

INDEKS KEKERINGAN HIDROLOGI DI DAS KEDUANG BERDASARKAN METODE FLOW DURATION CURVE (FDC)

Andi Khalifa Avicenna¹, Rintis Hadiani², dan Solichin³

¹ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email : andiavicenna@gmail.com

Abstract

Basically the amount of water in the earth rotates relatively fixed because of the hydrological cycle. But with the increasingly changing global climate conditions provide considerable impact on the occurrence of drought in some areas. One of the reviews is on Keduang Watershed located in Wonogiri, Central Java. This study determine Hydrological Drought Index value (IKH) and determine criteria and the duration of the drought by using the analogy of the deficit criteria of Oldeman.

This type of research is quantitative descriptive. This method is in the form of data collection, data analysis, and interpretation of results of analysis to obtain information for decision-making and conclusions. Using the method of analysis drought flow duration curve (FDC) in Keduang Watershed. Then drought criteria based on the criteria of the dry months of Hadiani, R., In 2009. That is an analogy of criteria wet months of Oldeman.

This research have purpose to know duration and deficit also index of hydrological drought at Keduang Watershed. Results of the analysis showed that In 2006 the value of the lowest IKH reached -0.0019 with a duration of 7 months. In the year 2008 reached the lowest value -0.0019 IKH drought duration up to 6 months and in 2012 reached its lowest value -0.0019 IKH drought duration up to 6 months. While Drought Index Hydrology (IKH) in the watershed has a magnitude Keduang following criteria Dry (K) among: $0,000 < IKH < 0,0155$ Criteria Very Dry (SK) between: $-0,0006 < IKH < 0,0000$ Criteria Extremely Dry (ASK) between: $IKH < -0,0006$

Keywords: Keduang Watershed, Drought, Index of Hydrological Drought, Dry Criteria

Abstrak

Pada dasarnya jumlah air yang berputar di bumi relative tetap karena adanya siklus hidrologi. Namun dengan semakin berubahnya kondisi iklim dunia memberikan dampak yang cukup besar terhadap terjadinya kekeringan di beberapa daerah. Salah satu yang menjadi tinjauan adalah di Daerah Aliran Sungai Keduang yang berada di Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai Indeks Kekeringan Hidrologi (IKH) dan mengetahui kriteria kekeringan berdasarkan durasi dan defisit yang terjadi menggunakan analogi Kriteria dari Oldeman.

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan dan kesimpulan. Menggunakan analisis kekeringan dengan metode *flow duration curve* (FDC) di DAS Keduang. Yang kemudian kriteria kekeringan berdasarkan pada kriteria bulan kering dari Hadiani, R., tahun 2009. Yang merupakan analogi dari kriteria bulan basah dari Odeman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durasi dan defisit serta indeks kekeringan hidrologi di DAS Keduang. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada tahun 2006 nilai IKH terendah mencapai -0.0019 dengan durasi 7 bulan. Pada tahun 2008 nilai IKH terendah mencapai -0,0019 dengan durasi kekeringan mencapai 6 bulan dan pada tahun 2012 nilai IKH terendah mencapai -0,0019 dengan durasi kekeringan mencapai 6 bulan. Sedangkan Indeks Kekeringan Hidrologi (IKH) di DAS Keduang memiliki besaran sebagai berikut kriteria Kering (K) antara : $0,000 < IKH < 0,0155$ Kriteria Sangat Kering (SK) antara : $-0,0006 < IKH < 0,0000$ Kriteria Amat Sangat Kering (ASK) antara : $IKH < -0,0006$

Kata Kunci : DAS Keduang, Kekeringan, Indeks Kekeringan Hidrologi, Kriteria Kering

PENDAHULUAN

Sistem ekologi Daerah Aliran Sungai atau DAS sebenarnya merupakan sebuah sistem yang kompleks, di dalamnya terjadi keseimbangan antara material yang masuk (*input*) dan material yang keluar (*output*). Namun pada akhir – akhir ini banyak terjadi perubahan dinamika lahan yang sebelumnya merupakan hutan dengan vegetasi yang lebat berubah menjadi lahan terbuka dengan banya blok - blok beton. Kebutuhan ini meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan tempat tinggal dan aktivitas penunjang kehidupannya.

Dinamika perubahan lahan ini ada yang bersifat permanen ataupun sementara, dapat berlangsung gradual maupun serentak (Dewi, 2010). Perubahan dinamika ini menyebabkan material yang masuk dan material yang keluar pun akan berubah. Jika hal ini terjadi pada keadaan normal perubahan ini akan berlangsung lambat dan tidak membahayakan manusia dan ekosistemnya. Namun pada keadaan yang ekstrem perubahan dinamika ini akan sangat merugikan karena dapat menyebabkan bencana banjir, tanah longsor dan kekeringan.

Fenomena perubahan dinamika ini berakibat pada jumlah air resapan pada tanah untuk memenuhi cadangan air tanah (*underwater storage*) yang dimana air tanah ini digunakan sebagai salah satu pemenuhan kebutuhan air bersih manusia. Tentunya jenis penggunaan lahan yang berbeda akan mempengaruhi jumlah resapan air dimana lahan

dengan vegetasi lebat akan lebih banyak meresapkan air jika dibandingkan dengan blok beton. Dengan berkurangnya jumlah air yang masuk maka akan menyebabkan debit limpasan akan membesar dan menyebabkan banjir.

Dengan perubahan dinamika ini maka pada saat musim hujan menyebabkan limpasan permukaan membesar dan terjadi banjir. Dengan besarnya limpasan permukaan ini maka secara otomatis air yang meresap ke dalam tanah tentunya akan berkurang. Padahal air tanah ini pada saat musim kemarau dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan. Karena kecilnya simpanan air tanah yang disebabkan banyak air yang melimpas maka pada musim kemarau kebutuhan air bersih menjadi tidak terpenuhi.

Indonesia sendiri berada pada daerah yang rawan oleh perubahan iklim karena berada pada daerah *El nino southern oscillation*. Sehingga perubahan iklim sangat berpengaruh pada curah hujan yang dapat menyebabkan perubahan kapasitas air bersih guna memenuhi kebutuhan pertanian. Perubahan iklim ini dapat memicu curah hujan dibawah kondisi rata – rata. Jika kondisi ini berlangsung secara terus menerus maka dapat menyebabkan kekeringan. Kekeringan berbeda dari bencana lainnya karena kekeringan merayap, berakumulasi secara lambat, maka awal dan akhirnya sulit ditentukan (Wilhite, 2010). Kekeringan sendiri sebenarnya adalah kondisi wajar, hal ini disebut bencana ketika suatu ekosistem berubah yang menyebabkan suatu wilayah tidak dapat memenuhi kebutuhannya.

Kekeringan disebabkan oleh situasi dengan kapasitas air dibawah normal. Hal ini di tandai di setiap daerah *hydroclimatic* dan muncul di setiap komponen yang berbeda dari siklus hidrologi (Wilhite,2010). Satu kesamaan dalam kekeringan adalah kekeringan disebabkan karena penyimpangan dari kondisi normal (Tallaksen and van Lanen 2004). Sementara itu UN-ISDR (2009) mendefinisikan kekeringan hidrologi sebagai kekurangan air permukaan dan air tanah relatif terhadap kondisi rata-rata pada berbagai saat dalam musim. Seperti halnya dengan kekeringan pertanian, kekeringan hidrologi tidak memiliki hubungan yang langsung antara jumlah curah hujan dengan banyaknya air di sungai, waduk, danau, dan akuifer, sebab komponen sistem hidrologi tersebut digunakan untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air minum, dan lainnya. Terdapat perbedaan waktu antara datangnya hujan dan ketika terjadi kekurangan air di permukaan dan air tanah.

Kekeringan adalah kejadian alam yang berpengaruh besar terhadap ketersediaan air dalam tanah yang diperlukan oleh kepentingan pertanian maupun untuk mencukupi kebutuhan makhluk hidup khususnya manusia (Suryanti,2008).

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Kekeringan adalah kejadian alam yang berpengaruh besar terhadap ketersediaan air dalam tanah yang diperlukan oleh kepentingan pertanian maupun untuk mencukupi kebutuhan makhluk hidup khususnya manusia (Suryanti, 2008). Dalam penelitian ini menggunakan metode poligon Thiessen karena merupakan cara yang paling umum dari beragam analisis. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya (Bambang Triatmodjo, 2008). Hujan rerata wilayah dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i R_i \quad (1)$$

dengan R = tinggi hujan rata-rata wilayah (*areal rainfall*) R ; A = luas daerah aliran; A_i = luas daerah pengaruh stasiun i ; R_i = tinggi hujan pada stasiun i .

Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai Evapotranspirasi menggunakan rumus *Penman-Monteith*, yang pada tahun 1990 oleh FAO dimodifikasi dan dikembangkan menjadi rumus *FAO Penman-Monteith* (Anonim, 1999) yang diuraikan sebagai berikut:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (2)$$

Dengan E_{to} = Evapotranspirasi acuan(mm/hari); R_n = Radiasi netto pada permukaan tanaman ($MJ/m^2/hari$); G = Kerapatan panas terus-menerus pada tanah ($MJ/m^2/hari$); T = Temperatur harian rata-rata pada ketinggian 2 m ($^{\circ}C$); u_2 = Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/s); e_s = Tekanan uap jenuh (kPa); e_a = Tekanan uap aktual (kPa); Δ = Kurva kemiringan tekanan uap ($kPa/^{\circ}C$); γ = Konstanta psychrometric ($kPa/^{\circ}C$).

Pada penelitian untuk mempermudah dalam analisis nilai evapotranspirasi potensial harian menggunakan program CROPWAT 8.0. Software ini sendiri membutuhkan data suhu udara rerata, kelembapan udara rerata, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin. Data – data tersebut didapat dari stasiun pengamatan terdekat.

a. Pengalihragaman Data Hujan - Debit

Perhitungan pengalihragaman Data Hujan – Debit dalam penelitian ini menggunakan metode NRECA. Model NRECA diperkenalkan oleh Norman H. Crawford pada tahun 1985. Model ini merupakan model konsepsi yang bersifat deterministik. Disebut model konsepsi karena basisnya didasari oleh teori. Untuk menginterpretasikan fenomena proses fisiknya digunakan persamaan dan rumus semi empiris.

Langkah-langkah perhitungan pendugaan debit dengan metode NRECA, secara singkat dapat diselesaikan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$Q = DF + GWF \tag{3}$$

Dengan Q = Debit aliran rerata, m³/dt; DF = Aliran langsung (*direct flow*); GWF = Aliran air tanah (*ground water flow*);

$$DF = EM - GWS \tag{4}$$

EM = Kelebihan kelengasan (*excess moist*), (mm); GWS = Tampungan air tanah (*ground water storage*), (mm)

$$GWF = P2 \times GWS \tag{5}$$

$$GWS = P1 \times EM \tag{6}$$

P₁ = Parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan; P₂ = Parameter yang menggambarkan karakteristik tanah bagian dalam,

$$S = WB - EM \tag{7}$$

$$EM = EMR \times WB \tag{8}$$

WB = Keseimbangan air (*water balance*); EMR = Rasio kelebihan kelengasan (*excess moist ratio*),

$$WB = Rb - AET \tag{9}$$

$$AET = AET/PET \times PET \tag{10}$$

Rb = Curah hujan bulanan, mm; AET = Evapotranspirasi aktual, mm/hari; PET = Evapotranspirasi potensial (Eto), mm/hari,

$$Wi = Wo / N \tag{11}$$

$$N = 100 + 0.20 Ra \tag{12}$$

Wi = Tampungan kelengasan tanah; Wo = Tampungan kelengasan awal; N = Nominal; Ra = Curah hujan tahunan, mm.

b. Durasi dan Defisit

Analisis durasi dan deficit kekeringan dalam penelitian ini merupakan selisih antara debit bulanan dengan debit normal (Q₅₀). Debit normal (Q₅₀) dan debit andalan (Q₈₀) dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode *flow duration curve* (FDC).

Menurut Oldeman, bulan basah adalah bulan dengan curah hujan melebihi 200 mm dan bulan kering adalah bulan dengan curah hujan kurang dari 200 mm. Thornthwaite menentukan bulan basah dan bulan kering berdasarkan suatu nilai perbandingan kelebihan atau kekurangan air di satu pihak serta keperluan air di lain pihak (Kartasapoetra, 2004). Kriteria kekeringan berdasarkan analogi oldeman adalah sebagai berikut : Disebut kering (K) bila Q₈₀ < Q < Q₅₀ Disebut sangat kering (SK) bila 71–100% Q₈₀ Disebut amat sangat kering (ASK) bila Q < 70% Q₈₀

c. Perhitungan Indeks Kekeringan Hidrologi (IKH)

Indeks kekeringan adalah nilai tunggal yang menggambarkan tingkat keparahan kekeringan, berupa durasi kekeringan terpanjang dan jumlah kekeringan terbesar, masing-masing dengan periode ulang tertentu. Debit merupakan semua aliran yang masuk ke sungai dari DAS. Sehingga indeks kekeringan merupakan perbandingan defisit terhadap luas DAS, ditulis sebagai berikut (Tallaksen, 2005) :

$$IKH = \frac{\text{defisit} \text{ m}^3 / \text{det}}{\text{luas das} \text{ m}^2} \quad (12)$$

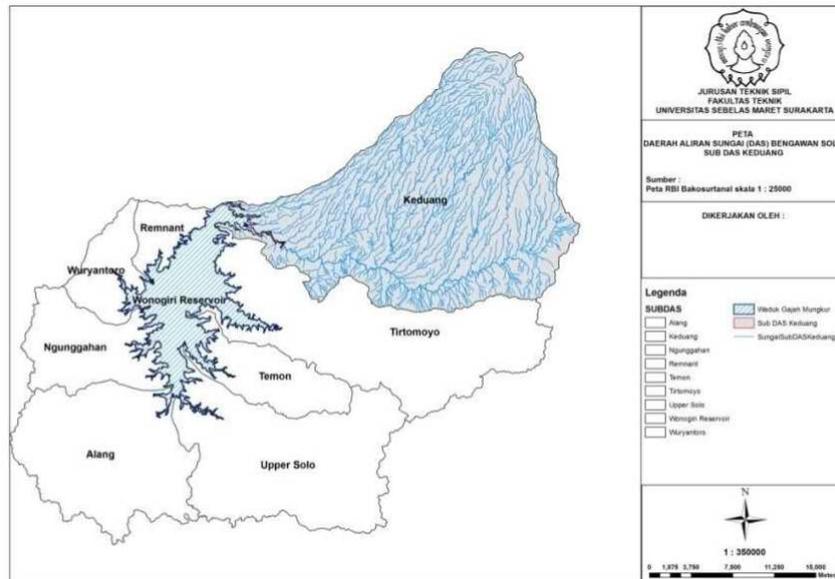
Dengan : IKH = indeks kekeringan hidrologi; defisit = selisih X_0 dengan X_t ; X_0 = batas ambang (*threshold*) kering; X_t = debit pada periode $\frac{1}{2}$ Bulanan

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan dan kesimpulan. Menggunakan analisis kekeringan dengan metode *flow duration curve* (FDC) di DAS Keduang. Yang kemudian kriteria kekeringan berdasarkan pada kriteria bulan kering dari Hadiani, R., tahun 2009. Yang merupakan analogi dari kriteria bulan basah dari Odeman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk Menentukan Hujan Wilayah Di Das Keduang Digunakan Metode Poligon Thiessen Dengan 3 Stasiun Hujan Dan Luasan Das Keduang Sebesar 420,982 Km². Perhitungan menunjukkan bahwa Sta. Ngadirojo (125f) = 96,447 km² dengan koefisien Thiessen 0,229; Sta. Jatisrono (131) = 220,170 km² dengan koefisien Thiessen 0,523; Sta. Hujan Jatiroto (130c) = 104,365 km² dengan koefisien Thiessen 0,248.



Gambar 1. Peta DAS Keduang

Evapotranspirasi potensial metode *FAO Penman-Monteith* hanya tergantung pada suhu udara rata-rata bulanan dan letak lintang. Pada penelitian ini menggunakan stasiun klimatologi Dam Wonogiri yang terletak antara 07° 50' 010" LS dan 110° 55' 023" BT.

Tabel 1. Nilai evapotrasporasi potensial harian program CROPWAT 8.0.

Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET _o
	°C	%	m/s	%	MJ/m ² /day	mm/day
jan	26.1	84	0.9	33	16.1	3.41
feb	25.9	86	0.3	27	15	3.12
mar	26.5	84	1.2	41	17.3	3.60
apr	27	81	0.9	51	17.8	3.68
mei	27	78	0.4	52	16.4	3.27
jun	26.3	75	0.5	53	15.6	3.07
jul	26.4	67	0.8	57	16.6	3.41
aug	26.2	70	0.6	58	18.2	3.61
sep	27.4	69	0.7	59	19.9	4.15
okt	27.8	72	1.6	46	18.5	4.34
nov	27.4	78	1	37	16.8	3.76
des	26.9	82	1.7	27	14.9	3.45
Average	26.5	95	477	5.9	17.6	2.98

Kemudian berdasarkan persamaan (3) – (12) dilakukan analisis debit metode NRECA yang kemudian dari data debit selama 10 tahun hasil analisis didapat nilai debit normal (Q_{50}) adalah 7,3596 (m^3/s) dan debit Kritis (Q_{80}) adalah 0,8197 (m^3/s). Berdasarkan analisis frekuensi terlampaui menggunakan metode *flow duration curve* (FDC).

Dengan mengurangi data debit hasil analisis dengan debit normal dan debit andalan didapat deficit dan durasi kekeringan yang terjadi

Tabel 2. Perhitungan defisit pada tahun 2004

Tahun	Bulan	Debit (m^3/s)	Ambang Batas Q_{80}	Ambang Batas Q_{50}	Defisit
2004	jan	22.3982	0.8197	7.3596	21.5785
	feb	15.9124	0.8197	7.3596	15.0927
	mar	6.9629	0.8197	7.3596	6.1432
	apr	4.9446	0.8197	7.3596	4.1249
	mei	8.5358	0.8197	7.3596	7.7161
	jun	1.1598	0.8197	7.3596	0.3401
	jul	0.6764	0.8197	7.3596	0.1433
	ags	0.1026	0.8197	7.3596	0.7171
	sep	0.9068	0.8197	7.3596	0.0871
	okt	0.6029	0.8197	7.3596	0.2168
	nov	18.9084	0.8197	7.3596	18.0887
	des	1.2801	0.8197	7.3596	0.4604

Indeks Kekeringan Hidrologi (IKH)

Aplikasi Model (Indeks Kekeringan Hidrologi) prediksi di DAS Keduang, yaitu berdasarkan data debit analisis di DAS Keduang. Perhitungan IKH di DAS Keduang adalah perhitungan IKH berdasarkan data analisis tahun 2004-2013. Analisis threshold di DAS Keduang untuk (Q_{50}) adalah 7,3596 (m^3/s) dan (Q_{80}) adalah 0,8197 (m^3/s). Berdasarkan ambang batas Q_{80} maka batas IKH pada $Q_{80} = 0,000$. Batas IKH pada $Q_{50} = 0,0155$, sedangkan batas IKH pada 70% $Q_{80} = -0,0006$

Indeks Kekeringan hidrologi di DAS keduang berdasarkan metode yang diteliti memiliki batas untuk kriteria Kering (K) antara : $0,000 < IKH < 0,0155$

Kriteria Sangat Kering (SK) antara : $- 0,0006 < IKH < 0,0000$

Kriteria Amat Sangat Kering (ASK) antara : $IKH < -0,0006$

Berdasarkan batasan diatas maka dapat ditentukan kriteria kekeringan di DAS keduang. Dan zona ketajaman kekeringan berdasarkan lamanya bulan kekeringan yang terjadi secara berurutan pada kriteria sangat kering (SK) hingga amat sangat kering (ASK).

Tabel 3. Kriteria kekeringan di DAS keduang pada tahun 2004

Tahun	Bulan	Defisit (IKH)	Kriteria Kering
2004	jan	0.0513	B
	feb	0.0359	B
	mar	0.0146	K
	apr	0.0098	K
	mei	0.0183	B
	jun	0.0008	K
	jul	-0.0003	SK
	ags	-0.0017	ASK
	sep	0.0002	K
	okt	-0.0005	SK
	nov	0.0430	B
	des	0.0011	K

Berdasarkan tabel diatas maka pada tahun 2004 terjadi kekeringan yang berurutan selama 2 bulan dan 5 bulan maka ketajaman durasi kering berada pada Zona 3. Definisi zona selengkapnya dapat dilihat pada halaman 19.

KESIMPULAN

1. Durasi dan defisit kering ditentukan berdasarkan nilai ambang batas yang didapat dari data debit hasil analisis. Bila besaran debit diatas ambang batas maka kondisi DAS basah sedangkan bila debit dibawah ambang batas maka kondisi DAS kering. Hasil perhitungan ambang batas menggunakan *Flow Duration Curve* (FDC) didapat besar debit normal (Q_{50}) di DAS Keduang dalam kurun waktu analisis adalah 7,3596 (m^3/s). Dan besar debit andalan (Q_{80}) di DAS Keduang dalam kurun waktu analisis adalah 0,8197 (m^3/s).
2. Indeks Kekeringan Hidrologi di DAS keduang mempunyai besaran sebagai berikut antara : $0,000 < IKH < 0,0155$ untuk kriteria Kering (K), antara : $- 0,0006 < IKH < 0,0000$ Kriteria Sangat Kering (SK), antara : $IKH < -0,0006$ Kriteria Amat Sangat Kering (ASK).
3. Kriteria Indeks Kekeringan di DAS Keduang berdasarkan hasil penelitian adalah Sangat Kering (SK) pada dengan ketajaman durasi pada zona 2 (dua) yang terjadi pada tahun 2006 dan Amat Sangat Kering (ASK) dengan ketajaman durasi pada zona 3 (tiga) yang terjadi pada tahun 2008 dan 2012. Pada tahun 2006 nilai IKH terendah mencapai -0.0019 dengan durasi 7 bulan. Pada tahun 2008 nilai IKH terendah mencapai -

0,0019 dengan durasi kekeringan mencapai 6 bulan dan pada tahun 2012 nilai IKH terendah mencapai -0,0019 dengan durasi kekeringan mencapai 6 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, Festy Ratna. 2013. *Trasformation Hujan Debit Daerah Aliran Sungai Bendung Singomerto Berdasarkan Mock, NRECA, Tank Model dan Rainrun*
- Anonim, 2012a. *Buletin Penataan Ruang*. http://bulletin.penataanruang.net/2012/01/15upload/data_artikel/profil_DASBengawan_Solo.PDF). Diakses tanggal 2 September 2014 jam 18.43
- Anonim, 2012b. *Tabloid Kampus*. <http://www.tabloidkampus.com/2012/02/10detail.php?edisi=6&id=103>). Diakses tanggal 10 September 2014 jam 23.14
- Anonim, 1999, *Crop Evapotranspiration-Guideline for Computing Crop Water Requirement*, FAO Corporate Document Repository, (www.fao.com).
- Asdak, Chay .2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Asdak, Chay. 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Universitas Gadjah Mada Press, Jogjakarta.
- Fitria Nuril Umami et al, *Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Analisa Kekeringan Menggunakan Metode Desil Pada DAS Widas Kabupaten Ngajuk*, Universitas Brawijaya, Malang, 2010
- Hadiani, Rr. Rintis. 2009. *Analisis Kekeringan Berdasarkan Data Hidrologi*. Disertasi, UNIBRAW, Malang.
- Kartasaputra, A.G. 2004. *Klimatologi : Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman*, Bumi Aksara
- Keyantash, John, and John A. Dracup. 2002. *"The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices."* American Meteorological Society (August)
- Nugroho, Adi Prasetya. 2013. *Analisis Kekeringan Daerah Aliran Sungai Keduang Dengan Menggunakan Metode Palmer*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ponce, V.M., 1989, *Engineering Hydrology Principles and Practices*, Prentice Hall, New Jersey.
- Suryanti, Ika. 2008. *Analisis Hubungan Antara Sebaran Kekeringan Menggunakan Indeks Palmer Dengan Karakteristik Kekeringan*. (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Sutrisno, Hadi M.A. 1989. *Statistik Jilid 1*. Yogyakarta :Andi Offset
- Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- UN-ISDR, 2009. *Drought Risk Reduction Framework and Practices*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- Tallaksen, L. M. & Lanen, H. A. J. van, 2004. *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Sciences 48, Elsevier Science BV, The Netherlands
- Wilhite, D A, 2010. *Quantification of Agricultural Drought for Effective Drought Mitigation, in Agricultural Drought Indices, Proceedings of an Expert Meeting 2-4 June, 2010, Murcia, Spain*, WMO, Geneva.