

ANALISIS INDEKS KEKERINGAN MENGGUNAKAN METODE THORNTHWAITE MATHER PADA DAS SIAK

Sandi Cahyono¹⁾, Imam Suprayogi²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail: sandi.cahyono90@gmail.com

ABSTRACT

The level of risk of drought in the DAS Siak can be known, by calculating the index for drought using Thornthwaite Mather method. This method emphasizes the importance of rainfall data as input and potential evapotranspiration as superficial, but it is also necessary parameters soil moisture and vegetation as listener. The relationship between rainfall and potential evapotranspiration shows the state of the showing period of drought month and and the wet month. In the drought month period the amount of rain water is not sufficient for the water used by the plant, resulting in a shortage of soil moisture. The relationship between soil moisture shortage by potential evapotranspiration yield drought index. The choice of location DAS Siak in this study in order to reinforce the Drought Disaster Risk Index Map Riau Province issued by BNPB. Climate variability analysis results showed a decrease in the average annual rainfall of 15.50 mm/yr and an increase in average annual temperature of 0.08 °C. Thornthwaite Mather method analysis results showed an increase in average drought of 3.99% every year. The highest level of risk of drought occurred in 2014 and 2015 with a duration of severe drought occurred from January to November.

Keywords: drought index, Thornthwaite Mather

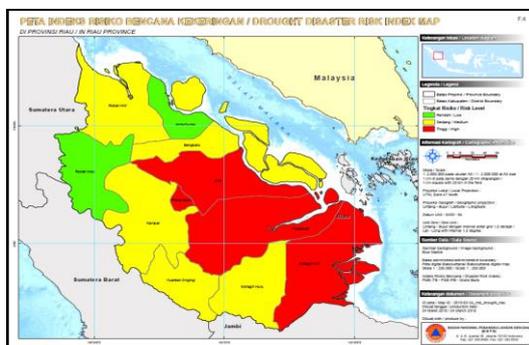
I. PENDAHULUAN

Letak geografis diantara dua benua dan dua samudra 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 (BMKG, 2011). Tercatat sejak abad ke-19 suhu permukaan bumi telah mengalami peningkatan sekitar 0,8 °C. Peningkatan

suhu diperkirakan sekitar 0,15 °C sampai 0,3 °C setiap dekade sejak tahun 1990-2005. Perubahan iklim ini berdampak negatif bagi kehidupan manusia diantaranya adalah *trend* penurunan curah hujan yang menyebabkan kekeringan (Wijayanti, dkk., 2015).

Kondisi iklim di Wilayah Indonesia terutama yang berada di bagian selatan khatulistiwa dipengaruhi *El Nino*, bahkan pada September 2015 akan berpeluang menguat. Kondisi ini akan memberikan efek pada tingkat intensitas dan frekuensi curah hujan akan semakin berkurang dan bahkan kemungkinan awal musim penghujan 2015-2016 di

beberapa wilayah akan mengalami kekeringan salah satunya adalah Provinsi Riau (BNPB, 2015). Peta indeks resiko bencana kekeringan Provinsi Riau yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Peta tersebut memperlihatkan bahwa kekeringan tingkat tinggi diantaranya terjadi di Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak. Gambar peta indeks resiko bencana kekeringan Provinsi Riau dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Indeks Resiko Bencana Kekeringan Provinsi Riau
Sumber: (BNPB, 2010)

Kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, kebutuhan pertanian, kegiatan ekonomi, dan lingkungan (BNPB, 2012). Kejadian kekeringan terjadi hampir seluruh dunia akibat jarangnya air serta adanya musim kemarau yang berkepanjangan akibat penyimpangan iklim seperti *El Nino*, yang terjadi pada tahun-tahun tertentu di Australia, Amerika, Meksiko, Filipina, dan Indonesia (Sholikhati, 2013).

Masalah kekeringan menjadi hal rutin yang terjadi di Indonesia, tetapi penanganan untuk pencegahan dan penanggulangan sangat lamban sehingga menjadi masalah berkepanjangan yang tidak terselesaikan

(Ersyidarfia, dkk., 2012). Kekeringan suatu daerah dapat diketahui dengan menghitung indeks kekeringannya, yaitu dengan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* (Jauhari, 2015). Metode *Thornthwaite Mather* merupakan metode yang didasarkan pada konsep neraca air dalam menghitung indeks kekeringan (Kafindo, 2015). Metode *Thornthwaite Mather* menggunakan curah hujan sebagai masukan, evapotranspirasi sebagai luaran, sifat fisik tanah dan karakteristik penutupan lahan sebagai pemeroses (Pramono & Adi, 2010).

Indeks kekeringan merupakan suatu perangkat utama untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan. Beberapa penelitian yang telah berhasil menganalisis indeks kekeringan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) menggunakan metode *Thornthwaite Mather*, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh *Sholikhati* (2013), *Jauhari* (2015), dan *Kafindo* (2015). Dengan adanya keberhasilan tersebut, maka dirasa perlu untuk mencoba keandalan metode *Thornthwaite Mather* di daerah lain di Indonesia khususnya DAS di luar Pulau Jawa. Adapun lokasi penelitian ini berada pada DAS Siak.

Sungai Siak merupakan sungai terdalam di Indonesia, dengan kedalaman sekitar 20-30 m. Seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak berada di Provinsi Riau. DAS Siak termasuk DAS kritis, kawasan rawan bencana banjir, kekeringan, longsor, terjadi berbagai pencemaran, erosi dan pendangkalan. Topografi wilayah DAS Siak relatif datar, ketinggian permukaan rata-rata 0-2 m dpl, kemiringan berkisar 0-5 % (Departemen PU, 2005).

Berdasarkan uraian-uraian di atas, maka dilakukan analisis indeks

kekeringan meteorologis yang merupakan indikasi pertama terjadinya kekeringan. Pemilihan lokasi DAS Siak pada penelitian ini guna mempertegas peta indeks resiko bencana kekeringan Provinsi Riau yang dikeluarkan oleh BNPB. Dalam melakukan analisis indeks kekeringan digunakan metode *Thornthwaite Mather* dan kemudian dipetakan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan tujuan untuk melihat penyebaran dan durasi dari kekeringan yang terjadi.

Rumusan masalah yang ditinjau pada penelitian ini adalah bagaimana metode *Thornthwaite Mather* digunakan untuk menganalisis indeks kekeringan pada DAS Siak dan bagaimana gambaran peta sebaran kekeringan pada DAS Siak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis indeks kekeringan DAS Siak menggunakan metode *Thornthwaite Mather* dan menggambarkan peta sebaran kekeringan.

Manfaat penelitian ini secara teoritis diharapkan dapat menjadi referensi terkait permasalahan manajemen sumberdaya air khususnya air tanah yang berkaitan dengan perubahan kondisi iklim (suhu udara dan curah hujan). Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat menjadi sebuah referensi dalam menganalisis bencana kekeringan dan menggambarkan pemodelan peta sebaran kekeringan. Secara praktis, penelitian ini diharapkan mampu memberikan masukan bagi pemerintah, masyarakat dan *stakeholders* lain yang terkait, dalam kaitannya dengan manajemen sumberdaya air.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari siklus air di alam raya. Siklus hidrologi atau siklus air meliputi kejadian-kejadian air menguap ke udara, kemudian mengembun dan menjadi hujan atau salju, masuk ke dalam tanah atau mengalir di atas permukaan tanah, lalu berkumpul di danau atau laut, menguap lagi dan seterusnya (Asdak, 1995). Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan penghidupan di planet bumi ini (Soemarto, 1986).

Sebagai satu kesatuan hidrologi, daur hidrologi didefinisikan sebagai proses perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali ke laut. Dalam hidrologi, energi panas matahari menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut dan badan-badan air lainnya. Uap air hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Masukan curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara, yaitu air lolos (*through fall*), aliran batang (*stemflow*) dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah kemudian terbagi menjadi air larian (*run-off*), evaporasi dan air infiltrasi. Gabungan evaporasi uap air proses transpirasi dan intersepsi dinamakan evapotranspirasi (Widyaningsih, 2008).

A. Suhu Udara (*T*)

Salah satu faktor yang membuat siklus hidrologi tetap berjalan adalah adanya faktor suhu udara. Suhu udara dapat disebut sebagai ukuran derajat panas udara. Suhu udara umumnya diukur berdasarkan skala tertentu menggunakan termometer. Beberapa

faktor yang mempengaruhi suhu udara adalah tinggi, daratan atau lautan, radiasi sinar matahari, sudut datang sinar matahari, dan faktor angin (Soewarno, 2000).

Di Indonesia tidak semua stasiun mempunyai data suhu udara. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan pendugaan suhu udara dari stasiun terdekat dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat. Untuk penyesuaian ini digunakan cara *Mock* (Mujtahiddin, 2014).

B. Curah Hujan (*P*)

Hujan merupakan salah satu bagian penting dalam siklus hidrologi. Presipitasi atau hujan adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmodjo, 2009). Presipitasi merupakan peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu proses perubahan bentuk dari uap air menjadi curah hujan (Asdak, 2004). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, maka intensitasnya cenderung makin tinggi. Semakin besar kala ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Handayani, dkk., 2007).

C. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Keberadaan air secara alami masuk dalam satu ekosistem daerah aliran sungai (Gunawan & Murti, 2007). Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai tempat penyimpanan air serta tempat berlangsungnya siklus hidrologi. Secara

umum DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut kemudian disalurkan ke laut melalui sungai utama. Konsep DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi (Suripin, 2004).

2.2 Kekeringan

Kekeringan adalah salah satu permasalahan yang berdampak negatif bagi suatu wilayah. Kekeringan sering dianggap sebagai sebuah bencana yang timbul akibat dari kurangnya curah hujan dari biasanya atau kondisi normal (Nurrahman & Pamungkas, 2013). Kekeringan diawali dengan berkurangnya jumlah curah hujan dibawah normal pada satu musim, yang merupakan tanda awal dari terjadinya kekeringan. Tahapan selanjutnya adalah berkurangnya kondisi air tanah yang menyebabkan terjadinya *stress* pada tanaman. Tahapan selanjutnya terjadinya kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah yang ditandai menurunnya tinggi muka air sungai atau pun danau (Muliawan, 2014).

Klasifikasi kekeringan menurut Oktaviani (2015), yaitu:

1. Kekeringan Meteorologis, kekeringan ini berkaitan dengan tingkat curah hujan yang terjadi berada dibawah kondisi normalnya pada suatu musim. Perhitungan tingkat kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama terjadinya kondisi kekeringan.
2. Kekeringan Pertanian, kekeringan ini menghubungkan berbagai karakteristik meteorology dengan dampak pertanian. Kondisi kurang hujan dikaitkan dengan

evapotranspirasi aktual dan potensi, air tanah yang menyusut, karakteristik dari tanaman tertentu seperti tingkat pertumbuhan, dan penyusutan aliran air sungai, waduk dan air tanah. Kekeringan pertanian ini terjadi setelah gejala kekeringan meteorologi.

3. Kekeringan Hidrologis, kekeringan berhubung dengan berkurangnya pasokan air permukaan dan air tanah.

2.3 Analisis 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 (Hatmoko, 2012).

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

Penentuan analisa indeks kekeringan bertujuan untuk: 1) Mengevaluasi kecenderungan klimatologi menuju keadaan kering atau tingkat kekeringan suatu daerah. 2) Memperkirakan kebutuhan air irigasi untuk pertanian dan perkebunan pada suatu luasan area tertentu. 3) Mengevaluasi kekeringan pada suatu tempat secara lokal. 4) Melaporkan secara berkala perkembangan analisa indek kekeringan secara regional.

2.4 Metode *Thornthwaite Mather*

Metode ini menekankan pentingnya faktor curah hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (PE) sebagai faktor iklim. Selain itu juga dibutuhkan parameter kelengasan tanah dan jenis vegetasi (Kafindo, 2015).

Imbangan antara hujan dan evapotranspirasi potensial (P dan PE) menunjukkan keadaan berlangsungnya periode bulan kering maupun periode bulan basah. Periode bulan kering terjadi bila $P < PE$ dan menimbulkan keadaan kekurangan air, sehingga diperlukan tambahan kadar air tersimpan dalam tanah yang berupa kelengasan. Penggunaan kelengasan ($storage = ST$) oleh tanaman menyebabkan terjadinya perubahan kelengasan dalam tanah (ST), sehingga kekurangan air hujan yang terus-menerus menyebabkan kelembaban dalam tanah semakin menurun. Awal periode bulan basah berikutnya ($P > PE$), kelembaban dalam tanah akan terisi kembali dan terjernihkan hingga mencapai kapasitas lapang (ST_0) jika jumlah kelebihan air hujan mencukupi. Sebaliknya jika jumlah keseluruhan kelebihan air hujan pada periode basah tersebut lebih kecil dari pada kapasitas lapang, ST_0 tidak akan tercapai. Besarnya ST_0 ditentukan oleh kapasitas tanah menahan air, yaitu faktor tanah dan vegetasi (Jauhari, 2015).

Pada periode bulan basah evapotranspirasi aktual diasumsikan sama dengan nilai evapotranspirasi potensial ($PE = EA$), tetapi pada periode bulan kering evapotranspirasi aktual selalu lebih kecil dari pada evapotranspirasi potensial ($EA < PE$). Saat demikian nilai evapotranspirasi aktual sama dengan besarnya hujan ditambah jumlah kelembaban yang digunakan oleh tanaman ($EA = P + ST$).

Periode bulan basah, biasanya jumlah curah hujan masih lebih besar dari pada yang teruapkan atau yang digunakan tanaman, sehingga terjadi kelebihan lengas. Sebaliknya periode bulan kering, jumlah air hujan tidak mencukupi kebutuhan air yang digunakan oleh tanaman, sehingga terjadi kekurangan lengas. Kelemahan yang paling utama metode *Thornthwaite Mather* ini adalah terlalu mengabaikan faktor variasi kelembaban relatif, faktor kecepatan angin dan faktor lamanya penyinaran matahari (Nugroho, 1989).

Komponen metode *Thornthwaite Mather* terdiri dari:

1. Evapotranspirasi Potensial (*PE*)
2. *Accumulation Potential Water Loss*
3. Kelengasan Tanah pada Kapasitas Lapang (*STo*)
4. Kelengasan Tanah (*ST*)
5. Evapotranspirasi Aktual (*AE*)
6. *Surplus (S)*
7. *Defisit (D)*
8. Indeks Kekeringan (*Ia*)

Tabel 1. Indeks Kekeringan *Thornthwaite Matter*

Indeks kekeringan (%)	Tingkat Kekeringan
<16,77	Ringan
16,77-33,33	Sedang
>33,33	Berat

Sumber: (Jauhari, 2015)

2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Konsep SIG yaitu data yang mempresentasikan dunia nyata yang dapat disimpan, dimanipulasi, diproses dan dipresentasikan dalam bentuk yang lebih sederhana dengan *layer-layer* tematik yang direlasikan dengan lokasi-lokasi geografis di permukaan bumi. Hasilnya data tersebut dapat dipergunakan untuk pemecahan banyak

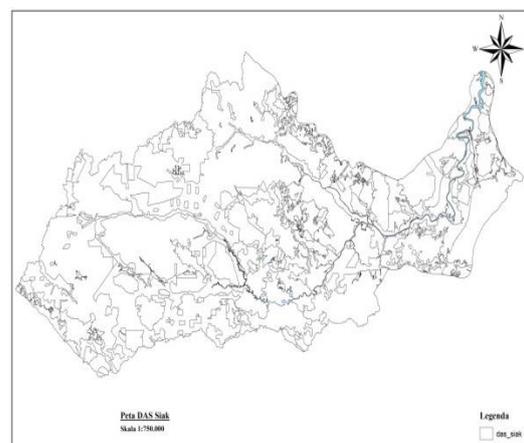
masalah-masalah dunia nyata seperti dalam perencanaan dan pengambilan keputusan menyangkut data kebumiharian (Lasmana, 2008).

SIG mampu menyajikan informasi dalam bentuk grafis dengan menggunakan peta. Pada saat ini, SIG yang berbasis data geografis sudah banyak digunakan dalam kegiatan perencanaan, kegiatan pelaksanaan, dan kegiatan pengendalian seperti pemetaan kemiringan lereng, pemetaan tata guna lahan (Kafindo, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak, seluruh DAS Siak berada di Provinsi Riau, melewati Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Siak, Kabupaten Kampar dan Kota Pekanbaru. Topografi wilayah DAS Siak relatif datar, ketinggian permukaan rata-rata 0-2 m dpl, kemiringan berkisar 0-5%. Variasi 2-40% di bagian hulu. DAS Siak merupakan DAS keempat terbesar di Riau setelah DAS Kampar, DAS Rokan dan DAS Indragiri, dengan Sungai Siak merupakan sungai utama yang memiliki panjang 345 km.



Gambar 2. Peta DAS Siak

Sumber: (Balai Wilayah Sungai Sumatera III)

Pemilihan lokasi studi ini didasari oleh DAS Siak memiliki ketersediaan data suhu udara, data curah hujan, data tata guna lahan, dan data tekstur tanah yang cukup lengkap serta DAS Siak mempunyai beberapa stasiun pencatat hujan.

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera (BWSS) III, yaitu sebagai berikut:

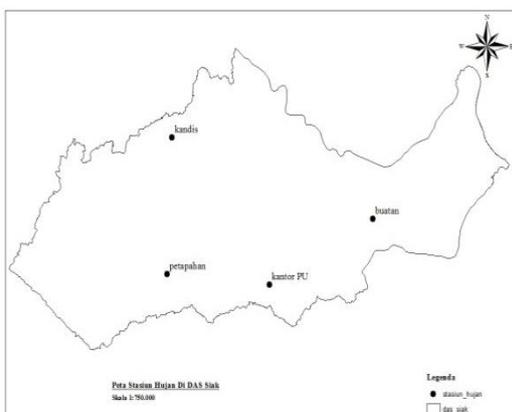
1. Data curah hujan DAS Siak tahun pengamatan 2006-2015 dengan empat stasiun pencatat hujan.

Tabel 2. Stasiun Hujan DAS Siak

Stasiun Hujan	Elevasi (m)
Buatan	6
Kandis	30
Petapahan Baru	40
Pekanbaru	3,5

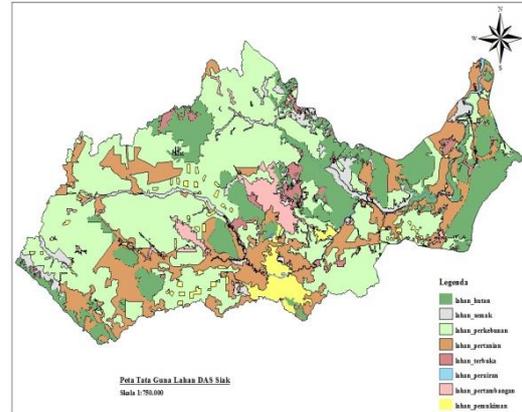
Sumber: (Balai Wilayah Sungai Sumatera III)

2. Data klimatologi meliputi data suhu. Data klimatologi yang tersedia di lokasi studi *hanya* Stasiun Klimatologi Buatan tahun pengamatan 2006 sampai dengan 2015, sehingga perlu dilakukan analisis suhu udara.



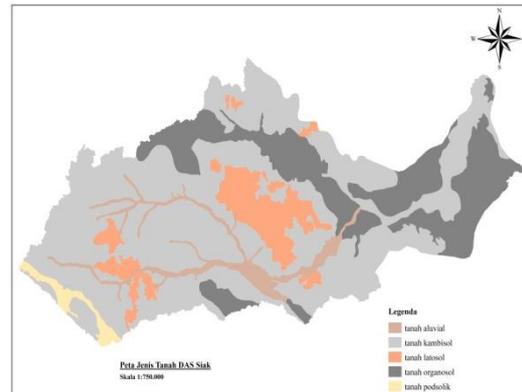
Gambar 3. Peta Stasiun Hujan
Sumber: (Balai Wilayah Sungai Sumatera III)

3. Peta tata guna lahan DAS Siak tahun 2014.



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan
Sumber: (Balai Wilayah Sungai Sumatera III)

4. Peta jenis tanah DAS Siak tahun 2014.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah
Sumber: (Balai Wilayah Sungai Sumatera III)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Suhu Udara (T)

Analisis suhu udara dilakukan karena pada Stasiun Hujan Kandis, Stasiun Hujan Petapahan Baru dan Stasiun Hujan Pekanbaru tidak memiliki data suhu udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pendugaan suhu udara menggunakan data suhu udara acuan dari Stasiun Hujan Buatan. Analisis suhu udara dilakukan dengan cara *Mock*, yaitu:

$$\Delta T = 0,006 (Z_1 - Z_2) \quad (1)$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T \quad (2)$$

dengan:

ΔT = Selisih temperatur udara masing-masing stasiun ($^{\circ}\text{C}$)

Z_1 = Ketinggian stasiun acuan (m)

Z_2 = Ketinggian curah hujan yang diperhitungkan (m)

T_2 = Suhu udara yang dianalisis ($^{\circ}\text{C}$)

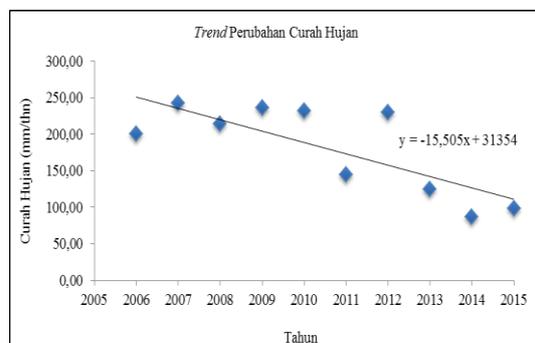
T_1 = Suhu udara acuan bulan ke-i ($^{\circ}\text{C}$)

4.2 Analisis Variabilitas Iklim

Sebelum melakukan analisis indeks kekeringan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* pada DAS Siak terlebih dahulu dilakukan analisis variabilitas iklim yang bertujuan untuk mengetahui variasi kejadian perubahan iklim pada DAS Siak tersebut. Jika terjadi perubahan iklim seperti peningkatan suhu udara dan penurunan curah hujan maka akan menyebabkan terjadinya kekeringan.

A. Trend Perubahan Curah Hujan

Trend perubahan curah hujan merupakan analisis yang menunjukkan variasi kejadian perubahan curah hujan. Dalam penelitian ini *trend* perubahan curah hujan dianalisis untuk mengetahui apakah curah hujan rata-rata DAS Siak mengalami kecenderungan penurunan atau peningkatan setiap tahunnya mulai dari tahun pengamatan 2006-2015.

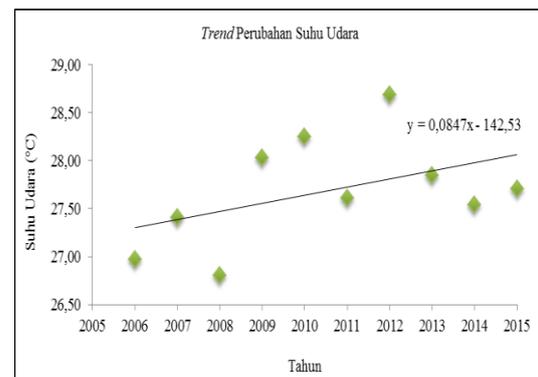


Gambar 6. Grafik *Trend* Perubahan Curah Hujan DAS Siak

Data masukan pada grafik *trend* perubahan curah hujan adalah nilai rata-rata curah hujan keempat stasiun hujan setiap tahunnya, mulai dari tahun pengamatan 2006-2015. Dari Gambar 6. terlihat bahwa curah hujan rata-rata DAS Siak mulai tahun pengamatan 2006-2015 mengalami penurunan sebesar 15,50 mm/thn.

B. Trend Perubahan Suhu Udara

Trend perubahan suhu udara merupakan analisis yang menunjukkan variasi kejadian perubahan suhu udara. Dalam penelitian ini *trend* perubahan suhu udara dianalisis untuk mengetahui apakah suhu udara rata-rata DAS Siak mengalami kecenderungan penurunan atau peningkatan setiap tahunnya mulai dari tahun pengamatan 2006-2015. Data masukan pada grafik *trend* perubahan suhu udara adalah nilai rata-rata suhu udara keempat stasiun hujan setiap tahunnya, mulai dari tahun pengamatan 2006-2015.



Gambar 7. Grafik *Trend* Perubahan Suhu Udara DAS Siak

Dari Gambar 7. di atas terlihat bahwa suhu udara rata-rata DAS Siak mengalami peningkatan sebesar 0,08 $^{\circ}\text{C}$ per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi studi terjadi perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu udara tersebut.

4.3 Indeks Kekeringan Metode Thornthwaite Mather

Metode ini menekankan pentingnya faktor suhu udara (T) dan curah hujan (P) sebagai data masukan, selain itu juga dibutuhkan parameter kelengasan tanah sebagai pemeroses sehingga nantinya dihasilkan evapotranspirasi potensial (PE). Maka hubungan antara kekurangan kelengasan tanah dan evapotranspirasi potensial (PE) akan menghasilkan indeks kekeringan (Ia).

A. Evapotranspirasi Potensial (PE)

Evapotranspirasi potensial adalah evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang tersedia berlebihan. Dihitung berdasarkan Persamaan:

1) Menghitung indeks panas (i)

$$I = (T/5)^{1,514} \quad (3)$$

2) Menghitung Jumlah indeks panas dalam setahun (I)

$$I = \sum i \quad (4)$$

3) Menghitung nilai a

$$a = (0,675 \cdot 10^{-6} \cdot I^3) - (0,77 \cdot 10^{-4} \cdot I^2) + 0,01792 \cdot I + 0,49239 \quad (5)$$

4) Menghitung evapotranspirasi potensial belum terkoreksi (Pex)

$$Pex = 16 (10T/I)^a \quad (6)$$

5) Menghitung evapotranspirasi potensial (PE), dikalikan dengan faktor terkoreksi (f).

$$PE = f \cdot Pex \quad (7)$$

B. Analisis APWL

Nilai akumulasi potensi kehilangan air tanah (*Accumulation Potential Water Loss, APWL*) adalah nilai akumulatif bulanan dari selisih curah hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (PE). Dalam menghitung APWL ada dua ketentuan, yaitu pada periode $P-PE > 0$ terjadi bulan basah, maka nilai APWL sama dengan 0 (nol) dan pada periode $P-PE < 0$ terjadi bulan kering,

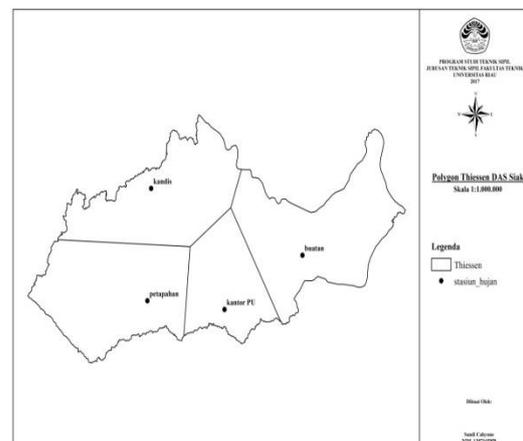
maka nilai APWL didapat dengan cara menjumlahkan nilai APWL bulan sebelumnya dengan nilai $P-PE$ pada bulan yang dianalisis.

- 1) Pada ($P > PE$) bulan basah, maka nilai APWL sama dengan nol.
- 2) Pada ($P < PE$) bulan kering, dengan menjumlahkan nilai selisih ($P-PE$) setiap bulan dengan nilai ($P-PE$) bulan sebelumnya.

C. Kelengasan Tanah pada Kapasitas Lapang (STo)

Kelengasan tanah pada kapasitas lapang (STo) sama dengan kapasitas tanah dalam menyimpan air (*Water Holding Capacity, WHC*). Kelengasan tanah pada kapasitas lapang (STo) adalah jumlah air maksimum yang dapat disimpan di dalam lapisan tanah yang besarnya ditentukan oleh porositas tanah dan kedalaman akar. Perhitungan kelengasan tanah pada kapasitas lapang (STo) setiap stasiun hujan dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS* dengan langkah-langkah:

- 1) Menggambar peta *polygon thiessen* berdasarkan peta DAS dan peta stasiun hujan, dengan cara mengaktifkan *extention "create thiessen polygons"*.



Gambar 8. *Polygon Thiessen* DAS Siak

- 2) Menghitung *area* tata guna lahan, berdasarkan Gambar 4. dilakukan perhitungan *area* masing-masing tata guna lahan.

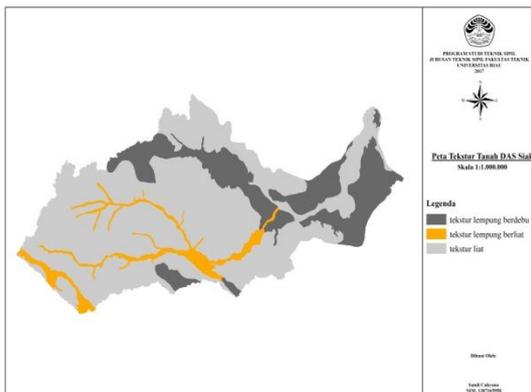
Tabel 3. Tata Guna Lahan

Tata Guna Lahan	Area (km ²)
Hutan	2200,05
Semak	584,87
Perkebunan	5276,84
Pertanian	2253,08
Terbuka	286,63
Perairan	66,72
Pertambangan	330,77
Pemukiman	481,84
Jumlah	11480,80

- 3) Menggambar peta tekstur tanah, yaitu dimulai dengan menghitung *area* jenis tanah pada Gambar 5. Selanjutnya membuat peta tekstur tanah dengan menggunakan *software ArcGIS*.

Tabel 4. Jenis Tanah

Tekstur Tanah	Area (km ²)
Organosol	2.649,19
Aluvial	557,32
Podsolik	178,66
Kambisol	7.036,87
Latosol	1.058,76
Jumlah	11480,80

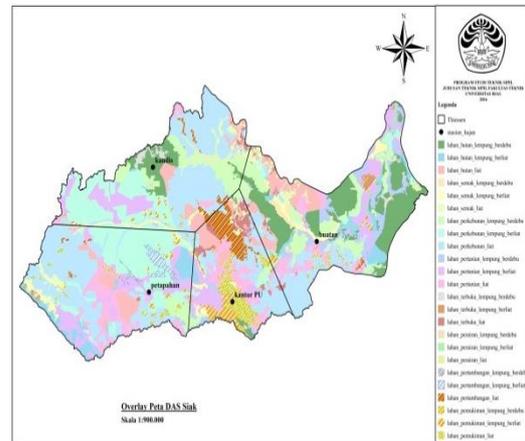


Gambar 9. Peta Tekstur Tanah DAS Siak

Tabel 5. Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	Area (km ²)
Lempung Berdebu	2565,40
Lempung Berliat	3641,21
Liat	5274,19
Jumlah	11480,80

- 4) Menggabungkan (*overlay*) peta *polygon thiessen*, peta tata guna lahan dan peta tekstur tanah. Selanjutnya menghitung *area* setiap stasiun hujan.



Gambar 10. Overlay Peta DAS Siak

- 5) Menghitung nilai *STo*
Kelembaban tanah = proporsi x air tersedia x zona perakaran.
 6) Menghitung total nilai *STo*
 $STo = \sum \text{kelembaban tanah}$

D. Kelengasan Tanah (*ST*)

Kelengasan tanah (*ST*) adalah kandungan air tanah pada zona perakaran tanaman. Dalam menghitung kelengasan tanah (*ST*), yaitu:

- a) Pada bulan basah ($P > PE$), maka nilai *ST* untuk tiap bulannya sama dengan *STo*.
 b) Pada bulan kering ($P < PE$), maka nilai *ST* untuk tiap bulannya dihitung dengan menggunakan Persamaan (8).

$$ST = Sto \cdot e^{-(APWL/Sto)} \quad (8)$$

Selanjutnya menghitung perubahan kelengasan tanah (ΔST) dilakukan dengan cara mengurangi nilai kelengasan tanah (ST) pada bulan yang bersangkutan dengan nilai kelengasan tanah (ST) pada bulan sebelumnya.

E. Evapotranspirasi Aktual (AE)

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi air yang tersedia terbatas. Dalam menghitung AE , yaitu:

- Untuk ($P > PE$), bulan basah, maka nilai $AE = PE$.
- Untuk ($P < PE$), bulan kering, maka nilai AE dengan persamaan (9).

$$AE = P - \Delta ST \quad (9)$$

F. Suplus (S)

Suplus atau kelebihan lengas tanah yang terjadi didapat dengan menghitung selisih antara ($P-PE$) dengan ΔST . Jika hasil perhitungan negatif (-) maka nilai S dianggap nol (0).

$$S = (P-PE) - \Delta ST \quad (10)$$

G. Defisit (D)

Defisit atau kekurangan lengas tanah yang terjadi, yaitu menghitung selisih antara PE dengan AE .

$$D = PE - AE \quad (11)$$

H. Indeks Kekeringan (Ia)

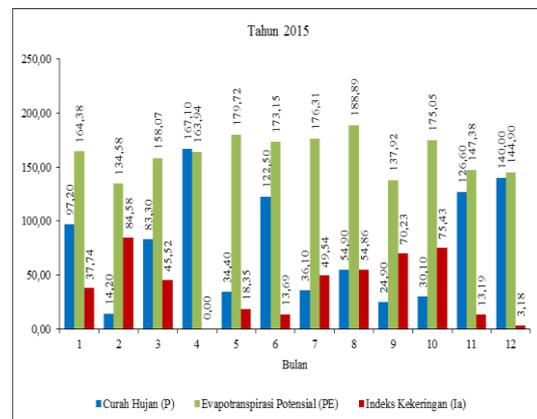
Indeks kekeringan dihitung dengan nilai persentase perbandingan antara nilai *defisit* air dengan PE .

$$Ia = (D/PE) \times 100 \quad (12)$$

I. Grafik Perbandingan

Dalam menganalisis indeks kekeringan meteorologis menggunakan metode *Thornthwaite Mather*, dimana metode ini menekankan pentingnya data curah hujan (P) dan data suhu udara ($^{\circ}C$) yang berpengaruh terhadap analisis evapotranspirasi potensial (PE).

Sehingga dalam analisis ini dibandingkan antara data masukan curah hujan (P), evapotranspirasi potensial (PE) hasil analisis dan indeks kekeringan (Ia) hasil analisis. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara ketiga parameter tersebut, yang kemudian ditampilkan dalam sebuah grafik.



Gambar 11. Grafik Perbandingan

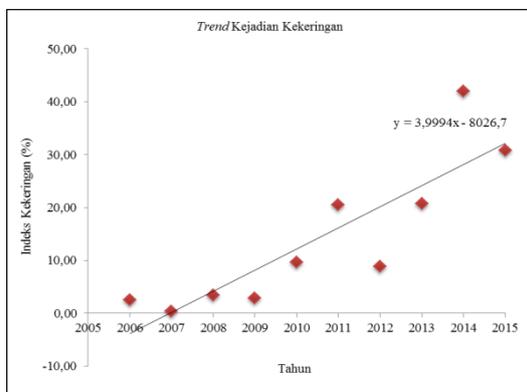
Dari Gambar 11. dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara curah hujan (P), evapotranspirasi potensial (PE) dan indeks kekeringan (Ia), yaitu jika $P > PE$ (periode bulan basah) maka tidak terjadi kekeringan ($Ia=0$), sebaliknya jika $P < PE$ (periode bulan kering) maka terjadi kekeringan. Pada periode bulan kering $P < PE$ jumlah air hujan tidak mencukupi kebutuhan air yang digunakan oleh tanaman, sehingga terjadi kekurangan kelengasan tanah (*moisture deficiency*). Hubungan antara kekurangan kelengasan tanah (*moisture deficiency*) dan evapotranspirasi potensial (PE) menghasilkan indeks kekeringan (Ia).

4.4 Trend Kejadian Kekeringan

Dalam analisis variabilitas iklim diketahui bahwa pada DAS Siak terjadi perubahan iklim, yaitu penurunan curah hujan dan peningkatan suhu udara.

Perubahan iklim tersebut menyebabkan terjadinya kekeringan dimana rata-rata curah hujan setiap tahunnya mengalami penurunan sedangkan suhu udara yang berpengaruh terhadap analisis evapotranspirasi potensial, rata-ratanya setiap tahun mengalami peningkatan. Singkatnya, rata-rata curah hujan pertahun lebih kecil dari pada rata-rata evapotranspirasi potensial pertahun sehingga menyebabkan terjadinya periode tahun kering.

Trend kejadian kekeringan merupakan analisis yang menunjukkan variasi kejadian kekeringan yang terjadi selama kurun waktu tertentu. Data masukan pada grafik *trend* kejadian kekeringan adalah nilai rata-rata indeks kekeringan keempat stasiun hujan setiap tahunnya mulai dari tahun pengamatan 2006-2015 seperti terlihat pada Gambar 12. di bawah ini.



Gambar 12. Grafik Trend Kekeringan

Dari Gambar 12. terlihat bahwa rata-rata kekeringan pada DAS Siak mulai tahun pengamatan 2006 sampai dengan tahun pengamatan 2015 mengalami peningkatan sebesar 3,99% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan antara *trend* perubahan curah hujan dengan *trend* perubahan suhu udara sehingga menyebabkan *trend* kejadian kekeringan.

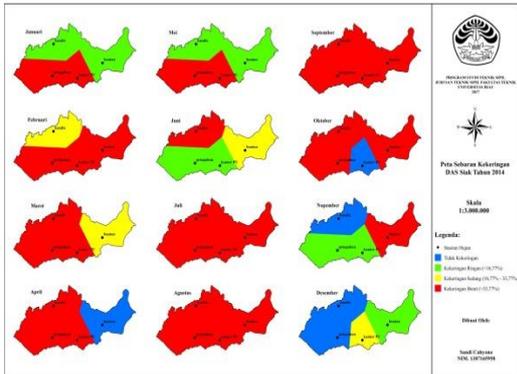
4.5 Peta sebaran Kekeringan

Kondisi iklim di DAS Siak berdasarkan analisis variabilitas iklim adalah mengalami perubahan iklim, yaitu ditandai dengan meningkatnya suhu udara yang diikuti dengan menurunnya curah hujan. Kondisi perubahan atau penyimpangan iklim ini menyebabkan terjadinya *El Nino* yaitu terjadinya bulan-bulan kering dalam durasi (jangka waktu) yang lama. Kondisi ini memberikan efek pada tingkat intensitas dan frekuensi curah hujan yang semakin berkurang (menurun) bahkan pada periode bulan-bulan basah seperti bulan September, Oktober, Nopember masih juga terjadi kekeringan tingkat berat.

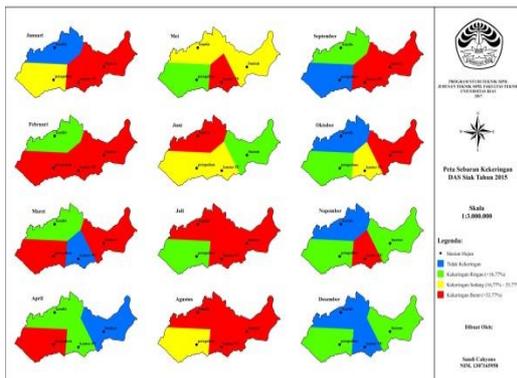
Penggambaran peta sebaran kekeringan digunakan untuk menggambarkan hasil analisis indeks kekeringan kedalam sebuah peta dan untuk mengetahui lebih jelas durasi periode bulan kering yang menyebabkan terjadinya kekeringan. Dalam menggambarkan peta sebaran kekeringan pada DAS Siak dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS*. Penggambaran peta sebaran kekeringan ini didasarkan pada peta *polygon thiessen* serta berdasarkan hasil analisis indeks kekeringan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* dengan tingkat kekeringan sesuai Tabel 1.

Tingkat kekeringan yang terjadi ditampilkan dalam tiga warna dengan dasar pemilihan warna sesuai peta indeks resiko bencana kekeringan Provinsi Riau yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), yaitu, warna hijau menunjukkan kekeringan tingkat ringan ($Ia < 16,77\%$), warna kuning menunjukkan kekeringan tingkat sedang ($16,77\% > Ia < 33,33\%$), dan warna merah menunjukkan kekeringan tingkat

berat ($Ia > 33,33\%$). Untuk wilayah stasiun hujan yang tidak mengalami kekeringan di ditampilkan dalam warna biru.



Gambar 13. Peta Sebaran Kekeringan DAS Siak Tahun 2014



Gambar 14. Peta Sebaran Kekeringan DAS Siak Tahun 2015

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan:

- 1) Hasil analisis indeks kekeringan menggunakan metode *Thornthwaite Mather* pada DAS Siak menunjukkan bahwa rata-rata indeks kekeringan wilayah Stasiun Hujan Buatan adalah 13,89% per tahun, rata-rata indeks kekeringan wilayah Stasiun Hujan Kandis adalah 10,50% per tahun, rata-rata indeks kekeringan wilayah Stasiun

Hujan Petapahan Baru adalah 11,84% per tahun, dan rata-rata indeks kekeringan wilayah Stasiun Hujan Pekanbaru adalah 20,54% per tahun.

- 2) Gambaran peta sebaran kekeringan DAS Siak dari hasil analisis terlihat bahwa kekeringan terus mengalami peningkatan per tahunnya. Tingkat kekeringan terberat terjadi pada 2014 dengan durasi kekeringan berat terjadi mulai Januari sampai Nopember, kemudian berlanjut hingga 2015, dimana tingkat kekeringan berat juga terjadi mulai Januari sampai Nopember. Hal ini sesuai dengan peta indeks resiko bencana kekeringan Provinsi Riau yang dikeluarkan oleh BNPB (2010) dan sesuai dengan pernyataan BNPB (2015).

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat digunakan sebagai rekomendasi:

- 1) Untuk penelitian lebih lanjut data suhu udara dan data curah hujan yang akan dipergunakan sebagai data masukan terlebih dahulu dilakukan pengujian data, dengan tujuan untuk mengetahui kualitas data dan keandalan data.
- 2) Untuk mendapatkan hasil analisis indeks kekeringan yang akurat diperlukan daerah yang mempunyai wilayah luas dan semua data yang dibutuhkan berada di dalam cakupan wilayah, serta mempunyai data curah hujan yang panjang karena semakin panjang data curah hujan yang dimiliki maka dapat dilihat trend kekeringan yang terjadi. Kelengkapan data juga perlu diperhatikan, sehingga tidak menggunakan pendekatan-pendekatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- BMKG. (2011). *Penyuluhan Pertanian dalam Rangka Peningkatan Kesadaran Petani Terhadap Isu-isu Perubahan Iklim Serta Mitigasi dan Adaptasinya*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
- BNPB. (2010). *Peta Indeks Resiko Bencana Kekeringan di Provinsi Riau*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).
- BNPB. (2012). *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).
- BNPB. (2015). <http://www.bnpb.go.id/berita/2554/dampak-el-nino-tahun-2015-terhadap-kekeringan-di-indonesia>. Diakses tanggal 30 Agustus 2016.
- Departemen PU. (2005). *Penataan Ruang Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak Provinsi Riau*. Pekanbaru: Departemen Pekerjaan Umum.
- Ersyidarfia, N., Fauzi, M., & Sujatmoko, B. (2012). *Perhitungan Indeks Kekeringan Menggunakan Teori Run pada DAS Indragiri*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Gunawan, T. & Murti, S.H. (2007). *Pengelolaan Sumberdaya Air*. Jakarta: Alami (Jurnal Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana).
- Handayani, Y.L., Hendri, A., & Suherly, H. (2007). *Pemilihan Metode Intensitas Hujan yang Sesuai dengan Karakteristik Stasiun Pekanbaru*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Hatmoko, W. (2012). *Indeks Kekeringan Hidrologi untuk Alokasi Air di Indonesia*. Bandung: Puslitbang SDA.
- Jauhari, M. (2015). *Penerapan Metode Thornthwaite Mather dalam Analisa Kekeringan Di DAS Dodokan Kabupaten Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Kafindo, A.N. (2015). *Analisa Kekeringan Menggunakan Metode Thornthwaite Mather pada Sub-sub DAS Keyang Kabupaten Ponorogo*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Lasmana, I. (2008). *Analisis Kekeringan di Kabupaten Kupang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Mujtahiddin, M.I. (2014). *Analisis Spasial Indeks Kekeringan Kabupaten Indramayu*. Bandung: Stasiun Geofisika.
- Muliawan, H. (2014). *Analisa Indeks Kekeringan dengan Metode Standardized Precipitation Index (SPI) dan Sebaran Kekeringan dengan Geographic Information System (GIS) Pada DAS Ngrowo*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nugroho, A. (1989). *Beberapa Teori dan Aplikasi Rumus Thornthwaite Mather untuk Menghitung Jumlah Cadangan Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

- Nurrahman, F.I., & Pamungkas, A. (2013). *Identifikasi Sebaran Daerah Rawan Bahaya Kekeringan Meteorologi di Kabupaten Lamongan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Oktaviani, S. (2015). *Analisis Kekeringan dengan Menggunakan Metode Theory Of Run Studi Kasus DAS Ciujung*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Pramono, I.B., & Adi, R.N. (2010). *Perbandingan Hasil Estimasi Potensi Air Bulanan dan Hasil Pengukuran Langsung Di Sub DAS Wuryantoro Wonogiri*. Solo: Balai Penelitian Kehutanan.
- Soemarto, C.D. (1986). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (2000). *Hidrologi Operasional Jilid Kesatu*. Bandung: Aditya Bakti.
- Solikhati, I. (2013). *Studi Identifikasi Indeks Kekeringan Hidrologis pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Studi Kasus pada DAS Brantas Bagian Hulu: Sub DAS Upper Brantas, Sub DAS Bangosari dan Sub DAS Amprong*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2009). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Widyaningsih, I.W. (2008). *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Di Sub DAS Keduang Ditinjau dari Aspek Hidrologi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wijayanti, P., Noviani, R., & Tjahjono, A.J. (2015). *Dampak Perubahan Iklim Terhadap Imbangan Air Secara Meteorologis dengan Menggunakan Metode Thornthwaite Mather untuk Analisis Kekritisn Air di Karst Wonogiri*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.