

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Analisis Kekeringan Menggunakan Metode *Theory of Run* di DAS Krueng Aceh

Asri Syahrial

Balai Wilayah Sungai Sumatera-I, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. Ir. Mohd. Thaher No.14 Lueng Bata, Banda Aceh 23247, E-mail: asrisyah@gmail.com

Azmeri

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, E-mail: azmeri@unsyiah.ac.id

Ella Meilianda

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, E-mail: ella.meilianda@tdmrc.org

Abstrak

Kekeringan adalah kurangnya jumlah curah hujan bulanan dibandingkan dengan rata-rata bulannya. Analisis kekeringan masih belum banyak dilakukan, khususnya untuk di luar Pulau Jawa. Analisis kekeringan berupa tingkat keparahan kekeringan yang ditunjukkan dengan intensitas kekeringan (mm/bulan) dan durasi kekeringan (bulan) beserta periode ulang kekeringannya perlu dilakukan untuk menunjang kesiap-siagaan dalam menghadapi bencana kekeringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan durasi dan intensitas kekeringan di DAS Krueng Aceh. Tahapan penelitian ini adalah mengumpulkan data jumlah hujan bulanan dari pos curah hujan di DAS Krueng Aceh; pengisian data curah hujan yang hilang menggunakan Metode Kombinasi (gabungan Metode Normal Ratio dan Metode Inverse Square Distance/Metode Reciprocal); perhitungan intensitas dan durasi kekeringan menggunakan metode Theory of Run. Luas DAS Krueng Aceh adalah 1.681,05 km² meliputi 23 kecamatan. Intensitas kekeringan terparah untuk kebutuhan air palawija terjadi pada Pos Curah Hujan Seulimum 111,58 mm/bulan; sedangkan untuk kebutuhan air Padi terparah dialami oleh Pos Curah Hujan Indrapuri sebesar 138,84 mm/bulan. Durasi kekeringan terparah untuk kebutuhan air palawija terjadi pada Pos Curah Hujan Padang Tidji dengan sepanjang 14 bulan; sedangkan untuk kebutuhan air Padi terparah dialami oleh Pos Curah Hujan Blang Bintang sebesar 34 bulan. Durasi kekeringan maksimum dialami oleh Pos Lhoong selama 25 bulan pada periode 2012-2014 dan intensitas kekeringan maksimum dialami oleh Pos Lhoong sebesar 247,5 mm/bulan pada Desember 2008.

Kata - kata Kunci: Kekeringan, theory of run, intensitas kekeringan, durasi kekeringan

Abstract

Drought is the lack of monthly precipitation compared to its monthly average. Drought analysis has not been done lately, especially outside Java Region. Drought analysis of drought severity indicated by drought intensity (mm/month) and duration of drought (month) along with repeated period of drought need to be done to support preparedness in facing drought disaster. The purpose of this study is to determine the duration and intensity of drought in the Krueng Aceh basin. The research stages are collecting monthly rainfall data from rainfall station in Krueng Aceh basin; filling the missing rainfall data by using the combination method (combination of Normal Ratio Method and Inversing Square Distance Method/Reciprocal Method); calculating drought intensity and duration using Theory of Run method. Krueng Aceh basin area is 1681.05 km² covering 23 districts. The worst intensity of drought for the water needs of crops occurred in Seulimum rainfall station, which is 111.58 mm/month; while the worst water needs of rice is showed by the rainfall station in Indrapuri, which is 138.84 mm/month. The worst duration of drought for the water needs of crops occurred in Padang Tiji Rainfall Station with over 14 months; while the worst water needs of rice is showed by Blang Bintang Rainfall Station for 34 months. The maximum duration of the drought occurred in Lhoong Rainfall Station for 25 months in 2012-2014 and the maximum intensity of the drought is showed by Lhoong rainfall station is 247.5 mm/month in December 2008.

Keywords: Drought, theory of run, drought intensity, drought duration

1. Pendahuluan

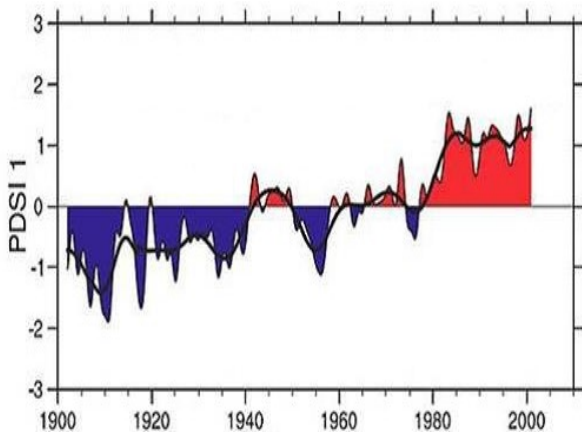
Bencana kekeringan merupakan kejadian bencana yang terjadi secara perlahan-lahan tanpa disadari sedang terjadi. Kurangnya pasokan air yang berkepanjangan

menyebabkan turunnya muka air tanah, sungai, dan danau serta berkurangnya kelengkapan tanah yang mengakibatkan tumbuhan menjadi layu sehingga produksi pangan akan menurun. Bencana kekeringan yang singkat tetapi intensif dapat pula menyebabkan kerusakan yang signifikan (Adidarma, dkk., 2011a).

Fenomena terjadinya bencana, secara alaminya mengalami perulangan mengikuti siklus hidrologinya dimana besarnya mengikuti kala ulangnya. Kajian bencana kekeringan belum banyak dilakukan di Indonesia secara umum dan di Provinsi Aceh khususnya. Penanganan bencana (mitigasi bencana) pada suatu daerah belum tentu dapat diterapkan pada daerah lainnya karena setiap DAS mempunyai karakteristiknya masing-masing.

Kekeringan meteorologi erat hubungannya dengan fenomena *EL-Nino* serta kekeringan meteorologi punya hubungan erat dengan kekeringan pertanian dan semuanya perlu pembuktian (Adidarma, dkk., 2013). Dai, A., 2012, menjelaskan bahwa akibat naiknya suhu global sebagai dampak dari perubahan iklim menyebabkan terjadi peningkatan kekeringan pada 30 tahun mendatang di sebagian besar dunia. Sedangkan Adidarma, dkk., 2009, mengadakan penelitian tentang hubungan antara trend berkurangnya hujan dimusim kemarau dengan kemungkinan timbulnya intensitas kekeringan yang bertambah parah di beberapa DAS di Pulau Jawa berdasarkan data hujan 1916-2000 menyatakan bahwa kejadian kekeringan yang bertambah parah tidak dapat disimpulkan hanya dari adanya kecenderungan hujan musim kemarau yang turun drastis, dan kejadian kekeringan yang berkurang frekuensinya tidak dapat disimpulkan dari adanya kecenderungan hujan musim basah yang makin bertambah.

Laporan kajian kekeringan global, IPCC (2007), berdasarkan *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) mengindikasikan adanya peningkatan intensitas kekeringan beberapa dasawarsa terakhir, seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peningkatan kejadian kekeringan di dunia (Sumber : Aiguo Dai, 2012)

Menurut Adidarma, dkk. (2014) metode perhitungan kekeringan yang dikenal di dunia semuanya menghitung kekeringan berdasarkan besaran hujan bulanan. Beberapa metode tersebut yaitu :

1. Metode persentase terhadap normal
2. Metode *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) (dipakai luas di Amerika)

3. Metode *Desil* (dipakai di Australia)
4. Metode *Theory of Run*
5. Metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) (dipakai di banyak negara di dunia), dan
6. Metode *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI) (pengembangan dari SPI dan masih diuji coba termasuk di Indonesia).

Bencana kekeringan di kawasan Indonesia, dipengaruhi oleh perubahan iklim berupa perbedaan tekanan udara dan temperatur udara antara bagian Timur Samudera Pasifik yang diukur di Tahiti dan bagian Barat Samudera Pasifik yang diukur di Darwin-Australia. Perbedaan nilai rata-rata tekanan udara di Tahiti dan Darwin tersebut dinyatakan dalam bentuk indeks yang disebut *Southern Oscillation Index* (SOI), Dahlman, L., 2009. Indeks ini dapat dipakai sebagai rujukan untuk memperhitungkan hubungannya dengan bencana kekeringan yang terjadi.

Pratama, *et al.*, 2014, pada penelitiannya tentang analisis kekeringan menggunakan metode *Theory of Run* pada sub DAS Ngrowo mengatakan bahwa durasi kekeringan paling lama sebesar 17 bulan dengan intensitas paling besar dengan jumlah -2303 mm yang terjadi pada tahun 1998, hasil analisisnya juga menyimpulkan bahwa kekeringan meteorologi berhubungan dengan kekeringan hidrologi dari terlihatnya korelasi kekeringan dengan jumlah debit di sungai, selain itu kekeringan meteorologi juga memiliki korelasi terhadap nilai *Southern Oscillation Index* (SOI) yang merupakan indikator terjadinya *El Nino*.

Penentuan besaran (indeks) kekeringan dapat diukur dengan cara menghitung simpangan besar curah hujan periode tertentu (bulanan) dengan suatu nilai baik berupa kondisi hujan normal/rata-ratanya ataupun suatu nilai-ambang-batas (Adidarma, dkk., 2011b). Nilai ambang batas tersebut dapat berupa suatu nilai yang ditetapkan sesuai dengan kebutuhan peruntukannya.

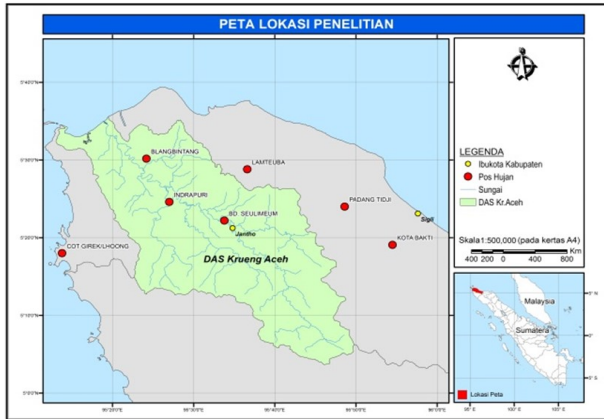
Pemantauan kekeringan di sektor pertanian secara menyeluruh perlu dilakukan bersama-sama antara instansi pengelola infrastruktur (Dinas Pekerjaan Umum), Dinas Pertanian sebagai pengatur jadwal dan pola tanam dan Pemerintah Daerah setempat (Gubernur atau Bupati) selaku pemilik daerah. Analisis kekeringan berupa tingkat keparahan kekeringan yang ditunjukkan dengan intensitas kekeringan (mm/bulan) dan durasi kekeringan (bulan) beserta periode ulang kekeringannya perlu dilakukan untuk menunjang kesiap-siagaan dalam menghadapi bencana kekeringan.

2. Metodologi

2.1 Daerah penelitian

Lokasi studi di DAS Krueng Aceh **Gambar 2** yang terletak di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dengan muara di Kota Banda Aceh. Secara administratif,

DAS Krueng Aceh meliputi 23 kecamatan di Kabupaten Aceh Besar dan 9 kecamatan di Kota Banda Aceh dengan luas 1.681,05 km². Secara geografis, DAS Krueng Aceh terletak pada koordinat 5°35'34" - 5°3'40" Lintang Utara dan 95°13'2" - 95°49'46" Bujur Timur.



Gambar 2. Peta Lokasi Studi

2.2 Data

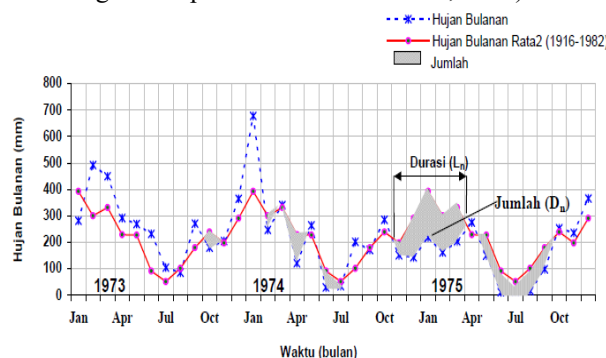
Analisis kekeringan dilakukan untuk data dari pos curah hujan yang tersedia di DAS Krueng Aceh dan sekitarnya. Daftar pos curah hujan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar pos curah hujan

No.	Nama Pos	Koordinat		Elevasi (dpl)
		Lintang	Bujur	
1	Blang Bintang	5,503° LU	95,403° BT	20 m
2	Kota Bakti	5,267° LU	95,930° BT	30 m
3	Lhoong	5,300° LU	95,230° BT	30 m
4	Seulimum	5,370° LU	95,563° BT	43 m
5	Indrapuri	5,410° LU	95,450° BT	41 m
6	Lam Teuba	5,480° LU	95,610° BT	319 m
7	Padang Tidji	5,400° LU	95,810° BT	20 m

2.3 Metode Theory of Run

Perhitungan intensitas dan durasi kekeringan untuk suatu lokasi dihitung menggunakan data jumlah hujan bulanan. Pengertian kekeringan yang menjadi landasan Theory of Run adalah kekurangan curah hujan dari biasanya atau kondisi normal yang terjadi berkepanjangan sampai mencapai satu musim atau lebih yang akan mengakibatkan ketidakmampuan dalam memenuhi kebutuhan air yang dicantumkan (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A, 2004).



Gambar 3. Grafik durasi dan jumlah defisit hujan (Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A Tahun 2004)

Indeks kekeringan adalah nilai tunggal yang menggambarkan tingkat keparahan kekeringan, berupa durasi kekeringan terpanjang dan jumlah kekeringan terbesar, masing-masing dengan periode ulang tertentu (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A, 2004).

Durasi kekeringan (L_n) adalah lamanya curah hujan bulanan mengalami defisit (berada di bawah) terhadap nilai-ambang-batas yang dipilih seperti rata-rata, median atau besaran hujan dengan kemungkinan lainnya (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A, 2004).

Prinsip perhitungan teori run mengikuti proses peubah tunggal (univariate) yang dikemukakan pertama kali oleh Yevjevich (1967). Gambar 3 menunjukkan seri data, $X(t,m)$, dari peubah hidrologi dalam hal ini hujan bulan m dan tahun ke t .

Dengan menentukan rata-rata hujan bulanan jangka panjang sebagai nilai-ambang-batas, $Y(m)$, seri data terpotong di beberapa tempat, sehingga menimbulkan peubah baru. Pengertian baru yang timbul akibat perpotongan tersebut menghasilkan peubah seperti:

- a. Bagian yang berada di atas garis normal (*run positif*), $D(t,m)$, disebut surplus.
- b. Bagian yang berada di bawah garis normal (*run negatif*), disebut defisit.
 1. Jumlah bagian yang mengalami defisit berkesinambungan disebut jumlah kekeringan dengan satuan mm.
 2. Lama atau durasi terjadi pada bagian defisit yang berkesinambungan disebut durasi kekeringan dengan satuan bulan.

Yevjevich, *et al.*, 1967, mengatakan bahwa berdasarkan nilai-ambang-batas yang telah ditentukan, dari seri data hujan dibentuk dua seri data baru yaitu durasi kekeringan (L_n) dan jumlah kekeringan (D_n), lihat Gambar 3.





Gambar 3. Bagan alir perhitungan analisis kekeringan

Jika $Y(m) < X(t,m)$, maka $D(t,m) = X(t,m) - Y(m)$ (1)

Jumlah kekeringan $D_n = \sum_{m=1}^i D(t,m) A(t,m)$ (2)

Durasi kekeringan $L_n = \sum_{m=1}^i A(t,m)$ (3)

dimana:

$A(t,m)$ = adalah indikator bernilai 0, jika $Y(m) \geq X(t,m)$

$A(t,m)$ = adalah indikator bernilai 1, jika $Y(m) < X(t,m)$

m = adalah bulan ke m ; t adalah tahun ke t

$Y(m)$ = adalah nilai-ambang-batas bulan m

$X(t,m)$ = adalah seri data hujan bulanan bulan m tahun t

D_n = adalah jumlah kekeringan dari bulan ke m sampai ke $m+i$ (mm)

L_n = adalah durasi kekeringan dari bulan ke m sampai ke $m+i$ (bulan).

$A(t,m)$ = adalah indikator defisit atau surplus.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis data curah hujan bulanan pada pos pengamatan hujan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Theory of Run*, selain bisa mendapatkan nilai defisit hujan (mm) berdasarkan angka kebutuhan hujan setiap bulannya, juga bisa mendapatkan nilai intensitas kekeringan (mm/bulan) dan durasi kekeringannya (bulan). Perhitungan analisis kekeringan metode *Theory of Run* hanya memerlukan data jumlah curah hujan bulanan untuk perhitungannya (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A Tahun 2004).

Yevjevich, *et al.*, 1967, mengatakan bahwa analisis kekeringan yang dilakukan berdasarkan atas nilai-ambang-batas yang telah ditentukan dengan menggunakan seri-data-hujan, selanjutnya dibentuk

menjadi dua seri data baru yaitu durasi-kekeringan (L_n) dan jumlah-kekeringan (D_n).

Nilai-ambang-batas berdasarkan Oldeman, *et al.* (1980) mengatakan bahwa kebutuhan air untuk tanaman padi adalah 220 mm/bulan, sedangkan untuk tanaman palawija sebesar 120 mm/bulan.

Hasil perhitungan durasi dan intensitas kekeringan beserta periode ulangnya untuk masing-masing pos curah hujan, disajikan dalam tabel rekapitulasi seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel rekapitulasi durasi dan intensitas kekeringan menurut periode ulangnya

Pos Curah Hujan : Blang Bintang										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	4.9	6.2	7.7	8.3	9.5	76.0	86.1	95.5	99.0	116.6
120 mm	4.4	5.8	7.1	8.0	9.0	72.9	81.9	90.2	92.6	111.3
220 mm	11.8	15.6	19.1	22.5	28.0	128.4	142.5	158.0	162.0	172.5
Pos Curah Hujan : Padang Tidji										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	5.4	7.0	8.6	9.7	9.5	80.4	87.9	98.3	100.7	102.4
120 mm	4.9	6.4	8.0	9.7	9.5	71.5	83.8	95.0	95.7	99.7
220 mm	9.6	12.0	16.2	18.0	18.0	138.5	151.7	180.8	195.3	197.5
Pos Curah Hujan : Lam Teuba										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	5.2	6.3	7.8	8.0	9.0	108.1	122.1	129.3	135.3	129.3
120 mm	4.0	5.0	5.4	5.7	6.0	75.1	81.5	92.9	93.5	87.7
220 mm	7.4	9.7	12.0	13.7	15.5	131.7	147.3	166.8	174.3	168.0
Pos Curah Hujan : Seulimum										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	5.0	6.6	7.6	8.7	9.0	94.3	109.7	120.4	131.9	130.8
120 mm	3.7	4.6	5.7	6.0	6.0	78.5	88.7	98.7	100.7	111.6
220 mm	9.3	12.9	16.0	19.7	23.5	122.1	139.3	163.4	178.2	173.3
Pos Curah Hujan : Indrapuri										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	4.4	5.4	6.1	6.8	8.5	79.5	90.7	102.7	107.1	122.6
120 mm	4.2	4.9	6.0	6.5	8.5	71.9	82.6	94.5	93.5	108.2
220 mm	8.3	9.9	11.7	12.5	15.0	138.8	152.5	172.9	184.9	198.4
Pos Curah Hujan : Kota Bakti										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	4.8	6.0	7.5	10.0	10.0	96.6	101.5	118.6	128.7	129.3
120 mm	3.9	5.0	6.0	8.0	10.0	78.0	84.9	97.3	102.2	104.0
220 mm	7.4	8.4	10.5	11.5	13.0	142.3	164.5	178.9	199.7	200.4
Pos Curah Hujan : Lhoong										
Batas Ambang/ Kebutuhan	Durasi Kekeringan (Bulan)					Intensitas Kekeringan (mm/Bulan)				
	Periode Ulang (Tahun)					Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20	1	2	5	10	20
Rerata Hujan	5.2	6.0	7.8	9.5	12.0	161.1	193.7	221.3	234.7	262.2
120 mm	2.2	3.2	4.5	5.5	6.0	60.8	70.6	85.9	99.3	120.0
220 mm	4.2	5.0	4.8	8.0	9.0	141.1	169.4	144.3	202.0	220.0

Tabel 3. Tabel rekapitulasi durasi dan intensitas kekeringan maksimum

Pos Curah Hujan	Durasi Kekeringan Maksimum (bulan)	Intensitas Kekeringan Maksimum (mm/bulan)	
Blang Bintang	11	125,9	Maret 1998
Padang Tidji	14	138,9	April 1917
Lam Teuba	12	162,2	Januari 1929
Seulimum	10	147,5	Mei 1918, April 1931
Indrapuri	13	135,2	Agustus 2002
Kota Bakti	10	148,8	Januari 2012
Lhoong	25	247,5	Desember 2008

Durasi kekeringan maksimum dan intensitas kekeringan maksimum untuk setiap pos curah hujan, disajikan pada **Tabel 3**, yang dapat dilihat bahwa durasi kekeringan terpanjang terjadi di Pos Curah Hujan Lhoong yaitu 25 bulan pada periode tahun 2012-2014. Sedangkan Intensitas kekeringan maksimum juga terjadi di Pos Curah Hujan Lhoong sebesar 247,5 mm/bulan pada Desember 2008.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di wilayah studi, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Intensitas kekeringan terparah untuk kebutuhan air palawija yang dihitung dengan menggunakan *Theory of Run* terjadi pada Pos Curah Hujan Seulimum 111,58 mm/bulan; sedangkan untuk kebutuhan air Padi terparah dialami oleh Pos Curah Hujan Indrapuri sebesar 138,84 mm/bulan.
2. Durasi kekeringan terparah untuk kebutuhan air palawija yang dihitung dengan menggunakan *Theory of Run* terjadi pada Pos Curah Hujan Padang Tidji dengan sepanjang 14 bulan; sedangkan untuk kebutuhan air Padi terparah dialami oleh Pos Curah Hujan Blang Bintang sebesar 34 bulan.
3. Durasi kekeringan maksimum dialami oleh Pos Curah Hujan Lhoong selama 25 bulan pada periode 2012-2014 dan intensitas kekeringan maksimum dialami oleh Pos Curah Hujan Lhoong sebesar 247,5 mm/bulan pada Desember 2008.
4. Tingkat keparahan kekeringan yang ditunjukkan dengan intensitas, durasi dan periode ulang kekeringan yang terjadi pada DAS Krueng Aceh menjadi pedoman bagi petani sebagai mitigasi bencana kekeringan.
5. Hasil analisis pada studi ini masih memiliki kekurangan terutama pada ketersediaan data curah hujan menerus dan panjang, begitu pula dengan kerapatan pos curah hujan yang dapat dianalisis yang belum memadai akurasi datanya tidak begitu baik, maka untuk itu, perlu dilakukan penambahan pos curah hujan.

Referensi

- Adidarma, W.K., Triweko, R.W., Untari, A., 2009, *Apakah Trend Hujan di Musim Kemarau yang Berkurang Akan Menimbulkan Intensitas Kekeringan yang Bertambah Parah*, Lokarkarya Identifikasi Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Sumberdaya Air dari Program : Penguatan IPTEK Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim, Kementerian Negara Riset dan Teknologi, Balai Irigasi, Bekasi, 21 April 2009.
- Adidarma, W.K., Marwati, L., Levina, Subrata, O., 2011a, *Model Monitoring Kekeringan dalam Kerangka Manajemen Bencana yang Memberikan Informasi Secara Spasial dan Temporal*, Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung.
- Adidarma, W.K., Marwati, L., Subrata, O., Levina, 2011b, *Buku Mitigasi Kekeringan – Monitoring dan Pemetaan*, Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung, ISBN 978-979-3197-88-3.
- Adidarma, W.K., Subrata, O., Roseline, L.H., 2013, *Prediksi Kekeringan Meteorologi Menggunakan Pendekatan Statistik untuk WS Pemali Comal*, Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung.
- Adidarma, W.K., Marwati, L., Subrata, O., Roseline, L.H., 2014, *Penanganan Kekeringan Berbasis Disasters Risk Management*, Dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI XXI, Padang, 22-24 Agustus 2014.
- Dahlman, LuAnn 30 Agustus 2009, *Climate Variability: Southern Oscillation Index*, <http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-southern-oscillation-index>. Diakses 18-11-2014.
- Dai, Aiguo., 2012, *Increasing drought under global warming in observations and models*, <http://www.nature.com/doi/10.1038/nclimate1633>. Diakses 13-10-2014.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Oldeman, R.L., Irsal, Las., and Maladi, 1980, *The Agroclimatic Maps of Kalimantan, Maluku, Irian Jaya and Bali, West and East Nusa Tenggara*, Contrib. No 60, Central Research Institute Agriculture Bogor.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil No. Pd T-02-2004-A 2004, *Perhitungan Indeks Kekeringan*

Menggunakan Teori Run, 2004, Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah, No. 360/KPTS/M/2004.

Pratama, A., *et al.*, 2014, *Analisa Kekeringan Menggunakan Metode Theory of Run pada sub DAS Ngrowo*, Universitas Brawijaya, Malang.

Yevjevich, V., 1967, *An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts*, Hydrology Papers, vol. 23, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.