

PERAN NERACA AIR DALAM PENGEMBANGAN AGRIBISNIS UNTUK Mendukung KEDAULATAN PANGAN

ORAL

Gunardjo Tjakrawarsa

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Solo

Jl. A. Yani, PO.Box 295 Sukoharjo Pabelan Solo 57102

e-mail: gnardjotjak@yahoo.com

ABSTRAK

K eberhasilan pengembangan agribisnis tanaman pangan dan hortikultura perlu didukung pengelolaan sumberdaya air yang handal. Sumberdaya air adalah output dari suatu daerah aliran sungai (DAS) dengan curah hujan sebagai inputnya. Hubungan input, proses dan output air suatu DAS dapat dianalisis dengan neraca air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat dan pentingnya neraca air dalam pengembangan agribisnis untuk mendukung kedaulatan pangan. Penelitian menggunakan metode studi pustaka terhadap sejumlah literatur berkaitan dengan neraca air dan kebutuhan air komoditas agribisnis serta teknik pengairannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam satu tahun kalender tanam terdapat bulan-bulan surplus dan defisit air yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan jenis komoditas, waktu penanaman serta luas penanaman. Dengan analisis neraca air dapat diketahui potensi sumberdaya air dan teknik pengelolaan DAS yang diperlukan. Namun dalam pengembangan komoditas agribisnis hasil analisis neraca air perlu dilengkapi dengan pemantauan tinggi muka air output DAS. Implikasi kebijakan yang dapat diperoleh adalah perlunya analisis neraca air untuk memastikan keberlanjutan pengembangan agribisnis tanaman pangan dan hortikultura, sosialisai bulan surplus dan defisit air ke pengguna dan penyuluhan pengelolaan komoditas agribisnis secara benar dan tepat.

Kata kunci: *tata air, komoditas agribisnis, ketersediaan air*

PENDAHULUAN

Pangan adalah hak asasi bagi setiap individu di Indonesia adalah amanat Undang-Undang RI Nomor 7 tahun 1996 tentang pangan. Dengan demikian kebutuhan pangan setiap individu di Indonesia mutlak harus dipenuhi. Ketahanan pangan adalah suatu kondisi dimana setiap individu dan rumah tangga memiliki akses secara fisik, ekonomi, dan ketersediaan pangan yang cukup, aman, serta bergizi untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan selera untuk kehidupan yang aktif dan sehat. Namun kondisi sosial, ekonomi dan fisik, saat ini telah mengancam ketahanan pangan Indonesia akibat pertambahan jumlah penduduk yang berdampak pada tekanan sektor pertanian dan berkurangnya minat pada aspek budaya pertanian. Disisi lain sektor pertanian kalah bersaing dengan sektor ekonomi lain seperti industri dan jasa (Ariyana, 2011).

Dalam pengembangan komoditas agribisnis maka potensi sumberdaya air perlu dikelola sehingga kebutuhan air komoditas agribisnis dapat dicukupi secara

optimal. Pada tahun 2009 kebutuhan air pertanian (untuk keperluan irigasi) memegang porsi paling besar yaitu 79% dari total kebutuhan air, untuk sektor lain seperti domestik mencapai 11%, industri 5%, dan perkotaan 5%. Pada tahun 2020 diperkirakan akan terjadi peningkatan kebutuhan air untuk keperluan domestik mencapai 17%, sementara untuk sektor perkotaan meningkat mencapai 10% yang membawa konsekuensi penurunan porsi air untuk sektor lain (Heryani, 2009). Selain itu, juga terjadi pergeseran musim hujan yang menyebabkan: a) musim kemarau yang mulai lebih awal dengan periode yang lebih lama dan jumlah curah hujan di bawah normal, b) awal musim hujan mundur dengan periode yang lebih pendek dengan intensitas hujan yang tinggi (Subagyono dan Surmaini, 2007). Keadaan akan semakin sulit karena terjadi distribusi air yang tidak merata akibat kerusakan daerah aliran sungai (DAS) dan menurunnya daya tampung air terutama di musim kemarau. Menurunnya kapasitas lahan dalam menyimpan air mengakibatkan hujan yang turun sebagian besar ditransfer menjadi aliran permukaan dan hanya sedikit sekali yang mengisi cadangan air tanah. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pengelolaan DAS yang tepat dalam arti pengelolaan tataguna lahan dan penerapan teknik konservasi tanah yang sesuai sehingga aliran air pada outlet DAS berada kondisi jumlah, kualitas dan distribusi yang baik. Output aliran air ini merupakan potensi air yang dapat dimanfaatkan bagi pengembangan komoditas agribisnis.

Jumlah air hujan yang turun dikurangi dengan air yang terevapotranspirasi di dalam suatu DAS akan menyisakan aliran sungai. Keseimbangan input (curah hujan), proses (evapotranspirasi) dan output (aliran sungai) inilah yang disebut neraca air. Air yang berada di dalam zona budidaya DAS khususnya pada zona perakaran akan dimanfaatkan oleh komoditas agribisnis. Air yang tersedia bagi komoditas agribisnis adalah air yang berada pada kondisi antara kapasitas lapang dan kapasitas layu permanen. Selain itu air sebagai output DAS yang mengalir di sungai dapat dipanen pada bendungan atau tampungan air untuk dapat dimanfaatkan kembali untuk mengairi lahan pengembangan agribisnis. Makalah ini disusun untuk mengulas peran, manfaat dan pentingnya neraca air dalam pengembangan agribisnis untuk mendukung kedaulatan pangan.

METODE PENELITIAN

Neraca air DAS adalah hubungan antara aliran ke dalam dan aliran ke luar dalam suatu wilayah DAS dan dalam periode waktu tertentu (Sosrodarsono *et al.*, 1993). Lebih jauh, neraca air adalah keseimbangan antara *input* air berupa curah hujan

dan *output* berupa evapotranspirasi dan limpasan. Air hujan yang jatuh pada suatu permukaan bervegetasi, setelah dievapotranspirasikan, sisanya akan menjenuhkan tanah dan mengalir ke sungai sebagai limpasan. Neraca air didasarkan pada hukum konservasi massa, dimana setiap perubahan dalam kadar air pada suatu volume tanah selama periode waktu tertentu harus sama dengan perbedaan antara jumlah air yang ditambahkan pada suatu volume tanah dan jumlah air yang dikurangi dari tanah tersebut. Dengan kata lain, kandungan air suatu volume air akan meningkat ketika air ditambahkan dari luar ke dalam melalui infiltrasi atau peningkatan kapilarisasi, dan menurun ketika air menurun akibat evapotranspirasi atau drainase dalam. Pada prinsipnya suatu neraca air dapat dihitung untuk semua volume air, dari suatu contoh air kecil sampai keseluruhan DAS.

Menurut Dunne and Leopold (1978) secara umum hubungan keseimbangan antara *input* dan *output* dapat digambarkan sebagai berikut:

$$P = I + AET + OF + \Delta SM + \Delta GWS + GWR$$

dimana:

P = *Precipitation* (Curah hujan)

I = *Interception* (Intersepsi)

AET = *Actual evapotranspiration* (Evapotranspirasi aktual)

OF = *Overland flow* (Aliran permukaan)

ΔSM = *Change in soil moisture* (Perubahan kadar kelembaban tanah)

ΔGWS = *Change in groundwater storage* (Perubahan simpanan air tanah)

GWR = *Groundwater run-off* (Aliran air tanah)

Model neraca air yang dikenal cukup banyak namun yang dikenal ada tiga yaitu: i) Model neraca air umum: model yang menggunakan data klimatologis, bermanfaat untuk mengetahui banyaknya bulan-bulan basah; ii) Model neraca air lahan: model yang menggabungkan data klimatologis dengan data tanah terutama: kapasitas lapangan (KL), titik layu permanen (TLP) dan *water holding capacity* (WHC), iii) Model neraca air tanaman: model yang menggabungkan data klimatologis, data tanah dan tanaman (Purnama, Trijuni, Aulia dan Razak, 2012).

Penyusunan neraca air di suatu tempat dan suatu periode dimaksudkan untuk mengetahui jumlah netto air yang dapat diperoleh, nilai surplus dan defisit air dan kapan saat terjadinya (Natsir, 1986) dalam Budiarta (2001) (Pramono dan Adi, 2010). Untuk tujuan perkiraan pengisian, umumnya tepat untuk memperhatikan zone perakaran

sebagai kontrol volume dan kelebihan neraca air per unit area (Zhang, Walker and Dawes. 2002). Kegunaan neraca air adalah untuk mengetahui kondisi air pada saat surplus dan defisit serta dapat mengantisipasi bencana yang akan terjadi, serta dapat pula digunakan untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Perubahan aliran air sebagai hasil perubahan vegetasi penutup tanah dapat diperkirakan besarnya melalui analisis neraca air dengan menggunakan indikasi kedalaman akar vegetasi yang berbeda (Asdak, 2002). Dengan diketahuinya periode surplus-defisit maka dapat diatur pola tanam, waktu tanam maupun jadwal pemberian air irigasi sehingga mampu memberikan hasil optimal. Manfaat neraca air secara umum: i) dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagian air serta salurannya, ii) dasar pembuatan saluran irigasi dan teknik pengendalian banjir; iii) dasar pemanfaatan air untuk berbagai keperluan pertanian seperti: sawah, perkebunan dan perikanan (Purnama, Trijuni, Aulia dan Razak, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kasus Sub DAS Wuryantoro

Pramono dan Adi (2010) dalam penelitian potensi air bulanan di Sub DAS Wuryantoro dari tahun 2005-2007 dengan metode neraca air *Thorntwaite-Mather* telah menghitung potensi air bulanan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti budidaya pertanian dan hortikultura. Rata-rata curah hujan sub DAS Wuryantoro pada periode 2005-2007 adalah 2.083 mm (lihat tabel 1). Berdasarkan Klasifikasi tipe Schmidt-Fergusson, Sub DAS Wuryantoro mempunyai nilai $Q = 0,7143$ termasuk ke dalam tipe iklim D, hutan musim. Dengan Klasifikasi Iklim Oldeman Sub DAS Wuryantoro termasuk tipe iklim C3 dengan penjabaran tanam padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun. Tetapi penanaman palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering.

Sub DAS Wuryantoro secara administratif pemerintahan terletak di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah. Luas wilayah kajian ini sekitar 18 km^2 atau 1.800 ha. Sub DAS Wuryantoro merupakan salah satu DTA Waduk Serbaguna Wonogiri yang posisinya berada pada bagian barat laut dari waduk.

Berdasarkan peta penutupan lahan (Gambar 2), sub DAS Wuryantoro mempunyai beberapa jenis penutupan lahan antara lain hutan, padang rumput, pemukiman, kebun, sawah, sawah tadah hujan, semak belukar, dan ladang. Dari beberapa jenis tersebut yang mendominasi adalah penutupan lahan berupa tegalan.

Jika dilihat dari kenampakan bentang lahan sub DAS Wuryantoro, terdapat empat kelas kemiringan lereng di sub DAS Wuryantoro yaitu kemiringan lereng 0-8%, 8-15%, 15-25%, dan > 25%. Dari empat kelas lereng tersebut, yang mendominasi adalah kelas lereng datar (0-8%).

Jika dilihat dari jenis bahan induknya, sub DAS Wuryantoro bahan induknya berupa vulkan tua di bagian hulu DAS dan kapur di bagian hilir DAS sehingga jenis yang berkembang di sub DAS Wuryantoro. Terdapat tiga jenis tanah di sub DAS Wuryantoro yaitu Grumusol, Litosol, dan Mediteran. Dari ketiga jenis tanah tersebut yang mendominasi adalah jenis Litosol yang sebagian besar terletak di bagian hulu DAS dan sedikit di bagian hilir.

Tabel 1. Curah hujan bulan sub DAS Wuryantoro tahun 2005-2007

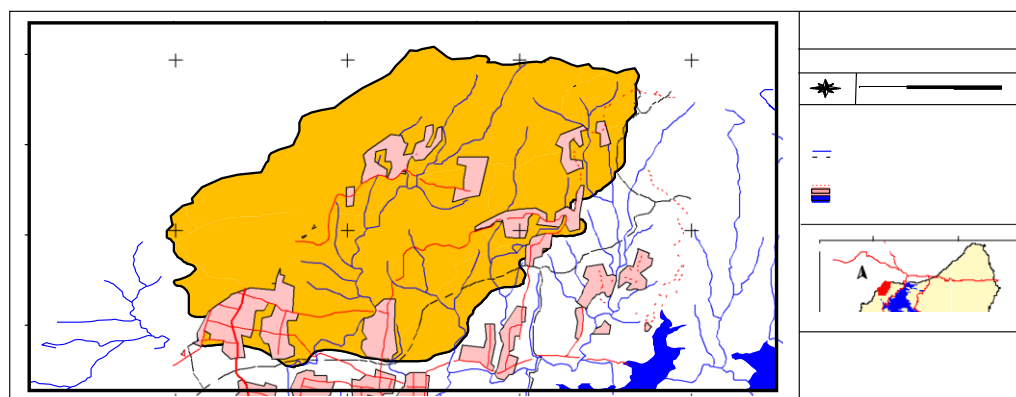
Tahun	Curah hujan bulanan (mm)												Jumlah
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
2005	334	214	424	117	65	117	96	37	42	138	140	452	2,176
2006	371	393	155	163	189	0	0	0	0	0	22	367	1,660
2007	262	273	194	515	81	33	0	0	0	11	204	840	2,413
Rata-rata	322	293	258	265	112	50	32	12	14	50	122	553	2,083

Sumber: Pramono dan Adi (2010)

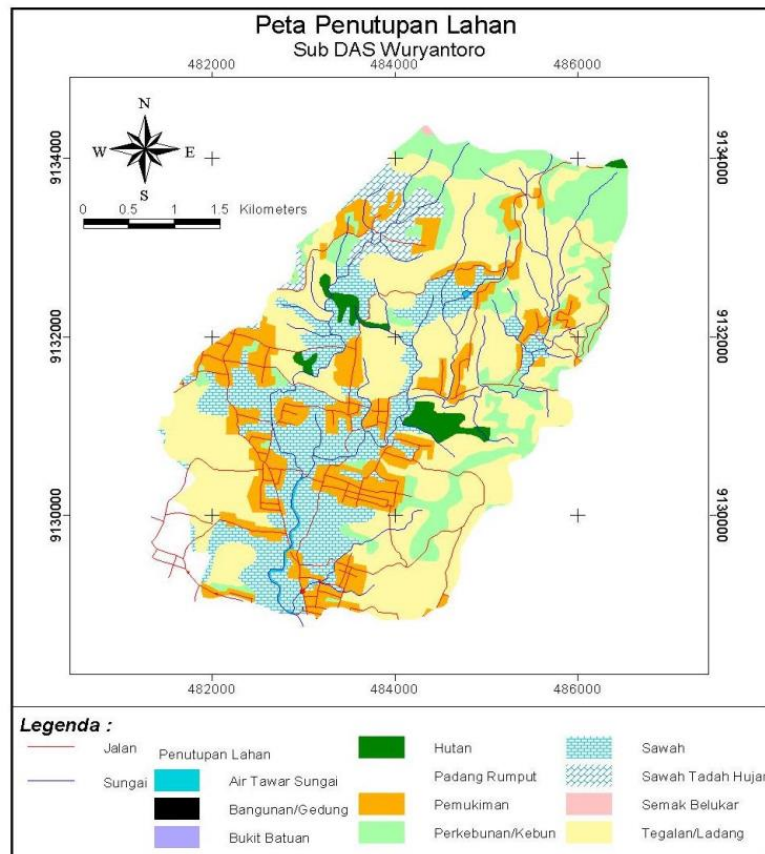
Tabel 2. Potensi air bulanan Sub DAS Wuryantoro tahun 2005-2007

Tahun	Potensi air bulanan (mm)												Jumlah
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
2005	49.3	98.0	92.6	192.8	96.4	48.2	24.1	12.1	6.0	3.0	1.5	0.8	624.8
2006	0.1	116.5	191.4	104.6	67.8	61.1	30.5	15.3	7.6	3.8	1.9	1.0	601.4
2007	349.7	50.8	91.3	72.5	246.2	123.1	61.6	30.8	15.4	7.7	3.8	1.9	1054.8
Rata-rata	133.0	88.4	125.1	123.3	136.8	77.5	38.7	19.4	9.7	4.8	2.4	1.2	760.3

Sumber: Pramono dan Adi (2010)



Gambar 1. Peta Sub DAS Wuryantoro (sumber: Pramono dan Adi (2010))



Gambar 2. Peta Penutupan Lahan Sub DAS Wuryantoro (sumber: Pramono dan Adi (2010))

Curah hujan tahunan di Sub DAS Wuryantoro selama tiga tahun terakhir berkisar antara 1.660 mm sampai dengan 2.410 mm (Tabel 1). Curah hujan maksimal terjadi pada bulan Desember 2007 sebesar 840 mm dan curah hujan minimal terjadi pada bulan Oktober 2007 sebesar 11 mm. Selama tiga tahun pengamatan tersebut pola hujannya hampir sama, yaitu bulan basah terjadi antara bulan November sampai dengan bulan Mei, sedangkan bulan kering terjadi antara bulan Juni sampai dengan bulan Oktober. Hal menarik yang dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa pada tahun 2005 di sub DAS Wuryantoro, curah hujan terjadi sepanjang tahun walaupun tidak merata di keseluruhan wilayah sub DAS Wuryantoro. Pada tahun 2005 tersebut curah hujan maksimal terjadi juga pada bulan Desember dengan tebal hujan sebesar 452 mm sedangkan curah hujan minimal terjadi pada bulan Agustus dengan tebal hujan sebesar 37 mm. Kondisi DAS Wuryantoro bagian hulu penutupan lahannya didominasi oleh tegal dan hutan, jenis tanahnya didominasi oleh Litosol dimana solumnya relatif tipis (< 30 cm) dengan kelereng >25%. Kondisi ini menyebabkan kemampuan tanah menahan air cukup kecil sehingga pada waktu bulan-bulan kering potensi airnya rendah.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil perhitungan estimasi potensi air bulanan diperoleh hasil bahwa potensi airnya berkisar antara 600-1.055 mm/tahun. Dari Tabel 2 tersebut nampak bahwa potensi air tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2007 dan terendah terjadi pada tahun 2006. Dari data tersebut dapat dianalogikan bahwa semakin kecil curah hujan yang turun maka potensi airnya juga kecil dan begitu sebaliknya.

Untuk menguji potensi air bulanan tersebut, Pramono dan Adi (2010) juga menghitung keeratan hubungan potensi air bulanan dengan prediksi. Nilai koefisien korelasi antara potensi air bulanan yang dicerminkan oleh limpasan bulanan hasil observasi dan prediksi cukup bagus yaitu berkisar 0,8 sampai dengan 0,9. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor yaitu luas sub DAS Wuryantoro yang masuk kategori sedang, curah hujan jatuh ke wilayah sub DAS Wuryantoro relatif merata di keseluruhan wilayah sub DAS, dan asumsi bahwa surplus air terjadi akan menjadi aliran/limpasan pada bulan berikutnya sebesar 50% sudah sesuai untuk kondisi sub DAS Wuryantoro ini.

Kebutuhan air komoditas agribisnis

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air adalah jenis tanaman, cara pemberian air, jenis tanah, cara pengolahan, pemeliharaan saluran serta bangunan, besarnya curah hujan, waktu penanaman, pengolahan tanah dan klimatologi.

Menurut jenisnya ada tiga macam pengertian kebutuhan air, yaitu:

1. Kebutuhan air bagi tanaman (*consumptive use*), yaitu banyaknya air yang dibutuhkan tanaman untuk membuat jaring tanaman (batang dan daun) dan untuk diuapkan (evapotranspirasi).
2. Kebutuhan air untuk areal pertanian yaitu jumlah air yang dibutuhkan untuk evaporasi dan perkolasi (peresapan air ke dalam dan ke samping).
3. Kebutuhan air untuk irigasi, yaitu jumlah air untuk evaporasi, perkolasi, penjemuran, penggenangan dan kehilangan selama penyaluran.

Perhitungan kebutuhan air ini dimaksudkan untuk:

1. Perencanaan pola tanam, rencana tata tanam dan intensitas tanaman.
2. Menentukan areal yang dapat diairi dengan kondisi yang tersedia.
3. Dapat digunakan untuk membuat pedoman eksploitasi suatu jaringan irigasi yang sesuai dengan persediaan yang ada (Sub-Direktorat Irigasi I DPU, 2010).

Hampir selama periode pertumbuhannya padi memerlukan kondisi lahan yang jenuh air. Kebutuhan air tanaman berkisar antara 350-700 mm/masa tanam dan sangat sensitif terhadap cekaman air. Evapotranspirasi mulai meningkat pada fase vegetatif dan mencapai maksimum beberapa saat sebelum pembungaan sampai awal pengisian polong. Jika kadar air tanah turun 70-80% dari kondisi jenuh produksi tanaman mulai turun, jika kadar air tanah mencapai 50% produksi turun sampai 50-70% (Dorenboos and Kassam, 1979). Efisiensi penggunaan air tanaman padi ditingkatkan dengan sistem Tabela yang hanya memerlukan penggenangan air 2-3 cm sejak umur 15-50 hari, dan selanjutnya cukup dengan macak-macak. Teknik tanpa olah tanah yang dikombinasikan dengan selang irigasi 3 hari sekali atau intermitten selama fase vegetatif dapat menghemat irigasi sampai 50%. Batas kritis pemberian air irigasi sebesar 7 mm hari⁻¹ untuk kultivar IR-64 dan Cliwung (Budi, 2000).

Kebutuhan air tanaman jagung dan kacang tanah diperkirakan 500-700 mm/musim dan kehilangan hasil terbesar karena cekaman air terjadi pada fase pembungaan dan pembentukan biji. Sedangkan kebutuhan air tanaman kedelai sebesar 450-700 mm dan periode yang sensitif terhadap cekaman air adalah pada fase pembentukan buah dan pembungaan. Penurunan hasil tanaman jagung karena kekurangan air pada fase pembungaan diperkirakan dapat mencapai 15% (Gardner et al., 1981).

Jumlah air yang diperlukan di dalam proses produksi padi tergantung pada iklim, posisi lanskap, periode pertanaman, karakteristik drainase tanah, dan pengelolaan irigasi. Transpirasi tanaman umumnya terjadi sebesar 5-8 mm hari⁻¹ dan perkolasi pada selang 1-10 mm/hari. Tergantung posisi lanskap, sifat-sifat tanah, dan efektivitas pelumpuran tanah. Untuk memenuhi irigasi pada periode tanam sampai panen dengan umur tanaman 100 hari akan memerlukan air 520-1.620 mm. Untuk padi dengan umur 130 hari membutuhkan air sebanyak 720-2.160 mm. Penggunaan air irigasi tersebut sangat bervariasi antara musim hujan dan musim kemarau dan sangat tergantung pada tingkat pengelolaan tanaman dan sistem pengelolaannya. Untuk musim kemarau, penggunaan air irigasi dapat mencapai hingga 5.000 mm tetapi juga hanya sebanyak 1.000 mm (Greenland, 1997).

KESIMPULAN

Keberhasilan pengembangan agribisnis tanaman pangan dan hortikultura perlu didukung penyediaan sumberdaya air yang handal. Sumberdaya air yang meliputi

jumlah dan distribusinya adalah output dari suatu DAS yang dapat dihitung dengan menggunakan metode neraca air. Dengan demikian maka perencanaan pengembangan komoditas agribisnis dapat direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyana, N. 2011. Kebijakan Pengendalian Konversi Lahan Pertanian Dalam Rangka Mempertahankan Ketahanan Pangan Nasional. Studi kasus: Pulau Jawa. Kementerian Perencanaan pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Tidak diterbitkan.
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Budi, D.S. 2001. Strategi peningkatan efisiensi pendistribusian air irigasi dalam sistem produksi padi sawah berkelanjutan. hlm. 116-128 dalam Prosiding Lokakarya Padi, Implementasi Kebijakan Strategies untuk Peningkatan Produksi Padi Berwawasan Agribisnis dan Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Budiarta, I G A M, 2001. Evaluasi Sifat Curah Hujan dan Neraca Air Lahan Untuk Perencanaan Pertanian di Kabupaten Jembrana. Jurusan Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Tidak diterbitkan.
- Dorenboos, A.H. and Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO Drainage and Irrigation Paper No. 33. Rome.
- Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and Company, New York.
- Gardner, B.R, B.L. Blad, R.E. Maurer, and D.G. Watt. 1981. Relationship between crop temperature and physiological and phenological development of differentially irrigated corn. *Agron. J.* 73: 743-747.
- Greenland, D.J. 1997. The Sustainability of Rice Farming. International Rice Research Institute. CAB International. 273 pp.
- Maman, U. Kh. 2013. Konversi Lahan Pertanian dan persoalan Kedaulatan pangan (bagian 1) pusbangsitek.uinjkt.ac.id/?p=2372. Diunduh, 25 Juni 2013.
- Heryani, N. 2009. Teknologi Panen Hujan: Salah Satu Alternatif Untuk memenuhi Kebutuhan Air Domestik. http://balitklimat.litbang.deptan.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=72. Diunduh 30 juni 2013 Purnama, Ig. L.S., S. Trijuni, F. Hanafi, T Aulia dan R Razak, 2012. Analisis Neraca Air di DAS Sekupang dan Sengkarang. Magister Perencanaan dan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS) Program S-2 Geografi, Fakultas Geografi UGM. Percetakan Pohon Cahaya.
- Rahayu, S.P., 2011. Modul TOT Penyuluh Pertanian dalam rangka Peningkatan Kesadaran Petani Terhadap Isu-isu Perubahan iklim serta Mitigasi dan Adaptasinya, Kerjasama Badan Litbang Pertanian dengan BMKG, 2011. yayuk_edi@yahoo.com

- Setyawan O. 2006. Laporan Praktikum Analisis Neraca Air Meteorologis. Magister Perencanaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Sosrodarsono, Suyono, dan K. Takeda. 1993. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Subagyono, K., A. Dariah, E Surmaini, dan U Kurnia. Pengelolaan Air pada Tanah Sawah.
<http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/tanahsawah/tanahsawah7.pdf>. Diunduh 4 Juli 2013.
- Subagyono, K dan E. Surmaini. 2007. Pengelolaan Sumberdaya Iklim Dan Air Untuk Antisipasi Perubahan Iklim . JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA, Vol. 8 No.1 Juli 2007 : 27 – 41. ISSN 1411-3082
- Sub-Direktorat Irigasi I DPU, 2010. Pedoman Kebutuhan Air Untuk Tanaman Padi Dan Tanaman Lain, PSA-010
- Zhang, L, G.R. Walker† and W. R. Dawes. 2002. [Water Balance Modelling: Concepts and Applications - ResearchGate](http://www.researchgate.net/...). *www.researchgate.net/... Water balance modelling: concepts and applications*. Land and Water, Adelaide, SA 5064, Australia. 1. Lu Zhang, Walker, G.R. and Dawes, W.R. 2002.