

ANALISIS SPASIAL NORMAL KETERSEDIAAN AIR TANAH BULANAN DI PROVINSI BALI

I Gede Agus Purbawa, I Nyoman Gede Wiryajaya
Balai Besar Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar

ABSTRAK

Neraca air merupakan perimbangan antara masukan (input) dan keluaran (output) air di suatu tempat pada suatu periode tertentu. Sebagai keluaran dari analisis neraca air akan diperoleh informasi tingkat ketersediaan air tanah di Bali apakah cukup tersedia, sedang atau kurang sesuai dengan informasi fisika tanahnya. Tingkat ketersediaan air tanah diperoleh dengan menganalisa data kandungan air tanah (KAT) terhadap nilai kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP) di masing-masing wilayah. Ketersediaan air tanah di Bali pada puncak musim kemarau bulan Agustus sebagian besar berada pada tingkat kurang hingga sedang, namun di beberapa kecamatan masih berada pada tingkat cukup yaitu di sebagian Tampaksiring, Tegallalang, Rendang, Bangli, Susut dan Tembuku.

Kata kunci : neraca air, input, kapasitas lapang, output, titik layu permanen.

1. PENDAHULUAN

Sebaran hujan yang tidak selalu merata baik menurut ruang dan waktu menyebabkan kondisi ketersediaan air tanah berbeda pula pada setiap ruang dan waktunya. Faktor iklim yang berperan dalam ketersediaan air tanaman adalah curah hujan dan evapotranspirasi. Evapotranspirasi berpengaruh terhadap ketersediaan air tanah, evapotranspirasi merupakan gabungan evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi tanaman yang menguap melalui akar tumbuhan ke batang daun menuju atmosfer (BMG, 2006)

Kekeringan dan kemarau panjang yang terjadi secara ekstrim seperti pada kondisi El-Nino yang menyebabkan cadangan air semakin berkurang dan sementara itu hujan yang menjadi sumber air utama tidak ada. Jika keadaan ini berlangsung dalam waktu lama akan menyebabkan tanaman pertanian mengalami kekurangan air. Selain curah hujan, tanah juga memegang

peranan yang penting terhadap ketersediaan air bagi tanaman (Suarsa, 2007)

Kemampuan tanah untuk menyimpan air akan menentukan jumlah air yang dapat digunakan oleh tanaman. Ketersediaan air dalam tanah ini dapat diketahui dengan menggunakan pendekatan neraca air.

Kajian ini bertujuan untuk menyusun normal neraca air lahan tahunan di Bali sehingga diketahui tingkat ketersediaan air tanah bulannya untuk dapat diupayakan pemanfaatan sebaik mungkin. Data neraca air dapat memberikan beberapa keterangan penting tentang jumlah netto air yang dapat diperoleh, nilai surplus dari air yang tidak dapat tertampung dan kapan saat terjadinya. Informasi ketersediaan air tanah tentunya akan sangat bermanfaat bagi sektor pertanian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep siklus hidrologi adalah bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di hamparan bumi dipengaruhi oleh masukan (input) dan keluaran (output) yang terjadi. Kebutuhan air di kehidupan kita sangat luas dan selalu diinginkan dalam jumlah yang cukup pada saat yang tepat. Penyusunan neraca air di suatu tempat dan pada suatu tempat dimaksudkan untuk mengetahui jumlah netto dari air yang diperoleh sehingga dapat diupayakan pemanfaatannya sebaik mungkin.

Menurut Mather (1978) istilah neraca air mempunyai beberapa arti yang berbeda tergantung dari skala ruang dan waktu yaitu :

- Skala makro : neraca air dapat digunakan dalam pengertian yang sama seperti siklus hidrologi, neraca global tahunan dari air di lautan, atmosfer dan bumi pada semua fase;
- Skala meso : neraca air dari suatu wilayah atau suatu drainase basin utama;
- Skala mikro : neraca air yang diselidiki dari lapangan bervegetasi, tegakan hutan atau kejadian individu pohon.

Neraca air merupakan perimbangan antara masukan (input) dan keluaran (output) air di suatu tempat pada suatu saat/ periode tertentu. Dalam perhitungan digunakan satuan tinggi air (mm, atau cm). Satuan waktu yang digunakan dapat dipilih satuan harian, mingguan, dekad (10 harian), bulanan ataupun tahunan sesuai dengan keperluan.

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1978) ditinjau dari penggunaannya di bidang hidrologi neraca air merupakan penjelasan tentang hubungan antara aliran ke dalam (in flow) dan aliran ke luar (out flow) di

suatu periode tertentu dari proses sirkulasi air.

Neraca air merupakan kebutuhan mutlak bagi tanaman. Jumlah air yang dibutuhkan atau yang digunakan tanaman tergantung dari beberapa faktor lingkungan (iklim dan tanah) serta tanaman (jenis, pertumbuhan dan fase perkembangan). Fluktuasi ketersediaan air tanah dari bulan ke bulan dapat diketahui dengan menggunakan metode neraca air.

Hillel (1972) menyatakan bahwa pengelolaan lahan kering melalui analisis neraca air lahan merupakan sesuatu yang penting karena neraca air merupakan perincian tentang semua masukan, keluaran, dan perubahan simpanan air yang terdapat pada suatu lahan. Analisis neraca air berguna untuk menetapkan jumlah air yang terkandung di dalam tanah yang menggambarkan perolehan air (surplus atau defisit) dari waktu ke waktu. Selain itu, neraca air dapat digunakan sebagai masukan atau pertimbangan dalam peramalan produksi, klasifikasi iklim suatu daerah, dan pengaturan air irigasi (Chang, 1968).

Nasir (1999) menambahkan bahwa curah hujan bersama evapotranspirasi yang didukung oleh sifat fisik tanah akan dapat memberikan keterangan penting tentang jumlah air yang dapat diperoleh untuk menentukan periode surplus atau defisit air lahan, air yang tidak dapat tertampung dan kapan saat terjadinya yang semuanya hanya dapat dianalisis melalui perhitungan neraca air. Periode surplus atau defisit air suatu daerah penting diketahui untuk mengatur pola tanam maupun jadwal pemberian air irigasi, sehingga dengan pengelolaan berdasarkan acuan hasil perhitungan neraca air diharapkan akan dapat diperoleh hasil pertanian yang lebih baik.

Di bidang Agroklimatologi, Frere dan Popov (1979) seperti yang dikutip oleh Oldeman dan Frere (1982) mengartikan

neraca air sebagai selisih antara jumlah air yang diterima oleh tanaman dan kehilangan air dari tanaman beserta tanah melalui evapotranspirasi. Hillel (1980) untuk kepentingan penerapan ilmu fisika tanah bagi pertanian, menyatakan bahwa neraca air merupakan penjelasan rinci dari hukum kekekalan massa (untuk air) yakni: massa tidak bertambah maupun berkurang tetapi hanya berubah bentuk dan atau berpindah tempat.

Dalam kajian ini, neraca air yang digunakan adalah neraca air lahan yang dimanfaatkan untuk memberikan informasi ketersediaan air tanah khususnya untuk sektor pertanian. Berdasarkan tujuan penggunaannya, neraca air dapat dibedakan atas neraca air umum, neraca air lahan dan neraca air tanaman. Manfaat analisis neraca air lahan ini terutama untuk penggunaan pertanian secara umum dengan tujuan sebagai berikut :

- Untuk mempertimbangkan kesesuaian bagi pertanian lahan tadah hujan berdasarkan kandungan air tanahnya;
- Mengatur jadwal tanam dan jadwal panen;
- Mengatur pemberian air irigasi baik dalam jumlahnya maupun waktunya sesuai dengan keperluan

Perhitungan neraca air lahan memerlukan data dan informasi fisika tanah terutama nilai kandungan air pada tingkat kapasitas lapang (KL) dan pada titik layu permanen (TLP). Prioritas penggunaan air hujan adalah untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air yang lain akan mengisi cadangan air tanah. Bila simpanan air tanah telah mencapai batas maksimum, maka kelebihan air dihitung sebagai surplus. Batas maksimum simpanan air tanah didefinisikan sebagai jumlah air yang dapat ditahan oleh tanah dengan potensial sebesar 1/3 atm. Batas

ini dikenal sebagai kapasitas lapang, sedangkan titik layu permanen merupakan batas minimum tanaman menyimpan air pada tekanan potensial 15 atm yang pada saat itu tanaman tidak mampu melakukan aktivitasnya dan mengalami kekeringan fisiologis jika tidak diberi tambahan air.

3. DATA DAN METODOLOGI

3.1 Data

Data parameter iklim yang dipergunakan dalam analisa ini adalah data suhu rata-rata bulanan dan data curah hujan rata-rata bulanan periode normal 1971 - 2000 dari 24 lokasi / pos iklim yang tersebar di seluruh Bali. Juga digunakan data kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP) untuk daerah Bali yang diperoleh dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (PUSLITANAK, dalam Pawitan *dkk*, 1996).

3.2 Metodologi

Metode yang digunakan dalam analisa neraca air lahan adalah metode Thornthwaite and Mather (1957). Dalam perhitungan neraca air lahan, data masukan yang diperlukan yaitu :

- Curah Hujan;
- Evapotranspirasi potensial (ETP);
- Kandungan air tanah pada tingkat kapasitas lapang (KL);
- Kandungan air tanah pada tingkat titik layu permanent (TLP).

Beberapa asumsi dalam model neraca air ini yakni :

- Evapotranspirasi terjadi pada lahan datar tertutup vegetasi. Digunakan vegetasi rumput sebagai penutup tanah standar;

- Lahan berupa tanah tadah hujan tanpa masukan air dari luar selain curah hujan.

Berikut tahapan perhitungan neraca air lahan :

1. Menyusun tabel isian neraca air lahan bulanan;
2. Mengisi kolom curah hujan (CH) berdasarkan pengamatan;
3. Mengisi kolom evapotranspirasi potensial (ETP) standar dari hasil lisimeter, Eo Panci kelas A x konstanta (0.75-0.8), jika tidak ada data evaporasi digunakan estimasi evapotranspirasi metode Thornthwaite dengan menggunakan unsur iklim suhu rata-rata;
4. Menghitung CH – ETP;
5. Hasil-hasil negatif pada langkah 6 diakumulasi bulan demi bulan sebagai nilai *Accumulation of Water Loss* (APWL);
6. Menentukan nilai KL tanah serta kedalaman tinjanya;
7. Mengisi nilai kandungan air tanah (KAT) dengan rumus berikut :
8. $KAT = KLxk^{APWL}$
9. $k = p_0 + \frac{p_1}{KL}$
10. Dengan $P_0 = 1.000412351$; $P_1 = -1.073807306$
11. Pengisian KAT berdasarkan APWL dari bulan ke bulan;

12. Mengisi kolom perubahan KAT (dKAT) yang merupakan selisih dari KAT dari bulan ke bulan;
13. Kolom Evapotranspirasi Aktual (ETA) Jika CH > ETP maka ETA = ETP. Pada bulan-bulan terjadi APWL (CH < ETP) maka ETA = CH + |dKAT|;
14. Kolom Defisit (D) dimana D = ETP – ETA;
15. Kolom Surplus (S);
16. Surplus terjadi saat tidak ada defisit, maka S = CH – ETP – dKAT.

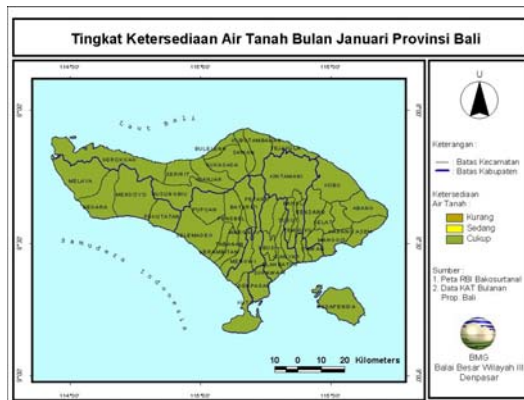
Sebagai keluaran diperoleh informasi kondisi kandungan air tanah apakah cukup tersedia, sedang atau kurang sesuai dengan informasi fisika tanahnya. Terdapat tiga kriteria (BMG, 2006) berikut:

- Cukup : jika berada pada tingkat kapasitas lapang (KL);
- Sedang : jika berada pada tingkat antara kapasitas lapang dan titik layu permanen (TLP);
- Kurang : jika berada pada tingkat kurang dari titik layu permanen (TLP) yang menandakan tanaman dalam kondisi kekeringan

Keluaran informasi ketersediaan air tanah, kemudian dibuat dalam bentuk peta ketersediaan air tanah dari bulan ke bulan dengan metode interpolasi kriging (*kriging interpolation*) menggunakan program ArcView GIS 3.3.

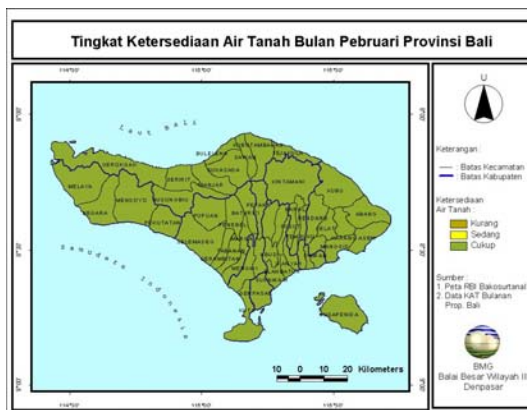
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Januari



Gambar 1. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Januari di Bali

4.2 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Pebruari



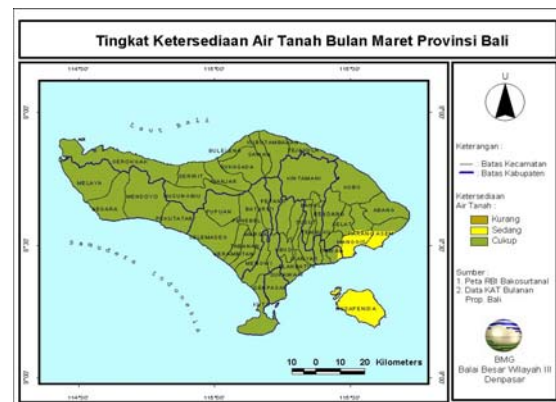
Gambar 2. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Pebruari di Bali

Dari peta terlihat bahwa berdasarkan analisis neraca air lahan diperoleh tingkat ketersediaan air tanah pada bulan Januari berada pada tingkat "Cukup". Kondisi tanah yang mengalami surplus air mencapai 100% dengan nilai surplus tertinggi terjadi di Pupuan sebesar 391.4 mm dan terendah di Sumber klampok sebesar 10.8 mm. Hal ini disebabkan

karena pada bulan Januari seluruh daerah di Bali mengalami musim penghujan, bahkan sebagian besar mengalami puncak musim hujan. Dengan kondisi seperti itu maka kondisi tanah pun cukup basah.

Berdasarkan analisis neraca air lahan diperoleh tingkat ketersediaan air tanah pada bulan Pebruari di Bali masih berada pada tingkat "Cukup" dengan kondisi tanah yang surplus air terjadi di seluruh wilayah. Surplus air tertinggi terjadi di Besakih sebesar 387.6 mm dan terendah di Sampalan sebesar 29.5 mm. Hal ini terjadi karena hingga memasuki bulan Pebruari musim penghujan masih berlangsung di Bali.

4.3 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Maret

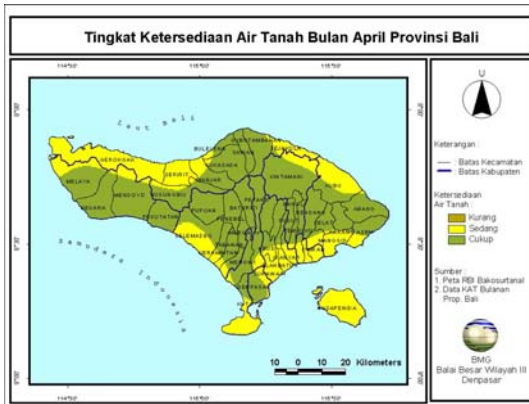


Gambar 3. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Maret di Bali

Hasil analisis neraca air lahan seperti yang terlihat pada peta diatas, diperoleh tingkat ketersediaan air tanah mayoritas daerah di Bali masih berada pada tingkat "Cukup" sedangkan tingkat "Sedang" terjadi di Kecamatan Nusa Penida (Kab. Klungkung), Kecamatan Manggis dan sebagian Kecamatan Karangasem (Kab. Karangasem). Kondisi tanah yang mengalami surplus air mencapai 91.6 % dengan surplus tertinggi sebesar 328.7 mm terjadi di Besakih. Sebanyak 4.1 %

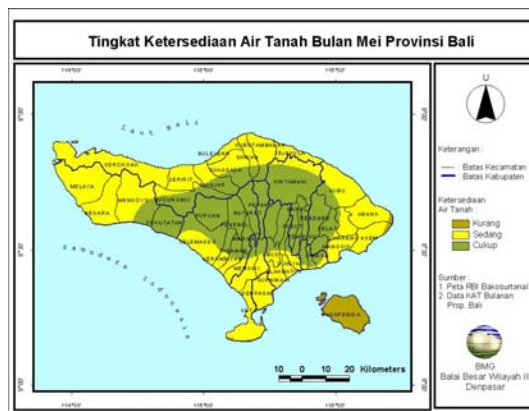
wilayah telah mengalami defisit air yaitu di Sampalan sebesar 1.0 mm. Memasuki bulan Maret, beberapa daerah di Bali sudah mulai memasuki akhir musim hujan, sehingga akumulasi curah hujannya juga berkurang dibanding bulan sebelumnya

4.4 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan April



Gambar 4. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan April di Bali

4.5 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Mei



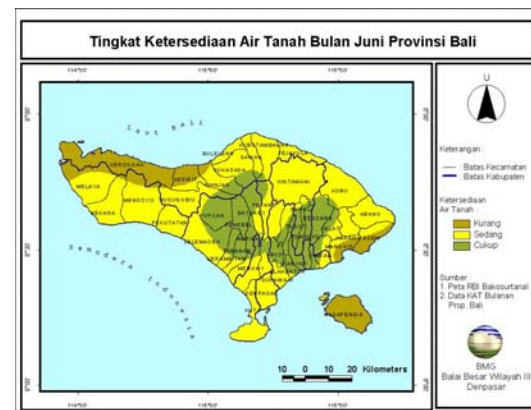
Gambar 5. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Mei di Bali

Berdasarkan analisis neraca air lahan bulan April diperoleh tingkat ketersediaan air tanah pada beberapa daerah pesisir di sebagian Bali Utara, Bali Selatan, dan Bali Timur sudah berada pada tingkat "Sedang". Sedangkan daerah lainnya masih berada pada tingkat "Cukup".

Daerah yang mengalami surplus air tanah mencapai 66.7 % dengan surplus tertinggi 234.8 mm di Pupuan dan terendah 0.2 mm di Klungkung. Sedangkan defisit air sebesar 29.2 % dengan defisit tertinggi terjadi di Sampalan sebesar 9.7 mm. Kondisi tersebut disebabkan karena pada bulan April, beberapa daerah di Bali sudah mulai memasuki musim peralihan / pancaroba.

Dari peta terlihat tingkat ketersediaan air tanah "Sedang" makin meluas dan tingkat ketersediaan air tanah "Cukup" makin menyempit, bahkan di kecamatan Nusa Penida sudah berada pada tingkat "Kurang". Surplus air tanah pun mulai menurun yaitu hanya terjadi sebanyak 41,6 % saja, dengan surplus tertinggi sebesar 106.1 mm di Pupuan dan terendah 0.2 mm di Palasari. Sedangkan defisit air makin meningkat sebesar 54.2 % dengan defisit tertinggi 42.5 mm terjadi di Sampalan dan terendah 0.5 mm di Klungkung. Pada bulan Mei, sebagian besar daerah di Bali sudah mengalami musim pancaroba yaitu peralihan dari musim hujan ke musim kemarau.

4.6 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Juni

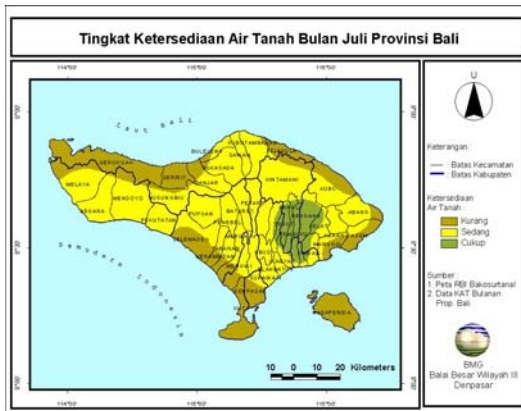


Gambar 6. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Juni di Bali

Berdasarkan analisis neraca air lahan diperoleh tingkat ketersediaan air tanah

pada bulan Juni mulai bervariasi dimana daerah Nusa penida, sebagian Manggis dan Karangasem serta Buleleng bagian Barat dan sebagian Jembrana sudah berada pada tingkat "Kurang". Tanah yang mengalami defisit air mencapai 66.7 % dengan defisit tertinggi 47.9 mm terjadi di Bengkala. Surplus air tanah sebesar 29.2 % dengan surplus tertinggi terjadi di Bangli sebesar 33.9 mm. Kondisi tersebut terjadi akibat musim kemarau yang sudah terjadi di seluruh daerah di Bali pada bulan Juni.

4.7 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Juli

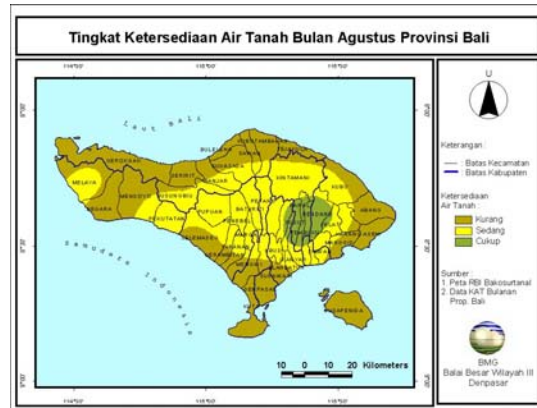


Gambar 7. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Juli di Bali

Analisis neraca air lahan pada bulan Juli diperoleh tingkat ketersediaan air tanah pada tingkat "Kurang" semakin meluas terutama terjadi di daerah pesisir pantai dan dataran rendah di sepanjang Bali bagian Utara dan Selatan. Surplus air tanah hanya sebesar 33.4 % dengan surplus tertinggi sebesar 32.0 mm terjadi di Besakih. Sedangkan defisit air mencapai 66.7 % dengan defisit tertinggi mencapai 50.2 mm terjadi di Sampalan. Hal ini sebagai dampak dari berlangsungnya musim kemarau yang makin menguat hingga mencapai puncaknya pada bulan Agustus.

4.8 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Agustus

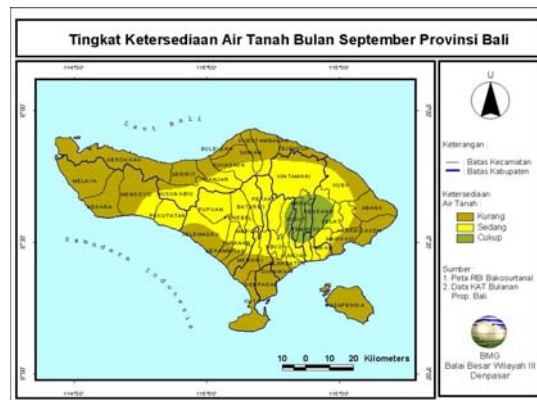
Dari analisa neraca air lahan diperoleh ketersediaan air tanah pada tingkat "Kurang" di Bali makin meluas sedangkan pada tingkat "Cukup" hanya terjadi di sebagian kecil dataran tinggi yaitu di Susut, Tembuku, Bangli dan Rendang serta sebagian Tampaksiring dan Tegalalang.



Gambar 8. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Agustus

Surplus air tanah terjadi sebesar 16.7 % dengan surplus tertinggi sebesar 30.0 mm di Bangli dan defisit air terjadi sebesar 83.3 % dengan defisit tertinggi terjadi di Sumberklompok sebesar 66.7 mm. Kondisi tersebut disebabkan karena pada bulan Agustus mayoritas daerah di Bali mengalami puncak musim kemarau.

4.9 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan September



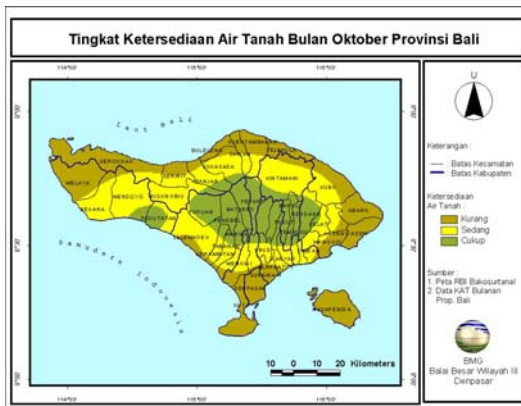
Gambar 9. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan September di Bali

Dari analisa neraca air lahan menunjukkan sebagian besar daerah di Bali ketersediaan air tanahnya berada pada tingkat "Kurang", sedangkan pada tingkat "Cukup" hanya terjadi di sebagian kecil dataran tinggi yaitu di Susut, Tembuku, Bangli dan Rendang. Defisit air terjadi sebesar 83.3 % dengan defisit tertinggi terjadi di Sampalan sebesar 88.1 mm.

Sedangkan surplus air terjadi hanya 8.3 % saja dengan surplus tertinggi di Besakih sebesar 44.5 mm

Hal ini disebabkan karena pada bulan September di sebagian besar daerah di Bali mengalami musim pancaroba yaitu peralihan dari musim kemarau ke musim hujan.

4.10 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Oktober



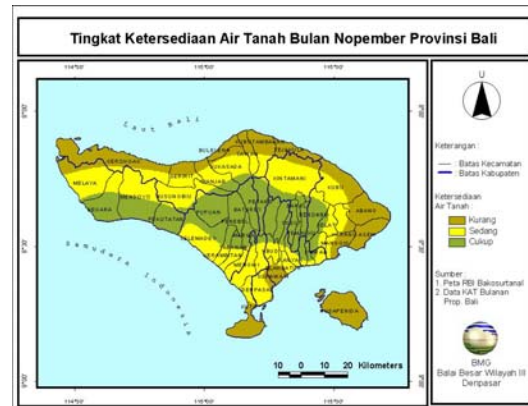
Gambar 10. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Oktober di Bali

Berdasarkan analisa spasial neraca air lahan menunjukkan ketersediaan air tanah pada tingkat "Cukup" makin meluas dan pada tingkat "Kurang" mulai menyempit. Surplus air tanah terjadi sebesar 29.2 % dengan surplus tertinggi terjadi di Bangli sebesar 144.9 mm dan terendah 30.1 mm di Pulkan. Sedangkan defisit air terjadi sebesar 58.4 % dengan defisit tertinggi terjadi di Kubu sebesar 109.8 mm. Kondisi

tersebut terjadi karena memasuki bulan Oktober, beberapa daerah di Bali sudah memasuki musim hujan.

4.11 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Nopember

Dari hasil analisa neraca air lahan menunjukkan ketersediaan air tanah pada tingkat "Cukup" terjadi di hampir semua daerah dataran tinggi bahkan juga di dataran rendah di Jembrana bagian selatan. Sedangkan pada tingkat "Kurang" terjadi di sepanjang pesisir Utara, Timur dan Selatan Bali serta di Nusa Penida. Surplus air terjadi sebesar 37.5 % dengan surplus tertinggi terjadi di Besakih 340.9 mm dan terendah di Klungkung 32.7 mm. Sedangkan defisit air terjadi sebesar 29.2 % dengan defisit tertinggi di Banyupoh sebesar 92.4 mm. Pada bulan Nopember sebagian besar daerah di Bali sudah memasuki musim penghujan sehingga akumulasi curah hujan mengalami peningkatan.



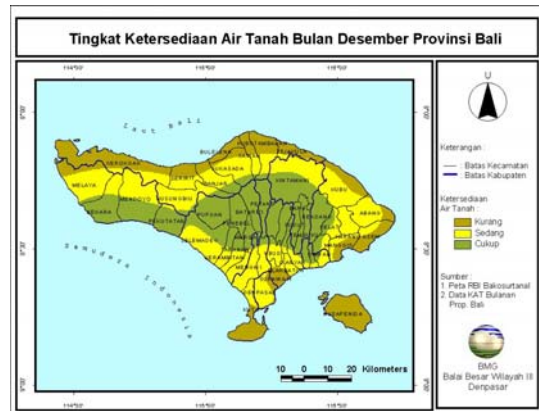
Gambar 11. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Nopember di Bali.

4.12 Normal Ketersediaan Air Tanah Bulan Desember

Dari hasil analisa neraca air lahan terlihat ketersediaan air tanah di Bali mayoritas pada tingkat "Cukup" sedangkan pada tingkat "Kurang" hanya terjadi di sebagian kecil daerah terutama pada dataran

rendah dan pesisir pantai Utara dan Timur, Sukawati, Kuta Selatan dan Nusa Penida.

Tegallalang, Rendang, Bangli, Susut dan Tembuku.



Gambar 12. Peta Normal Tingkat Ketersediaan Air Tanah Bulan Desember di Bali

Surplus air tanah terjadi sebesar 50 % dengan surplus tertinggi sebesar 413.4 mm di Besakih dan terendah 39.6 mm di Negara. Sedangkan defisit air tanah hanya 4.2 % yaitu di Sampalan sebesar 25.4 mm. Memasuki bulan Desember seluruh daerah di Bali sudah mengalami musim penghujan. Dengan kondisi seperti itu maka kondisi tanah pun cukup basah

5. KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang bisa diambil, yaitu:

1. Tingkat ketersediaan air tanah di Bali sangat dipengaruhi oleh curah hujan, suhu dan penguapan.
2. Daerah dataran tinggi umumnya memiliki ketersediaan air tanah yang lebih banyak daripada daerah dataran rendah dan pesisir pantai.
3. Ketersediaan air tanah di Bali pada puncak musim kemarau sebagian besar berada pada tingkat kurang hingga sedang, namun di beberapa kecamatan masih berada pada tingkat cukup yaitu di sebagian Tampaksiring,

4. Secara spasial pola ketersediaan air tanah di Bali umumnya mirip dengan pola sebaran curah hujan dan topografi.

6. ACUAN

Badan Meteorologi dan Geofisika. 2006. Petunjuk Pembuatan Pemetaan Neraca Air Lahan. BMG Pusat. Jakarta.

Chang. 1968. Climate and Agriculture. An Ecological Survey. Aldine Publishing Company. Canada.

Frere, M and Popov. 1972. A Method for the Practical Application of the Penman Formula for the Estimation of Potential evapotranspiration and Evaporation from A Free Water Surface. FAO.

Hillel, D.1972. The Field Water Balance and Water Use Efficiency in D. Hillel (ed) Optimizing The Soil Physical Environment Toward Greater Crop Yields. Academic Press. New York.

Murdiyarsa, D. 1980. Pengantar Hidrometeorologi. Diktat Kuliah Jurusan Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Nasir A.N, dan S. Effendy. 1999. Konsep Neraca Air Untuk Penentuan Pola Tanam. Kapita Selektta Agroklimatologi Jurusan Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan IPA. Institut Pertanian Bogor.

Pawitan, H., Suharsono, H., Las, I., Boer, R., Handoko, dan Baharsjah, J. 1996. Implementasi Pendekatan Strategis dan Taktis Gerakan

- Hemat Air. Dalam Prosiding Seminar Nasional Gerakan Hemat Air. PERHIMPI. Bogor.
- Sosrodarsono dan Takeda. 2003. Hidrologi Untuk Pengairan. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Suarsa, I Nyoman. 2007. Analisis Neraca Air Lahan Untuk Perencanaan Pola Tanam di Melaya Kabupaten Jembrana. Skripsi S-1. Denpasar.
- Thornthwaite, C.W. and J.R. Mather. 1957. Instruction and Table for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publication in Climate, Vol. X, No. 3. New York.
- Wisnubroto, S. 1997. Kekeringan Dalam Pertanian Tinjauan Khusus dari Unsur Curah Hujan. Makalah dalam Seminar Nasional Dampak Kemarau Panjang diselenggarakan oleh Perhimpunan Agronomi Indonesia Tanggal 16 Desember 1997 di Yogyakarta.