995. Overview of solute modelling. In: Trudgill, S.T.(Ed) Solute modelling in catchment systems. John Wiley & Sons.
- Bristow, K.L., Hills, I., Huth, N., Keating, B., Probert, M., Thorburn, P. And Verburg, K. 1997. Modeling the soil water and nutrient balance of sugarcane. Workshop Handbook, 8-9 September 1997, Sustainable Sugar Production, APSRU, CSIRO, Brisbane, Australia.
- Rahardjo, P.2000. Modelling nutrient leaching under agricultural crops. PhD Thesis, submitted. The University of Queensland, Australia.
- Ross, J.P.1990.SWIM – a simulation model for soil water infiltration and movement, reference manual to SWIMv1.CSIRO Division of Soils, Australia.
- Verburg, K., Ross, P.J. and Bristow, K.L. 1996. Swim (Soil Water Infiltration and Movement). Divisional Report No.130. Division of soils, CSIRO, Australia.