

PENGARUH IKLIM TERHADAP NERACA AIR DAN PERANANNYA DALAM KLASIFIKASI TANAH DI DAERAH BETUN NTT

Markus Anda
(Pusat Penelitian Tanah Bogor)

RINGKASAN

Penelitian telah dilakukan di daerah Betun, Kecamatan Malaka Tengah, Kabupaten Belu, Pulau Timor, Propinsi Nusa Tenggara Timur yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh iklim terhadap neraca air, rejim kelembaban dan suhu tanah dalam kaitannya dengan klasifikasi tanah. Metoda penelitian dilakukan dengan mengambil data iklim dari stasiun cuaca di daerah penelitian dan melakukan pengamatan tanah dengan membuat lubang profil tanah. Contoh tanah diambil sekitar 1 kg tiap lapisan untuk dianalisa di laboratorium. Analisis neraca air dilakukan menurut cara Thornthwaite dan Mather (1957) sedang penetapan rejim kelembaban dan suhu tanah menggunakan kriteria Soil Survey Staff (1987). Hasil penelitian menunjukkan besarnya evapotranspirasi potensial dan aktual berturut-turut 1630 mm/th dan 1426 mm/th lebih tinggi dari pada curah hujan yang hanya mencapai 1417 mm/th, menyebabkan terjadinya defisit air 205 mm/th dalam tanah. Rejim suhu tanah termasuk "Isohyperthermic" sedang rejim kelembaban tanah termasuk "Ustic". Berdasarkan data susunan morfologi tanah, rejim suhu dan kelembaban tanah maka tanah yang ditemukan diklasifikasikan menjadi Ustropept dan Pellustert atau setara dengan Kambisol dan Grumosol.

PENDAHULUAN

Iklim merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh pada proses pembentukan tanah. Iklim bersama dengan organisme sebagai faktor aktif yang bekerja terhadap pelapukan bahan induk tanah pada suatu fisiografi, selama jangka waktu tertentu untuk menghasilkan tanah.

Unsur iklim yang berpengaruh terhadap proses pembentukan dan sifat-sifat tanah yaitu temperatur dan curah hujan. Menurut Schroeder (1984) iklim dapat berpengaruh langsung terhadap suhu dan keadaan air tanah. Energi radiasi mempengaruhi bantuan dan suhu tanah, menentukan tingkat pelapukan dan dekomposisi. Di samping suhu dapat mempengaruhi kehilangan air secara tidak langsung melalui evaporasi dan transpirasi.

Menurut Tsuji *et al*, (1985) iklim digabungkan kedalam defenisi taksa pada taksonomi tanah sebagai rejim kelembaban dan

suhu tanah. Rejim kelembaban tanah (*Soil moisture regime*) digunakan dalam defenisi taksa pada kategori order dalam kasus aridisol dan pada beberapa kategori suborder dari order lainnya. Rejim suhu tanah digunakan pada seluruh batasan kategori famili dan beberapa kategori lebih tinggi dalam taksonomi tanah.

Curah hujan berkaitan langsung dengan keadaan air tanah. Menurut Schroeder (1984) air penting dalam semua proses transformasi dan translokasi. Transformasi merupakan perubahan bahan induk tanah yang melibatkan proses pelapukan, pembentukan mineral, dekomposisi bahan organik, pembentukan ped, pertukaran ion dan proses redoks. Sedangkan translokasi merupakan imigrasi hasil transformasi (*imigration product of transformation*) seperti translokasi liat, bahan organik, silikat, alumunium dan besi. Karena eratnya hubungan antara iklim dan tanah maka penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh iklim terhadap neraca air, rejim kelembaban dan temperatur tanah dalam kaitannya dengan klassifikasi tanah di daerah Betun, Nusa Tenggara Timur.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian tanah di lapangan meliputi potret udara skala 1 : 50.000 dan peta observasi untuk memudahkan letak dan posisi pengamatan.

Alat yang digunakan terdiri dari cangkul, sekop, kompas, abney level, altimeter, meteran dan alat tulis.

Pengamatan keadaan lingkungan meliputi keadaan lereng, bentuk wilayah dan drainase. Pengamatan sifat tanah dilakukan dengan penggalian profil, sifat yang diamati meliputi keadaan morfologi yang terdiri dari susunan horison, ketebalan lapisan, warna, tekstur, struktur dan konsisten. Contoh tanah diambil pada tiap lapisan sekitar 1 kg untuk dianalisa. Penetapan dilakukan terhadap tekstur, kandungan C, N, Ca, Mg, K, Na dan KTK dengan mengikuti metode Sudjadi *et al.*, (1971).

Data iklim dari stasiun pengamat di daerah penelitian tersedia di kantor Kecamatan Dinas Pertanian Tanaman Pangan di Betun. Data tersebut diperoleh dari laporan survei tanah daerah Besikama oleh Tim Survei (1989).

Perhitungan neraca air (water balance) dilakukan menurut cara Thorthwaite dan Mater (1957). Perhitungan neraca air menggunakan data curah hujan, suhu dan kapasitas tanah memegang air (*water holding capacity*).

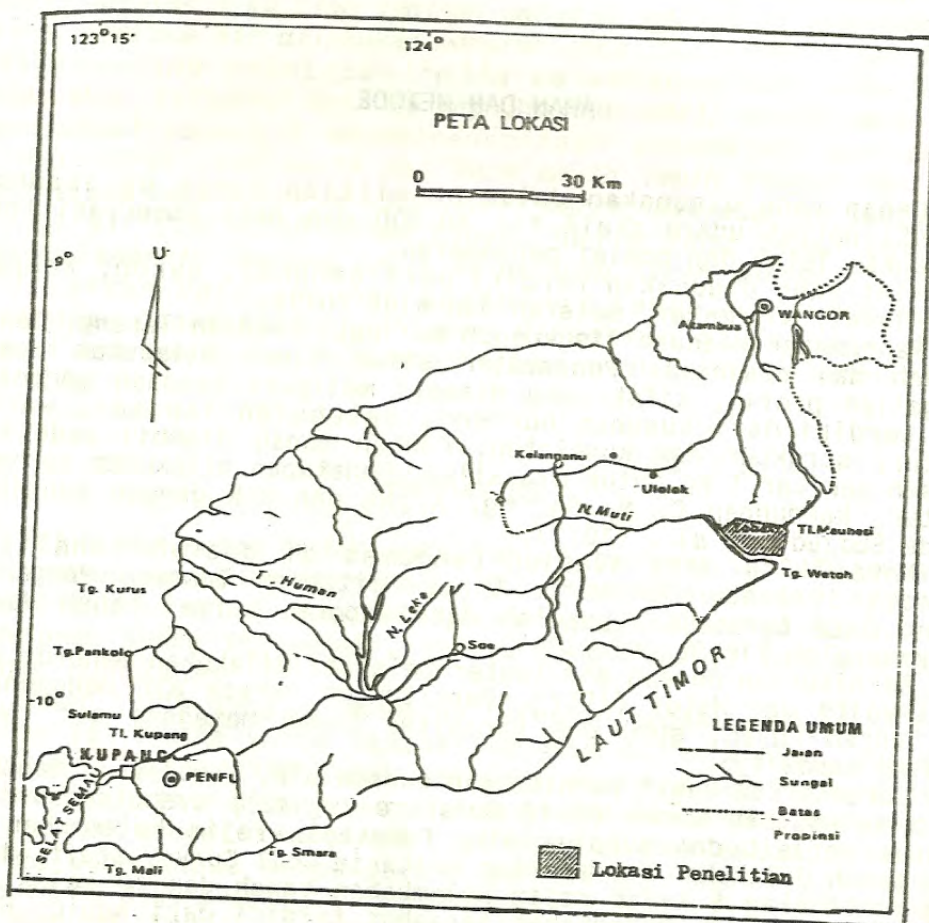
Berdasarkan hasil perhitungan neraca air, kemudian ditentukan rejim kelembaban tanah (*Soil moisture regime*), evapotranspirasi, periode defisit dan surplus air. Penetapan rejim kelembaban dan suhu tanah dilakukan berdasarkan kriteria Soil Survey Staff (1987) yang membedakan 5 kelas rejim kelembaban tanah dan 10 kelas suhu tanah. Kelas rejim kelembaban tersebut terdiri dari Aquic, Udic, Ustic, Xeric dan Aridic Torric. Sedang rejim suhu meliputi Pergilic, Cryic, Frigid, Resic, Thermic, Hyperthermic, Isofrigid, Isomesic, Isothermic dan Isohyperthermic.

Deskripsi Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian termasuk wilayah kecamatan Malaka Tengah Kabupaten Belu, Pulau Timor, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Lokasi Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan satuan fisiografi, daerah penelitian termasuk dataran alluvial dengan bentuk wilayah datar dan persentase kemiringan lereng 0 - 3%.

Secara astronomis daerah penelitian terletak pada $9^{\circ}36'38''$ LS dan $180^{\circ}4'36''$ BT, pada ketinggian sekitar 5 m di atas permukaan laut.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Data iklim di daerah penelitian meliputi curah hujan, suhu dan kelembaban. Data tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rataan curah hujan, suhu dan kelembaban relatif udara Bulanan di daerah Betun, Pulau Timor NTT (selama 20 th)

Unsur	Bulan											
Iklim	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
CH (mm)	176	206	175	131	173	132	114	27	14	26	94	149
T (°C)	26,0	26,9	26,9	26,0	26,1	24,7	25,0	27,7	26,3	27,1	28,6	27,1
RH (%)	79	83	76	80	84	83	81	78	78	74	70	72

Sumber : Tim Survei Tanah Besikama (1989)

Menurut kriteria Schmidt dan Fergusson (1951) yang menetapkan tipe iklim berdasarkan perbandingan jumlah rata-rata bulan kering terhadap jumlah rata-rata bulan basah. Disebut bulan basah jika curah hujan lebih besar dari 100 mm/bl dan bulan kering jika curah hujan kurang dari 60 mm/bl.

Berdasarkan data curah hujan pada Tabel 1, maka menurut kriteria Schmidt dan Ferguson daerah penelitian mempunyai bulan kering selama 3 bulan dan bulan basah 8 bulan. Dari hasil perhitungan ternyata daerah penelitian termasuk tipe iklim C, yaitu nilai Q antara 33,3% dan 60%. Bulan kering berlangsung dari Agustus sampai Oktober dan bulan basah dari Desember sampai Juni.

Menurut Oldeman *et al.*, (1979) yang menentukan tipe iklim berdasarkan jumlah bulan basah dan bulan kering yang dikaitkan dengan kebutuhan air tanaman padi tadah hujan dan tanaman lahan kering. Bulan basah jika curah hujan lebih dari 200 mm/bl dan bulan kering jika kurang dari 100 mm/bl.

Berdasarkan data curah hujan Tabel 1 maka menurut cara Oldeman daerah penelitian mempunyai tipe iklim E3 dengan bulan basah 1 bulan dan bulan kering 4 bulan. Bulan basah hanya terjadi pada Februari dan bulan kering berlangsung dari Agustus sampai November.

Berdasarkan data rata-rata suhu udara tahunan maka suhu tanah dapat diestimasi dari suhu udara menurut cara Tsuji *et al.*, (1985) yang menyatakan bahwa rejim kelembaban tanah dimana tidak ada hasil pengukuran secara langsung yang tersedia dalam periode yang lama maka estimasi yang dapat diandalkan (reliable estimate) dibuat dari rataan suhu udara karena terdapat hubungan langsung antara rataan suhu udara tahunan dengan suhu tanah tahunan pada kedalaman 50 cm. Hal ini dapat dilakukan dengan menambahkan 1° pada temperatur udara rataan tahunan.

Di daerah Betun pencatatan suhu tanah tidak tersedia sehingga dilakukan estimasi dari suhu udara. Suhu udara rata-rata tahunan di daerah tersebut 26.6°C, sehingga hasil estimasi suhu tanah rata-rata tahunan adalah 27.6°C. Suhu udara rata-rata tertinggi dan terendah bulanan berturut-turut 28.6°C dan 24.7°C. Jika penambahan 1°C dilakukan untuk mendapatkan rata-rata suhu tanah tertinggi dan terendah bulanan maka hasil penambahan tersebut berturut-turut 29.6°C dan 25.6°C.

Berdasarkan suhu tanah rata-rata tahunan sebesar 27.6°C dan selisih suhu bulan terpanas (29.6°C) dan terdingin (25.7°C) sebesar 3.9°C maka rejim suhu tanah termasuk isohyperthermic yaitu temperatur tanah rata-rata tahunan lebih dari 22°C dan selisih suhu terpanas dan terdingin kurang dari 5°C (Soil Survei Staff, 1987).

Berdasarkan data keadaan suhu udara pada Tabel 1, maka di daerah penelitian suhu tanah maksimum terjadi pada bulan Nopember dan suhu terendah pada bulan Juni. Suhu maksimum dan terendah terjadi sesuai dengan kelembaban udara terendah dan tertinggi pada masing-masing keadaan suhu tersebut.

Perhitungan neraca air di daerah penelitian didasarkan pada kapasitas tanah menahan air 300 mm pada kedalaman 1 m. Penetapan nilai 300 mm berdasarkan tekstur tanah dan tipe vegetasi. Data tekstur tanah termasuk liat berdebu (silty clay) diperhitungkan secara rata-rata dari tiga profil yang diteliti. Data hasil perhitungan neraca air disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Neraca Air di daerah penelitian dengan Nilai Kapasitas Tanah Menahan Air 300 mm/m

Unsur	Bulan											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
TOC	26.0	26.9	26.9	26.0	26.1	24.7	25.0	27.7	26.3	27.1	28.6	27.1
I	13.1	12.8	12.8	12.1	12.2	11.2	11.4	13.4	12.4	12.9	14.0	13.4
Unadj. PE	4.2	4.6	4.6	4.2	4.3	3.5	3.9	4.8	4.3	4.7	5.1	4.8
Adj. PE	32.4	29.1	31.5	29.7	30.3	29.1	30.0	30.6	30.0	31.8	31.2	32.7
PE	136	134	145	125	130	102	117	147	129	150	159	157
P	176	206	175	131	173	132	114	27	14	26	94	149
P-PE	40	72	30	6	43	30	-3	-120	-115	-123	-65	-8
AccPWL							-3	-123	-238	-361	-426	-434
ST	110	182	212	218	300	300	297	198	135	89	72	70
AST	40	72	30	6	82	0	-3	-99	-63	-46	-17	-2
AE	136	134	145	125	130	102	117	126	77	72	111	151
D	0	0	0	0	0	0	0	21	52	78	48	6
S	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

T = Rata-rata temperatur

I = Indeks panas

Unadj.PE = Evapotranspirasi potensial tak terkoreksi (Unadjusted Potential Evapotranspiration)

Adj.PE = Faktor koreksi evapotranspirasi potensial (Adjusted Potential Evapotranspiration)

PE = Evapotranspirasi potensial

P = Curah hujan

P-PE = Selisih curah hujan dan evapotranspirasi potensial

Acc PWL = Akumulasi potensial air hilang (Accumulated Potential Water Loss)

ST = Cadangan air tersedia (Storage)

ΔST = Perubahan kelembaban tanah

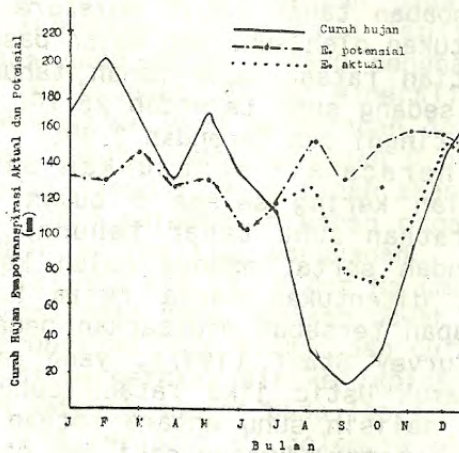
AE = Evapotranspirasi aktual

D = Defisit

S = Surplus

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air pada Tabel 2 ternyata besarnya evapotranspirasi potensial (1630 mm/th) dan evapotranspirasi aktual (1426 mm/th) lebih tinggi dari pada total curah hujan tahunan (1417 mm/th). Hal ini menunjukkan bahwa di daerah Betun senantiasa terjadi defisit air tiap tahun. Defisit air mulai dari Agustus sampai Desember, dengan total defisit dalam tanah selama periode tersebut 205 mm. Sedangkan surplus air hanya terjadi 1 bulan yaitu pada Juni sebesar 30 mm.

Secara lebih detail keadaan curah hujan, evapotranspirasi aktual dan potensial setiap bulan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Keadaan curah hujan, evapotranspirasi aktual dan potensial di daerah Betun.

Pada Gambar 2 terlihat curah hujan mulai lebih rendah dari evapotranspirasi aktual dan potensial pada bulan Juli. Bahkan kurva curah hujan menurun secara tajam mencapai titik terendah pada bulan September. Kurva evapotranspirasi baik aktual maupun potensial bergerak di atas kurva curah hujan mulai bulan Juli sampai bulan Desember. Hal ini menunjukkan terjadinya defisit air selama periode tersebut. Terjadinya defisit air dalam kasus ini disebabkan oleh curah hujan yang rendah dan temperatur yang tinggi dan kelembaban udara yang rendah merupakan penyebab tingginya evapotranspirasi sehingga menimbulkan defisit air.

Tanah

Berdasarkan data keadaan morfologi maka sifat tiap profil tanah diuraikan sebagai berikut :

Profil E26 mempunyai susunan horison ABwC, berwarna coklat pada lapisan atas dan coklat sampai coklat gelap pada lapisan bawah, tekstur liat berdebu, perkembangan tanah masih lemah, struktur berukuran sedang, bentuknya gumpal bersudut, konsistensinya lekat dan plastis.

Profil MA 11 mempunyai susunan horison A(B)C, berwarna kelabu sangat gelap pada lapisan atas dan kelabu gelap sampai coklat pada lapisan bawah. Tekstur liat, perkembangan tanah kuat, struktur berukuran sedang dan berbentuk tiang serta konsistensi sangat lekat dan sangat plastis.

Profil E27 mempunyai susunan horison ABgC, berwarna kelabu dan coklat pada lapisan atas sedang lapisan bawah kelabu gelap sampai coklat kekuningan. Tekstur liat berdebu, struktur masif, konsistensi lekat dan plastis.

Pengaruh iklim dalam klassifikasi tanah adalah dalam menentukan rejim kelembaban tanah (*Soil moisture regime*). Rejim kelembaban tanah ditentukan oleh suhu dan bulan basah/kering.

Di daerah penelitian rata-rata suhu tanah tahunan 27.10°C dan suhu tertinggi 29.60°C sedang suhu terendah 25.70°C . Dalam hal ini selisih antara suhu tertinggi dan terendah 3.90°C .

Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa di daerah penelitian terjadi bulan kering selama 5 bulan berturut-turut. Berdasarkan keadaan rata-rata suhu tanah tahunan, selisih suhu tertinggi dengan terendah serta lamanya bulan kering di daerah penelitian maka dapat ditentukan bahwa rejim kelembaban tanah termasuk Ustic. Penetapan tersebut didasarkan pada definisi yang diberikan oleh Soil Survey Staff (1987), yang mengatakan rejim kelembaban tanah termasuk Ustic jika rata-rata suhu tanah tahunan 22°C atau lebih, atau selisih suhu antara rata-rata bulan terpanas (summer) dan terdingin (winter) kurang dari 50°C pada kedalaman 50 cm. Kelembaban kontrol sektion pada rejim kelembaban Ustic adalah kering pada beberapa bagian atau seluruh bagian selama 90 hari komulatif atau lebih pada kebanyakan tahun. Tetapi kelembaban

kontrol sektion adalah lembab pada beberapa bagian selama lebih dari 180 hari kumulatif atau lembab secara terus-menerus pada beberapa bagian, paling kurang 90 hari berturut-turut. Istilah kontrol sektion di atas adalah kedalaman tertentu untuk mengamati kelembaban tanah.

Berdasarkan rejim kelembaban tanah yang termasuk Ustic maka profil E26 dan MA11 masing-masing diklassifikasikan sebagai *Ustropept* dan *Pellustert* pada tingkat great group (Soil Survey Staff, 1987) atau setara dengan jenis tanah Kambisol dan Grumosol (PPT, 1983). Dalam kasus ini membuktikan bahwa pengaruh iklim melalui rejim kelembaban tanah merupakan salah satu unsur yang ikut menentukan nama atau klassifikasi tanah. Walaupun daerah penelitian mengalami musim kering berturut-turut 5 bulan, tetapi pada tempat yang mendapat pengaruh air dari sumber mata air menyebabkan tanah selalu terpengaruh air atau jenuh dengan air dalam sebagian atau seluruh kontrol sektion yang berarti tanah selalu dalam keadaan lembab atau basah.

Berdasarkan pengaruh lingkungan tersebut maka profil E27 termasuk rejim kelembaban tanah Aquic yaitu rejim reduksi yang bebas dari oksigen larut karena dijenuhi dengan air tanah atau kapiler (Soil Survey Staff, 1987). Karena tanahnya mempunyai rejim kelembaban Aquic maka profil E27 diklassifikasikan kedalam jenis tanah Tropaquept (Soil Survey Staff, 1987) atau setara dengan Gleisol (PPT, 1983).

Pada Tabel 3 terlihat kandungan bahan organik lapisan atas ketiga profil yang diteliti termasuk rendah dan lapisan bawah sangat rendah. Hal ini diduga karena suhu udara rata-rata tahunan 26.60C termasuk tinggi, sehingga proses mineralisasi akan berlangsung cepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Strahler (1973) dalam Nieuvoit (1977) yang mengatakan pada suhu di bawah 250C umumnya terjadi akumulasi humus pada lapisan atas tanah (top soil), tetapi pada suhu di atas 250C penghancuran bahan organik akan berlangsung lebih cepat. Akibat mineralisasi yang berlangsung cepat maka mikroorganisme yang berperan dalam proses perombakan bahan organik akan mengkonsumsi sebagian C organik sebagai sumber energi sehingga yang tinggal dalam tanah akan berkurang. Sedangkan N yang dilepaskan dari perombakan bahan organik karena suhu yang tinggi akan mudah hilang melalui penguapan.

Pada profil E27 dan E26 Ca, K dan Na umumnya tinggi pada lapisan atas (0-54 cm) dari pada lapisan bawah. Hal ini sekali lagi membuktikan pengaruh suhu yang tinggi dan curah hujan rendah. Pada suhu tinggi terjadi pergerakan air ke lapisan atas bersama kation yang terlarut dan setelah sampai pada lapisan atas air akan menguap sedang unsur yang terlarut di dalamnya akan terakumulasi pada lapisan atas yang menyebabkan tingginya kandungan kation pada lapisan tersebut. Keadaan curah hujan yang rendah menyebabkan pencucian (leaching) tidak dapat berlangsung secara kontinu sehingga kation Ca, K dan Na tetap terakumulasi pada lapisan atas.

Pada profil Ma11 kandungan Ca dan Na pada lapisan atas lebih rendah dari lapisan bawah. Hal ini disebabkan karena pada lapisan bawah terdapat banyak hablur kapur, dan diduga tanahnya terpengaruh oleh air laut, akibatnya Ca dan Na menjadi tinggi pada lapisan bawah.

Tabel 3. Hasil analisa tanah pada 3 profil di daerah Penelitian Betun, Pulau Timor NTT.

Kode Profil	Dalam lapisan (cm)	Tekstur	Bahan Organik (%)		Kation Tukar (me/100 g)				KTK liat	Kejenuhan basa (%)
			C	N	Ca	Mg	K	Na		
E27	0- 21	SIC	1.81	0.21	37.04	7.58	0.27	0.29	57.03	100 ⁺
	21- 54	SIC	1.25	0.07	37.41	6.93	0.25	0.03	60.95	100 ⁺
	54- 70	SIC	0.90	0.02	36.32	7.47	0.19	0.01	57.58	100 ⁺
	70- 90	SIC	0.46	0.05	32.56	7.02	0.23	0.03	64.04	100 ⁺
	90-120	CL	0.19	0.04	31.54	6.39	0.12	0.57	52.07	100 ⁺
E26	0- 17	SIC	0.94	0.14	35.26	8.07	0.40	0.61	69.21	100 ⁺
	17- 41	SIC	0.80	0.10	33.14	9.03	0.26	0.62	91.85	100 ⁺
	41- 70	SIC	0.26	0.05	30.74	9.58	0.23	0.35	64.11	100 ⁺
	70-120	SICL	0.26	0.04	32.02	10.35	0.16	0.19	63.03	100 ⁺
Ma11	0-38	C	1.63	0.13	19.76	9.00	0.19	2.00	75.47	65
	38-56	C	0.93	0.06	19.86	10.55	0.20	4.88	67.87	80
	56-90	C	0.42	0.06	22.65	11.05	0.11	5.16	61.95	100 ⁺

Keterangan :

- SIC = Liat berdebu
- CL = Lempung berliat
- C = Liat
- KTK = Kapasitas Tukar Kation

KESIMPULAN

Besarnya evapotranspirasi potensial dan aktual di Betun, berturut-turut 1630 mm/th dan 1426 mm/th, yang berarti melebihi curah hujan yang mencapai hanya 1417 mm/th. Hal ini menyebabkan defisit air yang terjadi pada bulan Agustus sampai bulan Desember sebesar 205 mm dalam periode tersebut.

Suhu tanah di daerah penelitian termasuk isohyperthermic dengan suhu tanah rata-rata tahunan 27.60C. Suhu tanah rata-rata maksimum bulanan mencapai 29.60C terjadi pada November dan rata-rata minimum bulanan 25.70C terjadi pada Juni.

Rejim kelembaban tanah di Betun termasuk Ustic, dan dalam klasifikasi tanah menentukan satuan tanah pada kategori jenis (great group). Sehingga profil E26 dan MA11 diklasifikasikan menjadi *Ustropept* dan *Pellustert* atau setara dengan Kambisol dan Grumusol (PPT, 1983). Profil E27 mempunyai rejim kelembaban Aquic karena dipengaruhi air dari mata air alamiah, sehingga diklasifikasi menjadi *Tropaquepts* atau setara dengan Gleisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Nieuvoit, S. 1987. Tropical climatology. An Introduction climates of the low latitudes. John Wiley and Sons, New York.
- Oldeman, L.R., Irsal Las, and Darwis. 1979. Contribution and Agroclimatic Map of Central Research Institute for Agriculture. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia. TOR Survey dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on wet and dry period ratio for Indonesia with western New Guinea. Publ. No. 42. Jawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Schroeder, D. 1984. Soils Fact and Concept Potash Institute Bern Switzerland.
- Soil Survey Staff. 1987. Keys to Soil Taxonomy. SMSS. Technical Monograph 6. Cornell University.
- Thorthwaite, C.W. and J.R. Matter. 1957. Instruction and tables for computing Potential Evapotranspiration and water Balance. Centertion New Jersey.
- Tim Survey Pusat Penelitian Tanah. 1989. Survei dan Pemetaan Tingkat Semi Detail Daerah Besikama dan sekitarnya, Kabupaten Belu, NTT.
- Tsujii, G.Y., D.A. Berger, B.G. Cagauan, C.P.Y. Chan, P.C. Ching and G. Uehara. 1985. Agroenvironments for Maize Production. Soil Based Agrotechnology Transfer. Benchmark Soils Project, Department of Agronomy and Soil Science Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. Univ. of Hawaii.