

ANALISIS INDEKS KEKERINGAN DI DAS ROKAN PROVINSI RIAU MENGGUNAKAN DATA CFSR

Novreta Ersyi Darfia¹⁾ M. Syahril Badri Kusuma²⁾ Arno Adi Kuntoro³⁾

¹⁾ Teknik Sipil Universitas Abdurrab
Jl. Riau Ujung No. 73, Pekanbaru Indonesia

Email : novreta@univrab.ac.id

²⁾ Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung Indonesia

³⁾ Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung Indonesia

ABSTRACT

One of important component of the national drought strategy is a comprehensive drought monitoring system that can provide a warning at the early and the end stage of the drought, determine the severity level, and disseminate the drought information to various sectors. Due to the drought issues, this research is aimed to analyze the drought index on the Rokan Watershed, Riau Province. Drought index were analyzed using two methods, i.e. KBDI (Keetch-Byram Drought Index) and SPI (Standardized Precipitation Index). Due to the limited data from existing observation stations on the Rokan watershed, this research was using the data from the Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) of the The National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The CFSR rainfall data were corrected before the data were used. KBDI and SPI methods were used to analyze the spatial and temporal drought that occurred on the Rokan watershed. The relationship between distributions of the drought and hotspot was shown better relationship by the KBDI method compared with SPI method.

Keywords: Rokan watershed, rainfall data correction, drought index, CSFR

ABSTRAK

Salah satu komponen penting dari strategi kekeringan nasional adalah sistem pemantauan kekeringan secara komprehensif yang dapat memberi peringatan pada awal dan berakhirnya kekeringan, menentukan tingkat keparahan, dan menyebarkan informasi pada berbagai sektor. Dilatarbelakangi oleh hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan analisis indeks kekeringan pada DAS Rokan Provinsi Riau. Indeks kekeringan dianalisis dengan menggunakan dua metode yaitu KBDI (*Keetch-Byram Drought Index*) dan SPI (*Standardized Precipitation Index*). Karena keterbatasan data dari stasiun observasi yang ada pada DAS Rokan, maka pada penelitian ini digunakan data dari *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) dari *The National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Data hujan CFSR tersebut dikoreksi terlebih dahulu sebelum digunakan. Metode KBDI dan SPI dapat digunakan untuk menganalisis secara spasial dan temporal kekeringan yang terjadi pada DAS Rokan. Hubungan antara sebaran kekeringan dan sebaran hotspot diperlihatkan dengan lebih baik melalui metode KBDI dibandingkan dengan metode SPI.

Kata kunci : DAS Rokan, koreksi data hujan, indeks kekeringan, CSFR

1. Pendahuluan

Kekeringan merupakan fenomena yang sering terjadi dan menimbulkan bencana di berbagai daerah di Indonesia. Kekeringan berhubungan dengan keseimbangan antara kebutuhan dan pasokan air untuk berbagai keperluan. Dampak kekeringan terjadi pada berbagai sektor terutama pertanian, perkebunan, kehutanan, sumberdaya air, dan lingkungan.

Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* [1] menyatakan bahwa dunia semakin rawan terhadap kekeringan dalam 25 tahun terakhir, dan proyeksi iklim menunjukkan bahwa hal ini akan semakin parah pada masa mendatang. Hal ini akan memberikan dampak yang besar terutama untuk negara berkembang. Salah satu komponen penting dari strategi kekeringan nasional adalah sistem pemantauan kekeringan secara komprehensif yang dapat memberi peringatan pada awal dan berakhirnya kekeringan, menentukan tingkat keparahan, dan menyebarkan informasi pada berbagai sektor.

Tingkat kekeringan suatu daerah dapat diketahui dengan menghitung indeks kekeringannya. Indeks kekeringan merupakan suatu perangkat utama untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan karena indeks kekeringan dapat menyederhanakan keterkaitan kompleks antara parameter iklim dan parameter lainnya. Indeks membuat informasi tentang anomali iklim lebih mudah untuk disampaikan kepada khalayak pengguna yang beragam dan memungkinkan para ilmuwan untuk menilai secara kuantitatif anomali iklim dalam hal intensitas, durasi, tingkat spasial, dan frekuensi [2].

Dampak kekeringan, selain berkurangnya ketersediaan dan pasokan air, juga penurunan produksi pangan, dan kebakaran lahan/hutan. Kekeringan memberikan peluang terhadap terjadinya kebakaran hutan yang cukup serius di berbagai kawasan hutan di Indonesia. Walaupun kebakaran hutan dan lahan lebih banyak disebabkan

oleh kegiatan manusia, tetapi berdasarkan pengalaman, kebakaran menjadi lebih buruk ketika terjadi kemarau panjang atau saat El-Nino muncul.

Provinsi Riau merupakan salah satu provinsi yang rawan kebakaran di Indonesia yang mengalami kejadian kebakaran hutan dan lahan setiap tahunnya. Kerusakan hutan di Riau merupakan yang paling menjadi sorotan di Indonesia bahkan dunia. Berdasarkan deteksi Satelit NOAA 18 Tahun 2013, terlihat bahwa Provinsi Riau memiliki titik *hotspot* yang lebih besar dibandingkan provinsi lain di Indonesia. Setiap tahunnya Riau menghasilkan kabut yang disebabkan kebakaran hutan dan lahan.

Beberapa studi terdahulu terkait dengan studi kali ini telah dilakukan antara lain oleh Anzar [2] dan Levina [3]. Hasil dari penelitian Anzar [2] antara lain analisis spasial indeks kekeringan SPI-1, SPI-3, dan PDSI untuk wilayah Citarum dapat menggambarkan tingkat kekeringan dan sebaran dari kekeringan yang terjadi di setiap daerah dan dapat merepresentasikan luasan kekeringan untuk masing-masing wilayah. PDSI memberikan hasil yang lebih baik untuk mengevaluasi kekeringan yang terjadi jika dibandingkan dengan indeks SPI, berdasarkan hasil komparasi debit. Sementara hasil penelitian Levina [3] menunjukkan bahwa dengan mengoreksi nilai SPI maka rata-rata selisih nilai SPI, RMSE, dan koefisien korelasi jauh lebih baik dibandingkan sebelum dikoreksi dan data satelit TRMM dapat digunakan dalam analisa kekeringan dengan dilakukan koreksi terhadap indeks kekeringannya langsung.

Penelitian ini melakukan analisis spasial dan temporal indeks kekeringan DAS Rokan yang berada di Provinsi Riau untuk mengetahui wilayah-wilayah mana saja yang terjadi kekeringan. Dengan pembangunan model spasial diharapkan mampu menggambarkan sebaran kekeringan serta tingkat kerawanan maupun resiko terjadinya kebakaran hutan dan lahan sehingga informasi tersebut dapat menjadi masukan bagi pengambilan kebijakan dalam upaya menyusun rencana pencegahan kebakaran hutan dan lahan dari sudut pandang spasial baik di tingkat provinsi, kabupaten, kecamatan, hingga desa.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Definisi Kekeringan

Kekeringan adalah kekurangan curah hujan dari biasanya atau kondisi normal bila terjadi berkepanjangan sampai mencapai satu musim atau lebih panjang akan mengakibatkan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan air yang dicanangkan. Hal ini akan menimbulkan dampak terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan alam. Setiap kekeringan berbeda dalam intensitas, lama, dan sebaran ruangnya.

2.2 Indeks Kekeringan

Indeks kekeringan merupakan suatu perangkat utama untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan. Kekeringan memiliki karakter multi-disiplin yang membuat tidak adanya sebuah definisi yang dapat diterima oleh semua pihak di dunia. Demikian pula tidak ada sebuah indeks kekeringan yang berlaku universal [4].

Perlunya mengembangkan indeks kekeringan adalah:

- secara ilmiah diperlukan indikator untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan
- perkembangan teknologi pengambilan data dan metodologi analisis juga memberikan arah baru pengembangan indeks
- kebutuhan para pemangku kepentingan untuk pelaksanaan alokasi air di lapangan

2.3 Keetch-Byram Drought Index (KBDI)

Indeks kekeringan adalah jumlah yang mewakili pengaruh bersih (net) evapotranspirasi dan presipitasi dalam menghasilkan defisiensi kelembaban kumulatif pada serasah tebal atau lapisan tanah bagian atas. Indeks kekeringan merupakan jumlah yang berkaitan dengan daya nyala (*flammability*) bahan-bahan organik pada tanah [5].

$$\text{KBDI hari ini} = (\Sigma \text{KBDI kemarin} - (10 \cdot \text{CH}) + \text{DF hari ini}) \quad (1)$$

Dimana:

CH = Curah Hujan Bersih

DF = Faktor kekeringan yang telah dimodifikasi dan dapat digunakan untuk perkiraan bahaya kebakaran adalah, dengan formulasi sebagai berikut:

$$\text{DF} = \frac{(2000 - Y_{\text{KBDI}}) \times (0.9676 \times \text{EXP}(0.0875 \times T_{\text{max}} + 1.552) - 8.229) \times 0.001}{(1 + 10.88 \times \text{EXP}(-0.00175 \times \text{Annual}))} \quad (2)$$

Dimana:

Y_{KBDI} = Indeks kekeringan kemarin

T_{max} = Suhu maksimum ($^{\circ}\text{C}$)

Annual = Rata-rata curah hujan tahunan (mm)

Tabel 1. Klasifikasi skala nilai KBDI [4]

| Nilai KBDI | Kategori |
|-------------|----------|
| 0 - 999 | Rendah |
| 1000 - 1499 | Sedang |
| 1500 - 1749 | Tinggi |
| 1750 - 2000 | Ekstrim |

2.4 Standardized Precipitation Index (SPI)

Standardized Precipitation Index (SPI) merupakan indeks kekeringan yang banyak digunakan untuk mengkarakterisasi kekeringan meteorologis, yang dikembangkan oleh McKee et al [6]. Metode ini merupakan metode yang mengukur kekurangan/defisit curah hujan pada berbagai skala waktu berdasarkan kondisi normalnya. Pada rentang waktu yang singkat, SPI berkaitan erat dengan kelembaban tanah, sementara pada rentang waktu yang lebih panjang, SPI dapat dihubungkan dengan air tanah dan waduk. SPI dapat diterapkan di berbagai daerah dengan iklim yang sangat berbeda. Indeks ini mengkuantifikasi curah hujan sebagai data awal.

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - X_{(rt)j}}{\sigma_j} \quad (3)$$

Dimana:

- Z_{ij} = nilai SPI tahun ke i bulan ke j
- x_{ij} = hujan bulanan tahun ke i bulan ke j
- $X_{(rt)j}$ = hujan rata-rata bulan j
- σ_j = simpangan baku bulan j

Tabel 2. Klasifikasi skala nilai SPI [6]

| Nilai SPI | Kategori |
|---------------|----------------|
| ≥ 2.00 | Ekstrim Basah |
| 1.50 - 1.99 | Sangat Basah |
| 1.00 - 1.49 | Basah |
| -0.99 - 0.99 | Normal |
| -1.00 - -1.49 | Kering |
| -1.5 - -1.99 | Sangat Kering |
| ≤ -2.00 | Ekstrim Kering |

2.5 Data Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)

Data curah hujan merupakan salah satu data masukan dalam analisis sumberdaya air. Penyediaan data curah hujan dan data cuaca biasanya disediakan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang diperoleh dari titik pengamatan secara langsung, atau dengan mendirikan stasiun cuaca sendiri. Namun, jika dua data tersebut tidak tersedia maka perlu dicari data alternatif yang mampu menggantikannya.

Data satelit lain yang bisa dimanfaatkan adalah data dari *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) dari *The National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Data yang tersedia disini mulai dari tahun 1979 hingga sekarang yang berarti 38 tahun. Data CFSR dirancang dan dilaksanakan sebagai data global, beresolusi tinggi, menggabungkan sistem atmosfer-samudra-darat dan permukaan laut untuk mendapatkan perkiraan terbaik dari keadaan sebenarnya selama ini.

Analisis awal dari output CFSR menunjukkan bahwa produk ini jauh lebih unggul dalam banyak hal dibandingkan dengan produk lain dari pertengahan 1990-an. Produk NCEP sebelumnya telah menjadi salah satu produk NCEP yang paling banyak digunakan di dalam sejarah. Ada banyak alasan untuk percaya bahwa CFSR akan menggantikan produk-produk yang lebih tua baik dalam lingkup dan kualitas, karena memiliki resolusi waktu dan resolusi ruang yang lebih tinggi, meliputi atmosfer, samudra, laut, dan permukaan, dan dieksekusi dalam mode penggabungan dengan asimilasi sistem yang lebih modern dan model prakiraan.

2.6 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis atau *geographic information system* (GIS) adalah suatu kumpulan terorganisasi yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan personil yang didesain untuk memperoleh, menyimpan, memperbaiki, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografis [7]. Lebih lanjut Arronof [8] juga mengatakan GIS sebagai sebuah sistem komputerisasi yang memfasilitasi fase entri data, analisis data, dan presentasi data yang terutama berkenaan dengan data yang memiliki georeferensi.

Sejarah penggunaan komputer untuk pemetaan dan analisis spasial menunjukkan adanya perkembangan bersifat paralel dalam pengambilan data secara otomatis, analisis data, dan presentasi pada bagian bidang terkait seperti pemetaan kadastral dan topografi, kartografi tematik, teknik sipil, geografi, studi matematika dan variasi spasial, ilmu tanah, survei dan fotogrametri, perencanaan pedesaan dan perkotaan, *utility network*, dan penginderaan jauh serta analisis citra [9].

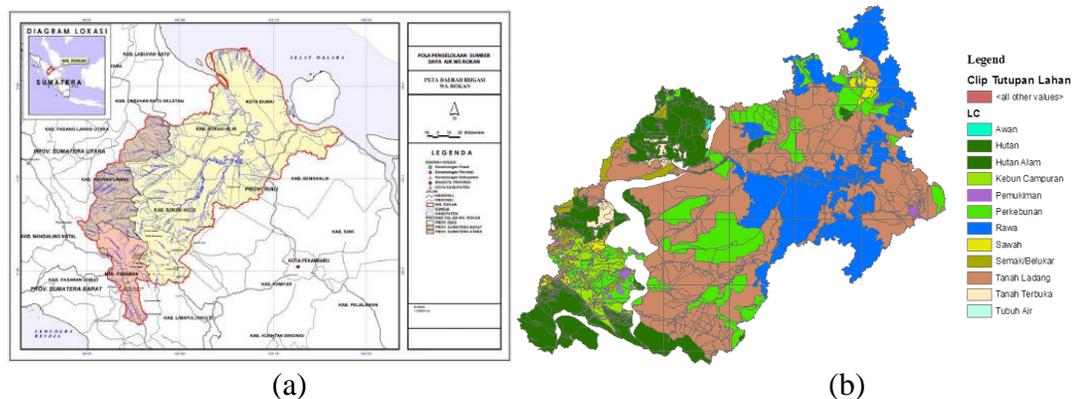
3. Metodologi Penelitian

Terdapat dua analisis utama yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu analisis koreksi data hujan yang didapat dari *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) dari *The National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), dan analisis indeks kekeringan secara spasial dan temporal. Data hujan yang didapat dari CFSR dianalisa dan dikoreksi untuk mengupayakan agar nilainya sama atau mendekati nilai hujan dari stasiun observasi. Hasil perhitungan analisis ini akan menjadi data yang digunakan pada analisis indeks kekeringan. Hasil perhitungan dan penggambaran pada analisis indeks kekeringan spasial temporal akan digambarkan untuk dapat melihat sebaran kekeringan yang ada di DAS Rokan.

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan antara lain:

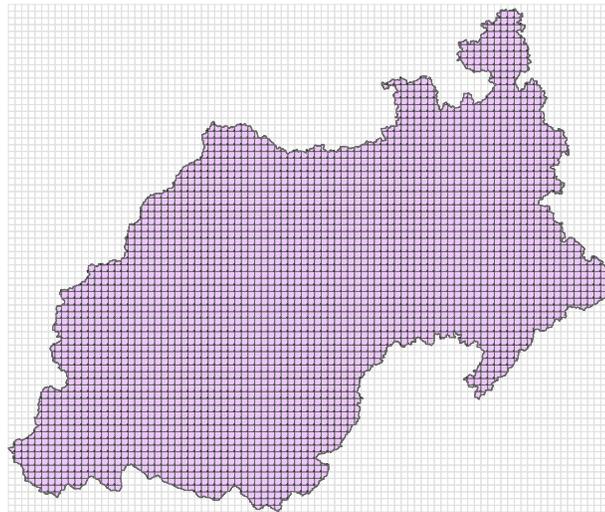
- Data koordinat stasiun hujan dan klimatologi.
- Data tutupan lahan.
- Data curah hujan dan klimatologi stasiun observasi.
- Data curah hujan dan klimatologi stasiun CFSR.



Gambar 1. (a) Lokasi penelitian; dan (b) Tutupan lahan

3.2 Analisis Spasial Data

Untuk mempermudah penyajian peta distribusi, lokasi daerah penelitian dibagi menjadi grid-grid yang berbentuk kotak. Grid yang digunakan berukuran 2 km x 2 km. Total jumlah grid pada lokasi penelitian adalah 3617 grid. Metode interpolasi yang digunakan adalah metode kriging. Grid pada lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grid pada lokasi penelitian

3.3 Analisis Faktor Koreksi Data Hujan CFSR

3.3.1. Koreksi Data dengan Metode Persamaan Linear

$$Y = Ax + B \quad (4)$$

Dimana:

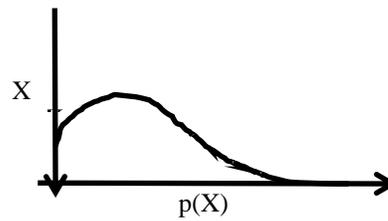
Y = rasio curah hujan koreksi

A dan B = faktor koreksi

X = rasio curah hujan yang akan dikoreksi

3.3.2. Koreksi Data dengan Metode *Probability Density Function* (PDF)

Faktor koreksi ini merupakan suatu metode yang memaksa distribusi probabilitas dari data historis simulasi untuk cocok terhadap distribusi observasinya. Skema koreksi menghasilkan perbaikan/koreksi pada semua titik data, khususnya pada nilai-nilai ekstrim.



Gambar 3. Grafik PDF

3.3.3. Koreksi Data dengan Metode *Distribution Transformation*

Faktor koreksi untuk nilai rata-rata dan standar deviasi ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\mu_f = \frac{\mu_{OBS}}{\mu_{SRE}} \quad (5)$$

$$\tau_f = \frac{\tau_{OBS}}{\tau_{SRE}} \quad (6)$$

$$SRE_c = (SRE_o - \mu_{SRE}) \cdot \tau_f + \mu_{SRE} \cdot \mu_f \quad (7)$$

Dimana:

- μ_f = faktor koreksi untuk nilai rata-rata
- μ_{OBS} = nilai rata-rata OBS dari stasiun observasi
- μ_{SRE} = nilai rata-rata SRE dari stasiun SRE
- τ_f = faktor koreksi untuk nilai standar deviasi
- τ_{OBS} = nilai standar deviasi OBS dari stasiun observasi
- τ_{SRE} = nilai standar deviasi SRE dari stasiun SRE
- SRE_c = SRE terkoreksi
- SRE_o = SRE yang akan dikoreksi

3.4 Analisis Indeks Kekeringan

3.4.1. Keetch Byram Drought Index (KBDI)

Untuk menghitung KBDI diperlukan beberapa data yaitu:

- a. Data curah hujan rata-rata tahunan
- b. Curah hujan harian
- c. Temperatur harian maksimum

Persamaan yang digunakan dalam KBDI ini adalah Persamaan (1) dan Persamaan (2).

3.4.2. Standardized Precipitation Index (SPI)

Metode ini merupakan model untuk mengukur kekurangan/defisit curah hujan pada berbagai periode berdasarkan kondisi normalnya. Perhitungan nilai SPI berdasarkan jumlah sebaran gamma yang didefinisikan sebagai fungsi frekuensi atau peluang kejadian seperti terlihat pada Persamaan (3).

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

4.1 Kondisi Curah Hujan dan Suhu di Lokasi Penelitian

Data yang diperlukan dalam menganalisa indeks kekeringan adalah data seri dengan panjang data yang cukup panjang, yaitu 30 tahun. Ketersediaan data hujan di stasiun yang ada di DAS Rokan tidak memenuhi kriteria tersebut. Dari 14 stasiun hujan yang ada, hanya 9 stasiun hujan yang memiliki panjang data 30 tahun (1983-2012). Data tersebut juga tidak cukup baik karena terdapat kekosongan data/data tidak tercatat, ada data yang keliru pencatatannya (data yang berulang/sama persis pada tahun yang berbeda), serta ada pencatatan hujan pada waktu-waktu yang seharusnya tidak ada pencatatan.

Analisis indeks kekeringan KBDI (*Keetch Byram Drought Index*), selain memerlukan data hujan juga memerlukan data suhu. Ketersediaan data klimatologi pada stasiun di DAS Rokan juga tidak memenuhi kriteria yang disarankan yaitu 30 tahun. Panjang data yang ada hanya 15 tahun (1998-2012).

Dengan demikian diperlukan suatu solusi alternatif untuk mengatasi keterbatasan data tersebut yaitu dengan memanfaatkan data dari sumber lain, salah satunya data dari *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) dari *The National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). Data yang tersedia cukup lengkap dengan panjang data yang cukup panjang (lebih dari 30 tahun), yaitu dari tahun 1979 hingga sekarang. Agar data dari CFSR dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut, maka data CFSR ini perlu dikoreksi terlebih dahulu. Langkah ini dilakukan untuk mengupayakan agar nilai data CFSR mendekati nilai data dari stasiun observasi. Dengan demikian diharapkan agar hasil dari penggunaan data CFSR dapat merepresentasikan kejadian yang sebenarnya di lokasi penelitian.

Setelah dilakukan analisis untuk mengoreksi data CFSR dengan metode pendekatan yang berbeda, didapatkan bahwa ketiga metode yang digunakan, menghasilkan nilai hasil koreksi yang mendekati nilai dari stasiun observasi, akan tetapi ada juga nilai yang semakin menjauh. Hal ini disebabkan karena variabilitas curah hujan yang sangat besar sehingga sulit untuk melakukan koreksi, terutama untuk curah hujan harian. Faktor koreksi yang bisa diaplikasikan pada satu stasiun, belum tentu cocok untuk diaplikasikan pada stasiun lain. Oleh karena alasan inilah maka data dari CFSR digunakan langsung dalam analisis indeks kekeringan

4.2 Indeks Kekeringan

4.2.1. *Keetch Byram Drought Index* (KBDI)

Tabel 3. KBDI bulanan Stasiun 30

| Tahun / Bulan | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | Nopember | Desember |
|---------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1983 | | | 109.88 | 290.82 | 369.90 | 604.38 | 781.11 | 370.25 | 187.31 | 619.74 | 479.27 | 132.67 |
| 1984 | 196.35 | 168.20 | 207.01 | 176.46 | 369.27 | 710.29 | 591.86 | 591.28 | 774.92 | 1187.15 | 317.63 | 216.27 |
| 1985 | 165.00 | 417.34 | 321.01 | 447.30 | 742.13 | 1371.80 | 1617.89 | 1197.72 | 846.89 | 343.03 | 194.41 | 154.49 |
| 1986 | 391.56 | 150.94 | 121.77 | 340.23 | 778.57 | 1018.35 | 1211.99 | 1389.31 | 1089.71 | 357.32 | 748.33 | 421.89 |
| 1987 | 234.17 | 231.33 | 110.34 | 83.11 | 143.91 | 439.47 | 1067.57 | 502.89 | 890.69 | 256.92 | 503.85 | 280.51 |
| 1988 | 144.35 | 363.70 | 147.07 | 292.12 | 594.49 | 1308.29 | 1001.56 | 590.52 | 157.84 | 987.01 | 735.36 | 236.23 |
| 1989 | 144.14 | 584.53 | 187.93 | 568.66 | 1273.84 | 1759.64 | 1525.85 | 1506.72 | 1430.71 | 724.35 | 302.36 | 88.39 |
| 1990 | 202.28 | 110.95 | 190.77 | 374.89 | 630.77 | 1411.58 | 1300.97 | 1383.72 | 1098.36 | 351.58 | 363.24 | 125.13 |
| 1991 | 243.85 | 294.17 | 76.78 | 206.55 | 224.12 | 767.21 | 1055.96 | 1201.07 | 1018.59 | 165.10 | 103.16 | 66.95 |
| 1992 | 168.80 | 322.77 | 229.52 | 456.10 | 341.42 | 1209.56 | 726.93 | 963.14 | 1469.70 | 1313.46 | 98.39 | 120.11 |
| 1993 | 198.46 | 78.40 | 119.94 | 157.15 | 86.16 | 1021.18 | 680.64 | 966.87 | 407.99 | 186.59 | 100.48 | 390.34 |
| 1994 | 91.02 | 275.04 | 232.36 | 93.22 | 268.48 | 826.93 | 1437.79 | 1146.52 | 1500.21 | 438.78 | 72.83 | 202.03 |
| 1995 | 162.07 | 94.80 | 136.07 | 131.16 | 319.42 | 411.90 | 992.96 | 279.07 | 940.48 | 589.42 | 430.89 | 450.42 |
| 1996 | 227.84 | 98.57 | 107.13 | 132.72 | 660.75 | 490.19 | 648.68 | 1330.56 | 1065.61 | 607.52 | 821.13 | 406.97 |
| 1997 | 445.23 | 847.31 | 183.45 | 76.24 | 413.91 | 667.62 | 1095.60 | 1639.49 | 1350.32 | 445.51 | 184.97 | 174.72 |
| 1998 | 106.33 | 289.94 | 206.32 | 279.58 | 322.67 | 1252.83 | 1192.40 | 491.81 | 270.49 | 1294.19 | 1679.28 | 1297.88 |
| 1999 | | 408.50 | 179.02 | 1103.18 | 1185.57 | 1300.96 | 1145.29 | 1239.96 | 493.46 | 278.86 | 217.10 | 520.07 |
| 2000 | 191.89 | 648.79 | 1185.17 | 827.97 | 1287.86 | 1410.79 | 1434.30 | 1172.04 | 1282.43 | 736.86 | 466.51 | 275.41 |
| 2001 | 234.24 | 161.66 | 779.81 | 429.74 | 895.82 | 1410.42 | 1679.11 | 1524.76 | 461.61 | 931.65 | 1051.62 | 579.01 |
| 2002 | 202.51 | 215.00 | 261.98 | 172.24 | 596.89 | 878.48 | 1334.25 | 1177.52 | 748.57 | 296.27 | 142.99 | 234.38 |
| 2003 | 165.24 | 103.15 | 471.54 | 127.54 | 947.03 | 1340.89 | 758.81 | 839.47 | 945.49 | 703.52 | 261.47 | 120.70 |
| 2004 | 142.07 | 146.77 | 489.71 | 165.27 | 997.92 | 1654.31 | 1325.02 | 1640.31 | 753.02 | 451.08 | 116.84 | 113.34 |
| 2005 | 211.78 | 500.39 | 717.88 | 1043.79 | 892.94 | 1528.96 | 1561.50 | 1590.35 | 1384.06 | 437.01 | 303.30 | 1079.81 |
| 2006 | 569.69 | 271.34 | 587.76 | 850.38 | 1091.30 | 1238.28 | 1588.15 | 1496.94 | 474.54 | 821.26 | 102.62 | 82.65 |
| 2007 | 147.85 | 398.12 | 337.34 | 143.45 | 813.89 | 622.35 | 976.05 | 769.32 | 745.17 | 548.19 | 594.73 | 177.72 |
| 2008 | 244.64 | 406.39 | 143.80 | 419.90 | 1148.87 | 479.15 | 346.97 | 705.10 | 411.17 | 220.63 | 667.54 | 447.93 |
| 2009 | 264.47 | 340.04 | 270.45 | 368.69 | 1061.85 | 1403.81 | 1346.38 | 806.56 | 262.52 | 687.94 | 213.64 | 144.03 |
| 2010 | 86.17 | 84.86 | 94.50 | 253.51 | 500.83 | 814.55 | 523.83 | 676.49 | 364.95 | 805.28 | 993.35 | 650.05 |
| 2011 | 87.23 | 186.25 | 162.86 | 216.43 | 334.97 | 444.46 | 912.28 | 175.69 | 91.00 | 271.07 | 71.73 | 65.61 |
| 2012 | 307.30 | 52.30 | 163.81 | 88.66 | 570.72 | 661.65 | 210.23 | 366.84 | 208.16 | 144.97 | 54.49 | 50.76 |
| Rata-rata | 213.45 | 284.54 | 284.43 | 343.90 | 662.21 | 1015.34 | 1069.06 | 991.08 | 770.87 | 573.41 | 413.12 | 310.22 |

Tabel 4. Sifat KBDI bulanan Stasiun 30

| Tahun / Bulan | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | Nopember | Desember |
|---------------|---------|----------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1983 | | | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1984 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah |
| 1985 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1986 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1987 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1988 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1989 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Ekstrim | Tinggi | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1990 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1991 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1992 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah |
| 1993 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1994 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Tinggi | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1995 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1996 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1997 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 1998 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sedang |
| 1999 | | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2000 | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2001 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Tinggi | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah |
| 2002 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2003 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2004 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Tinggi | Sedang | Tinggi | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2005 | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Tinggi | Tinggi | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah | Sedang |
| 2006 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2007 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2008 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2009 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2010 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2011 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2012 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| Rata-rata | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Sedang | Sedang | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |

Pada tabel perhitungan KBDI di atas, terlihat bahwa pada bulan Juni hingga September nilai KBDI selalu lebih tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Bulan Juni hingga September merupakan musim kemarau dimana curah hujan lebih rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.

2. Standardized Precipitation Index (SPI)

Tabel 5. SPI bulanan Stasiun 30

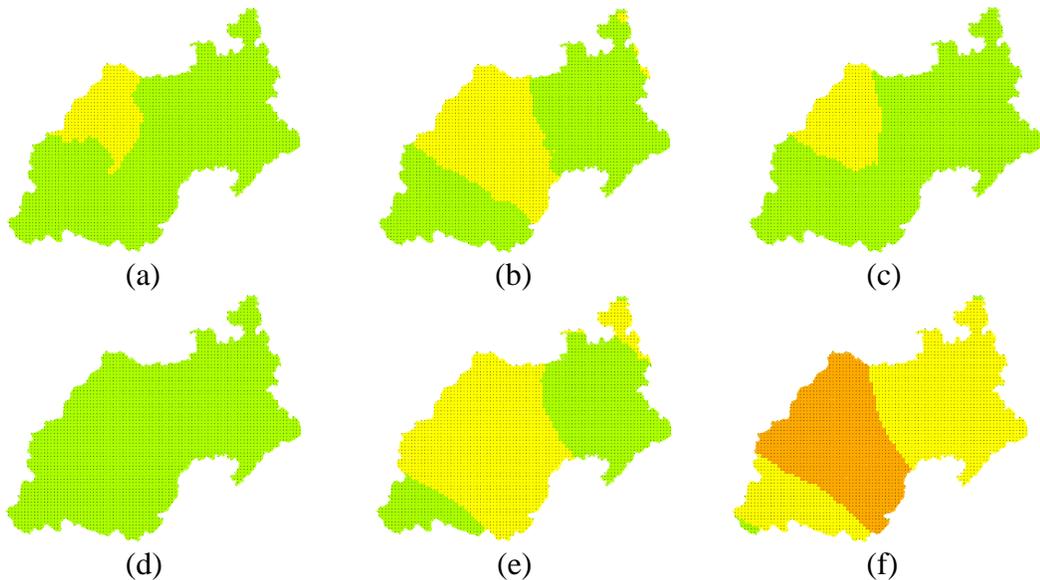
| Tahun / Bulan | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | Nopember | Desember |
|---------------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| 1983 | -1.06 | -0.71 | 0.46 | -0.50 | 0.73 | 0.37 | 0.85 | 0.68 | 0.69 | -0.05 | -0.75 | -0.25 |
| 1984 | -0.24 | 0.28 | -0.46 | 0.05 | 1.13 | 0.15 | 1.69 | -0.38 | -0.97 | -0.88 | -0.06 | -0.50 |
| 1985 | 0.05 | -1.32 | 0.78 | -1.02 | 0.18 | -2.00 | -0.54 | -0.18 | 0.17 | 0.26 | -0.38 | -0.29 |
| 1986 | -1.05 | -0.07 | 0.50 | -0.45 | -0.35 | 0.14 | -0.35 | -1.04 | -0.35 | 0.25 | -1.35 | -0.03 |
| 1987 | -1.04 | -0.60 | 0.91 | 0.40 | 1.34 | 0.56 | 0.28 | 0.52 | -0.21 | 0.62 | -1.00 | -0.26 |
| 1988 | 0.04 | -0.89 | 0.73 | 0.49 | -0.71 | 0.16 | 0.06 | 1.19 | 1.14 | -1.32 | -0.07 | -0.75 |
| 1989 | 0.44 | -0.72 | 0.42 | -1.27 | -1.02 | -1.50 | -1.26 | -0.69 | -0.56 | -0.64 | -0.16 | 0.44 |
| 1990 | -0.68 | 0.33 | -0.09 | -0.72 | -0.67 | -0.81 | 0.06 | -1.36 | -0.12 | 0.62 | -0.74 | 0.08 |
| 1991 | -0.48 | -0.36 | 1.99 | -0.38 | 1.51 | 0.19 | -0.87 | -0.32 | -0.07 | 0.34 | 0.27 | 0.88 |
| 1992 | -0.42 | -0.32 | 0.59 | -0.82 | 0.24 | -1.23 | 1.83 | -1.06 | -1.24 | -1.05 | 1.45 | 0.41 |
| 1993 | -1.11 | 2.54 | 1.48 | 1.06 | 2.53 | -0.70 | 1.12 | -0.17 | 0.87 | 0.51 | 1.02 | -0.03 |
| 1994 | 1.28 | -0.59 | 1.10 | 0.05 | 0.33 | -0.40 | -1.54 | 0.04 | -1.90 | 0.52 | 0.70 | -0.53 |
| 1995 | 0.02 | 0.46 | -0.11 | 0.39 | 1.30 | 1.57 | 0.08 | 1.20 | -1.17 | -0.18 | -0.89 | -0.54 |
| 1996 | -1.10 | 0.56 | 0.81 | 0.47 | -0.26 | 2.24 | 0.00 | -0.03 | -1.66 | -0.29 | -0.44 | -0.86 |
| 1997 | -1.01 | -0.96 | 0.38 | 1.32 | 0.75 | 1.09 | -0.69 | -1.58 | -0.54 | 0.59 | 0.34 | -0.70 |
| 1998 | 1.79 | -0.56 | -0.55 | -0.16 | 1.19 | -0.57 | 0.28 | 1.33 | -0.12 | -1.66 | -1.68 | -1.00 |
| 1999 | | 0.04 | -0.36 | -1.82 | -0.59 | 0.44 | -1.56 | 0.12 | 0.42 | 0.42 | 0.00 | -1.03 |
| 2000 | 0.24 | -1.22 | -1.55 | -1.20 | -1.21 | -0.39 | -0.57 | -0.75 | -0.30 | -1.00 | 0.07 | 0.15 |
| 2001 | -0.46 | 0.11 | -2.20 | 0.70 | -1.01 | -0.78 | -0.97 | -0.94 | 1.31 | -1.40 | -0.86 | -0.68 |
| 2002 | -0.43 | -0.01 | -0.75 | 0.21 | -0.20 | -0.55 | 0.05 | -0.47 | 0.24 | 0.15 | 0.21 | -0.02 |
| 2003 | 0.00 | 0.18 | -1.05 | 0.60 | -1.58 | 0.29 | 1.12 | -0.05 | -0.44 | -0.66 | -0.29 | 0.18 |
| 2004 | 1.93 | 0.37 | -1.15 | 0.42 | -1.24 | -1.59 | 0.31 | -1.46 | 0.99 | 0.03 | 0.69 | 0.46 |
| 2005 | 0.56 | -0.89 | -1.34 | -1.02 | -0.83 | -0.93 | -0.91 | -0.68 | -0.91 | 0.27 | -0.66 | -1.55 |
| 2006 | -1.15 | 1.33 | -1.54 | -0.73 | -0.74 | -0.49 | -1.27 | -0.57 | 0.06 | -0.34 | 0.41 | 1.26 |
| 2007 | 1.38 | -0.31 | -0.33 | 0.22 | -0.33 | 0.64 | 0.66 | -0.01 | -0.39 | -0.07 | -0.52 | 0.00 |
| 2008 | -0.42 | -1.02 | 1.43 | -0.80 | -0.41 | 1.53 | 0.63 | 0.58 | 0.55 | 1.55 | -0.91 | -0.03 |
| 2009 | 0.13 | 0.38 | -0.29 | -0.41 | -1.17 | 0.21 | -0.89 | 1.18 | 0.69 | -0.03 | 0.24 | 0.69 |
| 2010 | 1.09 | 1.02 | 0.59 | 0.74 | 0.34 | 0.79 | 1.01 | 0.94 | 0.45 | -1.04 | 0.03 | -1.12 |
| 2011 | 2.38 | -0.15 | 0.01 | 3.39 | 0.86 | 1.39 | -0.71 | 2.75 | 3.20 | 1.01 | 2.49 | 2.24 |
| 2012 | -0.68 | 3.09 | -0.42 | 0.79 | -0.10 | 0.19 | 2.09 | 1.22 | 0.18 | 3.45 | 2.83 | 3.39 |

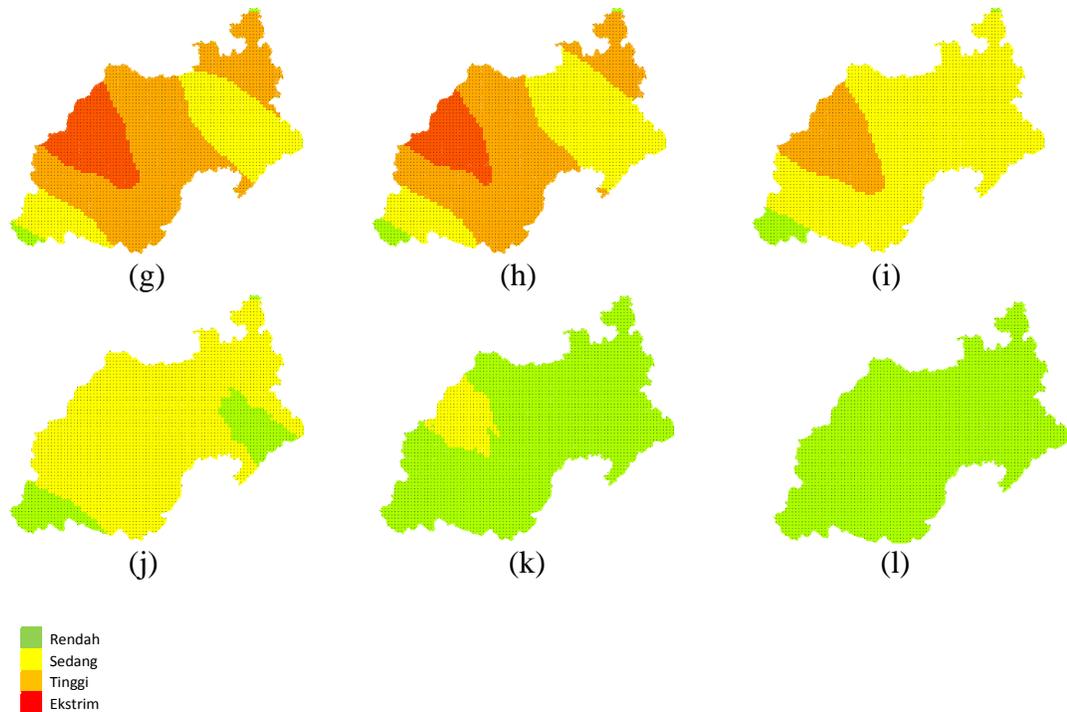
Tabel 6. Sifat SPI bulanan Stasiun 30

| Tahun / Bulan | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1983 | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1984 | Normal | Normal | Normal | Normal | Basah | Normal | Sangat Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1985 | Normal | Kering | Normal | Kering | Normal | Ekstrem Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1986 | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal | Kering | Normal |
| 1987 | Kering | Normal | Normal | Normal | Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1988 | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Basah | Basah | Kering | Normal | Normal |
| 1989 | Normal | Normal | Normal | Kering | Kering | Sangat Kering | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1990 | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1991 | Normal | Normal | Sangat Basah | Normal | Sangat Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1992 | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Kering | Sangat Basah | Kering | Kering | Kering | Basah | Normal |
| 1993 | Kering | Ekstrem Basah | Basah | Basah | Ekstrem Basah | Normal | Basah | Normal | Normal | Normal | Basah | Normal |
| 1994 | Basah | Normal | Basah | Normal | Normal | Normal | Sangat Kering | Normal | Sangat Kering | Normal | Normal | Normal |
| 1995 | Normal | Normal | Normal | Normal | Basah | Sangat Basah | Normal | Basah | Kering | Normal | Normal | Normal |
| 1996 | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Ekstrem Basah | Normal | Normal | Sangat Kering | Normal | Normal | Normal |
| 1997 | Kering | Normal | Normal | Basah | Normal | Basah | Normal | Sangat Kering | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 1998 | Sangat Basah | Normal | Normal | Normal | Basah | Normal | Normal | Basah | Normal | Sangat Kering | Sangat Kering | Kering |
| 1999 | Normal | Normal | Normal | Sangat Kering | Normal | Normal | Sangat Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2000 | Normal | Kering | Sangat Kering | Kering | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal |
| 2001 | Normal | Normal | Ekstrem Kering | Normal | Kering | Normal | Normal | Normal | Basah | Kering | Normal | Normal |
| 2002 | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2003 | Normal | Normal | Normal | Normal | Sangat Kering | Normal | Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2004 | Sangat Basah | Normal | Kering | Normal | Kering | Sangat Kering | Normal | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2005 | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Sangat Kering |
| 2006 | Kering | Basah | Sangat Kering | Normal | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal | Normal | Normal | Basah |
| 2007 | Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2008 | Normal | Kering | Basah | Normal | Normal | Sangat Basah | Normal | Normal | Normal | Sangat Basah | Normal | Normal |
| 2009 | Normal | Normal | Normal | Normal | Kering | Normal | Normal | Basah | Normal | Normal | Normal | Normal |
| 2010 | Basah | Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Basah | Normal | Normal | Kering | Normal | Kering |
| 2011 | Ekstrem Basah | Normal | Normal | Ekstrem Basah | Normal | Basah | Normal | Ekstrem Basah | Ekstrem Basah | Basah | Ekstrem Basah | Ekstrem Basah |
| 2012 | Normal | Ekstrem Basah | Normal | Normal | Normal | Normal | Ekstrem Basah | Basah | Normal | Ekstrem Basah | Ekstrem Basah | Ekstrem Basah |

Berbeda halnya dengan perhitungan KBDI, perhitungan SPI menghasilkan tujuh skala sifat yang berbeda. Nilai SPI yang berada di atas nilai normal akan menghasilkan sifat basah sedangkan nilai SPI yang berada di bawah nilai normal akan menghasilkan sifat kering. Pada tabel di atas terlihat bahwa sebaran sifat basah dan kering pada perhitungan SPI ini lebih beragam. Kondisi sangat kering terjadi dari bulan Februari hingga bulan Desember.

4.3 Analisis Spasial Indeks Kekeringan





Gambar 4. KBDI rata-rata bulanan (1983-2012) di lokasi penelitian (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

Gambar di atas adalah sebaran KBDI rata-rata bulanan dari tahun 1983-2012 di lokasi penelitian. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kekeringan dengan kategori tinggi dimulai pada bulan Juni dan berakhir di bulan September. Kekeringan dengan kategori ekstrim terjadi di bulan Juli dan Agustus. Hal ini sesuai dengan kondisi curah hujan, yaitu pada bulan Juni hingga September merupakan musim kemarau, dimana curah hujan lebih rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Pada bulan April dan Desember, yang merupakan musim hujan, KBDI di seluruh wilayah lokasi penelitian masuk ke dalam kategori rendah.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis yang telah dilakukan antara lain adalah data dari *Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)* dari *The National Centers for Environmental Prediction (NCEP)* dapat digunakan langsung untuk menganalisa indeks kekeringan tanpa dilakukan koreksi terhadap data dari stasiun observasi. Metode yang digunakan untuk menganalisa kekeringan secara spasial dan temporal adalah metode KBDI (*Keetch Byram Drought Index*) dan SPI (*Standardized Precipitation Index*). Hasil analisa menunjukkan bahwa metode KBDI memperlihatkan sebaran kekeringan pada DAS Rokan lebih baik dibandingkan dengan metode SPI.

6. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya adalah data dari *Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)* dari *The National Centers for Environmental Prediction (NCEP)* perlu dikaji lebih lanjut dengan membandingkan hasil perhitungannya dengan hasil perhitungan dari stasiun observasi. Oleh karena itu dipilih lokasi yang memiliki data stasiun observasi yang lengkap agar dapat dilihat bagaimana perbandingannya. Selain itu juga hasil dari analisis indeks kekeringan perlu dibandingkan dengan keberadaan *hotspot* dan kejadian kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Metz, Bert and Ogunlade Davidon. 2007. *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Anzar, Lisa Arnita. 2014. *Kajian Keandalan Indeks Kekeringan Berbasis Parameter Meteorologi terhadap Indeks Kekeringan Berbasis Parameter Hidrologi (Studi Kasus : DAS Citarum)*. Tesis, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Levina. 2014. *Kajian Koefisien Korelasi Indeks Kekeringan Berdasarkan Data Hujan Lapangan dan TRMM : Studi Kasus WS Pemali Comal, Jawa Tengah*. Tesis, Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] Niemeyer, Stefan. 2008. *New Drought Indices*. Institute for Environment and Sustainability, Italy.
- [5] Keetch, J. J., and G. M. Byram. 1968. *A Drought Index for Forest Fire Control*. USDA Forest Service Research Paper SE-38.
- [6] McKee, Thomas B, Nolan J and John Kleist. 1993. *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*. Eight Conference on Applied Climatology, California.
- [7] ESRI. 1990. *Understanding GIS : The Arc / Info Method Environmental System*. Research Institute, California.
- [8] Aronoff, Stan 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.
- [9] Burrough, Peter A and Rachael A McDonnell. 1986. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.