

# ANALISIS INDEKS KEKERINGAN DI DAERAH IRIGASI KELAYANG KABUPATEN INDRAGIRI HULU PROVINSI RIAU

*(Drought Index Analysis In Kelayang Irrigation Area Indragiri Hulu District Riau Province)*

Novreta Ersyi Darfia<sup>1</sup> Widdya Rahmalina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika Universitas Abdurrah

E-mail: [novreta@univrab.ac.id](mailto:novreta@univrab.ac.id)

## ABSTRAK

Fenomena alam kekeringan merupakan kejadian unik yang biasa dan menggambarkan iklim yang senantiasa berulang di dalam suatu wilayah. Kekeringan berpengaruh terhadap ketersediaan air baik di permukaan maupun di bawah tanah yang apabila berskala besar, fenomena ini bisa berubah menjadi bencana. Mengingat besarnya kerugian yang bisa diakibatkan oleh kekeringan khususnya di daerah pertanian, maka diperlukan upaya untuk memantau fenomena ini. Penelitian ini melakukan analisis indeks kekeringan di Daerah Irigasi (DI) Kelayang Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. Diharapkan dari penelitian ini dapat tersedia informasi kekeringan agar dapat menjadi masukan bagi pengambilan kebijakan dalam upaya menyusun rencana agar dapat melakukan penanggulangan dan pengurangan dampak kekeringan. Terdapat tiga analisis utama yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu analisis indeks kekeringan menggunakan metode Keetch Byram Drought Index (KBDI), analisis indeks kekeringan menggunakan metode Standardized Precipitation Index (SPI), dan analisis indeks kekeringan menggunakan metode Teori Run. Indeks kekeringan Metode KBDI menunjukkan hasil bahwa sifat kekeringan di lokasi penelitian didominasi oleh sifat "Sedang". Analisis dengan Metode SPI menunjukkan hasil bahwa sifat kekeringan di D.I Kelayang adalah "Normal". Teori Run dengan kala ulang 5 tahun memberikan hasil durasi kekeringan di D.I Kelayang selama 3,5 bulan dan jumlah kekeringan adalah 249,305 mm. Waktu-waktu yang harus mendapat perhatian lebih adalah bulan Juni hingga September karena pada bulan-bulan ini kekeringan menunjukkan sifat yang lebih kering dibandingkan bulan-bulan lainnya.

**Kata Kunci:** Indeks Kekeringan, D.I Kelayang, KBDI, SPI, Teori Run

## ABSTRACT

*Drought natural phenomenon is a unique event and describe a climate that is always recurring in a region. Drought affects the availability of water both on the surface and underground which if on a large scale, this phenomenon can turn into a disaster. Given the magnitude of the losses that can be caused by drought especially in agricultural areas efforts are needed to monitor this phenomenon. This study conducted a drought index analysis in Kelayang Irrigation Area of Indragiri Hulu Regency, Riau Province. It is expected from this research drought information can be available so that it can be input for policy making in an effort to draw up a plan in order to be able to make countermeasures and reducing the impact of drought. There are three main analyzes conducted in this study, that is drought index analysis using the Keetch Byram Drought Index (KBDI) method, drought index analysis using the Standardized Precipitation Index (SPI) method, and drought index analysis using the Theory Run method. Drought index KBDI method show results that the nature of drought at the study site dominated by the character "Medium". Analysis with the SPI Method show results that the nature of drought in Kelayang is "Normal". Theory of Run with a 5 year return period gives the results of the duration of the drought in Kelayang for 3.5 months and the amount of drought is 249,305 mm. Times that need more attention are June to September because in these months drought shows drier than other months.*

**Keywords:** Drought Index, Kelayang Irrigation Area, KBDI, SPI, Run Theory

**PENDAHULUAN**

Fenomena alam kekeringan merupakan kejadian unik yang biasa dan menggambarkan iklim yang senantiasa berulang di dalam suatu wilayah. Kekeringan berpengaruh terhadap ketersediaan air baik di permukaan maupun di bawah tanah yang apabila berskala besar, fenomena ini bisa berubah menjadi bencana.

Mengingat besarnya kerugian yang bisa diakibatkan oleh kekeringan khususnya di daerah pertanian, maka diperlukan upaya untuk memantau fenomena ini. Dengan sasaran utama yaitu meminimalkan dampak yang timbul pada daerah – daerah yang diperkirakan rawan kekeringan. Untuk itu diperlukan adanya kegiatan monitoring dan pengendalian dalam rangka upaya mitigasi.

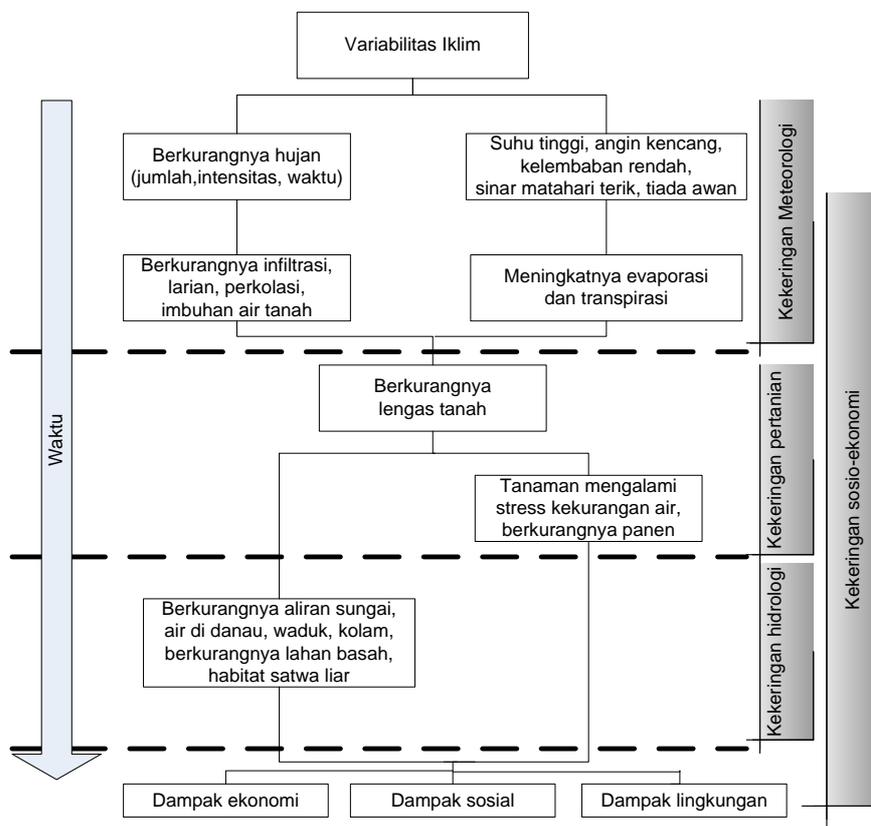
Provinsi Riau adalah salah satu daerah di Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa dimana temperatur yang diakibatkan panas sinar matahari lebih tinggi dan lebih lama bila dibandingkan dengan daerah yang jauh dari garis khatulistiwa.

Penelitian ini melakukan analisis indeks kekeringan di Daerah Irigasi (DI) Kelayang Kabupaten Indragiri Hulu

Provinsi Riau. DI Kelayang merupakan daerah irigasi permukaan dengan target layanan 3003 ha dan berada di tiga desa yaitu Desa Kelayang, Desa Lubuk Setarak, dan Desa Patonggan. Dengan daerah layanan yang sangat luas, diharapkan dari penelitian ini dapat tersedia informasi kekeringan agar dapat menjadi masukan bagi pengambilan kebijakan dalam upaya menyusun rencana agar dapat melakukan penanggulangan dan pengurangan dampak 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. **Gambar 1** menggambarkan peranan hujan dalam memicu kekeringan yang berdampak luas pada kehidupan masyarakat pada khususnya dan negara pada umumnya.



**Gambar 1.** Kekeringan Meteorologi, Pertanian, Hidrologi, dan Sosio-Ekonomi (sumber: *National Drought Mitigation Center (NDMC), 2006*)

Wilhite (2010) menyatakan bahwa kekeringan berbeda dari bencana alam lainnya pada 4 (empat) hal, yaitu:

1. Karena kekeringan merayap, berakumulasi secara lambat, maka awal dan akhir terjadinya sulit ditentukan.
2. Tiadanya definisi yang tepat dan berlaku umum membuat kerancuan apakah telah terjadi kekeringan, dan jika terjadi bagaimana tingkat kekeringannya. Walaupun banyak terdapat definisi tetapi tidak ada yang dapat sekaligus memberikan arti yang tepat untuk para ilmuwan, pengambil keputusan, dan masyarakat luas. Contohnya, batas untuk menyatakan kekeringan pada umumnya tidak terkait langsung dengan dampak spesifik pada sektor ekonomi.
3. Dampak kekeringan adalah non-struktural, tidak seperti banjir, tanah longsor, dan badai yang menimbulkan kerusakan struktur secara nyata. Dampaknya menyebar lebih luas, tidak terlokalisir seperti bencana alam lainnya.
4. Terdapat berbagai jenis kekeringan, dengan parameter yang berbeda, antara lain kekeringan meteorologi, kekeringan pertanian, dan kekeringan hidrologi.

Kekeringan umumnya dikelompokkan dalam empat kategori bidang yang meliputi (Mishra dkk, 2010):

1. Kekeringan bidang meteorologi didefinisikan sebagai defisit curah hujan atas wilayah untuk jangka waktu tertentu. Curah hujan umumnya digunakan untuk analisis kekeringan meteorologi. Mengingat kekeringan sebagai defisit curah hujan terkait dengan nilai rata-rata, beberapa penelitian telah menganalisis kekeringan menggunakan data curah hujan bulanan. Pendekatan lain menganalisis durasi dan intensitas kekeringan dalam kaitannya dengan curah hujan kumulatif.
2. Kekeringan bidang hidrologi berhubungan dengan periode dimana aliran permukaan dan aliran bawah permukaan tidak memadai untuk diberikan kepada penggunaan air dari suatu sistem manajemen sumber daya air. Data debit sungai telah banyak diterapkan untuk menganalisis kekeringan hidrologi. Hasil analisis regresi mengindikasikan faktor geologi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekeringan hidrologi.
3. Kekeringan bidang pertanian biasanya mengacu pada periode dengan penurunan kelembaban tanah dan gagal panen akibat penurunan sumber daya air permukaan. Sebuah penurunan kelembaban tanah tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi kekeringan meteorologi dan hidrologi serta perbedaan antara evapotranspirasi aktual dan evapotranspirasi potensial. Kebutuhan air tanaman tergantung pada kondisi cuaca yang berlaku, karakteristik biologis dari tanaman tertentu dan tahap pertumbuhan, dan sifat fisik serta biologis tanah. Beberapa indeks kekeringan, berdasarkan kombinasi curah hujan, suhu, dan kelembaban tanah, telah diturunkan untuk mempelajari kekeringan pertanian.
4. Kekeringan bidang sosial-ekonomi dikaitkan dengan kegagalan sistem sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan air dan mengaitkan antar pasokan permintaan (air sebagai barang ekonomi) terjadi ketika permintaan untuk barang ekonomi melebihi pasokan

yang tersedia sebagai akibat dari kekurangan penyediaan air.

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 (Niemeyer, 2008).

Perlunya mengembangkan indeks kekeringan adalah:

1. Secara ilmiah diperlukan indikator untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan
2. Perkembangan teknologi pengambilan data dan metodologi analisis juga memberikan arah baru pengembangan indeks
3. Kebutuhan para pemangku kepentingan untuk pelaksanaan alokasi air di lapangan

Sementara itu Rossi dkk (2007) memberikan persyaratan dari indeks kekeringan yang ideal untuk sistem pemantauan kekeringan adalah:

1. menyatakan kekurangan air dalam komponen meteorologi dan hidrologi
2. menggunakan data hidro-meteorologi yang mudah diperoleh secara tepat waktu
3. dapat menjelaskan kondisi kekeringan, walau masih dalam tahap awal kekeringan
4. dapat membandingkan berbagai kondisi kekeringan yang berbeda waktu dan lokasi
5. menjelaskan dampak kekeringan
6. dapat menilai tingkat kekeringan untuk memandu tindakan yang harus dilakukan

Sejumlah indeks kekeringan telah diperkenalkan untuk mengukur kekeringan, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Untuk menguji penerapan indeks kekeringan, digunakan enam macam kriteria, yaitu: kemantapan (*robustness*), kemudahan penelusuran (*tractability*), transparansi, kecanggihan, kemampuan dikembangkan, dan dimensi.

Berdasarkan penelitian untuk indeks kekeringan, hampir semua indeks kekeringan menggunakan curah hujan baik secara tunggal atau dalam kombinasi dengan unsur-unsur meteorologi lainnya, tergantung pada jenis kebutuhan yang juga disarankan oleh WMO (1975). Misalnya, kombinasi variabel hidrometeorologi meliputi: suhu dan curah hujan (Indeks KBDI) atau hanya curah hujan (SPI) dan Teori Run.

#### **Analisis Kekeringan Menggunakan 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 (Keetch dan Byram, 1988).

**Tabel 1.** Klasifikasi Skala Nilai KBDI (Keetch and Byram, 1968)

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

Indeks kekeringan ini menggambarkan tingkat/nilai defisiensi kelembaban tanah dan lahan yang dihitung berdasarkan data cuaca harian. Untuk menghitung KBDI diperlukan beberapa data yaitu:

- Data curah hujan rata-rata tahunan
- Curah hujan harian
- Temperatur harian maksimum

Cara perhitungan metode ini didasarkan pada persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

CH : Curah Hujan Bersih

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

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

Keterangan:

YKBDI : Indeks kekeringan kemarin

T<sub>max</sub> : Suhu maksimum (°C)

Annual : Rata-rata curah hujan tahunan (mm)

Awal perhitungan KBDI untuk setiap stasiun hujan tidak selalu sama, karena awal perhitungan dimulai dengan penetapan indeks kekeringan yang bernilai nol yaitu pada saat satu hari setelah masa hujan dengan curah hujan sebanyak 150–200 mm dalam satu minggu (Keetch and Byram, 1968).

**Analisis Kekeringan Menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI)**

Standardized Precipitation Index (SPI) merupakan indeks kekeringan yang banyak digunakan untuk mengkarakterisasi kekeringan meteorologis, yang dikembangkan oleh McKee et al pada tahun 1993. 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. Data curah hujan ini diubah ke dalam distribusi gamma atau distribusi Pearson III, lalu kemudian ditransformasikan ke distribusi normal sehingga rata-rata SPI untuk lokasi dan periode yang diinginkan adalah nol. Nilai SPI negatif mewakili defisit curah hujan,

sedangkan nilai SPI positif menunjukkan kelebihan curah hujan. Keperahan kekeringan dapat diklasifikasikan berdasarkan besarnya nilai SPI negatif. Semakin besar nilai SPI negatif, semakin parah kekeringannya. Misalnya, SPI ≤ -2, diklasifikasikan sebagai kondisi ekstrim kering.

Untuk penilaian yang lebih efektif dari fenomena kekeringan, World Meteorological Organization (WMO) merekomendasikan mengadopsi Standardized Precipitation Index (SPI) untuk memantau tingkat keparahan peristiwa kekeringan.

**Tabel 2.** Klasifikasi Skala Nilai SPI (McKee, 1993)

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

Persamaan yang digunakan antara lain:

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{S^2}$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

Parameter yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mencari probabilitas kumulatif dari setiap kejadian hujan yang diamati untuk bulan tertentu dan skala waktu untuk stasiun hujan yang bersangkutan. Probabilitas kumulatif diberikan oleh:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Dengan  $t = x/\beta$ , persamaan ini menjadi:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-t} dx$$

Karena fungsi gamma tidak terdefinisi untuk  $x = 0$ , sementara data distribusi curah hujan yang diperoleh kemungkinan terdiri dari nilai nol, maka probabilitas kumulatifnya menjadi:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Dimana q adalah probabilitas dari nol. Jika m adalah jumlah angka nol dalam rentang waktu curah hujan, q dapat diperkirakan dengan  $m/n$ . Tabel fungsi gamma lengkap dapat digunakan untuk menentukan probabilitas kumulatif G(x). Dalam penelitian ini digunakan metode analitik bersama dengan kode perangkat lunak yang digunakan untuk menentukan probabilitas kumulatif.

Probabilitas kumulatif H(x), kemudian ditransformasikan ke standar normal variabel acak Z dengan rata-rata nol dan varians sama dengan satu, yang merupakan nilai SPI. Ini adalah transformasi equiprobable (berkebolehjadian setara) yang memiliki fitur penting dari transformasi variate dari satu distribusi (mis. gamma) ke

variasi dengan formula distribusi yang ditentukan (mis. standar normal) sehingga probabilitas yang kurang dari nilai variasi tertentu harus sama dengan probabilitas yang lebih kecil dari nilai yang sesuai dari variasi peubah.

Karena akan rumit untuk menghasilkan jenis angka untuk semua stasiun hujan di semua skala waktu dan untuk setiap bulan dalam setahun, nilai standar normal random variabel Z atau SPI tersebut lebih mudah dihitung dengan menggunakan aproksimasi yang dikemukakan oleh Abramowitz dan Stcgun (1964) yang mengubah kumulatif probabilitas untuk standar normal variabel acak Z berikut ini.

SPI untuk  $0 < G(x) \leq 0.5$

$$z = SPI = - \left( t - \frac{C_0 + C_1t + C_2t^2}{1 + d_1t + d_2t^2 + d_3t^3} \right)$$

Dimana:

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)}$$

dan SPI untuk  $0.5 < G(x) \leq 1$

$$z = SPI = + \left( t - \frac{C_0 + C_1t + C_2t^2}{1 + d_1t + d_2t^2 + d_3t^3} \right)$$

Dimana:

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1 - H(x))^2} \right)}$$

dan

- $c_0 = 2,515517$
- $c_1 = 0,802853$
- $c_2 = 0,010328$
- $d_1 = 1,432788$
- $d_2 = 0,189269$
- $d_3 = 0,001308$

**Analisis Kekeringan Menggunakan Teori Run**

Analisis kekeringan menggunakan teori run didasarkan pada Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (Pd T-02-2004-A).

Prinsip perhitungan teori run mengikuti proses peubah tunggal (*univariate*), seri data, X (t,m), dari peubah hidrologi dalam hal ini hujan bulan m dan tahun ke t. Dengan menentukan rata-rata curah hujan jangka panjang sebagai median, Y(m), maka dapat dihasilkan peubah baru dengan cara mengurangi seri data dengan median yaitu :

- a. run positif, disebut surplus.
- b. run negatif, disebut defisit.
  - Jumlah bagian yang mengalami defisit berkesinambungan disebut jumlah kekeringan dengan satuan mm.
  - Lama atau durasi yang terjadi pada bagian defisit yang berkesinambungan disebut durasi kekeringan.

Setelah nilai median ditentukan, dari seri data hujan dapat dibentuk dua seri data baru yaitu durasi kekeringan (Ln), dan jumlah kekeringan (Dn).

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

$$\text{Jumlah kekeringan: } Dn = \sum_{m=1}^i D(t, m) A(t, m)$$

$$\text{Durasi kekeringan : } Ln = \sum_{m=1}^i A(t, m)$$

dengan :

- A (t,m) = indikator bernilai 0, jika  $Y (m) \geq X (t,m)$
- A (t,m) = indikator bernilai 1, jika  $Y (m) < X (t,m)$
- m = bulan ke m ; t adalah tahun ke t
- Y(m) = median bulan m
- X(t,m) = seri data hujan bulanan bulan m tahun t
- Dn = jumlah kekeringan dari bulan ke m sampai ke m+i (mm)
- Ln = durasi kekeringan dari bulan ke m sampai ke m+i (bulan).
- D (t,m) = ndikator defisit atau surplus.

**Tingkat Keparahan Kekeringan**

Run sebagai ciri statistik dari suatu seri data, menggambarkan indeks kekeringan. Panjang run negatif menunjukkan lamanya kekeringan. Jumlah run negatif menunjukkan kekurangan air selama kekeringan. Durasi kekeringan terpanjang maupun jumlah kekeringan terbesar selama T tahun mencerminkan tingkat keparahan kekeringan.

Seri data baru dipilah-pilah menjadi bagian-bagian dengan panjang data masing-masing T tahun, sesuai dengan periode ulangnya seperti 10 atau 20 tahun. Jika data yang tersedia 60 tahun, maka ada 6 buah nilai durasi kekeringan terpanjang 10 tahunan dan 6 nilai jumlah kekeringan terbesar 10 tahunan. Nilai-nilai tersebut dihitung rata-ratanya, dan merupakan indeks kekeringan berupa durasi kekeringan terpanjang periode ulang T tahun dan jumlah kekeringan terbesar periode ulang T tahun.

Langkah penghitungan indeks kekeringan menggunakan teori run yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Mengurangkan data asli tiap-tiap bulan setiap tahunnya dengan rata-rata dari seluruh data pada bulan tersebut.
- b. Melakukan perhitungan durasi kekeringan. Bila perhitungan yang dihasilkan adalah positif, diberi nilai nol (0) dan negatif akan diberi nilai satu (1). Bila terjadi nilai negatif yang berurutan, maka jumlahkan nilai satu tersebut sampai dipisahkan kembali oleh nilai nol, untuk kemudian menghitung dari awal lagi. Langkah ini dilakukan dari data tahun pertama berurutan terus sampai data tahun terakhir.
- c. Menghitung durasi kekeringan terpanjang, tuliskan nilai yang maksimum saja.
- d. Menentukan nilai maksimum durasi kekeringan selama T tahun. Nilai maksimum durasi kekeringan selama kurun waktu T (sama dengan 5 tahun) tersebut dirata-ratakan sehingga menghasilkan nilai untuk periode ulang 5 tahunnya. Untuk periode ulang selanjutnya lakukan perhitungan yang sama.
- e. Menghitung jumlah defisit. Jika durasi kekeringan berurutan dan lebih dari satu maka pada bulan selanjutnya merupakan nilai kumulatifnya, demikian pula halnya dengan jumlah defisit.

- f. Membuat pada tabel baru perhitungan jumlah kekeringan maksimum (selama T tahun), tuliskan hanya jumlah kekeringan maksimum saja yang diabsolutkan.
- g. Membuat tabel baru kembali, tentukan nilai maksimum jumlah kekeringan selama T tahun. Nilai maksimum selama selang waktu T = 5 tahun tersebut dihitung rata-ratanya dan merupakan nilai periode ulang untuk 5 tahun, dan seterusnya.

**METODOLOGI**

Terdapat tiga analisis utama yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu analisis indeks kekeringan menggunakan metode KBDI, analisis indeks kekeringan menggunakan metode SPI, dan analisis indeks kekeringan menggunakan metode Teori Run. Secara skematis, tahapan dalam penyelesaian penelitian ini terlihat pada **Gambar 2**.

Data yang digunakan adalah data hujan dan data klimatologi pada masing-masing stasiun yang berada di sekitar Daerah Irigasi Kelayang yaitu Stasiun Air Molek, Stasiun Lirik, Stasiun Pangkalan Kasai, dan Stasiun Talang Jerinjing dengan panjang data 20 tahun (1998 – 2017).



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Keetch Byram Drought Index (KBDI)**

Hasil perhitungan indeks kekeringan metode KBDI dan sifat indeks kekeringan Metode KBDI Daerah Irigasi Kelayang dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

**Tabel 3.** Indeks Kekeringan Metode KBDI

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1998						747,5	1266,3	1026,3	896,7	1317,3	1378,8	1347,9
1999	1125,7	1521,8	1048,2	1481,3	1384,6	1581,3	1544,2	1160,9	1230,2	987,4	865,4	1065,8
2000	855,6	1225,5	1200,1	1009,1	940,5	1154,0	1651,1	1442,5	1509,8	1437,7	1159,9	1048,4
2001	967,7	1206,2	1318,7	1164,0	1385,4	1568,8	1647,8	1466,4	1400,2	1199,3	881,7	831,5
2002	910,2	1333,6	1229,2	1151,9	1289,8	1570,9	1480,2	1764,1	1472,3	1540,6	820,8	768,7
2003	989,5	889,5	1072,9	810,2	1002,9	1786,3	1503,9	1701,4	1400,5	1210,9	657,0	755,7
2004	1324,9	1045,4	1119,6	1160,8	1424,5	1496,3	1308,8	1435,1	1397,7	1109,5	1021,5	725,0
2005	1284,6	1675,3	1589,7	1040,1	877,7	1378,3	1444,0	1478,9	1176,8	1020,0	868,1	1037,2
2006	994,1	1432,2	1002,4	508,5	953,9	1264,8	1588,4	1779,2	1465,3	1634,2	1170,2	842,9
2007	1056,1	1125,0	1170,6	1222,4	844,2	1354,0	1557,6	1549,6	1248,4	1329,2	933,6	954,8
2008	1371,6	1445,0	900,7	1069,9	1589,6	1655,4	1817,9	1451,1	1193,4	1338,6	1242,4	1484,1
2009	1662,8	1495,9	1154,5	1201,5	1331,5	1721,2	1798,7	1783,4	1465,9	1198,8	870,7	773,3
2010	1151,0	1314,1	1323,1	1120,1	1512,1	1610,6	1087,9	1024,6	1451,9	1278,9	1009,9	1209,9
2011	1322,5	1287,0	1387,2	1243,3	1392,5	1406,6	1625,9	1553,2	1598,0	1405,6	1212,5	1402,0
2012	1582,5	1629,0	1620,6	985,7	1503,8	1771,2	1765,3	1809,6	1639,1	1456,3	945,2	1110,4
2013	1614,6	1380,0	1490,5	1325,1	1292,7	1309,6	1464,4	1537,7	1594,1	1281,2	1071,1	881,8
2014	841,5	1271,7	1245,6	1436,0	1588,5	1738,3	1809,7	1703,2	1412,4	1494,6	1001,1	1153,7
2015	1321,4	1312,2	1345,9	1338,3	1158,1	1485,6	1739,8	1705,6	1774,9	1587,2	1344,5	1131,7
2016	1079,9	1331,9	1354,4	1144,3	1343,1	1544,3	1698,2	1694,7	1580,8	1472,5	1173,4	1291,6
2017	1562,9	1441,4	1443,4	1311,4	1259,0	1592,9	1392,4	1594,6	1482,3	1420,8	1167,4	1548,6

**Tabel 4.** Sifat Indeks Kekeringan Metode KBDI

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1998						RENDAH	SEDANG	SEDANG	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG
1999	SEDANG	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH	SEDANG
2000	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG	RENDAH	SEDANG	TINGGI	SEDANG	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2001	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH
2002	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	SEDANG	EKSTRIM	SEDANG	TINGGI	RENDAH	RENDAH
2003	RENDAH	RENDAH	SEDANG	RENDAH	SEDANG	EKSTRIM	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH
2004	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	RENDAH
2005	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	RENDAH	SEDANG
2006	RENDAH	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH	SEDANG	TINGGI	EKSTRIM	SEDANG	TINGGI	SEDANG	RENDAH
2007	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	RENDAH	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH
2008	SEDANG	SEDANG	RENDAH	SEDANG	TINGGI	TINGGI	EKSTRIM	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2009	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	EKSTRIM	EKSTRIM	SEDANG	SEDANG	RENDAH	RENDAH
2010	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2011	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2012	TINGGI	TINGGI	TINGGI	RENDAH	TINGGI	EKSTRIM	EKSTRIM	EKSTRIM	TINGGI	SEDANG	RENDAH	SEDANG
2013	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	RENDAH
2014	RENDAH	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	EKSTRIM	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2015	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	EKSTRIM	TINGGI	SEDANG	SEDANG
2016	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	TINGGI	TINGGI	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG
2017	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI	SEDANG	TINGGI	SEDANG	SEDANG	SEDANG	TINGGI

Perhitungan nilai indeks kekeringan Metode KBDI dimulai pada bulan Juni 1998. Hal ini disebabkan karena jumlah hujan selama seminggu sebelumnya pada empat stasiun hujan tidak ada yang nilainya >150 mm. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa perhitungan KBDI dimulai pada saat jumlah hujan selama seminggu sebelumnya adalah >150 mm.

kekeringan “Rendah” berjumlah 14,47%, dan kekeringan “Ekstrim” berjumlah 4,68%.

Sifat kekeringan “Ekstrim” hanya terjadi antara bulan Juni hingga bulan September. Sifat kekeringan “Rendah” dominan terjadi pada bulan November hingga bulan Januari.

Pada **Tabel 4** terlihat bahwa sifat kekeringan di Daerah Irigasi Kelayang dengan Metode KBDI bervariasi dari rendah, sedang, tinggi, dan ekstrim. Sifat kekeringan yang dominan adalah kekeringan “Sedang” yaitu sebanyak 60,43%. Kekeringan “Tinggi” berjumlah 20,43%,

**2. Standardized Precipitation Index (SPI)**  
 Hasil perhitungan indeks kekeringan metode SPI dan sifat indeks kekeringan Metode SPI Daerah Irigasi Kelayang dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** berikut:

**Tabel 5.** Indeks Kekeringan Metode SPI Daerah Irigasi Kelayang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
1998	-0.659	0.093	-0.238	-0.733	-0.102	1.128	0.166	0.983	0.692	-0.514	-2.071	-0.276
1999	0.027	-0.049	0.902	-1.073	-0.211	0.060	0.198	0.834	-0.191	0.992	-0.221	-0.023
2000	0.798	0.324	-0.618	0.573	0.363	0.869	-0.135	0.367	0.321	0.025	-0.183	0.675
2001	0.624	0.382	-0.184	-0.067	0.057	0.032	0.069	0.792	-0.235	0.739	0.989	0.338
2002	1.116	-0.942	0.632	0.120	0.261	0.347	0.118	-0.641	-0.016	0.069	1.153	1.118
2003	0.815	1.185	0.754	0.965	-0.116	-0.401	0.302	-0.067	0.106	1.287	0.168	0.705
2004	0.776	0.565	0.494	-0.099	0.132	0.389	1.274	-0.349	0.931	0.817	0.307	0.771
2005	-0.430	-0.865	-0.433	0.215	1.233	0.185	0.490	0.658	0.940	0.833	0.126	0.214
2006	1.181	-0.009	1.162	1.545	0.544	0.955	-0.126	-0.509	-0.356	-0.698	0.086	0.751
2007	0.274	0.617	-0.300	0.234	1.129	0.162	0.352	0.018	0.649	-0.117	0.019	0.024
2008	0.558	0.142	1.199	0.420	-0.564	0.497	-0.740	0.872	0.862	-0.001	-0.101	-0.786
2009	-0.462	-0.100	1.082	-0.347	-0.211	-0.705	-1.029	-0.404	0.344	0.211	0.516	1.245
2010	0.733	0.836	0.153	0.817	-0.963	1.116	1.883	1.514	0.475	0.544	0.857	-0.291
2011	0.629	-0.136	-0.606	0.506	0.073	1.132	-0.063	0.231	-0.191	0.321	-0.243	-0.502
2012	-0.694	0.404	-0.184	0.982	0.374	-1.303	0.362	-0.351	0.409	0.439	1.193	0.190
2013	-1.477	-0.451	-1.090	-0.922	0.198	-0.374	-0.469	-0.555	-0.898	-0.620	-0.425	-0.253
2014	-1.075	-1.284	-1.531	-1.824	-1.438	-1.925	-1.501	-1.073	-1.264	-1.535	-0.627	-1.462
2015	-1.329	-0.921	-0.833	-0.823	-0.773	-1.373	-1.726	-1.656	-2.366	-2.096	-1.087	-0.170
2016	-0.769	-0.748	-0.410	-0.767	-0.512	-1.602	-0.428	-1.074	-1.780	-0.596	-1.189	-1.989
2017	-0.487	0.765	-0.081	0.363	0.730	0.266	0.930	0.168	0.991	-0.624	0.486	-0.437

**Tabel 6.** Sifat Indeks Kekeringan Metode SPI Daerah Irigasi Kelayang

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1998	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Ekstrim Kering	Normal
1999	Normal	Normal	Normal	Kering	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2000	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2001	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2002	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Basah
2003	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal
2004	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2005	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2006	Basah	Normal	Basah	angat Basa	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2007	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2008	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2009	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Kering	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah
2010	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	angat Basa	angat Basa	Normal	Normal	Normal	Normal
2011	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2012	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Kering	Normal	Normal	Normal	Normal	Basah	Normal
2013	Kering	Normal	Kering	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2014	Kering	Kering	angat Kering	angat Kering	Kering	angat Kering	angat Kering	Kering	Kering	angat Kering	Normal	Kering
2015	Kering	Normal	Normal	Normal	Normal	Kering	angat Kering	angat Kering	Ekstrim Kering	Ekstrim Kering	Kering	Normal
2016	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	angat Kering	Normal	Kering	angat Kering	Normal	Kering	angat Kering
2017	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Berbeda dengan perhitungan KBDI yang memiliki empat (4) skala sifat kekeringan, Metode SPI memiliki tujuh (7) skala sifat kekeringan. Tidak hanya memperhitungkan kekeringan, Metode SPI juga memperhitungkan kebasahan. Sifat kekeringan SPI tersebut adalah ekstrim basah, sangat basah, basah, normal, kering, sangat kering, dan ekstrim kering.

“Sangat Kering” dengan 4,17%, dan sifat “Sangat Basah” dan “Ekstrim Kering” sama-sama berjumlah 1,25%.

Sifat kekeringan “Ekstrim Kering” terjadi sebanyak 3 kali yaitu pada bulan November 1998, September 2015, dan bulan Oktober 2015,. Dari tahun 2013 hingga tahun 2016 terlihat sering terjadi kekeringan dengan sifat kering, sangat kering dan ekstrim kering.

Pada **Tabel 6** terlihat bahwa skala nilai di Daerah Irigasi Kelayang dengan Metode SPI bervariasi dari sangat basah hingga ekstrim kering. Tidak terdapat nilai yang bersifat “Ekstrim Basah”. Sifat yang dominan adalah sifat “Normal” yaitu sebanyak 79,58%. Diikuti oleh sifat “Basah” dengan 7,08%, sifat “Kering” dengan 6,67%, sifat

**3. Indeks Kekeringan Metode Teori Run Daerah Irigasi Kelayang**

Durasi kekeringan dan jumlah kekeringan metode Teori Run Daerah Irigasi Kelayang dapat dilihat pada **Tabel 7** sampai **Tabel 10** berikut:

**Tabel 7.** Durasi Kekeringan Kumulatif Daerah Irigasi Kelayang

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1	1998	1	1	2	3	3	0	0	0	0	1	2	3
2	1999	2	2	0	1	2	2	3	1	2	0	1	2
3	2000	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	2	0
4	2001	0	1	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0
5	2002	0	1	1	1	2	1	0	1	1	1	0	0
6	2003	0	0	1	0	1	1	2	2	2	0	1	1
7	2004	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	0
8	2005	1	2	3	2	0	0	1	1	0	0	1	1
9	2006	0	1	1	0	1	1	1	2	2	3	2	0
10	2007	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	2
11	2008	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2
12	2009	3	2	2	2	3	3	4	2	1	1	0	0
13	2010	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1
14	2011	0	1	2	2	1	0	1	1	2	1	1	2
15	2012	3	0	1	0	0	1	1	2	1	0	0	0
16	2013	1	2	3	4	3	2	3	4	5	6	4	2
17	2014	3	3	3	4	5	6	7	6	7	8	7	8
18	2015	9	9	7	8	8	9	10	11	12	13	14	10
19	2016	11	9	9	10	10	11	12	13	14	5	6	7
20	2017	8	2	3	0	0	0	0	1	0	1	2	3

**Tabel 8.** Durasi Kekeringan Terpanjang Daerah Irigasi Kelayang

No	Tahun	Max	T
			5 th
1	1998	3	3
2	1999	3	
3	2000	2	
4	2001	2	
5	2002	2	
6	2003	2	3
7	2004	2	
8	2005	3	
9	2006	3	
10	2007	2	
11	2008	2	4
12	2009	4	
13	2010	2	
14	2011	2	
15	2012	3	
16	2013	6	14
17	2014	8	
18	2015	14	
19	2016	14	
20	2017	8	
Mean		4	3,5

**Tabel 9.** Jumlah Kekeringan Kumulatif Daerah Irigasi Kelayang

No	Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	1998	70,0	52,6	95,6	186,2	193,6	0,0	16,1	0,3	3,7	64,8	249,8	263,6
2	1999	219,3	111,5	0,0	123,6	139,0	151,3	179,5	76,7	103,7	1,4	44,7	66,9
3	2000	29,2	46,0	121,3	33,2	47,2	3,9	41,5	41,0	52,7	70,3	109,2	1,4
4	2001	0,0	13,8	41,6	63,5	53,7	70,6	50,0	21,0	53,5	0,0	0,0	20,7
5	2002	0,0	73,8	34,4	76,2	85,3	11,3	29,0	94,6	69,0	97,4	0,0	0,0
6	2003	0,0	2,9	10,9	0,0	28,7	65,0	72,3	84,7	114,4	0,0	29,8	33,6
7	2004	36,2	2,1	8,3	50,3	52,0	31,7	0,0	44,2	0,0	0,0	15,0	0,0
8	2005	52,0	111,4	167,2	91,5	0,0	11,7	15,1	16,4	14,2	0,0	40,9	55,6
9	2006	0,0	19,2	6,3	0,0	15,2	14,9	40,1	78,8	93,0	171,8	83,1	0,0
10	2007	19,4	5,6	48,7	52,4	1,8	18,7	9,5	23,2	0,0	34,5	48,8	90,5
11	2008	0,0	28,0	0,0	23,9	79,7	0,0	68,0	19,9	0,0	30,4	57,7	147,0
12	2009	196,5	180,1	150,8	204,5	247,4	241,3	312,5	125,1	42,7	23,3	10,0	0,0
13	2010	1,2	6,2	16,1	18,4	95,9	0,0	0,0	0,0	2,6	21,5	27,1	72,5
14	2011	0,0	35,7	104,6	78,6	57,0	0,0	28,8	24,2	56,4	13,9	53,7	119,7
15	2012	172,6	0,0	41,8	0,0	8,1	75,3	56,5	108,5	48,5	5,0	0,0	17,7
16	2013	130,7	143,7	240,5	352,7	284,2	204,7	256,5	318,8	382,5	454,7	399,9	117,9
17	2014	202,5	278,5	328,6	505,5	602,3	681,4	771,1	623,1	693,3	770,5	635,0	743,5
18	2015	866,6	819,2	732,0	841,8	917,3	989,7	1088,5	1185,7	1310,4	1437,8	1523,1	957,3
19	2016	1028,8	787,3	825,5	927,2	916,4	986,7	1016,4	1100,2	1206,5	446,1	574,5	725,0
20	2017	782,8	277,3	317,7	0,0	0,0	3,9	0,0	17,8	0,0	74,8	83,3	141,7

**Tabel 10.** Jumlah Kekeringan Terbesar Daerah Irigasi Kelayang

No	Tahun	Max	T
			5 th
1	1998	263,561	263,561
2	1999	219,256	
3	2000	121,328	
4	2001	70,598	
5	2002	97,423	
6	2003	114,354	171,832
7	2004	52,021	
8	2005	167,158	
9	2006	171,832	
10	2007	90,452	
11	2008	146,997	312,523
12	2009	312,523	
13	2010	95,924	
14	2011	119,682	
15	2012	172,633	
16	2013	454,690	1523,090
17	2014	771,123	
18	2015	1523,090	
19	2016	1206,491	
20	2017	782,796	
Mean		145,936	249,305

Berbeda dengan Metode KBDI dan SPI yang menghasilkan skala sifat untuk hasil perhitungannya, Metode Run menghasilkan nilai durasi dan jumlah kekeringan.

Terlihat pada **Tabel 8** bahwa durasi kekeringan terpanjang yang terjadi di Daerah Irigasi Kelayang adalah selama 14 bulan, yaitu pada tahun 2015 dan 2016. Didapatkan bahwa untuk kala ulang 5 tahun, durasi kekeringan adalah selama 3,5 bulan.

Pada **Tabel 10** terlihat bahwa jumlah kekeringan terbesar yang terjadi di Daerah Irigasi Kelayang adalah 1523,090 mm yang terjadi pada tahun 2015. Dapat dilihat pula bahwa untuk kala ulang 5 tahun, jumlah kekeringan rata-rata adalah sebesar 249,305 mm.

**KESIMPULAN**

Kesimpulan yang didapat dari analisis indeks kekeringan dengan tiga metode (Metode KBDI, Metode SPI, dan Metode Teori Run) antara lain:

1. Pada D.I Kelayang indeks kekeringan Metode KBDI menunjukkan hasil bahwa sifat kekeringan di lokasi penelitian didominasi oleh sifat "Sedang".

2. Analisis dengan Metode SPI menunjukkan hasil bahwa sifat kekeringan di D.I Kelayang adalah "Normal".
3. Teori Run dengan kala ulang 5 tahun memberikan hasil durasi kekeringan di D.I Kelayang selama 3,5 bulan dan jumlah kekeringan adalah 249,305.
4. Pada D.I Kelayang waktu-waktu yang harus mendapat perhatian lebih adalah bulan Juni hingga September karena pada bulan-bulan ini kekeringan menunjukkan sifat yang lebih kering dibandingkan bulan-bulan lainnya.

**REFERENSI**

**Abramowitz, M. and Stegun, I,** (1964), Handbook of Mathematical Functions, Dover Publications, New York.

**Anonim,** (2004), Perhitungan Indeks Kekeringan Menggunakan Teori Run, Departemen Pekerjaan Umum.

**Keetch, J. J. Byram,** (1988), A Drought Index for Forest Control. US Department of Agriculture Forest Science Southeastern Forest Experiment Station Asheville. North Carolina.

**Keetch, J. J., and G. M. Byram,** (1968), A Drought Index for Forest Fire Control, USDA Forest Service Research Paper SE-38.

**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.

**Mishra, Ashok K, and Vijay P Singh,** (2010), A Review of Drought Concepts, Journal of Hydrology 391 (1-2): 202-216. Cited in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410004257> [12 Februari 2019]

**National Drought Mitigation Center,** (2006), What Is Drought, USA.

**Niemeyer, Stefan,** (2008), New Drought Indices, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

**Rossi, Guisepp. et al,** (2007), Recent Methods and Techniques for Managing Hydrological Droughts Option Mediteraneane, Series A-80 (80): 251-265.

**Wilhite, D A,** (2010), Quantification of Agricultural Drought for Effective Drought Mitigation, in Agricultural Drought Indices, Proceedings of an Expert Meeting 2-4 June, 2010, Murcia, Spain, WMO, Geneva.