ANALISIS KEKERINGAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BEDADUNG BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Ainur Rofiq Kurniawan^a, M. Bisri^b, Ery Suhartanto^b

^aMahasiswa Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

^bDosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

e-mail : ^aropik.ngalam@gmail.com; ^bmbisri@ub.ac.id; ^berysuhartanto@ub.ac.id

ABSTRAK : Berkurangnya ketersediaan air terhadap kebutuhan merupakan salah satu indikator yang menunjukkan gejala kekeringan. Bencana kekeringan mendapat perhatian lebih dari Pemkab. Jember berupa arahan pengelolaan kawasan bencana kekeringan. Lokasi penelitian ini berada di DAS Bedadung dengan 13 pos hujan yang berada di hulu Stasiun AWLR Rowotamtu. Analisa kekeringan menggunakan metode *Palmer Drought Severity Index* yang berupa indeks yang menginformasikan tingkat kekeringan suatu daerah. Hasil studi menunjukan bahwa kekeringan dengan klasifikasi ekstrim kering terjadi terjadi pada bulan Juni sampai dengan bulan Oktober dengan nilai indeks kekeringan berkisar antara -1,82 (rerata Juni) sampai dengan -14,14 (rerata Oktober). Kecamatan Patrang, Jelbuk, Arjasa dan Panti termasuk wilayah yang mengalami kekeringan dengan durasi 5 bulan. Indeks kekeringan meteorologi metode Palmer dan indeks kekeringan hidrologi (nilai Transformasi *Box Cox* terstandarisasi (Z) Debit AWLR) mempunyai hubungan yang searah dan mempunyai tingkat hubungan yang kuat, dengan koefisien korelasi Pearson, $r = 0,91$

Kata Kunci : Indeks Kekeringan Meteorologi, Indeks Kekeringan Hidrologi, Indeks Keparahan Kekeringan Palmer, SIG

ABSTRACT : *The reduced of water availability toward the needs is one thing that indicates the occurrence of a drought. The drought has received more attention from Government of Jember Regency in the form of a drought disaster area management direction. The location of this research is in the Bedadung River Basin with 13 rainfall station located in the upstream of Rowotamtu AWLR Station. Drought analysis uses the Palmer Drought Severity Index method in the form of index that informs the level of drought in an area. The results of the study showed that drought with extreme dry classification occurs from June to October with drought index values ranging from -1,82 (on June) to -14,14 (on October). Patrang, Jelbuk, Arjasa and Panti sub-districts are areas that have experienced drought with a duration of 5 months. Palmer method meteorological drought index and hydrological drought index (value of AWLR Discharge Standardized Box Cox Transformation (Z)) have unidirectional relationship and high degree of relationship, with the Pearson correlation coefficient, $r = 0,91$*

Keywords: *Meteorological Drought Index, Hydrological Drought Index, Palmer Drought Saverity Index, GIS*

Pemerintah Kabupaten Jember mempunyai perhatian terhadap bencana kekeringan. Hal ini dituangkan pada Peraturan Daerah (Perda) Pemerintah Kabupaten Jember No. 1 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Pemerintah Kabupaten Jember. Pada Pasal 38 ayat (1) huruf g, bencana kekeringan merupakan salah satu bencana alam yang

menjadi perhatian Pemerintah Kabupaten Jember. Bentuk perhatian tersebut berupa arahan pengelolaan kawasan bencana kekeringan seperti yang disebutkan pada Pasal 38 Ayat (15) huruf a, yaitu melakukan identifikasi lokasi dan tingkat resiko kekeringan. Tingkat resiko kekeringan suatu daerah dapat diketahui dengan menghitung

indeks kekeringannya kemudian digunakan untuk mendeteksi, memantau dan mengevaluasi kejadian kekeringan. Indeks kekeringan yang dihasilkan dapat digunakan untuk menyusun informasi tentang kekeringan berupa intensitas, durasi, tingkat keparahan dan sebaran keruangan (*spatial*) (Hatmoko W., 2014). Sehingga dapat digunakan sebagai langkah antisipasi dalam menghadapi kekeringan (*mitigation*). Indeks kekeringan adalah komponen kunci untuk memantau kekeringan, berdasarkan variabel meteorologi atau hidrologi (Zengchao et al., 2016).

Palmer Drought Saverity Index adalah salah satu metode menghitung indeks kekeringan yang dikembangkan oleh *Palmer* (1965). Pada prinsipnya perhitungan metode *Palmer* ini didasarkan pada besarnya curah hujan dan kemampuan tanah dalam menampung air sesuai dengan jenis tanahnya. *Palmer* menggunakan model dua lapis tanah yaitu lapisan atas dan lapisan bawah yang di dasarkan pada metode *Thorntwaite*, masing-masing mempunyai kapasitas lapisan yang tersedia yaitu AWCs (ketersediaan air lapisan pertama) dan AWCu (ketersediaan air lapisan kedua) (Huang et al., 2011; Vasiliades dan Loukas, 2009). Metode *Palmer* didasarkan

pada konsep pemasukan dan pengeluaran dari persamaan neraca air, yang juga dipengaruhi oleh data curah hujan dan suhu serta ketersediaan air tanah (Kao dan Govindaraju, 2010; Mishra dan Singh, 2010). Salah satu alasan digunakan Indeks Kekeringan *Palmer* karena indeks ini menilai kekeringan dari berbagai sumber pengamatan (Szep et al., 2005), selain itu metode ini merupakan standarisasi untuk iklim lokal sehingga dapat digunakan untuk semua negara dalam menunjukkan kekeringan relatif atau kondisi curah hujannya (Huang et al., 2011; Suryanti, 2008).

Sedangkan untuk analisa kekeringan hidrologi dapat dilakukan dengan memanfaatkan data hidrologi yang tersedia, yaitu muka air sungai atau data AWLR. Debit aliran sungai merupakan salah satu indikator kekeringan hidrologi yang mudah diamati di lapangan. Jika debit aliran sungai kecil, maka hal ini merupakan gejala adanya kejadian kekeringan. Selain itu menurut Loukas A. et al. (2007) data debit dari Stasiun AWLR dapat dinormalisasikan menggunakan transformasi *Box Cox* dan distandarisasikan sehingga mendapatkan indeks kekeringan hidrologi.

Gambar 1. DAS Bedadung (Hulu Stasiun AWLR Rowotamtu)

Sumber : Dinas PU BM-SDA Kab. Jember dan Dinas PU SDA Prov. Jawa Timur

Tujuan dari studi ini adalah memberikan gambaran sebaran kekeringan yang terjadi pada DAS Bedadung dengan menggunakan metode Palmer Drought Severity Index, mengetahui kondisi kekeringan hidrologi dan mengetahui hubungan antara indeks kekeringan meteorologi dengan kondisi kekeringan berdasarkan data hidrologi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Studi penelitian ini mengambil lokasi di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung yaitu DAS Bedadung bagian hulu stasiun AWLR Rowotamtu. Gambar 1 menjelaskan batas-batas wilayah hidrologi pada lokasi studi penelitian ini. Pada sebelah barat berbatasan dengan DAS Tanggul, sebelah timur berbatasan dengan DAS Mayang, sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Bondowoso dan sebelah Selatan berbatasan dengan DAS Bedadung bagian hilir stasiun AWLR Rowotamtu. Secara wilayah administrasi lokasi studi berada di Kabupaten Jember. Iklim di Kabupaten Jember adalah iklim tropis. Angka temperatur berkisar antara 24,40°C – 29,10°C, dengan musim kemarau terjadi pada bulan Juni sampai bulan Oktober dan musim hujan terjadi pada bulan November sampai bulan Mei. Sedangkan curah hujan tahunan berkisar antara 924 mm sampai 4.915 mm.

DAS Bedadung bagian hulu stasiun AWLR Rowotamtu sebagai wilayah studi ini memiliki luas seluas 804,6 km² yang mencakup 11 kecamatan yaitu Kecamatan Panti, Sukorambi, Patrang, Kaliwates, Jelbuk, Arjasa, Sumbersari, Sukowono, Kalisat, Pakusari dan Sumberjambe. Jenis tutupan lahan pada lokasi studi ini terdiri dari hutan, semak belukar, perkebunan, pertanian, persawahan, dan pemukiman. Sedangkan tekstur tanah pada lokasi studi terdiri dari lempung berliat, lempung pasir halus, liat dan pasir halus.

Pengumpulan Data

Data-data yang dapat dikumpulkan untuk melakukan analisis atau perhitungan dalam studi ini adalah sebagai berikut: (1) Data curah hujan dari 13 stasiun hujan (2004-2018); (2) Data klimatologi dari 1 stasiun meteorologi, berupa data temperatur suhu (2004-2018); (3) Peta topografi; (4) Peta tata guna lahan (2010); (5) Peta batas DAS; (6) Peta jenis tanah dan

tekstur tanah; dan (7) Data debit pada *outlet* wilayah studi yakni pos AWLR Rowotamtu.

Metode Analisa

Pengujian Data

Pengujian data ini bertujuan untuk mengetahui kualitas data dan keandalan data yang digunakan dalam analisis perhitungan. Kualitas dan keandalan data yang baik sangat erat kaitannya dengan kesesuaian hasil analisis perhitungan dengan keadaan yang sesungguhnya. Pengujian data untuk data hujan adalah uji konsistensi metode kurva ganda, sedangkan data debit AWLR menggunakan uji konsistensi metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) dan uji stasioneritas untuk data suhu.

Analisa Data Curah Hujan

Data curah hujan dari stasiun hujan terpilih digunakan untuk mendapatkan hujan rerata daerah menggunakan metode Poligon Thiessen. Sehingga mendapatkan pola curah hujan selama periode data yang didapat.

Dari data curah hujan penakar terpilih dapat dilakukan analisa hujan rerata bulanan untuk setiap stasiun hujan, sehingga dapat mengetahui pola dan variasi curah hujan rerata bulanan. Selain mengetahui pola dan variasi curah hujan, dengan menggunakan metode *Mohr*, kita dapat membedakan keadaan hujan menjadi bulan basah ($P \geq 100$ mm), bulan kering ($P \leq 60$ mm) dan bulan lembab (60 – 100 mm).

Suhu Udara

Tidak semua pos stasiun hujan memiliki data suhu udara. Sehingga perlu melakukan pendugaan suhu dari stasiun terdekat dengan cara mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Untuk penyesuaian ini digunakan cara *Mock* (1973).

$$\Delta t = 0,006 (z_1 - z_2) ^\circ\text{C} \quad (1)$$

Persamaan (1) di atas adalah, perbedaan suhu antara stasiun pengukuran dengan stasiun pengukuran yang dianalisa (Δt), elevasi stasiun ukur suhu (z_1), elevasi stasiun analisa (z_2)

Menghitung Selisih P dan EP tiap Bulan

Perhitungan evapotranspirasi potensial (EP) dihitung dengan metode *Thornthwaite*. Evapotranspirasi potensial tersebut berdasarkan suhu udara rerata bulanan. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut:

$$EP_x = 16 \times \left[\frac{10T\mu}{I} \right]^\alpha \quad (2)$$

$$EP = f \times EP_x \quad (3)$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad (4)$$

$$a = (6,75 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (7,71 \cdot 10^{-5}) \cdot I^2 + (1,792 \cdot 10^{-2}) \cdot I + 0,49239 \quad (5)$$

Persamaan (2) s/d (5) di atas menyebutkan (T_m) suhu udara rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$), sedangkan koefisien koreksi diambil dari tabel koefisien penyesuaian menurut bujur dan bulan (f) kemudian dikalikan dengan evapotranspirasi potensial yang belum disesuaikan sehingga mendapatkan nilai evapotranspirasi potensial (EP).

Menghitung selisih nilai P dan EP bertujuan untuk mengetahui apakah bulan tersebut termasuk dalam bulan basah atau bulan kering. Apabila $(P-EP) > 0$ atau disebut sebagai bulan basah dan apabila $(P-EP) < 0$ disebut sebagai bulan kering

Kapasitas Penyimpanan Air (*Water Holding Capacity*)

Pendugaan kapasitas menyimpan air (WHC) dilakukan secara tidak langsung. Cara ini memerlukan peta tanah (tekstur tanah) dan peta tutupan lahan serta tabel konversi *Thornthwaite Mather*. Adapun cara pendugaan yang dilakukan dengan cara: (1) Penggambaran peta poligon thiesen; (2) Melakukan overlay peta sebaran hujan, peta jenis tanah (tekstur tanah diketahui) dan peta tutupan lahan; (3) Melakukan perhitungan luas setiap bentuk penggunaan lahan pada setiap polygon dengan mempertimbangkan perbedaan tekstur tanahnya; (4) Dengan Tabel Pendugaan Kapasitas Air tersedia berdasarkan kombinasi tipe tanah dan vegetasi, diperoleh nilai air tersedia dan panjang perakaran, maka nilai WHC didapat. Dengan memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) pendugaan kapasitas menyimpan air (WHC atau STO) dapat dilakukan.

Indeks Kekeringan

Indeks kekeringan metode *Palmer Drought Saverity Index (Palmer)* adalah salah satu metode untuk mengidentifikasi tingkat keparahan kekeringan yang terkandung dalam seri data hujan pada suatu wilayah. Untuk

mendapatkan indeks kekeringan metode *Palmer* dibutuhkan beberapa parameter utama. Parameter utama tersebut adalah evapotranspirasi, pengisian lengas tanah, kehilangan kelembapan tanah. Untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut dapat menggunakan neraca air metode *Thornthwaite*. Selain parameter utama yang tersebut di atas, neraca air metode *Thornthwaite* dapat menghasilkan parameter lain yang terkait dengan perhitungan antara lain evapotranspirasi potensial, pengisian lengas ke dalam tanah potensial, aliran permukaan potensial, dan kehilangan tanah potensial.

Tahapan-tahapan analisa indeks kekeringan metode *Palmer* dapat dijelaskan sebagai berikut: (1) menentukan harga dari keempat konstanta iklim, yaitu koefisien evapotranspirasi (α), koefisien pengisian (β), koefisien limpasan (γ), koefisien kehilangan air (δ) dan karakteristik iklim (κ); (2) Menentukan nilai *Climatically Appropriate for Existing Conditions (CAFEC)*, nilai ini adalah dugaan parameter-parameter evapotranspirasi, *runoff*, *recharge*, presipitasi dan *loss*, dimana secara klimatologis sesuai dengan kondisi waktu dan tempat yang diuji; (3) Menentukan periode kehilangan hujan (d); (4) Mendapatkan nilai rata-rata d sehingga mendapatkan nilai mutlak (D); (5) Mendapatkan nilai pendekatan kedua terhadap nilai faktor K (κ'); (6) Mendapatkan nilai karakter iklim sebagai faktor pembobot (K); (7) Melakukan perhitungan indeks penyimpangan (anomali) lengas (Z); dan (8) Mendapatkan nilai indeks kekeringan metode *Palmer*.

Pemetaan Indeks Kekeringan

Setelah mendapatkan nilai indeks kekeringan selanjutnya nilai indeks kekeringan tersebut ditampilkan dalam peta sebaran kekeringan. Klasifikasi indeks kekeringan dapat dilihat berdasarkan Tabel 1. Penggambaran peta sebaran kekeringan menggunakan software *ArcGIS 10.2* dengan metode interpolasi *IDW*.

Tabel 1. Kelas Indeks Kekeringan Palmer dan Sifat Cuaca

Indeks Kekeringan	Sifat Cuaca
≥ 4.00	Ekstrem Basah
3.00 – 3.99	Sangat Basah
2.00 – 2.99	Agak Basah
1.00 – 1.99	Sedikit Basah
0.50 – 0.99	Awal Selang Basah
0.49 – (-0.49)	Normal
-0.50 – (-0.99)	Awal Selang Kering
-1.00 – (-1.99)	Sedikit Kering
-2.00 – (-2.99)	Agak Kering
-3.00 – (-3.99)	Sangat Kering
≤ -4.00	Ekstrem Kering

Sumber: Palmer (1965)

Analisa Kekeringan Hidrologi

Menurut Loukas A., et al. (2007) data debit dari Stasiun AWLR dapat dinormalisasikan menggunakan transformasi *Box Cox* dan distandarisasikan sehingga mendapatkan indeks kekeringan hidrologi. Nilai Transformasi *Box Cox* (Y) didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$Y = \begin{cases} \frac{X^\lambda - 1}{\lambda}; \lambda \neq 0 \\ \ln(X); \lambda = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Nilai Transformasi *Box Cox* terstandarisasi (Z) dengan rumus sebagai berikut:

$$Z = \frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_Y} \quad (8)$$

Dari data debit AWLR (X) dengan bantuan *Minitab 18* akan didapatkan nilai λ

yang akan digunakan sebagai koefisien untuk melakukan transformasi data debit AWLR menjadi nilai (Y). Selanjutnya data hasil transformasi tersebut dikurangi nilai rata-rata transformasi data debit AWLR ($\bar{Y}$) dibagi standar deviasi transformasi data debit AWLR (σ_Y) sehingga didapatkan nilai yang telah distandarisasikan (Z). Nilai Z ini dapat digunakan sebagai indeks kekeringan hidrologi

Analisa Hubungan Indeks Kekeringan Meteorologi dengan Hidrologi

Analisa hubungan antara indeks kekeringan meteorologi dengan hidrologi dapat dilakukan dengan menggunakan analisa korelasi dan regresi. Analisa korelasi adalah alat statistik yang digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linier antara variable yang satu dengan lainnya untuk mencari arah dan kuatnya hubungan antara dua variabel (Qudratullah, M. F., 2014). Analisa korelasi menggunakan koefisien korelasi *product moment Pearson* (r). Selain analisa korelasi, hubungan kedua indeks kekeringan dapat menggunakan analisa regresi dengan membangun grafik *xy scatter* untuk menilai seberapa erat hubungan antara hujan penakar dengan data debit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Data

Dari pengujian 13 data curah hujan, 1 data suhu dan 1 data debit AWLR mendapatkan hasil data-data tersebut mempunyai kualitas dan keandalan data yang baik sehingga dapat dipergunakan.

Gambar 2. Grafik Curah Hujan Rerata Daerah Bulanan pada DAS Bedadung (2004-2018)

Sumber: Hasil Analisa

Gambar 3. Pola Curah Hujan Rerata Bulanan pada DAS Bedadung
Sumber: Hasil Analisa

Gambar 4. Pola Suhu Udara Rata-rata Bulanan DAS Bedadung
Sumber: Hasil Analisa

Gambar 5. Grafik Curah Hujan (P) terhadap Evapotranspirasi Potensial (EP)
Sumber: Hasil Analisa

Analisa Data Curah Hujan

Gambar 2 menggambarkan kondisi curah hujan sepanjang 15 tahun yang mempunyai pola yang mirip setiap tahunnya yaitu mempunyai curah hujan rendah di pertengahan tahun dan curah hujan tinggi di awal serta akhir tahun.

Untuk mengetahui pola curah hujan bulanan selama satu tahun dapat dilakukan dengan menggunakan hujan rerata bulanan. Sehingga dapat mengetahui pola curah hujan rerata bulanan di daerah studi.

Gambar 3 menyajikan pola curah hujan rerata bulanan di lokasi studi. Dengan menggunakan kriteria metode *Mohr*, dapat disimpulkan terjadi bulan kering selama 3 bulan yaitu bulan Juli – September, 2 bulan lembab pada bulan Juni dan Oktober dan bulan basah selama 7 bulan yaitu bulan November – Mei.

Analisa Data Suhu

Kebanyakan stasiun penakar hujan di Indonesia tidak disertai peralatan untuk mencatat suhu. Oleh karena itu perlu dilakukan penyesuaian menggunakan metode *Mock*, dengan cara melakukan pendugaan suhu

terhadap Stasiun Hujan yang lain menggunakan perbedaan elevasi dengan Stasiun Cuaca Notohadinegoro.

Gambar 4 menyajikan suhu rata-rata bulanan yang didapatkan dari pendugaan suhu dari setiap stasiun penakar hujan di wilayah studi. Pola suhu udara rata-rata bulanan ini dapat diketahui adanya penurunan suhu pada bulan Juli – September dibandingkan bulan yang lain.

Menghitung selisih P dan EP tiap Bulan

Besarnya nilai curah hujan (P) yang dikurangkan dengan nilai evapotranspirasi potensial (EP), kemudian selisih tersebut digunakan untuk menentukan nilai defisit dan surplus pada DAS Bedadung.

Gambar 5 menyajikan nilai rerata perhitungan selisih nilai curah hujan rerata bulanan dengan evapotranspirasi potensial rerata bulanan ($P-EP$) pada DAS Bedadung, dapat memberikan gambaran bahwa di lokasi studi terjadi defisit air ($P-EP < 0$) selama 6 bulan antara bulan Mei – Oktober dan rentang bulan November – April terjadi surplus air ($P-EP > 0$).

Gambar 6. Penggabungan Peta Stasiun Hujan, Tekstur Tanah dan Tata Guna Lahan

Sumber: Hasil Tumpang Susun ArcGIS 10.2

Analisa Kapasitas Penyimpanan Air (*Water Holding Capacity*)

Nilai kelebihan tanah yang tertahan atau kelembapan tanah pada kapasitas lapang (ST_0) sama dengan kapasitas penyimpanan air atau *Water Holding Capacity* (WHC) (Jannah,

2015). Perhitungan nilai kapasitas penyimpanan air (WHC) diperhitungkan pada masing-masing sebaran stasiun penakar hujan di dalam wilayah studi. Dengan bantuan perangkat lunak *ArcGIS 10.2*, melakukan tahapan tumpang susun terhadap Peta Poligon

Theissen, Tekstur Tanah dan Tutupan Lahan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 6. Peta gabungan hasil tumpang susun tersebut menghasilkan luasan tutupan lahan terhadap tekstur tanah dimasing-masing luasan poligon theissen. Kemudian luasan tersebut dijadikan

prosentase wilayah. Untuk mendapatkan nilai *WHC*, prosentase wilayah hasil tumpang susun dikalikan dengan nilai panjang zona perakaran dan air tersedia. Sehingga didapatkan nilai *WHC* di setiap Stasiun Penakar Hujan.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Indeks Kekeringan Metode *Palmer* Rerata Bulanan pada DAS Bedadung

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
Bintoro	15,011	13,300	10,905	8,600	2,741	-4,046	-9,650	-14,308	-14,147	-7,644	3,292	13,457
Cumedak	24,471	22,880	22,041	18,573	9,915	1,465	-6,750	-12,156	-12,777	-7,440	7,326	21,531
Dam Klatakan	14,698	13,000	10,601	8,270	0,657	-7,941	-14,238	-20,393	-20,439	-12,507	1,856	13,939
Dam Manggis	19,930	20,343	17,307	12,526	5,108	-4,515	-9,570	-15,881	-17,976	-10,644	6,204	22,173
Dam Rambipuji	14,401	13,833	11,897	10,407	7,099	0,055	-5,362	-9,626	-10,157	-4,883	3,961	14,847
Dam Semangir	17,282	16,230	14,184	12,966	8,455	0,484	-5,305	-10,128	-10,699	-4,635	7,401	19,154
Dam Tegal Batu	23,030	20,981	16,408	10,017	1,520	-5,477	-10,548	-18,022	-19,764	-12,079	1,516	14,766
Jember	19,768	17,460	14,373	12,795	8,248	1,007	-4,245	-10,118	-14,922	-10,148	1,961	14,458
Renes (Ajung)	15,335	13,783	10,991	8,806	5,745	0,285	-6,077	-11,925	-13,601	-7,824	3,336	13,242
Rowotamtu	13,968	13,400	11,173	9,247	5,773	-1,970	-7,937	-12,447	-13,804	-7,559	3,021	15,328
Sukorejo	19,779	17,441	13,678	9,335	2,861	-1,195	-5,850	-11,374	-11,992	-7,772	2,542	12,964
Sumber Jambe	22,632	20,518	17,165	13,737	7,100	-0,356	-6,593	-11,813	-12,080	-4,146	8,814	19,776
Sumber Kalong	20,921	18,573	15,165	10,336	3,156	-1,408	-6,321	-10,813	-11,515	-7,857	2,857	14,482
Rerata	18,560	17,060	14,300	11,200	5,260	-1,820	-7,570	-13,000	-14,140	-8,090	4,160	16,160
Status IK Palmer	EB	EB	EB	EB	EB	SK	EK	EK	EK	EK	EB	EB

Sumber: Hasil Analisa

Indeks Kekeringan

Tabel 2 menjelaskan terjadi bulan kering selama 5 bulan, dimulai dari rerata bulan Juni dengan kriteria Sedikit Kering ($IKM_{Palmer} = -1,465$) dan berakhir di rerata bulan Oktober dengan kriteria Ekstrem Kering ($IKM_{Palmer} = -8,090$). Nilai IKM_{Palmer} paling rendah = -14,140 terjadi pada rerata bulan September.

Pemetaan Indeks Kekeringan

Selanjutnya dilakukan tumpang susun antara peta sebaran indeks kekeringan bulanan dengan batas wilayah kecamatan tiap tahun. Sehingga kita mengetahui apakah wilayah kecamatan yang dinyatakan dalam Peraturan Daerah Kabupaten Jember No. 1 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2015 – 2035 pasal 38 ayat (14) sebagai kawasan rawan bencana kekeringan mempunyai kesesuaian dengan analisa kekeringan menggunakan metode *Palmer*. Adapun wilayah tersebut adalah Kecamatan Patrang, Jelbuk, Arjasa dan Panti.

Gambar 7 menjelaskan semua wilayah kecamatan di wilayah studi mengalami kekeringan dengan durasi yang bervariasi. Kecamatan Panti, Patrang, Jelbuk dan Arjasa mempunyai durasi kekeringan selama 5 bulan. Sedangkan untuk wilayah kecamatan di dalam lokasi studi mempunyai durasi kekeringan selama 4 bulan.

Dari hasil analisa ke empat kecamatan tersebut termasuk wilayah yang mengalami kekeringan dengan durasi 5 bulan atau dengan kata lain mempunyai durasi paling lama daripada wilayah kecamatan lainnya. Oleh karena itu Peraturan Daerah Kabupaten Jember No. 1 Tahun 2015 tersebut telah sesuai memasukan Kecamatan Patrang, Jelbuk, Arjasa dan Panti termasuk sebagai kawasan rawan bencana kekeringan berdasarkan indeks kekeringan metode *Palmer*

Analisa Hubungan Debit AWLR dengan curah hujan rerata daerah (*Rainfall Area*) Bulanan

Gambar 8 menggambarkan bahwa pola curah hujan rerata daerah bulanan dengan data

debit AWLR mempunyai kemiripan, saat terjadi bulan basah maka debit memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada bulan kering.

Gambar 8. Hubungan Hujan Rerata Daerah Bulanan dengan Debit AWLR
Sumber: Hasil Analisa

Analisa Hubungan Indeks Kekeringan Meteorologi dengan Hidrologi

Pada Tabel 3 berikut ini menampilkan rekapitulasi nilai indeks kekeringan metode *Palmer* pada DAS Bedadung setiap bulan selama tahun 2004 – 2018. Untuk mendapatkan nilai indeks kekeringan pada DAS Bedadung tersebut maka dilakukan perhitungan analisa wilayah dengan

mengalikan nilai indeks kekeringan tiap stasiun penakar hujan selama tahun 2004 – 2018 dengan bobot luas wilayah sebaran poligon thiessen tiap stasiun penakar hujan.

Nilai Transformasi Box Cox terstandarisasi (Z) Debit AWLR dapat digunakan sebagai indeks kekeringan hidrologi (Loukas A. et al., 2007). Adapun nilai tersebut ditampilkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Indeks Kekeringan Metode *Palmer* pada DAS Bedadung

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2004	34,291	23,931	17,350	17,031	6,854	-2,822	-8,298	-13,601	-20,967	-30,864	-10,279	28,875
2005	4,021	9,817	19,571	16,544	-0,034	-6,991	-5,334	-9,780	-16,219	-11,648	6,988	30,252
2006	43,765	35,467	25,027	20,509	16,299	3,632	-10,975	-16,521	-22,846	-27,797	-12,798	11,928
2007	0,022	11,727	20,992	15,386	6,564	-2,833	-6,433	-11,635	-20,576	-17,435	6,209	26,819
2008	17,822	16,943	24,737	19,240	0,026	-7,410	-15,253	-16,943	-24,538	-13,265	19,286	26,537
2009	28,525	25,632	18,813	8,559	6,911	3,563	-7,055	-14,109	-16,507	-12,949	-2,263	8,060
2010	38,612	24,496	17,574	17,489	15,825	5,227	-2,146	-4,375	1,555	9,916	11,098	18,791
2011	21,738	21,728	25,330	23,446	9,562	-3,737	-12,494	-19,123	-23,672	-12,748	9,163	22,521
2012	27,959	25,524	19,733	11,975	2,733	-5,739	-9,845	-15,903	-26,458	-18,761	2,276	19,571
2013	34,212	27,243	16,909	12,430	10,545	8,426	1,950	-8,412	-18,012	-16,488	5,115	28,033
2014	31,656	24,013	10,645	9,742	7,107	-2,656	-8,184	-13,680	-21,003	-30,992	-10,481	28,992
2015	18,307	19,050	22,561	21,481	9,030	-2,295	-8,412	-16,400	-25,343	-36,826	-21,695	8,510
2016	12,372	19,984	18,283	7,594	7,525	6,817	2,827	-5,120	-3,142	6,877	18,462	23,077
2017	21,304	16,300	14,089	15,603	6,038	-1,767	-8,626	-22,199	-21,258	-2,242	17,453	24,261
2018	42,275	36,538	18,444	7,943	4,336	-4,534	-13,280	-24,673	-22,443	-32,672	-22,277	15,867

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4. Nilai Transformasi *Box Cox* Terstandarisasi (Z)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
2004	1,145	1,149	1,265	0,532	0,073	-0,374	-0,481	-1,168	-1,472	-1,525	-0,238	1,093
2005	0,781	1,267	0,963	0,748	-0,564	-0,229	-0,280	-1,457	-1,754	-0,565	-0,387	1,477
2006	1,384	1,201	1,026	0,900	0,689	-0,227	-0,626	-1,078	-1,314	-1,570	-0,660	0,275
2007	0,097	1,103	1,310	0,958	0,153	-0,053	-0,896	-1,111	-1,613	-1,456	0,422	1,086
2008	0,862	0,780	1,376	0,510	-0,057	-0,749	-1,269	-1,177	-1,739	-0,394	0,805	1,052
2009	1,429	1,418	0,847	0,687	0,630	0,135	-0,772	-1,352	-1,477	-1,306	-0,082	-0,157
2010	1,066	1,518	0,628	0,787	0,186	-1,014	-0,850	-1,943	-0,371	-1,040	0,174	0,858
2011	0,982	1,187	1,536	0,214	0,250	-0,698	-0,863	-1,276	-1,374	-1,108	0,065	1,085
2012	1,368	1,275	1,097	0,582	0,163	-0,354	-0,729	-1,184	-1,626	-1,177	-0,288	0,875
2013	1,437	1,118	0,820	0,676	0,087	0,296	-1,105	-1,144	-1,415	-1,376	-0,349	0,956
2014	1,210	1,047	0,709	0,899	0,105	-0,422	-0,628	-1,130	-1,430	-1,506	-0,233	1,379
2015	1,063	1,156	1,384	1,000	0,398	-0,117	-0,665	-0,971	-1,475	-1,495	-0,693	0,414
2016	-0,114	1,597	0,528	0,207	-0,093	-0,058	-1,689	-1,909	-0,543	-0,058	0,928	1,203
2017	1,195	0,598	0,728	0,781	-0,406	-0,308	-0,899	-1,580	-1,678	-0,530	0,730	1,370
2018	1,106	1,032	1,188	0,643	-0,010	-0,585	-0,841	-1,257	-1,654	-1,024	0,205	1,197

Sumber: Hasil Analisa

Gambar 9. Nilai R Hubungan Indeks Kekeringan Meterologi dengan Hidrologi
Sumber: Hasil Analisa

Gambar 9 memperlihatkan nilai hubungan antara indeks kekeringan meterologi (Tabel 3) dengan indeks kekeringan hidrologi (Tabel 4) yang memiliki nilai $R^2 = 0,82$ hal ini mengindikasikan bahwa kedua indeks kekeringan tersebut memiliki hubungan yang erat satu dengan yang lain. Selain analisa regresi, hubungan kedua indeks kekeringan dapat menggunakan analisa korelasi. Dari koefisien korelasi *Pearson*, diperoleh nilai $r = 0,91$. Nilai ini dapat diinterpretasikan bahwa tanda korelasi positif menyatakan indeks kekeringan meteorologi metode Palmer dan indeks kekeringan hidrologi (nilai Transformasi *Box Cox* terstandarisasi (Z) Debit AWLR) mempunyai hubungan yang searah. Kita bisa menarik kesimpulan bahwa indeks kekeringan meteorologi yang menunjukkan bulan kering, maka indeks kekeringan hidrologinya juga cenderung menunjukan bulan kering atau apabila indeks kekeringan meteorologi yang menunjukkan bulan basah, maka indeks kekeringan hidrologinya juga cenderung menunjukan bulan basah. Selain mempunyai hubungan yang searah, nilai korelasi tersebut menunjukan kedua indeks kekeringan mempunyai tingkat hubungan yang sangat kuat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengolahan, perhitungan dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Besaran indeks kekeringan rerata bulanan metode Palmer, yang menunjukan kategori bulan kering berkisar -1,82 (rerata bulan Juni) sampai dengan -14,14 (rerata bulan September). Indeks kekeringan rerata bulan dapat diketahui sebarannya. Adapun peta sebaran kekeringan rerata bulan dapat diketahui bahwa Kecamatan Panti, Patrang, Jelbuk dan Arjasa mempunyai durasi kekeringan selama 5 bulan pada bulan Juni sampai dengan bulan Oktober. Sedangkan wilayah kecamatan di wilayah studi yang lain mengalami kekeringan dengan durasi yang 4 bulan.
2. Dari gambar antara pola hujan dan debit terjadi kemiripan, pada bulan basah hujan dan debit memiliki nilai yang lebih besar dari pada bulan kering
3. Berdasarkan hasil estimasi koefisien korelasi *Pearson*, diperoleh nilai $r = 0,91$. Nilai ini dapat diinterpretasikan bahwa tanda korelasi positif menyatakan indeks kekeringan meteorologi metode Palmer dan indeks kekeringan hidrologi (nilai Transformasi *Box Cox* terstandarisasi (Z) Debit AWLR) mempunyai hubungan yang searah. Selain mempunyai hubungan yang searah, nilai korelasi tersebut menunjukan kedua indeks kekeringan mempunyai tingkat hubungan yang sangat kuat. Analisa hubungan regresi memperlihatkan nilai hubungan antara indeks kekeringan meteorologi dengan hidrologi yang memiliki nilai $R^2 = 0,82$ hal ini mengindikasikan

bahwa kedua indeks kekeringan tersebut memiliki hubungan yang erat satu dengan yang lain.

Untuk lebih meningkatkan keakuratan, dalam penelitian selanjutnya disarankan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi penelitian di lokasi DAS yang berbeda guna memberikan kesimpulan yang lebih nyata.
2. Untuk mendapatkan hasil yang akurat diperlukan wilayah studi yang lebih sempit dan data hujan historis yang digunakan lebih panjang sehingga didapatkan hasil analisa yang lebih akurat.
3. Dalam penelitian selanjutnya perlu dilakukan verifikasi hubungan debit AWLR dengan debit model.
4. Dalam penelitian selanjutnya perlu dicari tentang hubungan antara kekeringan meteorologi, hidrologi dengan kekeringan secara pertanian.
5. Bentuk perhatian secara nyata berupa arahan pengelolaan kawasan bencana kekeringan seperti dibangunnya embung-embung desa pada kawasan hulu DAS Bedadung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Bapak Prof. Dr. Ir. M. Bisri, MS. dan Dr. Ir. Ery Suhartanto, ST., MT., Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas masukan dan bimbingan selama penulis menyelesaikan Karya Tulis ini. Selain itu Penulis tak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam hal ini Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia dengan Kehendak Tuhan YME telah memberikan kesempatan kepada Penulis untuk mendapatkan Beasiswa Pendidikan

Kedinasan jenjang Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- K.V. Suryabhagavan. 2017. *GIS-based climate variability and drought characterization in Ethiopia over three decades*. Elsevier - Weather and Climate Extremes. Vol. 15, hal. 11 – 23.
- Kao, S. dan Govindaraju, R.S. 2010. *A Copula-Based Joint Deficit Index for Droughts*. Jurnal of Hydrology, Vol. 380, hal. 121-134.
- Loukas A., Vasiliades L. 2009. *Hydrological response to meteorological drought using Palmer drought indices in Theassaly, Greece*. Desalination 237, hal. 3-21
- Mishra, A.K. dan Singh, V.P. 2010. *A Review of Drought Concepts*. Journal of Hydrology. Vol. 391, hal. 202-216.
- National Drought Mitigation Center. 2006. *What is Drought, USA*. Entry from <http://drought.unl.edu/>
- Peraturan Daerah Kab. Jember No. 1 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Pemkab. Jember.
- Quiring, S.M., dan Papakryiakou, T.N. 2003. *An Evaluation of Agricultural Drought Indices for the Canadian Prairies*, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 118, hal 49-62.
- Zengchao Hao, Fanghua Hao, Vijay P. Singh, Youlong Xia, Wei Ouyang, dan Xinyi Shen. 2016. *A theoretical drought classification method for the multivariate drought index based on distribution properties of standardized drought indices*. Advances in Water Resources. Vol. 92, hal. 240-247.