

Analisis Kekeringan Menggunakan Metode Theory of Run (Studi Kasus DAS Ciujung)

Restu Wigati†, Sulastri Oktaviani

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon, Banten
Tel: (0254) 395502, Email: restu.wigati@untirta.ac.id

Soedarsono

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru 2, Kec. Serang, 42117, Banten
Tel: (0254) 217066

Abstract. Letak geografis diantara dua benua dan dua samudera serta terletak di sekitar garis khatulistiwa merupakan faktor klimatologis penyebab banjir dan kekeringan di Indonesia. Kekeringan merupakan parameter yang seharusnya dapat diukur seperti halnya banjir, terutama kekeringan meteorologi yang sepenuhnya berasal dari hujan. Studi ini bertujuan untuk melakukan analisis untuk mengetahui tingkat kekeringan, durasi kekeringan dan karakteristik kekeringan yang dapat terjadi di suatu daerah, sehingga bisa dijadikan sebagai peringatan awal adanya kekeringan yang lebih jauh. Data yang digunakan adalah data hujan bulanan selama 17 tahun di 6 stasiun hujan di DAS Ciujung, diantaranya stasiun Bojongmanik, Pamarayan, Pipitan, Cibeureum, Pasir Ona, dan Sampang Peundeuy. Metode yang di gunakan adalah *Theory of Run*, dengan perhitungan indeks kekeringan berupa durasi kekeringan terpanjang dan jumlah kekeringan terbesar dengan periode ulang tertentu di suatu wilayah. Hasil penelitian menunjukkan dari keenam stasiun hujan, Stasiun Bojongmanik memiliki durasi dan defisit hujan yang paling besar, yaitu pada kala ulang 20 tahun dengan defisit 1574 mm, sedangkan stasiun Cibeureum memiliki durasi dan defisit hujan yang paling kecil, yaitu pada kala ulang 20 tahun dengan defisit 468 mm. Dan dari hasil perhitungan klasifikasi tingkat kekeringan dapat disimpulkan bahwa DAS Ciujung memiliki kondisi normal basah.

Keywords: kekeringan, Sungai Ciujung, *Theory of Run*.

1. PENDAHULUAN

Letak geografis diantara dua benua dan dua samudera serta terletak di sekitar garis khatulistiwa merupakan faktor klimatologis penyebab banjir dan kekeringan di Indonesia. Posisi geografis ini menyebabkan Indonesia berada pada belahan bumi dengan iklim monsoon tropis yang sangat sensitif terhadap anomali iklim *El Nino Southern Oscillation* (ENSO). ENSO menyebabkan terjadinya kekeringan apabila kondisi suhu permukaan laut di Pasifik Equator bagian tengah hingga timur menghangat (El Nino). Faktor penyebab kekeringan adalah adanya penyimpangan iklim, adanya gangguan keseimbangan hidrologis dan kekeringan agronomis. (BMKG, 2011).

Kekeringan merupakan parameter yang seharusnya dapat diukur seperti halnya banjir, terutama kekeringan meteorologi yang sepenuhnya berasal dari

hujan. Kekeringan parah terakhir yang terjadi di DAS Ciujung dan DAS sekitarnya, yaitu DAS Cidanau dan DAS Cidurian adalah tahun 2012. Bencana kekeringan ini mengakibatkan keringnya saluran irigasi dan sangat kurangnya pasokan air baku untuk masyarakat sekitar.

Tujuan dari studi ini adalah melakukan analisis untuk mengetahui tingkat kekeringan meliputi durasi kekeringan (L_n), jumlah kekeringan (D_n) dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun dan 20 tahun sehingga dapat dijadikan sebagai peringatan awal adanya kekeringan yang lebih jauh. Kekeringan dapat diketahui atau dianalisis dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya *Percent of Normal*, *Desil*, *Standardized Precipitation Index* (SPI), *Palmer Drought Severity Index* (PDSI), dan *Theory of Run*.

Dengan menggunakan *Theory of Run* dapat dilakukan perhitungan indeks kekeringan berupa durasi kekeringan

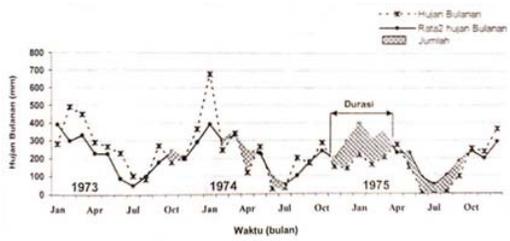
† :Corresponding Author

terpanjang dan jumlah kekeringan terbesar dengan periode ulang tertentu di suatu wilayah. Indeks kekeringan tersebut dapat digunakan untuk mengindikasikan tingkat keparahan kekeringan yang terkandung dalam seri data hujan. Tingkat keparahan kekeringan digambarkan oleh periode ulang. Indeks kekeringan perlu diketahui agar perencanaan waduk tidak mengalami *overdesign* (jika periode ulang kekeringan terlalu tinggi) atau sebaliknya.

2. LANDASAN TEORI

Prinsip perhitungan *Theory of Run* mengikuti proses peubah tanggal (univariate). Gambar 1 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 pemepatan, $Y(m)$, seri data terpotong di beberapa tempat, sehingga menimbulkan peubah baru. Pengertian baru yang timbul akibat perpotongan tersebut menghasilkan peubah seperti:

1. Bagian yang berada diatas garis normal (*run positive*), $D(t,m)$, disebut surplus.
2. Bagian yang berada dibawah garis normal (*run negative*) disebut defisit.
 - a. Jumlah bagian yang mengalami defisit berkesinambungan disebut jumlah kekeringan dengan satuan mm.
 - b. Durasi kekeringan dinyatakan dalam satuan bulan.



Gambar 1: Durasi dan Jumlah Defisit Pos Bojong (23) Pekalongan (Sumber: Yevjevich et al)

Setelah nilai pemepatan ditentukan, dari seri data hujan dapat dibentuk dua seri data baru yaitu durasi kekeringan, L_n , dan jumlah kekeringan, D_n , lihat gambar 1.

Jika $Y(m) < X(t,m)$, maka

$$D(t,m) = X(t,m) - Y(m) \quad (1)$$

$$D_n = \sum_{m=1}^n D(t,m) A(t,m) \quad (2)$$

$$L_n = \sum_{m=1}^n A(t,m) \quad (3)$$

Keterangan rumus:

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

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

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

M = bulan ke m ; t adalah tahun ke t

$Y(m)$ = pemepatan bulan m

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

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

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

3. METODE PENELITIAN

Langkah analisis kekeringan menggunakan *theory of run* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Parameter Statistik Curah Hujan, dengan menghitung nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien kepeccengan dari masing-masing bulan.
2. Menghitung nilai surplus dan defisit dengan mengurangkan data asli tiap-tiap bulan setiap tahunnya dengan rata-rata dari seluruh data pada bulan tersebut seperti pada persamaan (1) dan (2).
3. Melakukan perhitungan durasi kekeringan dengan menggunakan persamaan (3). Bila perhitungan yang dihasilkan adalah positif, diberi nilai nol (0) dan negative akan diberi nilai satu (1). Bila terjadi nilai negatif yang berurutan, maka jumlahkan nilai satu tersebut sampai di pisahkan kembali oleh nilai nol, untuk kemudian menghitung dari awal lagi. Langkah ini dilakukan dari data tahun pertama berurutan terus samapi data tahun terakhir.
4. Melakukan perhitungan jumlah kekeringan dengan persamaan (3). Proses ini hampir sama dengan cara menghitung nilai durasi kekeringan. Jika durasi kekeringan berurutan dan lebih dari satu maka pada bulan selanjutnya merupakan nilai kumulatifnya, demikian pula halnya dengan jumlah kekeringan. Jumlah defisitnya akan dikumulatitkan dengan acuan apakah nilainya surplus atau defisit. Jika bernilai positif maka diberi nilai nol (0), jika bernilai negatif maka di beri nilai sesuai dengan nilai tersebut. Ketika terjadi nilai negatif yang berurutan maka nilainya dikumulatitkan di bulan selanjutnya dan berhenti ketika bertemu nilai positif atau nol.
5. Klasifikasi tingkat kekeringan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekeringan yang terjadi di setiap stasiun hujan. Klasifikasi dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: kering, amat kering, amat sangat kering. Untuk klasifikasi kekeringan diperlukan juga menghitung jumlah curah hujan normal. Curah hujan normal adalah nilai rata-rata hujan suatu bulan di seluruh tahun pengamatan. Selain curah hujan normal dihitung juga jumlah curah hujan bulan-bulan kering, dilakukan dengan cara menjumlahkan curah hujan bulan-bulan yang berurutan. Jumlah curah hujan bulan-bulan kering dibandingkan dengan jumlah curah hujan normal, maka didapatkan klasifikasi tingkat kekeringan.

6. Setelah perhitungan dilakukan pada seluruh stasiun hujan, dilakukan rekapitulasi untuk nilai durasi kekeringan, jumlah kekeringan dan kriteria kekeringan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekeringan adalah kekurangan curah hujan dari biasanya atau kondisi normal yang terjadi berkepanjangan sampai mencapai satu musim atau lebih yang

mengakibatkan ketidakmampuan dalam memenuhi kebutuhan air yang dicanangkan. Perhitungan parameter statistik hujan bulanan pada 6 stasiun hujan meliputi nilai Mean, Standar Deviasi, Skewness, dan Kurtosis. Perhitungan nilai Mean, Standar Deviasi, Skewness, dan Kurtosis hujan bulan Januari di Stasiun Bojongmanik seperti dibawah ini dan ditabulasi pada Tabel 1.

Tabel 1: Hujan Bulanan Stasiun Bojongmanik (mm)

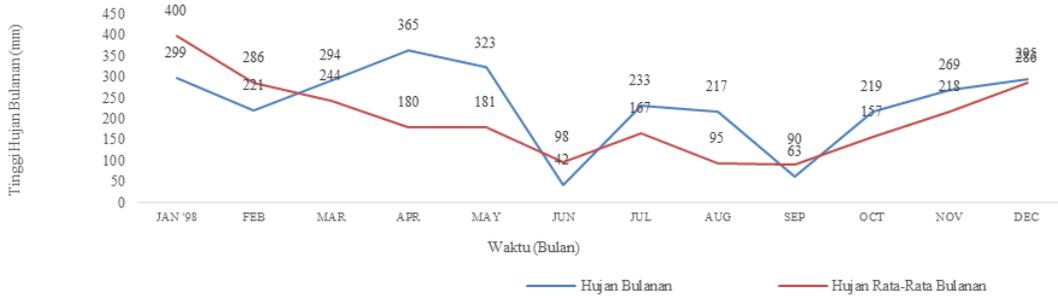
Thn Bln	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES	Total
1998	299	221	294	365	323	42	233	217	63	219	269	295	2840
1999	352	437	174	220	128	81	157	134	134	224	243	333	2617
2000	321	289	332	105	109	200	150	53	128	131	175	102	2095
2001	240	316	129	152	241	118	239	102	195	52	75	252	2111
2002	227	329	111	302	64	16	20	14	15	12	80	150	1340
2003	397	95	18	7	12	24	26	20	32	62	64	73	829
2004	353	402	736	277	146	89	550	296	130	237	167	421	3804
2005	190	101	123	136	136	117	224	23	219	120	251	271	1911
2006	411	224	443	227	239	59	18	7	7	94	105	158	1993
2007	476	135	371	206	309	312	313	55	19	174	247	597	3214
2008	504	651	348	109	51	30	18	180	73	371	322	260	2917
2009	493	188	73	48	199	49	46	33	53	115	660	182	2139
2010	303	241	143	43	274	58	181	118	192	215	120	460	2346
2011	328	294	458	278	308	123	245	16	48	314	177	300	2888
2012	664	240	91	118	16	106	22	9	52	153	375	185	2031
2013	829	422	121	303	221	139	317	176	101	58	226	505	3419
2014	418	283	182	170	302	94	72	162	75	122	146	328	2355
n	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	204
Mean	400	286	244	180	181	98	167	95	90	157	218	286	2403
St. Dev	161	138.29	185	103.5	106.8	72.98	145.9	87.252	66.063	96.349	144.2	144.57	1452
Skewness	1.322	1.0064	1.248	0.045	-0.22	1.712	1.054	0.8481	0.6691	0.6582	1.8776	0.5903	11
Kurtosis	2.124	1.7967	1.612	-0.92	-1.33	3.871	1.419	-0.119	-0.628	0.0835	4.8926	-0.138	13

Nilai *surplus* dan *defisit* diperoleh dengan mengurangkan data asli tiap-tiap bulanan setiap tahunnya dengan rata-rata dari seluruh data pada bulanan tersebut. Perhitungan nilai *surplus* dan *deficit* dari *Run* hujan bulanan stasiun Bojongmanik tahun 1998 seperti di bawah ini dan digambarkan pada Gambar 2. Gambar 2 merupakan grafik keadaan surplus dan defisit di stasiun Bojongmanik. Bila dikumulatifkan, ada 4 bulan yang tinggi hujannya di bawah rata-rata. Nilai inilah yang menjadi durasi kurangnya hujan selama 1 tahun pada tahun 1998 di stasiun

Bojongmanik. Bila perhitungan yang dihasilkan adalah positif, diberi nilai nol (0) dan negatif diberi nilai satu (1). Bila terjadi nilai negatif yang berurutan, maka jumlahkan nilai satu (1) tersebut sampai dipisahkan kembali oleh nilai nol (0), untuk kemudian menghitung dari awal lagi. Langkah ini dilakukan dari data tahun pertama berurutan sampai data tahun terakhir. Perhitungan nilai durasi kekeringan hujan bulanan pada stasiun Bojongmanik tahun 1998 seperti di bawah ini dan di tabulasikan pada Tabel 2.

- Bulan Januari. Karena nilai *Run* adalah -101 yang berarti *defisit* maka diberi nilai 1
- Bulan Februari. Karena nilai *Run* adalah -65 yang berarti *defisit* dan berurutan dengan bulan Januari, maka diberi nilai 2

- Bulan Maret. Karena nilai *Run* adalah 50 yang berarti *surplus* maka diberi nilai 0



Gambar 2: Hujan Bulanan dan Hujan Rata-Rata Bulanan di Stasiun Bojonganmanik

Tabel 2: Durasi Kekeringan Terpanjang di Semua Stasiun Hujan (bulan)

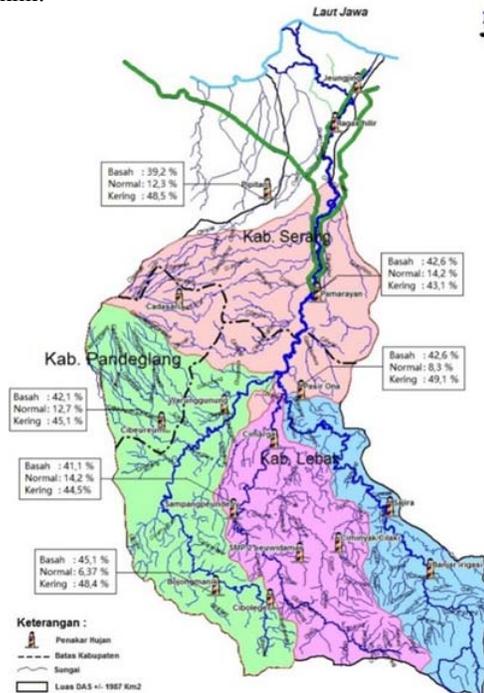
Stasiun	Max	T.2 th	T.5 th	T.10 th	T.15 th	T.20 th
BM	6	8	9	13	12	21
P	4	5	6	7	5	8
PI	4	6	7	7	7	8
C	4	4	5	6	5	7
PO	5	6	8	11	7	11
SP	4	5	6	7	6	7

Pada periode ulang 10 tahun dan 15 tahun didapatkan hasil periode ulang 10 tahun lebih besar dari periode ulang 15 tahun. Pada umumnya periode ulang yang lebih besar menghasilkan nilai yang lebih besar juga. Untuk kasus ini dikarenakan panjang data yang dimiliki 17 tahun sehingga data yang di rata-ratakan untuk mengetahui periode ulangnya kurang dan menghasilkan data yang ditabulasikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Rekap Jumlah Kekeringan Kala Ulang 2 Tahun (mm)

Kala Ulang	Stasiun					
	BM	P	PI	C	PO	SP
2th	515	287	280	299	543	379
5th	761	362	298	355	654	407
10th	1000	449	348	392	776	587
15th	848	371	323	392	582	373
20th	1574	551	477	468	803	599

Menghitung jumlah defisit atau jumlah kekeringan hampir sama dengan cara menghitung nilai durasi kekeringan. Jika durasi kekeringan berurutan dan lebih dari satu maka pada bulan selanjutnya merupakan nilai kumulatifnya, demikian pula halnya dengan jumlah kekeringan. Jumlah defisitnya yang akan dikumulatifkan. Langkah ini dilakukan dari data hujan pertahun, bukan berurutan terus dari data tahun pertama sampai data tahun terakhir.



Gambar 3: Pemetaan Hasil Rekapitulasi Klasifikasi Persentasi Tingkat Kekeringan DAS Ciujung

Setelah dihitung nilai kekeringan kumulatif maka didapatkan kekeringan kumulatif terbesar disetiap tahunnya dimana nilai kekeringan kumulatif tersebut digunakan untuk perhitungan nilai maksimum kekeringan selama kurun waktu T. Nilai maksimum jumlah kekeringan selama kurun waktu T (2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, dan 20 tahun) dihitung berdasarkan periode waktu (bulanan) untuk masing-masing tahun kemudian dirata-ratakan, dan menghasilkan jumlah kekeringan untuk tiap periode tersebut. Hasilnya ditabulasikan pada Tabel 3.

Untuk mengklasifikasi tingkat kekeringan yang terjadi di setiap stasiun dihitung dari jumlah curah hujan bulanan dibandingkan dengan jumlah curah hujan normal. Curah hujan normal adalah nilai rata-rata hujan suatu bulan diseluruh tahun pengamatan.

Tabel 4: Rekapitulasi Klasifikasi Persentasi Tingkat Kekeringan DAS Ciujung (%)

Stasiun	B	N	K	SK	ASK
BM	45.1	6.37	12.7	12.7	23.0
P	42.6	14.2	11.8	13.7	17.6
PI	39.2	12.3	16.7	12.7	19.1
C	42.1	12.7	11.3	15.2	18.6
PO	42.6	8.3	16.7	15.2	17.2
SP	41.1	14.2	12.2	14.7	17.6

Terdapat beberapa faktor penyebab kekeringan dan banjir dan cara mencegahnya. Upaya mencegah banjir harus sekaligus terkait dengan upaya mencegah kekeringan. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Iklim Ekstrem
Cara mengatasi faktor iklim ekstrem ini mesti dilakukan secara global bersama negara-negara lain.
2. Daya Dukung DAS
Daya dukung DAS untuk menanggulangi kekeringan sekaligus banjir hanya dapat ditingkatkan dengan partisipasi masyarakat melalui program penyelamatan DAS yang menyeluruh.
3. Pola Pembangunan Sungai
Kekeringan dan banjir dapat disebabkan oleh pola pembangunan sungai dengan normalisasi, penelusuran, sudetan, pembuatan tanggul sisi, pembetonan dinding tebing, dan pengerasan tabing dan dasar sungai. Inti pola ini mengusahakan air banjir secepat-cepatnya di alirkan ke hilir. Pola pembangunan sungai ini pun belum memperhatikan peningkatan tendensi kekeringan yang terjadi pada musim kemarau. Jika ditinjau dari kacamata ekologi dan hidraulik, pola pembangunan sungai ini sungguh amat merusak. Disamping akan merusak ekosistem sepanjang sungai, pola ini juga merusak equilibrium hidraulika sungai sehingga bisa mengakibatkan banjir pada musim hujan

dan kekeringan serta penurunan muka air tanah pada musim kemarau (Patt at al.,1999; Maryono, 1999; dan Hütte, 2000). Perlu kiranya masyarakat dan pemerintah untuk mulai mengubah pola pikir ini.

4. Kesalahan Perencanaan dan Implementasi Pengembangan Kawasan.
Penyebaran permukiman di sebagian besar kota-kota di Indonesia dan daerah peri-perinya mengikuti penyebaran merata pola horizontal (lihat Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Medan, Samarinda, dan Pontianak) sehingga dalam kurun waktu kurang dari sepuluh tahun, seluruh DAS telah berubah menjadi hunian yang tersebar merata. Akibatnya sangat buruk karena ketika luas hunian mencapai sepertiga luas DAS, seluruh DAS pada dasarnya sudah rusak. Untuk itu, wacana pola ini perlu sesegera mungkin dibuka ke masyarakat guna mendapatkan respon aktif.
5. Kesalahana Konep Drainase
Kesalahan ini perlu diatasi dengan mengubah paradigma konsep drainase menuju konsep drainase ramah lingkungan, yaitu upaya mengalirkan kelebihan air di suatu kawasan dengan jalan meresapkan air ini atau mengalirkannya secara alamiah dan bertahap kesungai. Khusus untuk daerah perkotaan, konsep drainase pengatusan ini seyogianya diganti dengan konsep peresapan dengan tetap memperhatikan layanan sanitasi daerah perkotaan (Suntojo, 1991).
6. Faktor Sosio-Hidraulik
Sosio-hidraulik diartikan sebagai pemahaman sosial tentang masalah yang berkaitan dengan keairan dan konservasinya. Selama masyarakat di kota maupun di desa belum paham tentang keterkaitan antara daerah hulu dan hilir, banjir dan kekeringan, sampah-pendangkalan dan banjir, pengambilan air tanah besar-besaran dan kekeringan serta intrusi air laut, penebangan pohon/hutan dan banjir serta kekeringan, ekosistem sungai dan kekeringan serta banjir, serta bagaimana dan dengan cara apa seharusnya mereka berbuat, pemahaman terhadap faktor sosio-hidraulik belum dicapai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis dan perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari 10 stasiun hujan yang ada di DAS Ciujung, diperoleh 6 stasiun hujan yang memiliki data yang layak untuk digunakan dalam analisis kekeringan dengan menggunakan metode Theory of Run. Diantaranya adalah stasiun Bojongmanik, Pamarayan, Pipitan, Cibeureum, Pasir Ona, dan Sampang Peundeuy.
2. Dari keenam stasiun hujan, Stasiun Bojongmanik

memiliki durasi dan defisit hujan yang paling besar, yaitu pada kala ulang 20 tahun dengan defisit 1574 mm, sedangkan stasiun Cibeureum memiliki durasi dan defisit hujan yang paling kecil, yaitu pada kala ulang 20 tahun dengan defisit 468 mm.

3. Dari hasil perhitungan klasifikasi tingkat kekeringan dapat disimpulkan bahwa DAS Ciujung memiliki kondisi normal basah.

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk melakukan analisis kekeringan sebaiknya menggunakan data dengan tahun pengamatan yang panjang dan lengkap, agar hasil yang didapatnya lebih akurat dan dapat menganalisis dengan kala ulang yang lebih besar.
2. Untuk menguji kepenggunaan data dapat menggunakan metode lain, misalnya Metode Outlier, Metode Run Test, Metode Helmert, dan lain sebagainya.
3. Ada beberapa cara untuk menanggulangi bencana kekeringan, diantaranya: a). Pencanaan Go Green, yang dapat dilakukan dengan penanaman pohon kembali, menjaga keseimbangan lingkungan, menggunakan barang-barang yang ramah lingkungan dan Stop illegal logging untuk mengatasi iklim ekstrem yang sangat memengaruhi bencana alam yang salah satunya adalah kekeringan. b). Meningkatkan daya dukung Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan tidak merubah tata guna lahan tangkapan hujan dengan koefisien aliran permukaan (run off) rendah. Membuat reservoir alamiah dan resapan air hujan alamiah untuk memperbesar infiltrasi. c). Restorasi atau normalisasi sungai ke keadaan yang alami. d). Memperhatikan perencanaan dan pengembangan kawasan di Daerah Aliran Sungai (DAS). Luas hunian tidak boleh mencapai sepertiga luas DAS. e). Tidak menggunakan konsep drainase konvensional yang mengataskan air secepat-cepatnya ke sungai, tetapi mengupayakan mengalirkan kelebihan air di suatu kawasan dengan jalan meresapkan air atau mengalirkannya secara alamiah dan bertahap ke sungai. f). Membuat kolam retensi (tempat parkir air) dan kolam detensi di sungai Ciujung.

REFERENCES

- Badan Litbang Pertanian, BMKG. (2011), *Penyuluh Pertanian dalam rangka Peningkatan Kesadaran Petani Terhadap Isu-isu Perubahan iklim serta Mitigasi dan Adaptasinya*, Jakarta: BMKG.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2004), *Pengisian Kekosongan Data Hujan Dengan Metode Korelasi*

Distandardisasi Nonlinier Bertingkat, Bandung: Departemen PU.

Departemen Pekerjaan Umum. (2014), *Analisa Kekeringan*, Bandung: Departemen PU.

Departemen Pekerjaan Umum. (2004), *Perhitungan Indeks Kekeringan Menggunakan Teori Run*, Bandung: Departemen PU.

Ersyidarfia, Novreta., Fauzi, Manyuk., Sujatmoko, Bambang. (2014), *Perhitungan Indeks Kekeringan Menggunakan Teori Run Pada DAS Indragiri*, Riau: UNRI

<http://www.mongabay.co.id/tag/kekeringan/>

<http://lbprastdp.staff.ipb.ac.id/files/2011/12/DAS>

[Ciujung.pdf](#)

Kristyanti Adidarma, Wanny. (2014), *Analisa Kekeringan*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.

Maryono, A. (2005), *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Maryono, A. (2008), *Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Nendi. (24 Juni 2015). Personal interview.

Pratama, Adyansah. (2014), *Analisa Kekeringan Menggunakan Metode Theory of Run pada Sub DAS Ngrowo*, Malang: UB.

Retno Santoso, Basillius. (2011), *Penerapan Teori Run Untuk Menentukan Indeks Kekeringan di Kecamatan Entikong*, Pontianak: Universitas Tanjung Pura.

Stasiun Klimatologi Pondok Betung. (2014), *Buku Informasi Peta Kekeringan Dengan Metode SPI*, Jakarta: BMKG.

Usman, Husaini., Akbar, Purnomo Setiady. (2006), *Pengantar Statistika*, Jakarta: Bumi Aksara 113–121.