

LANDSAT 8 SEBAGAI DATA UNTUK ESTIMASI EVAPOTRANSPIRASI DENGAN MODEL KESEIMBANGAN ENERGI

Fazlurrahman Shomat
fazlurrahman.shomat@mail.ugm.ac.id

Sudaryatno
sudaryatno@ugm.ac.id

ABSTRACT

Evapotranspiration is one of the processes in the hydrological cycle. That is the total of water in the atmosphere from the surface to restore the land, bodies of water and vegetation. Evapotranspiration Calculation is still many calculation using the data in the field, but now there are technologies that can be used in the calculation of evapotranspiration using remotely sensed imagery.

Energy balance is one of the models developed for the calculation of evapotranspiration that uses the value of the total radiance of the Sun has been receipt by the Earth . Then change into sensible heat flux, soil heat flux, evapotranspiration and energy . From this equation can be used to calculate the value of the evapotranspiration that occurs in the area by using Landsat 8 imagery. Then the result of this energy balance model tested with the calculation method by Penman method and test with a test of the hypothesis with Chi Square test.

Key Words: Landsat 8, Evapotranspiration, Energy balance model

ABSTRAK

Evapotranspirasi merupakan salah satu proses dalam siklus hidrologi. Yaitu jumlah air total yang di kembalikan ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air dan vegetasi. Perhitungan evapotranspirasi ini masih banyak menggunakan data-data perhitungan lapangan, padahal sekarang telah terdapat teknologi yang dapat digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi yaitu dengan menggunakan citra penginderaan jauh.

Neraca Energi merupakan salah satu model yang dikembangkan untuk perhitungan evapotranspirasi yang menggunakan nilai dari radiansi total matahari yang di terima oleh bumi yang kemudian di rubah menjadi energi untuk memindahkan panas ke udara, energi untuk memindahkan panas ke dalam tanah, dan energi evapotranspirasi. Dari persamaan ini dapat dihitung nilai evapotranspirasi yang terjadi di daerah tersebut dengan menggunakan citra landsat 8. Kemudian hasil dari model keseimbangan energi ini di uji dengan perhitungan dengan metode Penman dan di uji dengan uji hipotesis *Chi Square*.

Kata Kunci: Landsat 8, Evapotranspirasi, Model Keseimbangan energi

Pendahuluan

Evapotranspirasi sebagai salah satu proses yang ada dalam siklus hidrologi, evapotranspirasi ini akan mempengaruhi beberapa proses yang terjadi sesudahnya, sehingga dengan mengetahui berapa besar evapotranspirasi yang terjadi dapat mempengaruhi beberapa proses yang terjadi sesudahnya.

memprediksi beberapa hal yang ada di dalam siklus hidrologi berikutnya.

Pengukuran evapotranspirasi yang dilakukan di Indonesia sekarang kebanyakan masih menggunakan metode-metode manual atau pengukuran secara langsung di lapangan, hal ini menjadikan dalam pengukurann evapotranspirasi ini membutuhkan waktu yang lama dan juga biaya yang besar dalam melakukan pengukuran di lapangan, selain itu hasil pengukuran yang dilakukan masih berupa titik, sehingga untuk mendapatkan data evapotranspirasi yang berupa luasan kita perlu melakukan beberapa estimasi atau interpolasi yang ada di sekitar titik tersebut, maka dengan hal ini diperlukan pengukuran secara luasan bukan sebuah titik.

Model kesetimbangan energi ini merupakan salah satu Model yang mengatakan jika radiasi total yang diterima oleh bumi merupakan sebuah hasil dari beberapa energi yang ada di bumi, yaitu energi terasa ke arah atmosfer (Soil Heat Flux), energi terasa ke udara (Sensible Heat Flux), energi evapotranspirasi dan sisanya digunakan untuk energi metabolisme, dari pendekatan ini kita dapat gunakan untuk mengestimasi evapotranspirasi suatu daerah.

Penggunaan teknologi pengideraan jauh sangat dapat membantu dalam melakukan estimasi Evapotranspirasi dengan

menggunakan Model Kesetimbangan Energi ini, Landsat 8 sebagai salah satu data penginderaan jauh paling baru dapat digunakan untuk mengekstraksi parameter-parameter estimasi evapotranspirasi tersebut, beberapa parameter dapat kita ekstrak dari data-data penginderaan jauh, parameter-parameter tersebut digunakan sebagai dasar dalam penghitungan nilai-nilai dari energi-energi dasar dalam pendekatan kesetimbangan energi tersebut, beberapa parameter evapotranspirasi yang dapat di ekstraksi dari penginderaan jauh adalah suhu permukaan tanah, penutup dan penggunaan lahan, hal ini dapat berupa kerapatan vegetasi maupun penggunaan lahan yang ada yang mempengaruhi nilai emisivitas atau nilai radiasi matahari yang di pantulkan, dan juga albedo permukaan yang merupakan salah satu parameter yang berhubungan erat dengan radiasi matahari di suatu daerah.

Tujuan

1. Memanfaatkan citra Landsat 8 untuk esktraksi data suhu, kerapatan vegetasi dan albedo sebagai parameter utama dalam estimasi evapotranspirasi
2. Mengestimasi evapotranspirasi yang terjadi pada Kabupaten Madiun dan Magetan
3. Menguji keakuratan Model Keseimbangan Energi di dibandingkan dengan pengukuran menggunakan metode Penman.

Metode Penelitian

Bahan Yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Citra Landsat 8 Path 119 Row 65 daerah Jawa Timur berbagai saluran
2. Data suhu udara harian selama 4 bulan
3. Data kecepatan angin harian selama 4 bulan.
4. Data kelembapan udara harian selama 4 bulan.
5. Data lama penyinaran matahari harian selama 4 bulan.
6. Peta Rupa bumi Indonesia wilayah Madiun dan Magetan.

Alat yang digunakan dalam penelitian:

1. Komputer untuk pengolahan data
2. Software pemetaan Arcgiss 10.1
3. Software PCD Envi 4.5
4. GPS untuk survey lapangan
5. Cheklist untuk survey lapangan

Ekstraksi data Citra:

A. Ekstraksi NDVI

NDVI merupakan salah satu bentuk indeks vegetasi, indeks vegetasi sendiri merupakan salah satu bentuk transformasi spectral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012).

$$\text{NDVI: } \frac{\text{Inframerah Dekat} - \text{Merah}}{\text{Inframerah Dekat} + \text{Merah}}$$

B. Ekstraksi Emisivitas

Emisivitas pada penelitian kali ini diturunkan dari penutup lahan yang telah dibuat dengan menggunakan klasifikasi *maximum likelihood*, nilai emisivitasnya sebagai berikut:

Penutup Lahan	Emisivitas
Vegetasi Kerapatan Tinggi	0,98
Vegetasi Kerapatan Rendah	0,96
Lahan Terbangun	0,95
Tanah Basah	0,95
Tanah Kering	0,92
Perairan Terbuka	0,98

(Sumber: Jensen, 2013)

C. Ekstraksi Suhu Permukaan

Ekstraksi suhu permukaan untuk Landsat 8 TIRS yang memiliki dua buah sensor thermal yaitu pada band 10 dan 11 maka kita dapat menggunakan *Split Windows Algorithm* (SWA) yang sering di gunakan untuk MODIS, untuk citra Landsat 8 ini SWA yang digunakan menggunakan formulasi dari Qin 2014 sebagai berikut:

$$T_s = A_0 + A_1 T_{10} - A_2 T_{11}$$

Diamana:

T_s = Suhu Permukaan

$T_{10} T_{11}$ = Nilai suhu kecerahan

$A_0 A_1 A_2$ = koefisien yang di dapat dari nilai *transmittance* dan *emisivity*

Nilai suhu kecerahan dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda} + 1}\right)}$$

T = Nilai Suhu kecerahan

K_2 dan $K_1 =$ Konstanta kalibrasi saluran thermal

$L\lambda =$ TOA Radiance

Nilai dari $A_0A_1A_2$ dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$A_0 = E_1a_{10} + E_2a_{11}$$

$$A_1 = 1 + A + E_1b_{10}$$

$$A_2 = A + E_2b_{11}$$

Nilai dari α dan b adalah koefisien regresi dimana nilai dari a dan b tersebut adalah $a_{10} = -62,8065$, $a_{11} = -67,1728$, $b_{10} = 0,4338$ dan $b_{11} = 0,4694$

Sedangkan untuk nilai dari $A E_1 E_2$ dapat dicari dengan persamaan:

$$A = D_{10} / E_0$$

$$E_1 = D_{11} (1 - C_{10} - D_{10}) / E_0$$

$$E_2 = D_{10} (1 - C_{11} - D_{11}) / E_0$$

$$E_0 = D_{11}C_{10} - D_{10}C_{11}$$

$$C_i = \varepsilon_i \tau_i(\theta)$$

$$D_i = [1 - \tau_i(\theta)][1 + (1 - \varepsilon_i) \tau_i(\theta)]$$

Dimana:

$\tau_i(\theta) =$ Atmospheric transmittance yang nilainya dapat kita dapat dari web USGS

$\varepsilon_i =$ Nilai Emisivitas suatu wilayah.

D. Ekstaksi Albedo Permukaan

Albedo merupakan nilai dari besaran energi yang di pantulkan kembali dari matahari, albedo ini di digunakan untuk menentukan nilai energi radiansi kedalam tanah, albedo ini di ekstraksi dari data

penginderaan jauh dengan persamaan dari Liang berikut:

$$\alpha = 0,356 \rho_2 + 0,130 \rho_4 + 0,373 \rho_5 + 0,085 \rho_6 + 0,072 \rho_7 - 0,0018$$

$\alpha =$ Albedo Permukaan

$\rho_2, \rho_4 =$ DN Saluran biru sampai dengan inframerah

Perhitungan Model Keseimbangan Energi

A. Perhitungan energi netto

Energi netto merupakan hasil penjumlahan dari radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q^* = (1 - \alpha)R_s + R_1 - R_L$$

$Q^* =$ Energi Netto

$R_s =$ Radiasi gelombang pendek yang diterima permukaan bumi

$R_1 =$ Radiasi gelombang panjang yang di pancarkan bumi

$R_L =$ Radiasi gelombang panjang yang di terima oleh permukaan bumi

$\alpha =$ Albedo permukaan

Radiasi Gelombang Pendek tersebut dapat dihitung dengan persamaan yang di kembangkan oleh Khomarudin (2005) Seperti berikut ini:

$$R_s = (0,75 + 2.10^{-5}.Z).R_a$$

$Z =$ ketinggian tempat

$R_a =$ Radiasi Ekstraterrestrial

Radiasi gelombang panjang yang di pancarkan bumi dan radiasi gelombang panjang yang di terima bumi dapat dihitung dengan persamaan dari Kirono (2002) sebagai berikut ini:

$$R1 = 0,9 (Tu)^4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}$$

$$RL = eTp^4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}$$

e = Emisivitas berbagai penutup lahan

Tu = Suhu udara

Tp = Suhu permukaan

B. Perhitungan energi radiansi terasa

Perhitungan energi terasa ini di lakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$QH = \gamma \frac{900}{Tu+273} \lambda \cdot U_2 (Tp - Tu)$$

QH = Energi terasa

γ = ketetapan psikometrik

$$\gamma = 0,6665 \times 10^{-3} P$$

P = Tekanan Atmosfer

$$P = 101,3(293 - 0,0065 \cdot z)/293)^{5,26}$$

Z = Ketinggian tempat

U2 = Kecepatan angin rata-rata

Tp = Suhu Permukaan

Tu = Suhu udara

C. Perhitungan energi radiansi terasa

Perhitungan energi terasa ini di lakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$QH = \gamma \frac{900}{Tu+273} \lambda \cdot U_2 (Tp - Tu)$$

QH = Energi terasa

γ = ketetapan psikometrik

$$\gamma = 0,6665 \times 10^{-3} P$$

P = Tekanan Atmosfer

$$P = 101,3(293 - 0,0065 \cdot z)/293)^{5,26}$$

Z = Ketinggian tempat

U2 = Kecepatan angin rata-rata

D. Perhitungan Evapotranspirasi

Metode Penman

Metode Penman ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$ET = \delta / (\delta + \tau) * Rn + \tau / (\delta + \tau) *$$

$$[0,35(1,0 + 0,0098 U_2) (es - ea)]$$

ET = Evapotranspirasi (mm/hari)

δ = Kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperatur (mb/°C)

τ = Konstanta psikometrik = 0,66 mb/°C

Rn = Radiansi total (mm/hari)

U2 = Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (mile/hari)

ea = Tekanan uap aktual (mb)

es = Tekanan uap jenuh (mb)

RH = Kelembapan relative

E. Uji Hasil Evapotranspirasi dengan

Chi Square

Pada penelitian akan menggunakan 8 sampel dengan derajat kepercayaan 0,05, hipotesis jika memang perbedaan antara Model Keseimbangan energi yang memanfaatkan citra Landsat dengan perhitungan manual menggunakan metode manual yaitu dengan metode Penman tidak

ada perbedaan dengan derajat kepercayaan 0,05 tersebut. Sehingga kita dapat menghitung nilai χ^2 dari penelitian kali ini dengan menggunakan rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left| \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right|$$

Keterangan:

χ^2 = Presentase Ketelitian

O = Nilai Pengukuran (Data Suhu BMKG)

E = Nilai Estimasi (Data hasil model keseimbangan energy)

Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi Evapotranspirasi Metode Keseimbangan Energi

Energi Evapotranspirasi (QE) yang berasal dari pengurangan Radiansi Total yang di kurangi dengan energi terasa (QH) dan energi terasa ke tanah (QG) masih merupakan satuan energi evapotranspirasi yang memiliki satuan Wm^{-2} perlu di ubah ke dalam satuan mm/hari dengan membagi dengan angka 28,3 sebagai konversi ke mm/hari, hasil dari perhitungan tersebut menghasilkan nilai evapotranspirasi di daerah tersebut. Nilai dari evapotranspirasi untuk setiap bulannya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Nilai Evapotranspirasi hasil pengolahan Citra

Tanggal Perekaman	Mak	Min	Rata-rata
4 Juni	10.25	2.899	6.558
20 juni	13.79	1.163	6.4165
6 Juli	13.36	4.659	8.1080
22 Juli	16.38	1.947	6.4196

7 Agustus	12.28	0.099	5.9171
23 Agustus	10.55	1.154	6.0117
8 September	10.88	-2.64	5.061
24 September	9.810	-5.88	4.3412

Sumber: hasil pengolahan citra Landsat 8 bulan Juni sampai September 2014

Berdasar pada tabel tersebut dapat kita lihat jika rata-rata evapotranspirasi yang terjadi pada setiap bulan memiliki rata-rata nilai yang sama yaitu sekitar 5 sampai dengan 6 mm/hari, kecuali pada tanggal 24 September dan 6 Juli.

Untuk evapotranspirasi pada tanggal 6 Juli memang mengalami perbedaan yang sangat besar yaitu sekitar 8 mm/hari hal ini terjadi karena adanya anomali pada citra yang di olah pada tanggal tersebut. Sedangkan untuk tanggal 24 September karena memang pada tanggal tersebut sudah benar-benar memasuki musim kemarau pada saat hujan sudah tidak banyak lagi terjadi pada bulan ini sehingga tidak cukup banyak air yang dapat di uapkan pada tanggal tersebut, selain itu beberapa daerah di wilayah Madiun dan Magetan ini merupakan hutan jati yang mengalami masa meranggas pada tanggal-tanggal tersebut sehingga nilai dari evapotranspirasi yang terjadi juga menjadi semakin kecil, hal ini sudah mulai terjadi pada tanggal 8 September yang terlihat dari nilai evapotranspirasi yang terjadi juga sudah mengalami pengurangan yaitu yang hanya sekitar 5.06 mm/hari.

Ekstraksi Evapotranspirasi Metode Penman

Metode Penman ini merupakan salah satu metode manual yang merupakan salah satu metode kombinasi yang menggunakan beberapa data yang digabung. Untuk perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman ini data-data yang digunakan diantaranya adalah data kelembapan relatif, lama penyinaran matahari, temperatur dan kecepatan angin. Hasil perhitungan untuk evapotranspirasi manual untuk stasiun iklim Sebayi Kabupaten Madiun dan Lanud Iswahyudi Magetan pada tanggal perekaman citra Landsat merekam.

Hasil pengolahan evapotranspirasi dengan metode Penman

Tanggal	Evapotranspirasi	
	Sebayi (mm/hari)	Lanud Iswahyudi (mm/hari)
4 juni	1.702039	2.216163
20 juni	2.075155	2.194684
6 Juli	3.049614	1.958699
22 juli	2.976626	5.404897
7 Agustus	2.969653	3.482254
23 Agustus	2.216228	6.492138
8 September	8.625199	5.128427
24 September	5.038886	5.314282

Sumber: Hasil pengolahan data sekunder dari BMKG

Hasil perhitungan tersebut memperlihatkan bagaimana evapotranspirasi yang terjadi di kedua stasiun tersebut, terlihat dari hasil perhitungan tersebut nilai

evapotranspirasi yang terjadi pada stasiun Sebayi Kabupaten Madiun lebih kecil di bandingkan dengan hasil perhitungan pada Lanud Iswahyudi, hal ini dapat terjadi karena pada daerah Sebayi Madiun tempat dari stasiun tersebut yang sudah agak tinggi yaitu pada ketinggian sekitar 170 mdpal sehingga suhu udara yang ada di daerah tersebut akan lebih sejuk di bandingkan dengan suhu yang terdapat pada stasiun iklim yang terdapat di Lanud Iswahyudi yang terdapat pada ketinggian 100 mdpal dan sekitar Lanud Iswahyudi merupakan permukiman yang banyak sehingga membuat suhu dan lama penyinaran matahari di wilayah Lanud Iswahyudi tersebut menjadi semakin banyak di bandingkan dengan stasiun iklim Sebayi yang berada di kaki Gunung Wilis, selain itu stasiun iklim Sebayi dekat dengan hutan dari perhutani sehingga sedikit mempengaruhi perhitungan dari data-data yang akan digunakan untuk perhitungan evapotranspirasi secara manual ini.

1.1.Uji akurasi metode *Chi Square*

Perhitungan *Chi Square* hanya menggunakan tiga variable, maka nilai ambang batas untuk tiga variabel dengan tingkat signifikansi sebesar 0,05, maka nilai ambang untuk X^2 sebesar 5,99 sehingga jika nilai dari $\sum X^2$ lebih dari 5,99 maka hipotesis berupa nilai dari evapotranspirasi metode

Neraca Energi sama dengan evapotranspirasi metode Penman di tolak jika nilai dari $\sum X^2$ kurang dari 5,99 tersebut maka hipotesis di terima.

Tabel uji akurasi perhitungan citra dan manual

Tanggal	Staklim Lanud Iswahyudi		
	Citra	Stasiun	$\chi^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
24 September	4.8859	5.3142	0.0345
8 September	5.8868	5.1284	0.112172
23 Agustus	6.3855	6.4921	0.001749
$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$			0.148442

Tanggal	Staklim Sebayi		
	Citra	Stasiun	$\chi^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
24 September	5.421366	5.0388	0.029032
8 September	3.842669	7.9617	2.131021
23 Agustus	4.740694	2.2162	2.875573
$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$			5.035627

Hasil perhitungan untuk *Chi Square* pada tabel 5.10 menunjukkan jika untuk Stasiun Iklim Lanud Iswahyudi memiliki nilai X^2 sebesar 0,148442 yang menunjukkan jika nilai tersebut di bawah nilai ambang untuk X^2 pada signifikansi 0,05 yang berarti hipotesis yang di ajukan jika model keseimbangan energi dan juga metode Penman memiliki nilai yang sama di terima atau memang benar untuk stasiun iklim Lanud Iswahyudi Kabupaten Magetan, sedangkan untuk stasiun Sebayi

kabupaten Madiun nilai dari $\sum X^2$ di stasiun tersebut sebesar 5,035627 menunjukkan nilai tersebut di bawah ambang batas dari $\sum X^2$ yang telah di tentukan yang artinya memang sesuai atau sama dari dua model tersebut yaitu Model Keseimbangan Energi dan perhitungan Penman, akan tetapi pada stasiun Sebayi tersebut nilai dari $\sum X^2$ sangat dekat dengan nilai ambang batas yang ada, artinya memang pada stasiun Sebayi model Keseimbangan Energi sesuai dengan perhitungan Penman akan tetapi mendekati atau hampir tidak sesuai.

Nilai dari ke akuratan pada stasiun sebayi yang masih sangat kecil yaitu sebesar 5,03 dari ambang batas sebesar 5,99 hal ini masih di mungkinkan untuk penelitian yang lebih lanjut untuk meningkatkan nilai akurasi dari nilai tersebut pada daerah seperti pada stasiun iklim Sebayi yang memang terdapat pada daerah yang sedikit miring berbeda dengan daerah Lanud Iswahyudi yang memang terdapat pada daerah yang datar. Hal ini dapat terjadi karena pada daerah yang sedikit miring kemungkinan terdapat kesalahan dalam pantulan yang diterima oleh sensor citra sehingga perlu adanya koreksi terhadap topografi yang lebih lanjut pada daerah yang miring tersebut sehingga nilai dari keakuratannya meningkat.

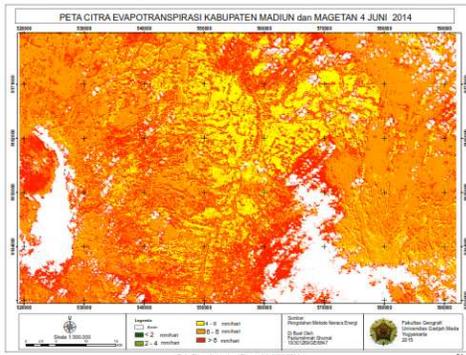
Kesimpulan

1. Landsat 8 sebagai salah satu sumber untuk melakukan perhitungan evapotranspirasi dapat di optimalkan dengan baik, beberapa data dapat di ekstraksi yaitu berupa data NDVI, albedo permukaan, suhu permukaan, dan emisivitas yang berasal dari data klasifikasi penutup lahan yang berasal dari klasifikasi multisektral.
2. Nilai evapotranspirasi yang terjadi di Kabupaten Magetan dan Kabupaten Madiun ini memiliki rata-rata antara 5 mm/hari sampai 6 mm/hari, dimana nilai evapotranspirasi ini cukup besar pada bulan-bulan Juni dan Juli yang memiliki nilai evapotranspirasi 6 mm/hari sedangkan untuk bulan Agustus dan September nilai evapotranspirasi yang terjadi sekitar 5 mm/hari kebawah,
3. Hasil perhitungan statistik metode *Chi Square* dengan tingkat signifikansi 0,05 untuk kedua perhitungan pada kedua stasiun tersebut hipotesis berupa model keseimbangan energi sesuai dengan metode Penman diterima, artinya memang model keseimbangan energi sesuai dengan perhitungan metode Penman.

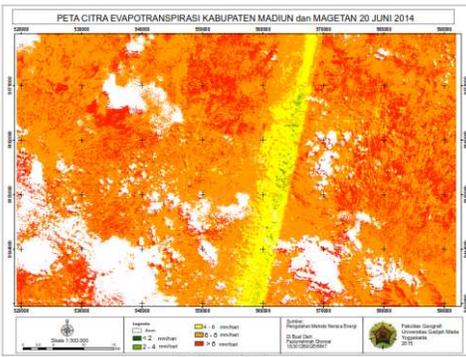
Daftar Pustaka

- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Curran, Paul J. 1985. *Principles of Remote Sensing*. Longman Publishing. London
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Andi. Yogyakarta
- Elhag, Mohamed, Aris Psilovikos, Ioannis Manakos, Kostas Perakis. 2011. Application of the Sebs Water Balance Model in Estimating Daily Evapotranspiration and Evaporative Fraction from Remote Sensing Data Over the Nile Delta. *Journal*. Springer Science+Business Media
- Lillesand, T.M., dan Kiefer., 1994. *Pengindraan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan oleh Sutanto. 1990. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Nasa. 2013. Landsat Factsheet Project. http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php. 26 Oktober 2013
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional Jilid Kesatu*. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung

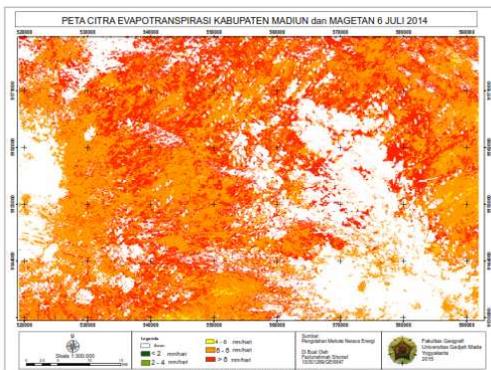
EVAPOTRANSPIRASI 4 JUNI 2014



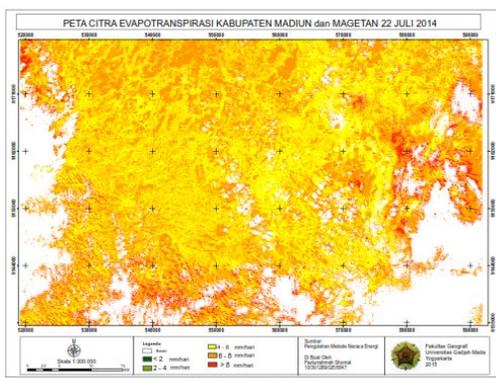
EVAPOTRANSPIRASI 20 JUNI 2014



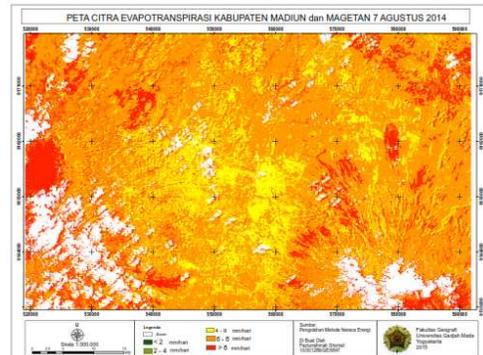
EVAPOTRANSPIRASI 6 JULI 2014



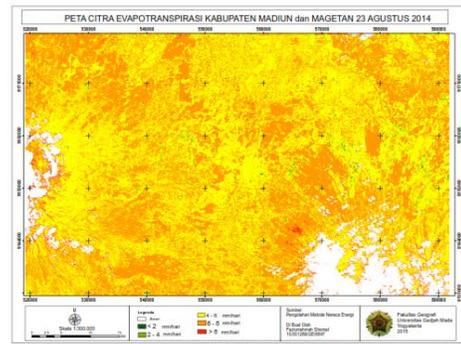
EVAPOTRANSPIRASI 22 JULI 2014



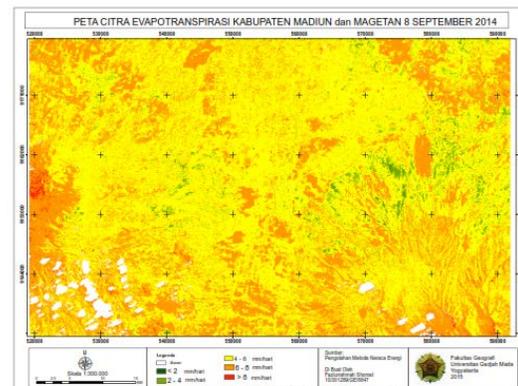
EVAPOTRANSPIRASI 7 AGUSTUS 2014



EVAPOTRANSPIRASI 23 AGUSTUS 2014



EVAPOTRANSPIRASI 8 SEPTEMBER 2014



EVAPOTRANSPIRASI 24 SEPTEMBER 2014

