

Pengembangan Peta Pola Evapotranspirasi Potensial dengan Menggunakan Software ArcGIS 10.3 untuk Wilayah Kabupaten Sumenep

Firman Abani⁽¹⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yos Soedarso; firmanabani@uniyos.ac.id

Kuntjoro⁽²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yos Soedarso; kuntjoro@uniyos.ac.id

ABSTRACT

Not all regions in East Java has a station meteorology, climatology and geophysics. Data from meteorological, climatology and geophysics stations is required to quantify the potential evapotranspiration. The magnitude of potential evapotranspiration in agricultural areas is very important to know, because it deals with the needs of local water for crop irrigation in an agricultural area. The method used to calculate the potential evapotranspiration is the method of Penman Modification. This method uses a complex parameter, in the form of data from meteorological, climatology and geophysics stations. In reality, not all regions have meteorological, the climatology and geophysics stations. ArcGIS is a computer system that can connect a few dots, combine, analyze and ultimately map the results. GIS can assist in carrying out mapping for the amount of potential evapotranspiration in the regions with the meteorology, climatology and geophysics station. With Spatial Analyst Tool with Interpolation method, produced 12 map information potential evapotranspiration values for regency Sumenep.

Keywords: *signalized intersection performance; delay analysis; queue analysis.*

ABSTRAK

Tidak seluruh daerah di Jawa Timur memiliki stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika. Data dari stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika diperlukan untuk melakukan perhitungan besaran evapotranspirasi potensial. Besaran evapotranspirasi potensial pada daerah pertanian sangat penting untuk diketahui, karena berhubungan dengan kebutuhan air daerah irigasi untuk tanaman pada suatu wilayah pertanian. Metode yang digunakan untuk menghitung besaran evapotranspirasi potensial adalah metode Penman Modifikasi. Metode ini menggunakan parameter yang kompleks, berupa data dari stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika. Pada kenyataannya tidak semua daerah mempunyai stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika tersebut. ArcGIS merupakan sistem komputer yang dapat menghubungkan beberapa titik, menggabungkan, menganalisa dan pada akhirnya memetakan hasilnya. ArcGIS dapat membantu dalam melaksanakan pemetaan untuk besaran evapotranspirasi potensial pada daerah yang memiliki stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika. Dengan Spatial Analyst Tool dengan metode Interpolation, menghasilkan 12 peta informasi nilai evapotranspirasi potensial untuk wilayah Kabupaten Sumenep.

Kata kunci: kinerja simpang bersinyal; analisa antian; analisa tundahan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hidrologi adalah salah satu ilmu pengetahuan yang mempelajari mengenai air di bumi. Dalam hidrologi dibahas mengenai terjadinya air di bumi, sirkulasi dan penyebaran air di bumi, serta sifat fisik dan kimia air yang berhubungan dengan lingkungan dan makhluk hidup. Didalamnya di kenal siklus hidrologi yang berarti pergerakan air secara terus menerus dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi. Proses yang terdapat dalam siklus hidrologi adalah presipitasi, misalnya curah hujan; cuaca seperti temperature, kelembaban, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, intensitas penyinaran matahari; evaporasi dan transpirasi; air permukaan; air bawah permukaan, misal infiltrasi dan perkolasi; dan air tanah.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian mengetahui metode yang sesuai untuk menentukan nilai evapotranspirasi potensial pada daerah di Kabupaten Sumenep. dan mengetahui nilai evapotranspirasi potensial di wilayah Kabupaten Sumenep. serta mengetahui hasil dari pengembangan peta nilai evapotranspirasi potensial setiap bulan di wilayah Kabupaten Sumenep, dimulai dari bulan Januari - Desember.

METODE

Analisa Data Evapotranspirasi Potensial

Data yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi potensial pada penelitian ini adalah data temperatur, data kelembaban udara, data kecepatan angin dan data lama penyinaran matahari. Setiap data diambil sesuai dengan posisi koordinat pada setiap stasiun meteorologi dan klimatologi serta ketinggian daerah diukur dari permukaan laut pada daerah yang ditinjau. Adapun posisi dari letak lintang dan bujur serta ketinggian untuk setiap daerah yang diamati dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Table 4.1

Tabel 4.1 Koordinat dan Ketinggian Stasiun Klimatologi Wilayah Kab. Sumenep

| No | Nama Stasiun | Koordinat | | Altitude |
|----|------------------------------------|-----------|------------|----------|
| | | Lintang | Bujur | (m) |
| 1 | Stasiun Meteorologi Kalianget | -7.041255 | 113.915804 | 252 |
| 2 | Stasiun Geofisika Pelab. Kalianget | -8.15000 | 112.45000 | 235 |
| 3 | Pos Klimatologi Lanud Trunojoyo | -7.023673 | 113.890562 | 262 |

Sumber : Penulis, 2019

Dalam penelitian ini, data yang digunakan sebagai parameter dalam perhitungan evapotranspirasi potensial digunakan data dengan rentang waktu 11 tahun untuk setiap daerah pengamatan. Masing-masing parameter diambil mulai dari tahun 2007 sampai dengan 2017. Dari data yang ada, akan digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial dengan menggunakan persamaan Penman Modifikasi untuk masing-masing daerah pengamatan

Parameter Klimatologi Untuk Analisa Evapotranspirasi Potensial

Berdasarkan dari nilai rata-rata data dengan kurun waktu 11 tahun di setiap stasiun, maka nilai dari masing-masing parameter yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi potensial untuk setiap stasiun meteorologi, klimatologi dan geofisika dapat

Kelembaban Udara

Jumlah data kelembaban udara kurun waktu 11 tahun, dengan dilakukan rata-rata untuk parameter kelembaban udara dihasilkan nilai parameter kelembaban udara tiap bulan untuk masing-masing stasiun meteorologi dan klimatologi wilayah Kab. Sumenep.

Penyinaran Matahari

Jumlah data penyinaran matahari kurun waktu 11 tahun, dengan dilakukan rata-rata untuk parameter penyinaran matahari dihasilkan nilai parameter penyinaran matahari tiap bulan untuk masing-masing stasiun meteorologi dan klimatologi wilayah Kab. Sumenep. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Data Penyinaran Matahari

| Bulan | Nama Stasiun Klimatologi (%) | | |
|-----------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Meteorologi Kalianget | Geofisika Pelab. Kalianget | Klimatologi Lanud Trunojoyo |
| Januari | 41.84 | 50.19 | 27.00 |
| Februari | 44.20 | 50.26 | 31.00 |
| Maret | 46.94 | 55.26 | 52.00 |
| April | 58.56 | 58.97 | 51.00 |
| Mei | 72.22 | 66.39 | 85.00 |
| Juni | 70.43 | 74.00 | 64.00 |
| Juli | 71.96 | 75.63 | 46.00 |
| Agustus | 76.45 | 80.43 | 66.00 |
| September | 79.71 | 74.13 | 71.00 |
| Oktober | 71.83 | 73.56 | 71.00 |
| November | 60.74 | 54.11 | 49.00 |
| Desember | 41.60 | 49.89 | 31.00 |

Sumber : Hasil Perhitungan Dari Data Met. Kalianget, Geofisika Pelab. Kalianget, Lanud Trunojoyo.

HASIL

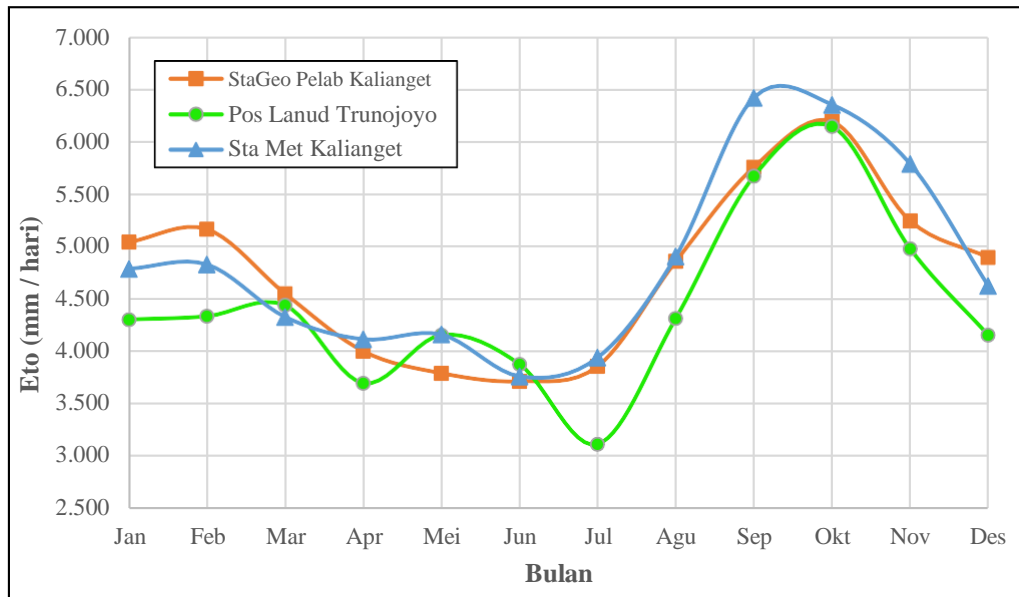
Rekapitulasi Hasil Analisa Evapotranspirasi Potensial

Rekapitulasi hasil perhitungan besaran evapotranspirasi potensial untuk Stasiun Meteorologi Kalianget, Stasiun Geofisika Pelab. Kalianget, dan Pos Klimatologi Lanud Trunojoyo dapat dilihat pada Tabel dituangkan dalam bentuk Gambar. Hasil perhitungan di 3 titik stasiun klimatologi di dapatkan nilai terbesar evapotranspirasi potensial (Eto) 6.42 mm/hari pada Stasiun Meteorologi Kalianget dan nilai terendah evapotranspirasi potensial (Eto) 3.12 mm/hari Pada Pos Klimatologi Lanud Trunojoyo.

Rekapitulasi Nilai Evapotranspirasi Potensial (mm/hari) bulan Januari-Desember

| Bulan | Meteorologi Kalianget | Geofisika Pelab. Kalianget | Klimatologi Lanud Trunojoyo |
|-----------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Januari | 4.791 | 5.046 | 4.307 |
| Februari | 4.832 | 5.169 | 4.339 |
| Maret | 4.332 | 4.555 | 4.443 |
| April | 4.120 | 4.006 | 3.700 |
| Mei | 4.164 | 3.796 | 4.160 |
| Juni | 3.766 | 3.718 | 3.882 |
| Juli | 3.945 | 3.862 | 3.118 |
| Agustus | 4.908 | 4.862 | 4.317 |
| September | 6.422 | 5.761 | 5.674 |
| Oktober | 6.355 | 6.198 | 6.149 |
| November | 5.791 | 5.249 | 4.984 |
| Desember | 4.629 | 4.900 | 4.158 |

Sumber : Hasil Perhitungan Dari Data Met. Kalianget, Geofisika Pelb. Kalianget, Lanud Trunojoyo.



Gambar Grafik Perbandingan Besaran Evapotranspirasi Potensial di 3 titik Satasiun Klimatologi.

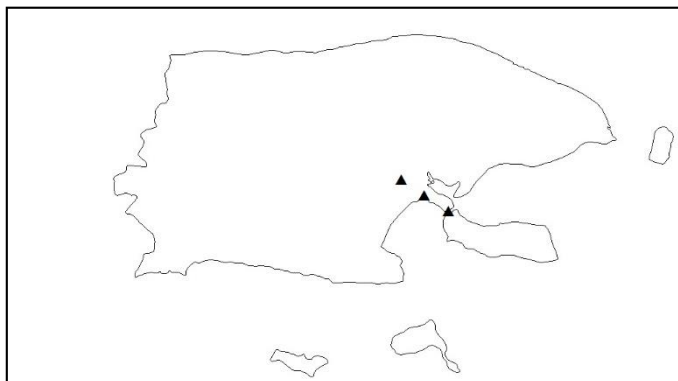
Sumber : Hasil Perhitungan Dari Data Met. Kalianget, Geofisika Pelb. Kalianget, Lanud Trunojoyo.

Analisa Pemetaan Evapotranspirasi Potensial Dengan Menggunakan ArcGis 10.3

Analisa pemetaan dengan menggunakan Software ArcGIS 10.3 terdapat beberapa tahapan yang dilakukan. Tahapan tersebut meliputi penyiapan peta dasar, penyiapan koordinat stasiun pengamatan dan analisis interpolasi menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*). Berikut tahapan pemetaan nilai evapotranspirasi potensial pada penelitian ini :

Penyiapan Peta Dasar

Langkah pertama dalam pemetaan ialah menyiapkan peta dasar, peta yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta wilayah Kab. Sumenep meliputi kota Sumenep dan kabupaten Sumenep. Peta dasar wilayah Kab. Sumenep dapat diperoleh dari file yang belum memiliki informasi apapun baik yang tersimpan didalam file maupun di file terpisah. Dalam pelaksanaannya digunakan peta seperti pada Gambar sebagai peta dasar.



Gambar Peta Dasar Kab. Sumenep

Sumber : ina – Geoportal (<http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>)

Penyiapan Koordinat Stasiun Pengamatan

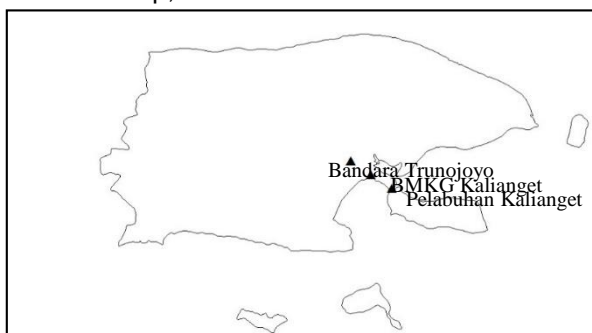
Koordinat yang tersedia dalam masing-masing stasiun pengamatan adalah koordinat UTM. UTM merupakan metode grid berbasis menentukan lokasi di permukaan bumi yang merupakan aplikasi praktis dari 2 dimensi. Koordinat UTM yang biasa disebut sebagai koordinat grid satuan yang digunakan adalah meter, karena yang menggunakan grid yaitu dalam satuan jarak. Berikut ini merupakan daftar koordinat UTM stasiun pengamatan dalam Tabel

Tabel Daftar Koordinat Stasiun Pengamatan

| No | Nama Stasiun | Koordinat UTM | |
|----|------------------------------------|---------------|------------|
| | | X | Y |
| 1 | Stasiun Meteorologi Kalianget | -7.041255 | 113.915804 |
| 2 | Stasiun Geofisika Pelab. Kalianget | -8.15000 | 112.45000 |
| 3 | Pos Klimatologi Lanud Trunojoyo | -7.023673 | 113.890562 |

Sumber : Penulis 2019

Dengan menggunakan koordinat UTM yang terdapat dalam Table 4.19, koordinat tersebut sebagai data input yaitu sumbu X dan sumbu Y dari masing- masing stasiun pengamatan. Berikut ini merupakan hasil input data koordinat X dan Y, kemudian masing-masing menjadi satu titik koordinat untuk masing-masing pengamatan untuk Kab. Sumenep, lihat Gambar



Gambar 4.3 Peta Titik Koordinat UTM Stasiun Pengamatan

Pemetaan Nilai Evapotranspirasi Potensial dengan Metode IDW (Inverse Distance Weighted)

Software komputer yang digunakan dalam pemetaan nilai evapotranspirasi potensial dalam penelitian ini adalah menggunakan Software ArcGIS 10.3. Software ArcMap yang merupakan program ArcGIS 10.3 terdapat ArcToolbox yang didalamnya tersedia Spatial Analyst Tool yang merupakan alat dalam menganalisa tata ruang dengan beberapa metode, di antaranya ialah *Interpolation IDW (Inverse Distance Weighted)*.

Penentuan hasil pada metode IDW berdasarkan pada asumsi bahwa nilai atribut Z (nilai yang di estimasi) pada titik yang tidak didata adalah merupakan fungsi jarak dan nilai rata-rata titik yang berada disekitarnya. Hasil interpolasi tergantung dari seberapa kuat sebuah titik data yang diketahui mempengaruhi daerah di sekitarnya. Selain itu juga jumlah titik di sekitarnya yang digunakan untuk menghitung rata rata nilai, serta ukuran pixel/raster yang dikehendaki. Karena metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel (Handareni, 2015).

Sebelum melakukan pemetaan dengan metode IDW, nilai atribut Z atau pada penelitian ini nilai Eto tiap bulan pada setiap stasiun Pengamatan harus di input terlebih dahulu (lihat Tabel).

Tabel Nilai Eto (atribut Z) tiap bulan pada setiap stasiun klimatologi

| FID | Shape * | stasiun | x | y | F_T_°C | F_n_N | F_RH | F_u_Km_Ja | F_Eto_mm |
|-----|----------|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 0 | Point ZM | Pelabuhan Kalianget | 112.45000 | -8.15000 | 23.718402 | 41.844868 | 80.953292 | 6.007574 | 4.790944 |
| 1 | Point ZM | BMKG kaliangnet | 113.915804 | -7.041255 | 25.649091 | 49.265 | 83.878182 | 5.121818 | 5.046354 |
| 2 | Point ZM | Bandara Udara Trunojoyo | 113.890562 | -7.023673 | 24.37 | 27 | 85.4 | 8.48 | 4.30747 |

Sumber : Hasil Pemetaan Menggunakan ArcGIS

Keterangan :

F_T_°C = Suhu rata-rata (°C)

F_n_N = Penyinaran matahari (%)

F_RH = Kelembaban udara (%)

F_u = Kecepatan angin (Km/Jam)

Nilai Eto bulan Januari – Desember tersebut sebagai data input nilai yang di estimasi (atribut Z) dari masing-masing stasiun pengamatan. Dengan interpolasi metode IDW proses pemetaan dapat dilakukan dengan data input pada Tabel 4.20 dengan keterangan notasi X untuk Latitude, Y untuk Longitude dan Z (Januari – Desember) untuk nilai evapotranspirasi potensial (mm/hari). Berikut hasil dari proses interpolasi nilai evapotranspirasi potensial bulan Januari – Desember menggunakan metode IDW di wilayah Kab. Sumenep

Peta Nilai Evapotranspirasi Potensial Bulan Januari

Hasil perhitungan evapotranspirasi potensial Bulan Januari dengan menggunakan ArcGIS dapat dilihat pada Tabel. Hasil dari proses interpolasi nilai evapotranspirasi potensial bulan Januari menggunakan metode IDW di wilayah Kab. Sumenep.

Tabel: Input Analisis Evapotranspirasi Potensial Dengan ArcGIS Bulan Januari

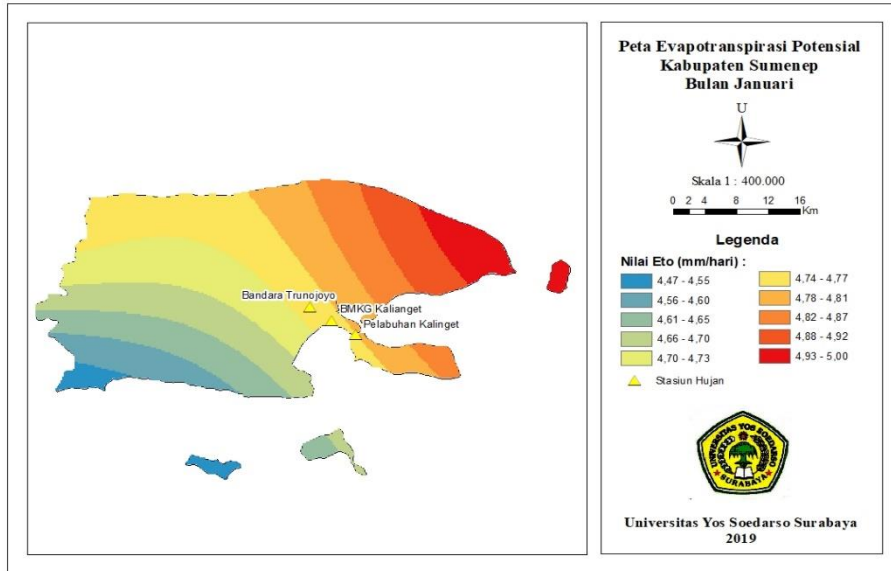
| FID | Shape * | stasiun | x | y | F_T_°C | F_n_N | F_RH | F_u | ea | W | Ra | F_t |
|-----|----------|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|-------|------|---------|
| 0 | Point ZM | Pelabuhan Kalianget | 112.45000 | -8.15000 | 23.718402 | 41.844868 | 80.953292 | 6.007 | 29.321 | 0.738 | 15.9 | 15.0343 |
| 1 | Point ZM | BMKG kaliangnet | 113.915804 | -7.041255 | 25.649091 | 49.265 | 83.878182 | 5.121 | 32.933 | 0.752 | 15.9 | 15.0812 |
| 2 | Point ZM | Bandara Udara Trunojoyo | 113.890562 | -7.023673 | 24.37 | 27 | 85.4 | 8.48 | 30.503 | 0.739 | 15.9 | 15.0492 |

Sumber : Hasil Perhitungan di ArcGIS

Tabel : Output Analisis Evapotranspirasi Potensial Dengan ArcGIS Bulan Januari

| FID | Shape * | stasiun | x | y | ed | ea_ed | f_W | Fu | F_ed | FnN | Rs | Rns | Rnl | Rn | c | Eto |
|-----|----------|-------------------------|------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|
| 0 | Point ZM | Pelabuhan Kalianget | 112.45000 | -8.15000 | 23.736 | 5.584 | 0.261 | 0.659 | 0.125 | 0.476 | 7.324 | 5.493 | 0.900 | 4.593 | 1.1 | 4.79 |
| 1 | Point ZM | BMKG kaliangget | 113.915804 | -7.041255 | 27.623 | 5.309 | 0.247 | 0.601 | 0.108 | 0.543 | 7.916 | 5.937 | 0.891 | 5.046 | 1.1 | 5.04 |
| 2 | Point ZM | Bandara Udara Trunojoyo | 113.890562 | -7.023673 | 26.049 | 4.453 | 0.260 | 0.819 | 0.115 | 0.343 | 6.140 | 4.605 | 0.595 | 4.009 | 1.1 | 4.30 |

Sumber : Hasil Perhitungan di ArcGIS



Gambar : Peta Nilai Evapotranspirasi Potensial Bulan Januari

Sumber : Hasil Pemetaan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan “Pengembangan Peta Pola Evapotranspirasi Potensial Dengan Menggunakan Software ArcGIS 10.3 Untuk Wilayah Kabupaten Sumenep”, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan nilai Eto di wilayah Kabupaten Sumenep didapatkan nilai terbesar evapotranspirasi potensial (Eto) 6.42 mm/hari pada bulan September di Stasiun Meteorologi Kalianget dan nilai terendah evapotranspirasi potensial (Eto) 3.12 mm/hari di bulan Juli Pada Pos Klimatologi Landasan Udara Trunojoyo.
2. Hasil Pemetaan nilai evapotranspirasi potensial bulanan menggunakan *Spatial Analyst Interpolation - IDW* didapatkan :
 - Nilai Eto pada bulan Januari diperoleh nilai Eto terbesar 5.05 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.31 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Februari diperoleh nilai Eto terbesar 5.09 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.34 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Maret diperoleh nilai Eto terbesar 4.55 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.33 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan April diperoleh nilai Eto terbesar 4.12 mm/hari dan nilai Eto terendah 3.70 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Mei diperoleh nilai Eto terbesar 4.16 mm/hari dan nilai Eto terendah 3.80 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Juni diperoleh nilai Eto terbesar 3.89 mm/hari dan nilai Eto terendah 3.72 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Juli diperoleh nilai Eto terbesar 3.12 mm/hari dan nilai Eto terendah 3.94 mm/hari.

- Nilai Eto pada bulan Agustus diperoleh nilai Eto terbesar 4.91 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.32 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan September diperoleh nilai Eto terbesar 6.42 mm/hari dan nilai Eto terendah 5.67 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Oktober diperoleh nilai Eto terbesar 6.35 mm/hari dan nilai Eto terendah 6.15 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Nopember diperoleh nilai Eto terbesar 5.79 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.98 mm/hari.
 - Nilai Eto pada bulan Desember diperoleh nilai Eto terbesar 4.90 mm/hari dan nilai Eto terendah 4.16 mm/hari.
3. Nilai Eto untuk wilayah irigasi di Kabupaten Sumenep, diambil dari beberapa kecamatan di kabupaten Sumenep, Kota Sumenep, Kecamatan Ambunten, Kecamatan Dungkek, Kecamatan Ganding, Kecamatan Manding, Kecamatan Gapura, Kecamatan Lenteng, Kecamatan Saronggi, dan kecamatan Pragaan.:
- Kecamatan Ambunten nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Ambunten tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.20 – 6.23 mm/hari dan terendah pada bulan Juni sebesar 3.74 – 3.75 mm/hari.
 - Kecamatan Dungkek nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Dungkek tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.22 – 6.23 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.54 – 3.70 mm/hari.
 - Kecamatan Ganding nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Ganding tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.22 – 6.23 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.62 – 3.70 mm/hari.
 - Kecamatan Manding nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Manding tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.22 – 6.23 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.71 – 3.78 mm/hari.
 - Kecamatan Gapura nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Gapura tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.20 – 6.23 mm/hari dan terendah pada bulan Juni sebesar 3.74 – 3.75 mm/hari.
 - Kecamatan Lenteng nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Lenteng tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.32 - 6.33 mm/hari dan terendah pada bulan Juni sebesar 3.78 – 3.79 mm/hari.
 - Kecamatan Saronggi nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Saronggi tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.32 - 6.33 mm/hari dan terendah pada bulan Juni sebesar 3.78 – 3.79 mm/hari.
 - Kecamatan Pragaan nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Pragaan tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.30 - 6.31 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.71 – 3.78 mm/hari.
 - Kecamatan Parenduan nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Parenduan tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.26 - 6.29 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.61 – 3.70 mm/hari.
 - Kecamatan Kota Sumenep nilai evapotranspirasi potensial untuk kecamatan Kota Sumenep tertinggi berada pada bulan Oktober sebesar 6.22 - 6.27 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 3.46 – 3.61 mm/hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ariyani, Dwi (2015), *Hidrologi*, Univ. Pancasila, Jakarta
2. Asdak, Chay, (2010), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
3. Barkey, dkk.2009. *Sistem Informasi Geografi*. Makassar: UNHAS.
4. Ersin Seyhan (1990), *Dasar-dasar Hidrologi*, Yogyakarta, Gadjah Mada University
5. Ekarini, Fr. Dian (2011), *Aplikasi GIS Untuk Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Di Kawasan Borobudur*, Yogyakarta

6. Hadisusanto, Nugroho, (2011), Aplikasi Hidrologi, Penerbit Yogya Mediautama, Malang
7. Indarto, (2010), Hidrologi, Penerbit Bumi Aksara, Jakarta
8. Kiyoto Mori (2003), *Hidrologi Untuk Pengairan*, Jakarta, Permas Pradnya Paramita
9. Nugroho, Jefri Ardian, (2010), Pemetaan Daerah Rawan Longsor Dengan
10. Pengindraan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis, Teknik Geomatika, ITS, Surabaya
11. Nusantara, Danayanti Azmi Dewi, (2012), Pemodelan Evapotranspirasi Potensial
12. Harian Menggunakan Data Driven, Teknik Sipil, ITS, Surabaya
13. Prahasta, Eddy, (2001), Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis, Informatika, Bandung
14. Soewarno, (2015), Seri Hidrologi Klimatologi, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
15. Sosrodarsono, S., dan K. Takeda, 2003. *Hidrologi untuk pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta. Triatmodjo, Bambang, (2008), Hidrologi Terapan, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta
16. <http://www.ogimet.com/> diakses pada bulan Juni sampai dengan Agustus tahun 2019
17. <http://dataonline.bmkg.go.id/home> diakses pada bulan Juni sampai dengan Agustus tahun 2019
18. Wulan Handareni (2015), *Interpolasi Data Metode IDW dan Kriging*, Departemen Geofisika dan Meteorologi IPB, Bogor