

Jurnal TEKNIK SIPIL

Aditya Kurnia,
Haryanto Yoso Wigroho

Steanly R.R Pattiselanno,
Nanse H Pattiasina

Wulfram I. Ervianto,
Biemo W. Soemardi,
Muhamad Abduh,
dan Surjamanto

Chairur Roziqin

Yohannes Lulie,
Y. Hendra Suryadharma

Theresita Herni Setiawan

S.S. Purwanto

Mamok Suprpto

Anastasia Yunika,
Mukand Singh Babel,
Satoshi Takizawa

Studi Kuat Tekan Kolom Baja
Profil C Ganda
Dengan Pengaku Pelat Arah Lateral

Analisa Kekuatan Tarik Besi Beton
Struktur Beton Jembatan Waihattu
(Perhitungan Manual-Minitab.13)

Kajian *Reuse* Material Bangunan
Dalam Konsep *Sustainable Construction*
Di Indonesia

Estimasi Matrik Informasi Lalu Lintas
Model *Gravity* Asal Tujuan Angkutan
Pribadi-Umum

Keamanan Utilitas Tiang Jalan Raya

Manajemen Pemeliharaan Pusat Belanja
(studi Kasus Cihampelas *Walk* Bandung)

Konstruksi Pondasi Sarang Laba-laba
Atas Tanah Daya Dukung Rendah
Bangunan Bertingkat Tanggung

Konsep Pengelolaan Sumber Daya Air
Berkelanjutan

*Watershed Hydrological Analysis
Of Jakarta Extreme Floods*

Jurnal **TEKNIK SIPIL**

Volume 12 Nomor 1, Oktober 2012

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama kali Oktober tahun 2000 dengan frekuensi terbit dua kali setahun pada bulan Oktober, April. (ISSN 1411-660X)

Pemimpin Redaksi

Agatha Padma L, S.T., M.Eng

Anggota Redaksi

Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.

Ir. Pranawa Widagdo, M.T.

Ferianto Raharjo, S.T., M.T.

Mitra Bebestari

Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng

Dr. Ir. Imam Basuki, M.T.

Ir. A. Koesmargono, MCM, Ph.D

Ir. Peter F. Kaming, M.Eng, Ph.D

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D

Tata Usaha

Hugo Priyo Nugroho

Alamat Redaksi dan Tata Usaha:

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 487711 (hunting) Fax (0274) 487748

Email : jurnalsipil@uajy.ac.id

Redaksi menerima sumbangan artikel terpilih di bidang Teknik Sipil pada Jurnal Teknik Sipil.
Naskah yang dibuat merupakan pandangan penulis dan tidak mewakili Redaksi

Jurnal Teknik Sipil diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pelindung: Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Penanggung Jawab: Ketua Program Studi Teknik Sipil Atma Jaya Yogyakarta

Jurnal TEKNIK SIPIL

Volume 12 Nomor 1, Oktober 2012

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| STUDI KUAT TEKAN KOLOM BAJA PROFIL C GANDA DENGAN PENGAKU PELAT ARAH LATERAL <i>Aditya Kurnia, Haryanto Yoso Wigroho</i> | 1-10 |
| ANALISA KEKUATAN TARIK BESI BETON STRUKTUR BETON JEMBATAN WAIHATTU (PERHITUNGAN MANUAL-MINITAB.13) <i>Steanly R.R Pattiselanno, Nanse H Pattiasina</i> | 11-17 |
| KAJIAN REUSE MATERIAL BANGUNAN DALAM KONSEP SUSTAINABLE CONSTRUCTION DI INDONESIA <i>Wulfram I. Ervianto, Biemo W. Soemardi, Muhamad Abduh, dan Surjamanto</i> | 18-27 |
| ESTIMASI MATRIK INFORMASI LALU LINTAS MODEL GRAVITY ASAL TUJUAN ANGKUTAN PRIBADI- UMUM <i>Chairur Roziqin</i> | 28-34 |
| KEAMANAN UTILITAS TIANG JALAN RAYA <i>Yohannes Lulie, Y. Hendra Suryadharna</i> | 35-39 |
| MANAJEMEN PEMELIHARAAN PUSAT BELANJA (STUDI KASUS CIHAMPELAS WALK BANDUNG) <i>Theresita Herni Setiawan</i> | 40-50 |
| KONSTRUKSI PONDASI SARANG LABA-LABA ATAS TANAH DAYA DUKUNG RENDAH BANGUNAN BERTINGKAT TANGGUNG <i>S.S. Purwanto</i> | 51-60 |
| KONSEP PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERKELANJUTAN <i>Mamok Suprpto</i> | 61-65 |
| WATERSHED HYDROLOGICAL ANALYSIS OF JAKARTA EXTREME FLOODS <i>Anastasia Yunika, Mukand Singh Babel, Satoshi Takizawa</i> | 66-74 |

KONSEP PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERKELANJUTAN

Mamok Suprpto

Teknik Sipil, FT, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami No. 36A, Solo
e-mail: *mamokuns@gmail.com*

Abstract: Water Resources Management in irrigated areas, based on the discharge mainstay with the K-factor as a measure of its success. The existence of climate change, many irrigated areas often experience drought and crop failure. Doubts about the effectiveness penggunaan-K factor in the management of water resources, the need to inspire the study of the use of threshold management. This study uses the reliability index (H_e) and the resilience index (I_k) in the management of irrigated areas Notog, Pemali watershed. The presence of the nature of the flow implies that each irrigation area has a different threshold. The concept has been tested, piloted in Notog irrigation areas, with the initial determination value $H_e \geq 0.75$ and $I_k \geq 0.5$. The analysis showed that the value of $H_e \geq 0.75$ can be achieved, but the value $I_k \geq 0.5$ is difficult. This situation is consistent with the phenomenon of drought is often experienced by the region Notog irrigation. The research proves that the K-factor alone, can not guarantee a good harvest.

Keywords: K-factor index, reliability index, resilience index

Abstrak: Pengelolaan Sumberdaya Air pada daerah irigasi, didasarkan pada debit andalan dengan faktor-K sebagai tolok ukur keberhasilannya. Adanya perubahan iklim, banyak daerah irigasi sering mengalami kekeringan dan gagal panen. Keraguan terhadap efektivitas penggunaan faktor-K dalam pengelolaan sumberdaya air, memberikan inspirasi perlunya kajian terhadap pemakaian ambang batas pengelolaan. Penelitian ini menggunakan indeks keandalan (I_a) dan indeks kelentingan (I_k) dalam pengelolaan daerah irigasi Notog, daerah aliran sungai Pemali. Terdapatnya sifat alami aliran mengisyaratkan bahwa tiap daerah irigasi memiliki ambang batas berbeda. Konsep telah diuji-cobakan pada daerah irigasi Notog, dengan ketetapan awal nilai $I_a \geq 0,75$ dan $I_k \geq 0,5$. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai $I_a \geq 0,75$ dapat dicapai, tetapi nilai $I_k \geq 0,5$ sulit. Keadaan ini selaras dengan fenomena kekeringan yang sering dialami oleh daerah irigasi Notog. Hasil penelitian membuktikan bahwa faktor-K semata, tidak dapat menjamin hasil panen yang baik.

Kata kunci: faktor K-indeks, keandalan-indeks, kelentingan

PENDAHULUAN

Penggunaan air diatur oleh pemerintah melalui UU No.7/2004 tentang Sumber Daya Air, agar pendayagunaan Sumber Daya Air (SDA) dapat bermanfaat optimal dan berkelanjutan (Dit. Pengairan dan Irigasi, 2004). Akan tetapi, daya tampung air Daerah Aliran Sungai (DAS) saat ini sudah mengalami kerusakan yang parah (Pusposutardjo, 1997). Kecenderungan kekurangan air terjadi hampir di setiap daerah irigasi sesaat menjelang musim penghujan berhenti, merupakan indikator rusaknya DAS. Perubahan iklim berdampak terhadap penurunan total debit tahunan sungai (McCartney dkk., 2007). Dengan adanya

perubahan aliran permukaan, perlu adanya perubahan operasional pengelolaan SDA. Bila tidak, maka akan mengurangi tingkat keandalan dalam memenuhi kebutuhan (Dracup dan Vicuna, 2006).

Debit air sungai yang dimanfaatkan di suatu titik pengambilan, besarnya sudah tidak memenuhi kaidah keberlanjutan (Zalewski, 2002). Pengelolaan SDA menghadapi kendala yakni sulitnya memelihara aras (level) muka air yang dapat memuaskan beragam kebutuhan (Gourbesville, 1997). Oleh sebab itu, perlu jaminan penyediaan air dan pengaturan pembagian air di saat air yang tersedia kecil (Mengistie, 1997). Kesulitan tersebut diantisipasi oleh petani dengan kecenderungan

untuk menimbun air di petak lahan (Pusposutardjo, 2001). Tindakan ini merupakan pemborosan. Maka dari itu, pengelolaan SDA dan alokasi air perlu dikendalikan secara optimal. Essafi (1997) menunjukkan kendali optimal dalam bentuk optimasi alokasi air yang disebabkan oleh fluktuasi hujan. Masalah alokasi air ditunjukkan oleh Hashimoto dkk. (1982), Duckstein dan Plate (1987), Ng (1988), dan Loucks (1997) yang menyatakan bahwa aliran yang dimanfaatkan harus mengikuti kendali ketersediaan air, dengan besaran resiko tertentu. Hasil pengendalian air merupakan batas antara aliran yang sudah dan yang belum dimanfaatkan.

Kendali pengelolaan Daerah Irigasi (DI) yang diterapkan saat ini adalah dengan memantau nilai perbandingan antara kebutuhan dan pasokan air, dalam bentuk faktor K . Dalam kenyataannya, faktor K saja tidak cukup mampu untuk memelihara keberadaan serta keberlanjutan SDA. Oleh karena itu, perlu ada upaya lain agar pemanfaatan air dapat memberikan jaminan keamanan produksi (panen) dan fungsi fasilitas air. Dalam penelitian ini, upaya tersebut dijabarkan dalam bentuk pembatas operasi dalam pengelolaan SDA, yakni indeks keandalan (*reliability*) dan indeks kelentingan (*resiliency*) yang dinyatakan berturut turut dalam simbol I_a untuk indeks keandalan dan I_k untuk indeks kelentingan.

MATERI DAN METODE

Obyek Penelitian

Penelitian dilakukan di daerah irigasi Notog yang mengairi sawah seluas 28.310 ha dengan saluran induk sepanjang 5,70 km. DI Notog terletak dalam DAS Pemali, Brebes, Jawa Tengah.

Perubahan Iklim

Perubahan iklim meningkatkan suhu regional (Rosenzweig dan Casassa, 2009). Perubahan ini berpengaruh terhadap pola hujan dalam skala volume, waktu, dan ruang, yang pada akhirnya berdampak terhadap aliran sungai. Banyak daerah yang sebelumnya tidak pernah terkena banjir, dalam kurun waktu terakhir sering dilanda banjir. Begitu halnya dengan fenomena kekeringan. Di awal musim penghujan, hujan

yang terjadi lebih banyak dan puncak aliran permukaan meningkat secara signifikan (Stacey, 2009). Perubahan aliran sungai sangat berpengaruh terhadap infrastruktur keairan dalam beragam fungsi (Dracup dan Vicuna, 2006). Keadaan ini dapat mempersulit pengisian waduk dan pada saatnya akan mengurangi jumlah pasokan air (Roos, 2003).

Kebutuhan Air

Durand (2003) menyatakan bahwa kebutuhan air bagi tanaman di masa mendatang tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan iklim saja, melainkan juga oleh perubahan aliran sungai dan ketersediaan air pada suatu DAS. Kebutuhan air irigasi, di petak sawah dan di sumbernya, dipengaruhi oleh cara pemberian air dan kondisi jaringan saluran irigasi. Ditjen Sumberdaya Air (2005) memberikan perkiraan jumlah air pengolahan lahan sebesar 12,7 mm/hari/ha selama 20 hari. Mengingat interval waktu irigasi yang digunakan dalam kajian ini adalah 7 (tujuh) hari, maka tinggi genangan air untuk pengolahan lahan adalah 12,5 mm/hari/ha selama 15 hari.

Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi terdiri dari 3 (tiga) tahapan utama, yakni perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o), evapotranspirasi tanaman (ET_c), dan kebutuhan air irigasi, baik di petak sawah maupun di sumbernya. Besarnya ET_o ditentukan oleh variasi keadaan cuaca, dan nilai ET_c dipengaruhi oleh jenis dan tahapan tumbuh tanaman, kejadian hujan, dan periode pemberian air irigasi.

Adanya perubahan iklim, diperkirakan ada perbedaan kebutuhan air bagi tanaman saat perencanaan dan kebutuhan saat ini. Oleh sebab itu, kebutuhan air bagi tanaman dihitung ulang dengan data iklim terkini. Perhitungan ET_o dan ET_c mengikuti rekomendasi FAO terakhir yaitu menggunakan metode Peman-Monteith, yang diuraikan secara rinci oleh Allen dkk. (1998). Data iklim diperoleh dari stasiun klimatologi Tegal (LS-6°51' dan BT-109°09'), yang tercatat dengan baik dari tahun 1993 hingga tahun 2003.

Untuk menghitung ET_c perlu dipersiapkan skenario rancangan pola tata tanam berikut: pola tata tanam monokultur yaitu padi-padi-kedelai; umur tanaman padi 110 hari dan umur

tanaman kedelai 80 hari; waktu antar musim tanam (MT) adalah 15 hari; pergeseran waktu antar skenario adalah 7-8 hari; selisih waktu pemberian air antara golongan satu dan golongan lain 7 hari. Tinggi genangan 40 mm untuk padi dan nol mm untuk palawija; efisiensi irigasi sebesar 0,59.

Analisis optimasi dilakukan dengan asumsi: pasok air berasal dari aliran sungai Pemali yang tercatat di AWLR Notog; harus ada aliran untuk pemeliharaan morfologi sungai, ditetapkan minimal $1,0 \text{ m}^3/\text{dt}$; kebutuhan air untuk irigasi terpenuhi dari aliran sungai Pemali; dalam pemenuhan seluruh kebutuhan air tidak memperhitungkan *return flow*, sistem pemenuhan kebutuhan air untuk seluruh kegiatan yang telah disebutkan harus memiliki nilai $I_a > 0,75$ dan nilai $I_k > 0,5$; bila kedua nilai indeks tidak terpenuhi, maka pengelolaan air dinyatakan tidak memenuhi kaidah keberlanjutan

Kontrol Optimal Pemanfaatan Air

Kontrol optimal pemanfaatan air didasarkan pada residu, yaitu selisih antara deret data ketersediaan air dan deret data kebutuhan air. Deret residu positif disebut deret kejadian andal, sebaliknya deret kejadian tidak andal. Kedua deret tersebut merupakan dasar dalam perhitungan I_a dan I_k yang dimaksud oleh Duckstein dan Plate (1987) sebagai berikut:

$$I_a = \frac{F_a}{N_k} \quad (1)$$

$$I_k = \frac{J_k}{N_k - F_a} \quad (2)$$

dengan: I_a = indeks keandalan, I_k = indeks kelentingan, F_a = jumlah kejadian yang dapat diandalkan, J_k = jumlah kelompok kejadian yang tidak dapat diandalkan, N_k = total kejadian, dalam hal ini mewakili periode waktu.

Persamaan (1) dan Persamaan (2) masing-masing memiliki peubah yang sama yaitu F_a dan N_k . Selanjutnya Mamok Suprpto (2008) mensubstitusikannya ke Persamaan (2) menjadi:

$$I_k = \left(\frac{J_k}{N_k(1 - I_a)} \right) \quad (3)$$

Indeks keandalan hanya ditentukan oleh jumlah kejadian andal tanpa ada pengaruh waktu atau agihan kejadiannya, sedangkan indeks kelentingan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan agihan kejadian tidak andal. I_a dapat dimaknai sebagai nilai jaminan mendapat air (tanpa perhitungkan waktu kejadian), sedangkan I_k sebagai penjamin seberapa cepat kondisi tidak andal dapat kembali ke aras yang dapat diandalkan. Menurut Hashimoto dkk. (1982), Ng (1988), dan Loucks (1997), sistem dinyatakan dalam keadaan andal (*steady state*) bila nilai $I_a = 1$ (satu) dan $I_k = 1$ (satu). Sebaliknya, sistem dinyatakan gagal total bila nilai $I_a = 0$ (nol) dan $I_k = 0$ (nol).

Agar kebutuhan air terpenuhi sepanjang waktu, Mamok Suprpto (2008) menyusun fungsi tujuan sebagai berikut:

$$\text{maks: } \sum_{i=1}^t (Q_p)_i = \sum_{i=1}^t (Q_{us} + Q_L + R - Q_{ds})_i \quad (4)$$

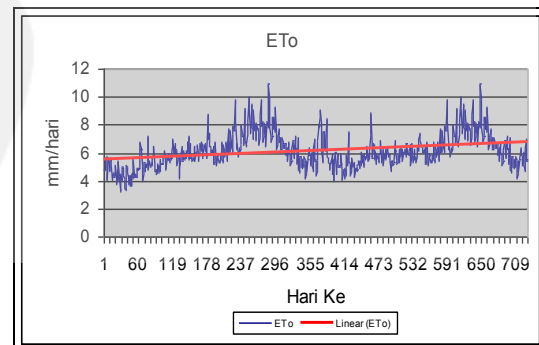
batasan: $Q_{ds} > 1 \text{ m}^3/\text{dt}$, $I_a > 75\%$,
 $I_k > 50\%$

dengan: Q_{us} = aliran dari hulu (m^3/dt), Q_L = *lateral flow* (m^3/dt), R = *return* (m^3/dt), Q_{ds} = aliran di bagian hilir (m^3/dt), Q_p = pemanfaatan air (m^3/dt), S = tampungan (hanya untuk waduk) (m^3), t = penggal waktu dalam model (dt).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

Hasil perhitungan ET_o disajikan dalam Gambar 1. Tampak bahwa lengkung ET_o memiliki kecenderungan meningkat.

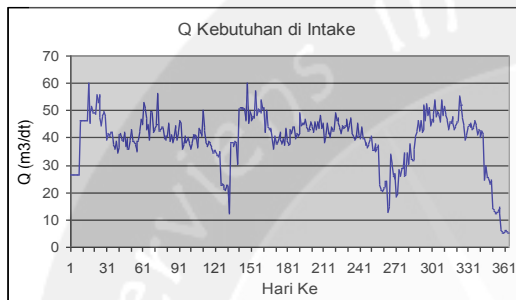


Gambar 1. ET_o di DI-Notog (2002)

Kebutuhan Air di Intake

Evapotranspirasi tanaman (ET_c) dihitung untuk tiap musim tanam (MT) pada masing-masing golongan, sesuai dengan awal musim tanam dan jenis tanaman pada tiap musim tanam.

Dengan memperhitungkan luas lahan yang ditanami dan besaran efisiensi pengelolaan DI, maka kebutuhan air selama satu tahun di *intake* bendung dapat dihitung dan hasilnya disajikan pada Gambar 2.

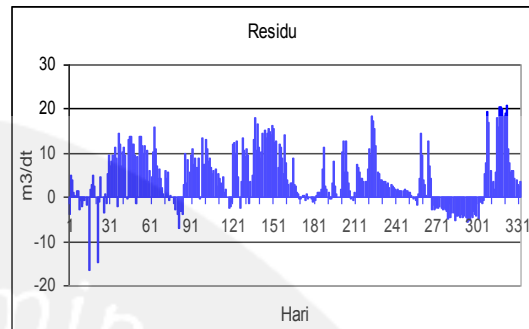


Gambar 2. Q kebutuhan irigasi di *intake*

Pasok dikurangi kebutuhan menghasilkan diagram balok residu yang ditampilkan pada Gambar 3. Residu memberikan data kejadian sebagai berikut: jumlah total kejadian = 332 hari, jumlah kejadian andal = 246 hari, jumlah kejadian tidak andal = 86 hari, jumlah kelompok tidak andal = 22 hari.

Berdasarkan hasil residu tersebut, dihitung I_a dan I_k , memberikan hasil $I_a = 0,74$ dan $I_k = 0,26$. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 1 pada Kejadian 1. Hasil tersebut masih relatif lebih baik bila dibandingkan dengan Kejadian 2, yang dimisalkan kejadian tidak andal terjadi dalam satu kelompok. Pemisalan ini memberikan hasil nilai $I_a = 0,74$ dan $I_k = 0,01$ seperti yang disajikan dalam Tabel 1 pada Kejadian 2. Tampak ada perbedaan pada nilai I_k , meskipun nilai I_a sama. Hasil ini membuktikan bahwa Faktor K yang selama ini digunakan dalam pengelolaan sistem irigasi memiliki kelemahan, karena tidak dapat

menjamin kapan aras air normal atau andal dapat diperoleh kembali.



Gambar 3. Diagram residu aliran di *intake*

Bila dikaitkan dengan nilai tolok ukur resiko yang diterapkan dalam penelitian ini, nilai tersebut menjelaskan bahwa pengelolaan yang diberlakukan di lapangan kurang baik, karena nilai indeks yang dihasilkan tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, yaitu $I_a < 0,75$ dan $I_k < 0,50$. Keadaan ini juga dibuktikan di lapangan dengan seringnya terjadi kekurangan dalam pemenuhan kebutuhan air untuk irigasi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian cukup memuaskan karena dapat membuktikan bahwa faktor- K yang selama ini digunakan dalam pengelolaan sistem irigasi di Indonesia memang perlu dikaji ulang. Ketidakkemampuannya faktor- K dalam memberikan jaminan waktu kembalinya aras air pada kondisi normal dapat mengakibatkan kekurangan air yang bisa mengakibatkan gagal panen. I_a dan I_k yang diujicobakan sebagai batasan dalam analisis optimasi sesuai Persamaan(4), sangat dimungkinkan untuk menjaga kelestarian dan pengelolaan SDA berkelanjutan. Namun demikian, pasangan kedua indeks tersebut masih dalam tahapan konsep yang masih perlu diujicobakan pada daerah irigasi lain, sehingga makna berkelanjutan yang terkandung dalam UU No.7/2004 tentang Sumber Daya Air dapat dijabarkan dalam bentuk operasional.

Tabel 1. Hasil perhitungan kedua indeks

| Kejadian 1 | | | |
|------------|--|---------|--------|
| I_a | Jml kejadian andal/total kejadian | 246/332 | = 0,74 |
| I_k | Jml kelompok tidak andal/jumlah kejadian tidak andal | 22/86 | = 0,26 |
| Kejadian-2 | | | |
| I_a | Jml kejadian andal/total kejadian | 246/332 | = 0,74 |
| I_k | Jml kelompok tidak andal/jumlah kejadian tidak andal | = 1/86 | = 0,01 |

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., dan Smith, M., 1998, *Crop Evapotranspiration, Guidelines For Computing Crop Water Requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Roma.
- Dit. Pengairan dan Irigasi, 2004, *Undang Undang Republik Indonesia No.7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*, BAPPENAS, Jakarta.
- Ditjen Sumberdaya Air, 2005, *Kebutuhan dan Cara Pemberian Air irigasi*, Seri Modul No. PPA 9/22, Edisi Ke-3, Badan Penelitian dan Pengembangan Dep. PU, Jakarta.
- Dracup, J. dan Vicuna, S., 2006, *An Overview of Hydrology and Water Resources Studies on Climate Change: the California Experience*, University of California, Berkeley, California.
- Duckstein, L. dan Plate, E.J., 1987, *Engineering Reliability And Risk In Water Resources*, Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Durand, W., 2003, *Assessing The Impact Of Climate Change On Crop Water Use In South Africa*, ARC-Grain crops Institute, Republic of South Africa, Potchefstroom.
- Essafi, B., 1997, A Simple Method For The Optimal Spasial And Temporal Allocation Of Water Shortages, *Sustainability Of Water Resources Under Increasing Uncertainty*, Proceeding Of The Rabat Symposium S1, April 1997. Publ. No. 240, p145-152.
- Gourbesville, P., 1997, Assessment Of The Balance Between Environmental Demands And Water Resources, *Sustainability Of Water Resources Under Increasing Uncertainty*, Proceeding Of The Rabat Symposium S1, April 1997. Publ. No. 240, p487-494.
- Hashimoto, T., Stedinger, J. R., dan Loucks, D.P., 1982, Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria for Water Resources System Performance Evaluation, *Water Resource Research*, Vol.18, No.1, h.14-20.
- Loucks, D.P., 1997, Quantifying Trends in System Sustainability, *Hydrological Sciences Journal*, 42(4), h. 513-530.
- Mamok Suprpto, 2008, *Pemodelan Pengelolaan Aliran Rendah Dengan Pendekatan Hidrologi Elementer*. Disertasi Pascasarjana Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta
- McCartney, M. P., Lankford, B.A., dan Mahoo, H., 2007, *Agricultural Water Management in a Water Stressed Catchment: Lessons from the RIPARWIN Project*, Research Report 116, IWMI, Sri Lanka
- Mengistie, A., 1997, Land Surface Water Harvesting Techniques And Their Application For Drought Mitigation Measures, *Sustainability Of Water Resources Under Increasing Uncertainty*, Proceeding Of The Rabat Symposium S1, April 1997. Publ. No. 240, p51-56
- Ng, Poh-Kok, 1988, *Irrigation Systems Performance Monitoring and Evaluation: Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria for Assessing the Impact of Water Sthortage on Rice Yield*, Review IIMI, Vol.2, No.1.
- Pusposutardjo, 1997, Wawasan (Vision) Pengairan Masa Depan Dalam Kaitan Dengan Pengelolaan SDA, *Makalah Lokakarya Pemberdayaan Penairan Tingkat Regional*, Ditjen Pengairan, Denpasar, Bali.
- Pusposutardjo, 2001, *Pengembangan Irigasi, Usaha Tani Berkelanjutan dan Gerakan Air Hemat*, Ditjen Dikti, Depdiknas, Jakarta
- Roos, M., 2003, *The effects of Global Climate Change on California Water Resources. A report for the Energy California Comission*, Public Interest Energy Research Program, Research Development and Demonstration Plan, California
- Rosenzweig, C. dan Casassa, G., 2009, Assessment Of Observed Changes and Responses in Natural and Managed Systems, California.
- Stacey, M. T., 2009, *Anticipating Climate Change in San Francisco Bay Hydrodynamics*, Stanford University, UC-Berkeley.
- Zalewski M., 2002, Ecohydrology: the use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources. *Hydrological Sciences Journal* 47: h. 823-832.