

PENENTUAN TINGKAT KEKERINGAN LAHAN BERBASIS ANALISA CITRA ASTER DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Alfian Pujian Hadi

alfian-pujian@yahoo.co.id

Universitas Mataram/Jl.Majapahit No 62 Mataram NTB

Projo Danoedoro dan Sudaryatno

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

INTISARI

Kekeringan lahan yang melanda suatu daerah menimbulkan dampak yang besar terhadap produktivitas lahan pertanian. Terjadinya kekeringan ini disebabkan oleh defisit air akibat kurangnya hujan yang jatuh, laju infiltrasi air yang tinggi serta jenis tanaman yang tidak sesuai dengan ketersediaan air. Untuk meminimalkan dampak yang terjadi akibat kekeringan lahan maka perlu dilakukan antisipasi dengan mengetahui defisit dan surplus air lahan melalui data curah hujan serta kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*). Untuk keperluan analisis kekeringan lahan dapat menggunakan citra penginderaan jauh dan neraca air lahan sebagai pengetahuan awal guna perencanaan antisipasi kekeringan lahan sehingga kebutuhan air bagi tanaman dapat terpenuhi setiap saat. Penelitian ini dilakukan di sebagian wilayah Kabupaten Gunung Kidul. Tujuan penelitian ini adalah : (1) Mengkaji akurasi berbagai saluran TIR Citra Aster untuk mendapatkan informasi sebaran suhu permukaan, (2) Mengkaji sebaran kekeringan melalui indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Indeks*) yang diekstrak dari suhu permukaan (*Land Surface Temperature*) dan indeks NDVI. (3) Mengkaji tingkat kekeringan lahan dengan menggunakan metode Thornthwaite-Mather, (4) Mengkaji pola tanam yang sesuai diterapkan di wilayah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran 13 Citra Aster memiliki akurasi paling tinggi jika dibandingkan dengan saluran 10,11,12, serta 14 Citra Aster karena memiliki selisih paling kecil dengan suhu permukaan lapangan. Berdasarkan analisis *RMS difference* diperoleh nilai 1,140. Luas sebaran kekeringan berdasarkan indeks TVDI pada seluruh penggunaan lahan dengan tingkat kekeringan tinggi, sedang dan rendah masing-masing melanda daerah seluas 2.922,8 Ha (4,6%), 20.286,16 Ha (32,11%) serta 39.962,72 Ha (63,26%). Dari total luas 2.922,8 Ha lahan yang dilanda kekeringan dengan tingkat kekeringan tinggi (kering/kurang air) seluas 2.069,47 Ha merupakan sawah tadah hujan. Analisis hubungan indeks TVDI dengan kadar lengas tanah menunjukkan hubungan yang tidak terlalu kuat sebesar 53,7%. Tingkat kekeringan lahan dengan analisis neraca air Thornthwaite-Mather menunjukkan indeks kekeringan (*aridity index*) berada dalam tingkat kekeringan sedang dan berat. Kekeringan sedang terjadi pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Giriwungu (Panggung), Kedung Keris, Gedangan serta sebagian Playen. Kekeringan berat terjadi pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wonosari, Tepus dan sebagian Playen. Pola tanam berdasarkan agroklimat Oldeman dikelompokkan ke dalam pola tanam Padi Gogo (Palawija) -Palawija - Bero, Padi sawah - Palawija - Bero, Palawija – Palawija - Bero. Pola tanam Padi Gogo (Palawija)-Palawija-Bero diterapkan di sawah tadah hujan dan tegalan pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Tepus dan Panggang dengan musim tanam 1

terjadi bulan Oktober–Januari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Februari–Mei, pola tanam Padi Sawah–Palawija–Bero diterapkan di sawah dan sawah tadah hujan pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wanagama (Playen), Kedung Keris dan Gedangan dengan musim tanam 1 terjadi pada bulan November–Februari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Maret–Juni sedangkan pola tanam Palawija–Palawija–Bero diterapkan di kebun campuran pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Kedung Keris, Panggang, Playen, Gedangan, serta Wonosari untuk sawah tadah hujan dimana musim tanam 1 terjadi pada bulan November–Februari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Maret–Juni.

Kata kunci : Kekeringan lahan, Indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*), *Aridity Index*, Pola Tanam

ABSTRACT

Dryness of farm knocking over an area to generate big impact to agricultural land productivity. The happening of this dryness because of water deficit as result of lack of falling rain, high water infiltration velocity and crop type which unmatched to water availability. Minimization of Impact to happened as result of dryness of farm hence need to be done anticipation given the deficit and surplus farm water through rainfall data and ability of soil land ground arrest detains water (water holding capacity). For the purpose is required dryness analysis of farm with using remote sensing image and farm water balance as initial knowledge utilized planning of anticipation of dryness of farm so that amount of water required for crop can fulfilled every when. This research done in this part of gunung kidul regency, purpose of this research is : (1) Studies accuration various channels TIR image Aster to get information as of land surface temperature (2) Studies of dryness through index TVDI (Temperature Vegetation Dryness Indeks) extract from surface temperature (Land Surface Temperature) and index NDVI. (3) Studies level of dryness of farm by using method Thornthwaite-Mather, (4) Studies cropping pattern appropriate is applied in research region. Result of research indicates that channel 13 images Aster had highest accuration if it is compared to channel 10,11,12, and 14 images Aster because having smallest difference with field surface temperature. Based on analysis RMS difference is obtained by value 1,140. Wide as of dryness based on index TVDI at all land use with level of high dryness, knocking over each low and medium area with a width of 2922,8 Ha (4,6%), 20286,16 Ha (32,11%) and 39962,72 Ha (63,26%). From wide total 2922,8 Ha farm knocked over by dryness with level of high dryness (less water) with a width of 2069,47 Ha is wet ricefield dependant to rain. Analysis the relation of index TVDI with soil moisture rate shows rapport that is overweening not equal to 53,7% Level of dryness of farm with water balance analysis Thornthwaite-Mather shows dryness index (aridity index) stays in level of medium dryness and weight. Dryness is happened at land unit affecting station of rain Giriwungu (Panggang), Kedung Keris, Gedangan and some of Playen. Dryness of weight happened at land unit affecting station of rain Wonosari, Tepus and some of Playen. Cropping pattern based on agroklimat Oldeman is grouped into cropping pattern Padi Gogo (Palawija)-Palawija-Bero, Padi Sawah-Palawija-Bero, Palawija-Palawija-Bero. Cropping Pattern (Palawija)-PalawijaBero is applied in wet ricefield dependant to rain and non irigated dry field at land unit affecting station of rain Tepus and Panggang with planting season 1 happened Oktober/January and planting season 2 happened in Februari-May, cropping pattern Padi SawahPalawija-Bero is

applied in rice field and wet ricefield dependant to rain at land unit affecting station of rain Wanagama (Playen), Kedung Keris and Gedangan with planting season 1 happened in November-February and planting season 2 happened in Maret-Juni while cropping pattern Palawija-Palawija-Bero is applied in blend garden at land unit affecting station of rain Kedung Keris, Gedangan, Playen, and Wonosari for wet ricefield dependant to rain where planting season 1 happened in November-February and planting season 2 happened in March-June.

Keyword : *Dryness of farm, Index TVDI (Temperature Vegetation Dryness Index), Aridity Index, Cropping pattern.*

PENDAHULUAN

Permasalahan yang seringkali melanda Indonesia pada umumnya dan Kabupaten Gunung Kidul pada khususnya menimbulkan dampak yang besar terhadap kehidupan manusia terutama sektor pertanian. Permasalahan ini tidak dapat dilepaskan dari faktor iklim, dimana kekeringan sangat berkaitan dengan hujan, tanah serta vegetasi penutup lainnya sehingga adanya ketidakseimbangan distribusi dan jumlah masukan air hujan pada permukaan tanah yang dapat terikat oleh tanah, terevapotranspirasi dan dimanfaatkan oleh vegetasi dalam proses pertumbuhannya dapat mengakibatkan terjadinya kekeringan.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sangat pesat saat ini membantu dalam menyediakan data sebagai informasi untuk studi kekeringan. Penginderaan jauh memiliki kemampuan dalam memberikan informasi secara lebih cepat, cakupan daerah studi lebih luas serta kebutuhan biaya relatif lebih rendah untuk mendapatkan informasi mengenai terjadinya kekeringan. Ekstraksi data yang dilakukan melalui penginderaan jauh berupa suhu permukaan (*land surface temperature*) dari saluran termal citra Aster serta analisis vegetasi melalui transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Dari data suhu permukaan dan citra NDVI akan dihasilkan indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) yang merupakan salah satu indeks kekeringan. Di samping itu, menurut Handoko et al., (1995) upaya penanggulangan masalah kekeringan dapat dilakukan melalui analisis data iklim yang bersifat rata-rata untuk mengetahui tingkat kekeringan berdasarkan neraca air, lengas tanah serta curah hujan. Permasalahan data penginderaan jauh yang digunakan untuk studi kekeringan selama ini adalah penggunaan citra satelit dengan resolusi spasial rendah dan meliputi wilayah yang luas sehingga hasil yang diperoleh tidak menggambarkan secara detail daerah-daerah yang beresiko kekeringan. Kemajuan teknologi penginderaan jauh saat ini mampu menyediakan data spasial secara kontinyu dengan resolusi spasial yang cukup baik serta didukung kemampuan spektral yang mencakup saluran tampak, inframerah dekat dan inframerah tengah termasuk inframerah termal.

Sejauh ini, penelitian mengenai tingkat kekeringan lahan menggunakan indeks *Temperature Vegetation Dryness Index* (TVDI) masih jarang dilakukan. Sebagai input dari formula indeks TVDI, tinggi rendahnya suhu permukaan (TS) sangat berpengaruh terhadap sebaran kekeringan pada citra indeks kekeringan TVDI. Permasalahan yang dihadapi selanjutnya adalah saluran termal pada citra Aster mana yang akan digunakan karena setiap saluran memiliki kepekaan/karakteristik sendiri dalam melakukan perekaman temperatur permukaan sehingga harus diketahui terlebih dahulu saluran termal citra Aster mana yang memiliki suhu permukaan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Peta kekeringan lahan yang dibuat dari hasil transformasi indeks *Temperature Vegetation Dryness Index* (TVDI) hanya menggambarkan tingkat kekeringan pada saat perekaman citra dilakukan sehingga perlu dilakukan analisis neraca air untuk menghasilkan peta indeks kekeringan Thornthwaite-Mather (*aridity index*) yang telah sering digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya untuk mengkaji kekeringan lahan sehingga peta indeks kekeringan Thornthwaite-Mather dapat digunakan sebagai perbandingan terhadap sebaran kekeringan indeks TVDI.

Salah satu kabupaten yang sering dilanda kekeringan di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Kabupaten Gunung Kidul. Kekeringan menjadi permasalahan utama yang melanda Kabupaten Gunung Kidul setiap tahunnya, yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat terutama pada sektor pertanian. Berdasarkan informasi dari Wonosari.com yang diliris pada tanggal 1 Agustus 2008 menjelaskan bahwa kekeringan di Kabupaten Gunung Kidul semakin meluas. Hal ini terjadi karena menurunnya debit air yang mengakibatkan sawah dengan luas 690 hektar dimana hampir ratusan hektar sawah tidak dapat diolah/bero serta lahan tegal seluas 6.663 hektar juga mengalami kekeringan.

Akibat dari terjadinya kekeringan yang melanda wilayah penelitian menyebabkan perlunya dianalisis pola tanam yang sesuai diterapkan di sebagian wilayah Kabupaten Gunung Kidul berdasarkan analisis neraca air Thornthwaite-Mather. Pada dasarnya pengaturan pola tanam dilakukan dalam upaya pengelolaan tanaman pangan berdasarkan keberadaan air/suplai air agar selalu tercukupi untuk tanaman karena air merupakan salah satu input produksi yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktifitas tanaman pangan. Terjadinya defisit air selama periode tertentu dalam musim pertumbuhan tanaman (berdasarkan fenologinya) mengakibatkan cekaman air (*water stress*) bagi tanaman sehingga pola tanam pada penelitian ini sangat penting untuk di kaji untuk meminimalkan kerugian bagi petani.

Dari uraian diatas maka sangat penting dilakukan penelitian mengenai “**Penentuan Tingkat Kekeringan Lahan Berbasis Analisa Citra Aster dan Sistem Informasi Geografis (Kasus di Setengah Wilayah Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta**”).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengkaji akurasi berbagai saluran TIR citra Aster untuk mendapatkan informasi sebaran suhu permukaan.
2. Mengkaji sebaran kekeringan melalui indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) yang diekstrak dari suhu permukaan (*Land Surface Temperature*) dan indeks NDVI.
3. Mengkaji tingkat kekeringan lahan dengan menggunakan metode Thornthwaite-Mather.
4. Mengkaji pola tanam yang sesuai diterapkan di wilayah penelitian.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

1. Citra Satelit Aster saluran TIR level 1B resolusi spasial 90 meter dengan sheet AST_L1B_00306302003025930_20070620102504_32613 untuk ekstraksi data suhu permukaan (LST) dan Citra Satelit Aster saluran VNIR level 1B resolusi spasial 15 meter (resize menjadi 90 meter) dengan sheet AST_L1B_00306302003025930_20070620102504_32613 untuk pembuatan peta penggunaan lahan, peta bentuk lahan.
2. Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Kabupaten Gunung Kidul skala 1: 25.000
3. Data curah hujan bulanan Kabupaten Gunung Kidul 10 tahun mulai dari tahun 1998 sampai 2008 dari Balai PSDA Wilayah sungai Progo Opak Oyo Propinsi DIY.
4. Data temperatur udara bulanan Kabupaten Gunung Kidul 10 tahun mulai dari tahun 1998 sampai 2008 Dari Balai PSDA Wilayah sungai Progo Opak Oyo Propinsi DIY.
5. Data SRTM Sebagian Wilayah Kabupaten Gunung Kidul resolusi 30 m
6. Peta tanah skala 1: 250.000 yang diturunkan menjadi peta tekstur tanah Kabupaten Gunung Kidul.
7. Peta Topografi skala 1 : 50.000 Sebagian Wilayah Kabupaten Gunung Kidul.

Alat Penelitian

1. Perangkat keras laptop dengan spesifikasi, procesor : Intel Dual Core 2,2 MHertz, RAM : 2 GB, HDD : 320 GB digunakan untuk mengolah berbagai informasi mengenai penelitian dimulai dari proses pengetikan, manipulasi data serta analisis data.
2. Perangkat lunak ENVI 4.5 digunakan untuk pengolahan citra digital khususnya mengidentifikasi serta klasifikasi penggunaan lahan di Kabupaten Gunung Kidul.
3. Perangkat ArcGIS 9.3 digunakan untuk proses digitasi peta dasar, memasukkan data atribut pada peta serta membantu dalam analisis spasial data.

4. GPS Garmin MAP 60 CSX digunakan untuk menentukan posisi koordinat pada lokasi penelitian.
5. Kamera digital digunakan sebagai alat dokumentasi cek lapangan (*field check*)
6. Termometer Inframerah digunakan untuk mengukur suhu permukaan.
7. Printer Canon iP 1980 digunakan untuk mencetak draft usulan penelitian.
8. Alat tulis dan daftar cek lapangan untuk mencatat kondisi tempat sampel.

Koreksi geometrik dalam penelitian ini menggunakan metode nearest neighbour ditujukan untuk menempatkan posisi nilai piksel akibat kesalahan sistematik yang terekam sensor pada saat perekaman ke posisi yang sesuai dengan sebenarnya di permukaan bumi.

Transformasi Indeks vegetasi dalam penelitian ini bertujuan untuk pengubahan nilai piksel citra Aster saluran VNIR sehingga menghasilkan citra dengan nilai piksel baru yang merepresentasikan variasi vegetasi yang selanjutnya akan dikaitkan dengan kekeringan pertanian. Transformasi indeks vegetasi yang digunakan adalah normalized difference vegetation indeks (NDVI). Nilai yang dihasilkan transformasi indeks vegetasi NDVI ini berkisar antara -1 dan +1. Untuk transformasi NDVI ini saluran yang digunakan pada citra Aster adalah saluran 3N (infra merah dekat) dan saluran 2 (merah) dengan persamaan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{(Band\ 3N - Band\ 2)}{(Band\ 3N + Band\ 2)}$$

Klasifikasi multispektral dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi penutup lahan (*land cover*) dengan terlebih dahulu melakukan training area sebagai sampel pada citra Aster saluran VNIR. Klasifikasi multispektral yang digunakan yaitu klasifikasi beracuan (*supervised*) dengan algoritma "Maximum Likelihood".

Ekstraksi suhu permukaan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi sebaran suhu permukaan melalui pengolahan saluran termal citra Aster level 1B dengan cara mengkonversi nilai digital (digital number/DN) menjadi nilai radian. Algoritma Alley dan Jentoft-Nilsen menggunakan persamaan sebagai berikut

$$T = C_2 / \lambda c \ln ((C_1 / \lambda c^5 \pi \text{ RAD}) + 1)$$

Keterangan :

T : Temperatur permukaan (°Kelvin)

RAD : Nilai Radian ($W\ m^{-2}\ sr^{-1}\ \mu m^{-1}$)

λc : Central wavelength tiap saluran (m)

C_1 : Konstanta radiasi pertama ($3,74151 \times 10^{-16}\ W\ m^{-2}\ sr^{-1}\ \mu m^{-1}$)

C_2 : Konstanta radiasi kedua (0,0143879 m.Kelvin)

TVDI merupakan indeks kekeringan yang ditentukan berdasarkan parameter empirik dari hubungan antara temperatur permukaan (TS) dan indeks vegetasi (NDVI). Formula Indeks ini adalah sebagai berikut :

$$TVDI = \frac{T_s - T_{s \min}}{T_{s \max} - T_{s \min}}$$

Keterangan :

$T_{s \min}$: Temperatur permukaan minimum pada segitiga, mendefinisikan sisi basah.

T_s : Temperatur permukaan yang diamati pada suatu pixel.

NDVI : Nilai indeks vegetasi yang diamati.

a,b : Parameter yang mendefinisikan model linier sisi kering.

$$(T_{s \max} = a + b \text{ NDVI})$$

$T_{s \max}$: Temperatur permukaan maksimum yang diamati untuk tiap nilai NDVI.

Parameter a dan b diperoleh berdasarkan pixel dari suatu area yang cukup besar untuk merepresentasikan keseluruhan rentang dari basah hingga kering, dan dari tanah kosong hingga permukaan bervegetasi penuh. Nilai TVDI berkisar antara 0 hingga 1. Nilai 1 menyatakan sisi kering (ketersediaan air terbatas) dan 0 menyatakan sisi basah (evapotranspirasi maksimum dan ketersediaan air tak terbatas).

Perhitungan indeks kekeringan menggunakan formula sebagai berikut :

$$I_a = \frac{D}{E_p} \times 100\%$$

Keterangan

I_a = Indeks kekeringan menurut Thornthwaite-Mather (%)

D = Deficit lengas (mm)

E_p = Evapotranspirasi potensial dalam mm.

Pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan RMS Difference (*root means square difference*) yaitu mencari selisih antara suhu permukaan yang diperoleh di lapangan dan suhu permukaan yang disadap dari citra. Adapun persamaan RMS Difference adalah sebagai berikut (Sugita and Brutsaert, 1993) :

$$\delta = \left| \sum_i^N (\theta_{s, pam} - \theta_{s, sat})^2 / N \right|^{1/2}$$

Keterangan :

δ : RMS Difference $\theta s, pam$: Data pengamatan lapangan
 $\theta s, sat$: Data hasil ekstraksi citra N : Jumlah Data

Penyusunan pola tanam dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan Tipe Agroklimat Menurut Oldeman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap saluran pada sensor TIR memiliki respon spektral sendiri terhadap suhu permukaan daratan. Untuk menentukan saluran TIR yang paling baik digunakan, maka dilakukan uji akurasi terlebih dahulu pada setiap saluran. Pengujian dilakukan dengan menganalisis selisih antara suhu permukaan yang diukur melalui citra satelit Aster saluran TIR dengan suhu permukaan hasil observasi lapangan. Untuk mengetahui lebih jelas hasil analisis *RMS difference* maka dapat dilihat Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 diatas, nilai *RMS difference* terkecil diperoleh 1,140 pada saluran 13 dan nilai *RMS difference* tertinggi terdapat pada saluran 10. Semakin kecil nilai *RMS difference* saluran TIR citra Aster maka dapat dikatakan semakin akurat suhu permukaan yang disadap oleh saluran tersebut. Dari uji akurasi *RMS difference*, saluran 13 citra Aster memiliki nilai hubungan kedekatan yang paling baik dengan suhu permukaan lapangan karena memiliki perbedaan atau selisih paling kecil jika dibandingkan dengan saluran 10,11,12, serta 14. Hal ini juga dapat dilihat dari pancaran maksimum obyek di permukaan bumi pada panjang gelombang 9,7 μm berada pada kisaran panjang gelombang yang digunakan pada saluran 13 yaitu terletak pada panjang gelombang 10,25-10,95 μm sehingga dapat dikatakan kisaran radiasi maksimum obyek di permukaan secara baik ditangkap oleh sensor citra Aster saluran 13. Dari *RMS difference* tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa saluran yang paling akurat adalah saluran 13.

Tabel 1. Nilai *RMS Difference* Antara Suhu Permukaan Daratan Hasil Pengukuran Lapangan Dengan Suhu Permukaan Hasil Ekstraksi Citra Aster Saluran TIR.

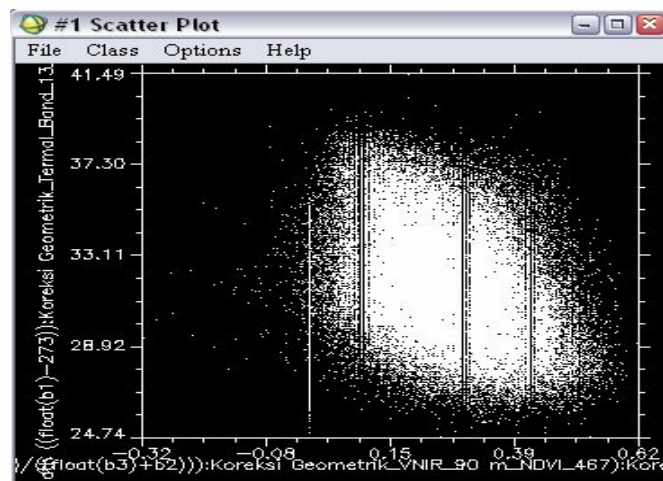
Saluran TIR Citra Aster	Nilai RMS Difference
Saluran 10	5,492
Saluran 11	3,165
Saluran 12	1,964
Saluran 13	1,140
Saluran 14	1,177

Sumber : Olah Data, Juni 2010.

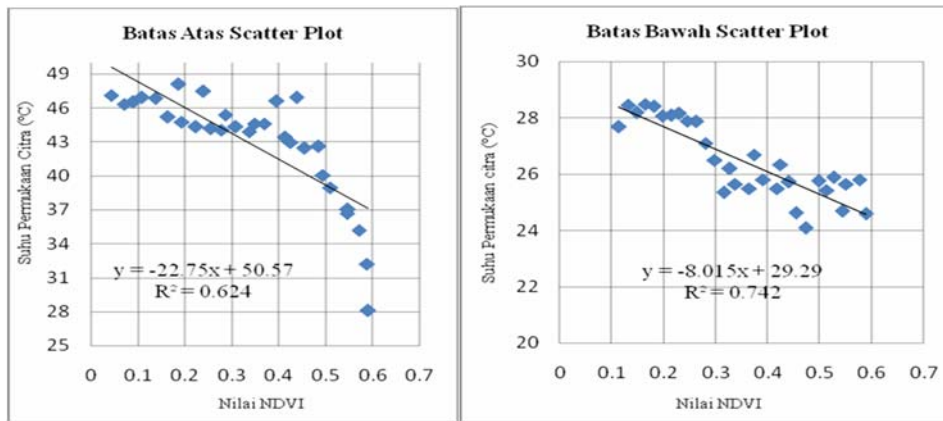
Indeks kekeringan yang ditentukan berdasarkan parameter empirik dari hubungan antara suhu permukaan (TS) dan indeks vegetasi (NDVI). Indeks kekeringan tersebut dikaitkan dengan kadar lengas tanah yaitu jumlah air yang ditahan pada ruang diantara partikel tanah. TS diplot sebagai fungsi dari NDVI. Sisi kiri merepresentasikan tanah kosong dari julat kering hingga basah (atas-bawah). Dengan meningkatnya jumlah vegetasi hijau pada sumbu x (NDVI), suhu permukaan maksimum menurun. Untuk kondisi kering, hubungan negatif didefinisikan oleh sisi atas, yang merupakan batas atas temperatur permukaan untuk jenis permukaan tertentu. Untuk mengetahui lebih jelas mengenai hubungan tersebut maka dapat disajikan pada Gambar 1. Scatter Plot indeks TVDI yang dibuat dari hasil pengolahan citra Aster Gambar 1.

Berdasarkan hasil pengolahan citra Aster maka didapatkan nilai indeks TVDI di sebagian wilayah Kabupaten Gunung Kidul. Nilai minimum indeks TVDI yang diperoleh sebesar $-0,35$ dan nilai maksimum sebesar $0,63$ dengan nilai rata-rata indeks TVDI sebesar $0,146$. Untuk mengetahui batas atas dan batas bawah yang akan digunakan sebagai formula dalam pembuatan citra TVDI dapat dilihat pada Gambar 2.

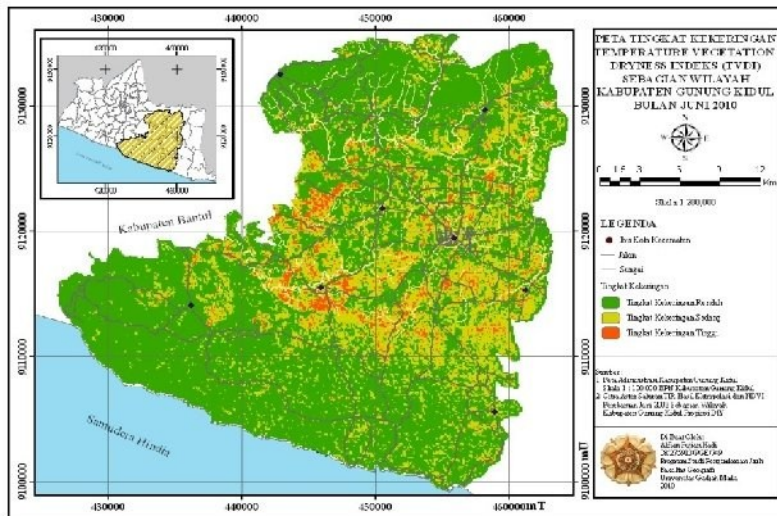
Berdasarkan Gambar 2 yang merupakan hubungan antara suhu permukaan citra saluran 13 dengan nilai NDVI maka dapat ditentukan batas atas dan batas bawah dengan formula $22,75x+50,57$ dan $-8,015x+29,29$. Untuk menghasilkan citra TVDI selanjutnya menggunakan formula TVDI $(b2-(-8.015*b1+29.29))/((-22.75*b1+50.57)-(-8.015*b1+29.29))$. Untuk mengetahui citra hasil formula diatas maka dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Scatter Plot indeks TVDI



Gambar 2. Batas Atas dan Batas Bawah Scatter Plot Suhu Permukaan Citra Saluran 13 Hasil Ekstrapolasi Dengan NDVI

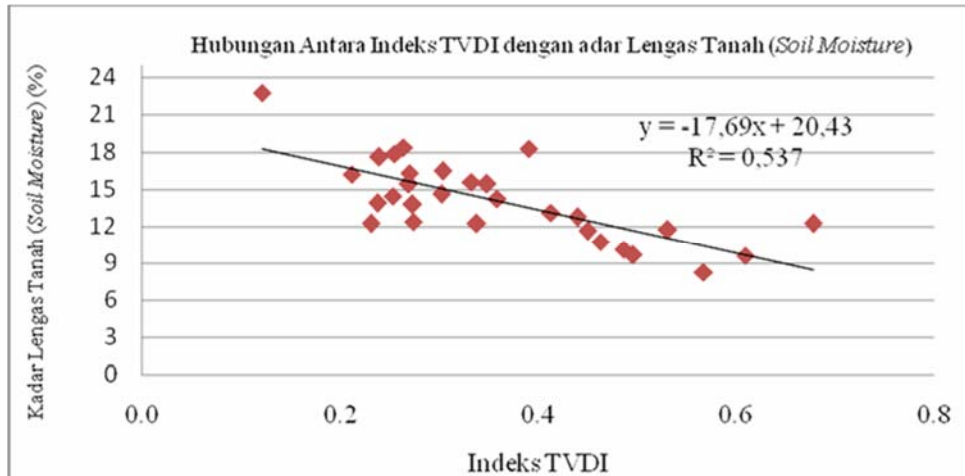


Gambar 3. Peta Tingkat Kekeringan TVDI

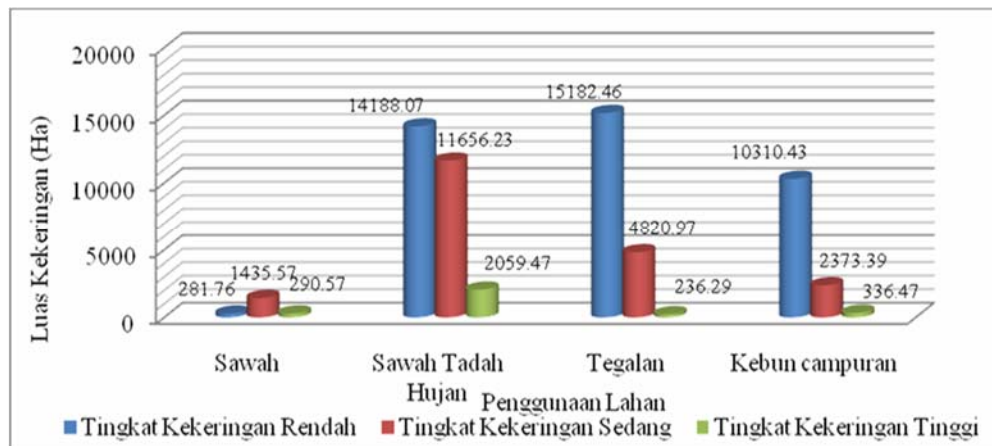
Berdasarkan peta TVDI pada gambar diatas menunjukkan bahwa di bagian utara (Kecamatan Patuk dengan bentuk lahan pegunungan struktural, dan perbukitan struktural) dan selatan di Kecamatan Panggang pada bentuk lahan Perbukitan Karst yang didominasi oleh vegetasi yang mempunyai kerapatan tinggi dikelompokkan ke dalam tingkat kekeringan rendah. Suhu permukaan dan vegetasi memiliki peranan yang sangat penting dalam menganalisis terjadinya kekeringan. Hubungan antara suhu permukaan dengan kekeringan tidak dapat dilepaskan dari terjadinya proses evapotranspirasi yang merupakan interaksi antara suhu, tanaman dan tanah. Pada lahan basah atau vegetasi yang memiliki kerapatan tinggi. Dilihat dari proses

evapotranspirasinya, terjadi proses transpirasi yang tinggi dan evaporasi yang rendah. Pada tanah kering atau lahan dengan vegetasi agak jarang seperti penggunaan lahan sawah tadah hujan pada bentuk lahan dataran tinggi karst di Kecamatan Playen menunjukkan tingkat kekeringan yang sedang sampai dengan tinggi. Apabila dilihat dari proses evapotranspirasinya, proses evaporasi akan terjadi secara terus menerus pada tanah kering yang mendapatkan radiasi matahari sehingga ketersediaan air pada lapisan atas tanah menjadi berkurang. Dengan semakin berkurangnya ketersediaan air dalam tanah, radiasi matahari yang mengenai permukaan tanah lebih banyak dipantulkan yang menyebabkan suhu permukaan tanah dan suhu udara akan semakin tinggi. Sebagai akibat dari adanya interaksi antara sinar matahari dan permukaan obyek terutama tanah maka terjadi evapotranspirasi yang mengakibatkan menguapnya air yang ada di permukaan tanah. Apabila dilihat dari hubungan antara indeks TVDI dengan kandungan lengas tanah (*soil moisture*) menunjukkan adanya hubungan yang tidak terlalu kuat karena hasil korelasinya tidak menunjukkan nilai $> 80\%$. Kadar lengas tanah yang dimaksud adalah air yang ditahan pada ruang diantara partikel tanah ditunjukkan oleh kelembaban tanah permukaan (*surface soil moisture*) pada kedalaman 0-10 cm yang digunakan sebagai indikator kekeringan. Hubungan ini memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 53,7% dengan arah hubungan yang negatif (berbanding terbalik) serta koefisien regresi sebesar -17,69. Hal ini berarti setiap peningkatan kadar lengas tanah sebesar 1% akan mengakibatkan indeks TVDI turun sebesar 17,69 %.

Berdasarkan peta kekeringan lahan dengan indeks TVDI (Gambar 3), kekeringan dengan kategori tinggi melanda lahan seluas 2.922,8 Ha. Sebagian besar daerah penelitian masih berada pada tingkat kekeringan yang rendah. Hal ini disebabkan karena Intensitas curah hujan yang merata sepanjang tahun sebagai akibat anomali hujan pada saat pada 2 tahun terakhir ini mengakibatkan kekeringan lahan semakin menyempit. Sebagai contoh di daerah Tepus (lihat Gambar 3 Citra TVDI di bagian selatan) yang biasanya kering, berbeda dengan saat penelitian ini dilakukan daerah tepus tidak mengalami kekeringan akibat seringkali turunnya hujan. berdasarkan data hujan selama 10 tahun rata-rata dari tahun 1999-2008 pada bulan Juni seperti saat penelitian ini dilakukan, curah hujan di daerah Tepus mencapai 10,1 mm/bulan (Balai PSDA Wilayah Sungai Progo-Opak-Oyo, 2008). Untuk mengetahui lebih jelas tingkat kekeringan beserta luasnya di beberapa penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan Antara Indeks TVDI dengan Kadar Tengas Tanah (*soil moisture*)



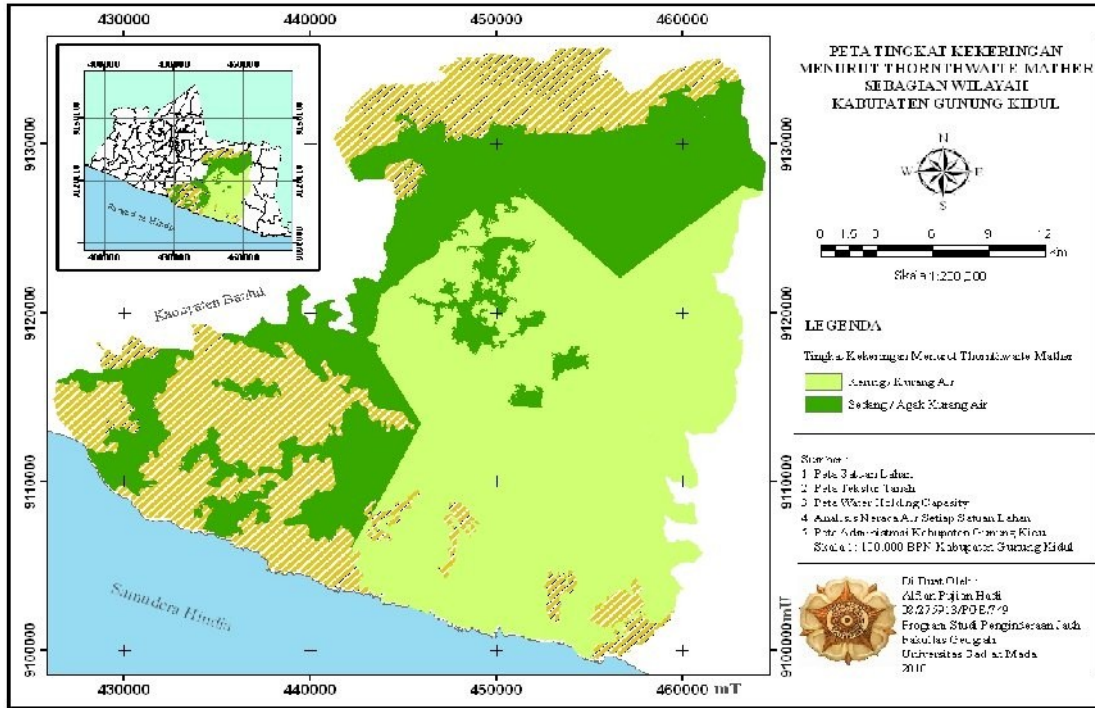
Gambar 5. Luas Kekeringan Berdasarkan Indeks TVDI Berbagai Penggunaan Lahan

Apabila dilihat dari jenis tanah yang terdapat di daerah penelitian kekeringan dengan kategori tinggi dan sedang terjadi pada jenis tanah Mediteran dan Regosol/Vertisol sedangkan pada jenis tanah Latosol terjadi kekeringan yang rendah. Jenis tanah Mediteran memiliki karakteristik tanah dengan tekstur liat sehingga sangat mempengaruhi pertumbuhan dan daya tembus perakaran tanaman dalam penyerapan air yang mengakibatkan kecenderungan jenis tanah ini rawan terhadap kekeringan. Begitu pula dengan jenis tanah Regosol/Vertisol memiliki kapasitas mengikat air yang kurang baik karena tekstur tanah yang kasar (pasiran). Selain karakteristik tanah, kekeringan juga dipengaruhi oleh curah hujan. Di daerah penelitian, air yang berasal dari curah hujan merupakan sumber utama ketersediaan air bagi tanaman. Berdasarkan hasil klasifikasi multispektral, jenis penggunaan lahan sawah tadah hujan dan tegalan mendominasi penggunaan lahan di lokasi penelitian dengan luas masing-

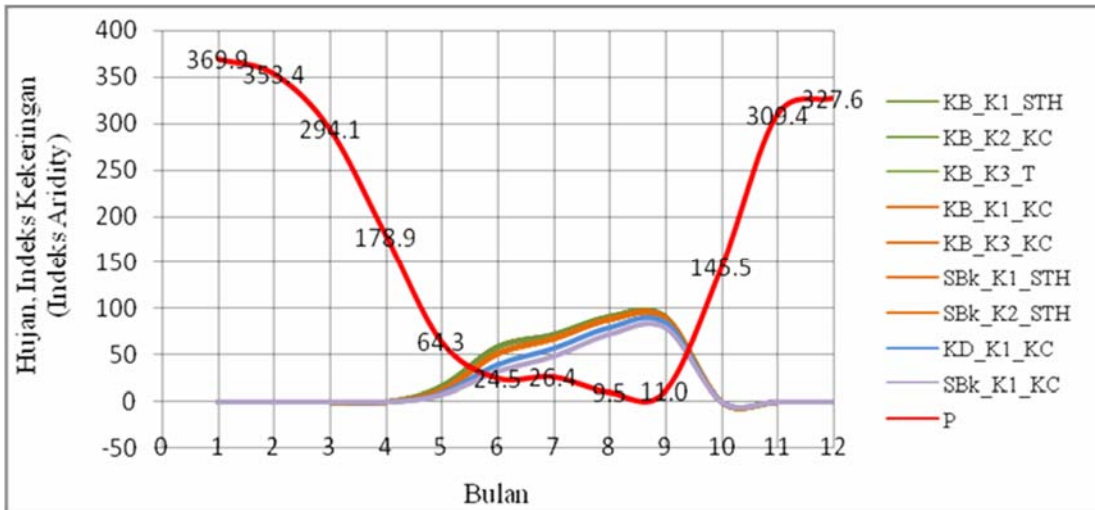
masing 27.903,77 Ha dan 20.239,72 Ha sehingga besar kecilnya curah hujan yang turun mempengaruhi ketersediaan air di setiap penggunaan lahan dan sekaligus berdampak pada luas kekeringan yang akan terjadi.

Curah hujan bersama evapotranspirasi yang didukung oleh sifat fisik tanah menentukan periode surplus dan defisit air lahan yang dianalisis melalui neraca air. Dalam proses perhitungan neraca air setiap satuan lahan, satuan lahan yang terpengaruh oleh stasiun hujan tertentu diasumsikan mendapatkan jumlah hujan dan suhu udara yang sama. Hal ini disebabkan karena minimnya stasiun hujan yang ada di daerah penelitian. Dari proses perhitungan neraca air lahan tersebut dihasilkan indeks kekeringan (*aridity index*) yang kemudian dispasialkan menjadi peta tingkat kekeringan lahan Thornthwaite-Mather. Untuk mengetahui lebih jelas sebaran kekeringan lahan di sebagian wilayah Kabupaten Gunung Kidul dapat dilihat pada Gambar 6.

Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Giriwungu (Panggang) diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa kekeringan dengan kategori rendah melanda lahan seluas 10.693,35 Ha, kekeringan dengan kategori sedang melanda lahan seluas 729,99 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi melanda lahan seluas 290,74 Ha. Berbeda halnya dengan luas kekeringan berdasarkan analisis neraca air lahan menurut Thorthwaite-Mather dimana semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Giriwungu (Panggang) dikategorikan ke dalam tingkat sedang dengan luas 11.712,17 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 1999-2008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 24,5 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.32. dan Gambar 4.33. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada level sedang dengan luas 11.712,17 Ha dari hasil perhitungan neraca air pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah dan sedang dengan luas 11.423,34 Ha. kekeringan mulai terjadi pada bulan Mei sampai bulan Oktober dengan titik klimaks terjadinya kekeringan pada pertengahan antara bulan Agustus dan September. Curah hujan yang rendah dimulai pada bulan Mei dengan jumlah hujan rata-rata 64,4 mm/bulan yang sekaligus sebagai awal musim kemarau serta jumlah hujan paling sedikit turun terjadi pada bulan Agustus sebanyak 9,5 mm/bulan. Untuk mengetahui indeks kekeringan pada setiap bulan pada masing-masing satuan lahan beserta curah hujannya maka dapat dilihat pada Gambar 7.

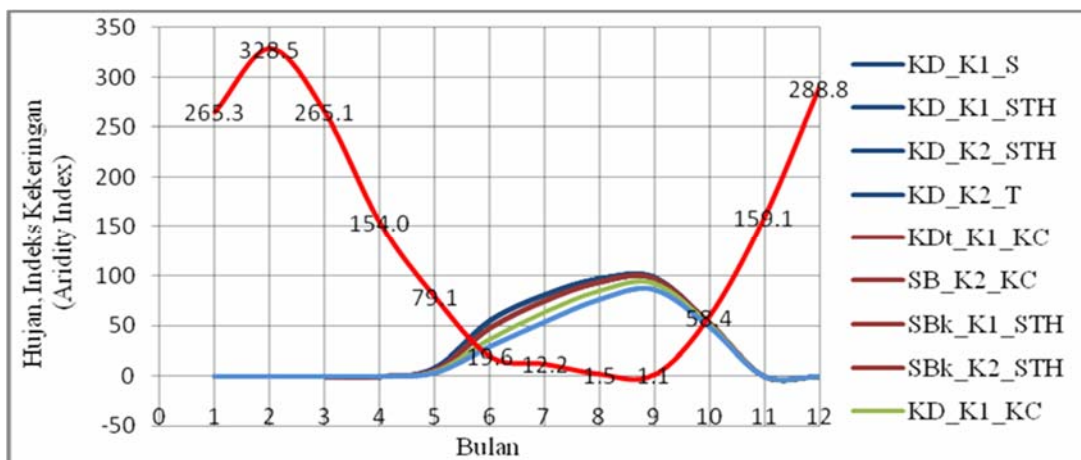


Gambar 6. Peta Tingkat Kekeringan Berdasarkan Klasifikasi Thornthwaite-Mather



Gambar 7. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Giriwungu (Panggang)

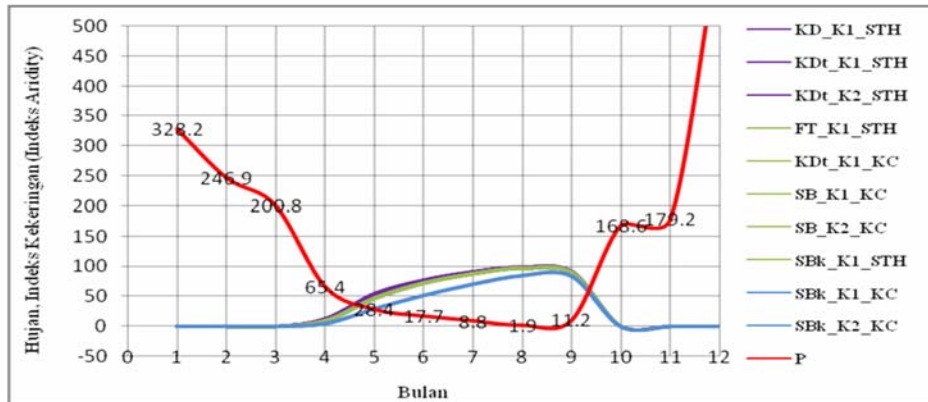
Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wanagama (Playen) diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa kekeringan dengan kategori rendah melanda lahan seluas 9.708,8 Ha, kekeringan dengan kategori sedang melanda lahan seluas 7.040,55 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi melanda lahan seluas 1.124,77 Ha. Berbeda halnya dengan luas kekeringan berdasarkan analisis neraca air lahan menurut Thorthwaite-Mather, semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Wanagama (Playen) dikategorikan kedalam tingkat kekeringan tinggi (kurang air) seluas 10.899,38 Ha serta tingkat kekeringan sedang seluas 6.975,12 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 1999-2008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 19,6 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.35. dan Gambar 4.36. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada level tinggi dan sedang dengan luas 17.875 Ha dari hasil perhitungan neraca air pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah dan sedang dengan luas 16.749,35 Ha. kekeringan mulai terjadi pada bulan Mei sampai bulan November. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebanyak 328,5 mm/bulan dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus-September hingga mencapai 1,1 mm/bulan yang merupakan titik klimaks terjadinya kekeringan. Untuk mengetahui indeks kekeringan pada setiap bulan pada masingmasing satuan lahan beserta curah hujannya maka dapat dilihat pada Gambar 8.



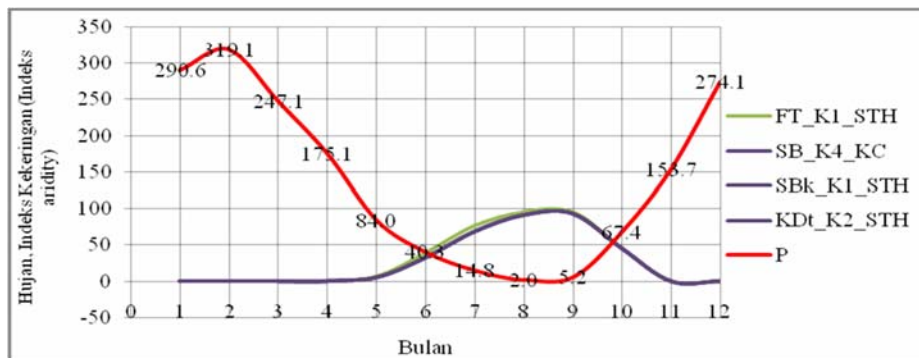
Gambar 8. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Wanagama (Playen)

Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Kedung Keris diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa kekeringan dengan kategori rendah melanda lahan seluas 3.967,45 Ha, kekeringan dengan kategori sedang melanda lahan seluas 2.635,19 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi melanda lahan seluas 385,24 Ha. Berbeda halnya dengan luas kekeringan berdasarkan analisis neraca air lahan menurut Thornthwaite-Mather, semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Kedung Keris dikategorikan kedalam tingkat kekeringan sedang seluas 6987,9 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 1999-2008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 17,7 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.38. dan Gambar 4.39. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada level sedang dengan luas 7931,79 Ha dari hasil perhitungan neraca air pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah dengan luas 6602,64 Ha. kekeringan mulai terjadi pada pertengahan bulan April-Mei sampai bulan September dengan titik klimaks pada bulan Agustus. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember sebanyak 643,2 mm/bulan dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus hingga mencapai 1,9 mm/bulan yang merupakan titik klimaks terjadinya kekeringan.

Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Gedangan diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa daerah yang memiliki tingkat kekeringan rendah seluas 1.671,2 Ha, tingkat kekeringan sedang seluas 530,64 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi seluas 71,05 Ha. Berbeda dengan analisis neraca air lahan menurut Thornthwaite-Mather, semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Gedangan dikategorikan kedalam tingkat kekeringan sedang seluas 2.272,89 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 1999-2008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 40,3 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.41. dan Gambar 4.42. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada level sedang dengan luas 2.272,89 Ha dari hasil perhitungan neraca air pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah dengan luas 1.671,2 Ha. kekeringan mulai terjadi pada bulan Mei sampai bulan September dengan titik klimaks pada bulan Agustus. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebanyak 319,1 mm/bulan dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus hingga mencapai 2,0 mm/bulan yang merupakan titik klimaks terjadinya kekeringan. Untuk mengetahui indeks kekeringan pada setiap bulan pada masing-masing satuan lahan beserta curah hujannya maka dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Kedung Keris



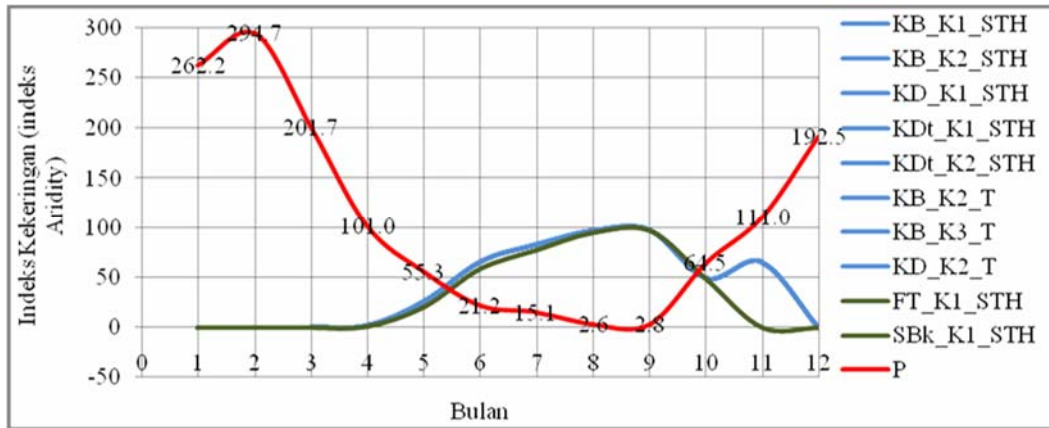
Gambar 10. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Gedangan

Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wonosari diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa daerah yang memiliki tingkat kekeringan rendah seluas 4.806,13 Ha, tingkat kekeringan sedang seluas 3.664,47 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi seluas 130,05 Ha. Sedangkan analisis neraca air lahan menurut Thorthwaite-Mather, semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Wonosari dikategorikan kedalam tingkat kekeringan tinggi (kurang air) seluas 8600,7 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 19992008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 21,2 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.44. dan Gambar 4.45. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada tingkat sangat kering/kurang air dengan luas 8600,7 Ha dari hasil perhitungan neraca air lahan

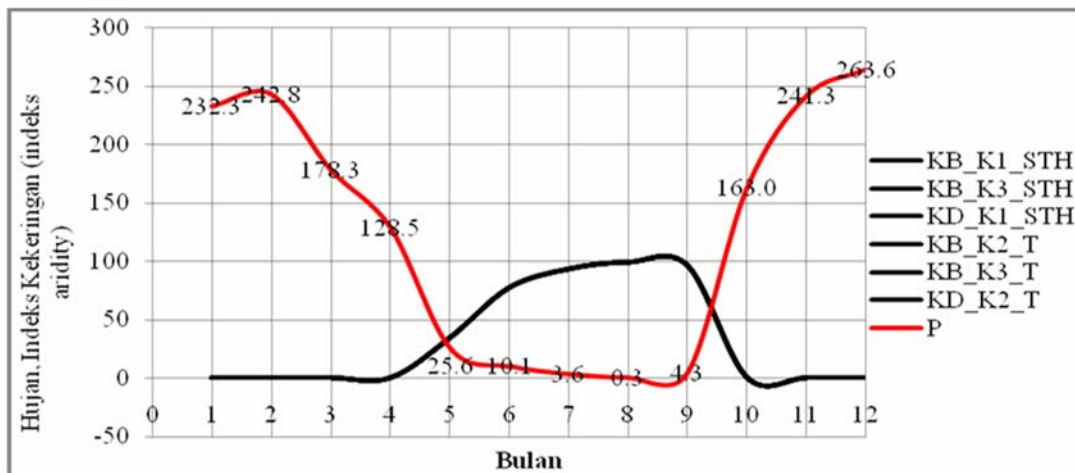
pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah seluas 4.806,93 Ha. kekeringan mulai terjadi pada bulan April sampai bulan November dengan titik klimaks pada pertengahan antara bulan Agustus dan September. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebanyak 294,7 mm/bulan dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus hingga mencapai 2,6 mm/bulan yang merupakan titik klimaks terjadinya kekeringan. Untuk mengetahui indeks kekeringan pada setiap bulan pada masing-masing satuan lahan beserta curah hujannya maka dapat dilihat pada Gambar 11.

Dari analisa luas kekeringan berdasarkan indeks TVDI dan metode Thornthwaite-Mather pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wonosari diatas dapat diketahui terjadinya perbedaan tingkat kekeringan beserta luasnya. Analisa citra TVDI menunjukkan bahwa daerah yang memiliki tingkat kekeringan rendah seluas 9.115,79 Ha, tingkat kekeringan sedang seluas 5.113,99 Ha, serta tingkat kekeringan tinggi seluas 878,82 Ha. Sedangkan analisis neraca air lahan menurut Thornthwaite-Mather, semua satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Tepus dikategorikan kedalam tingkat kekeringan tinggi (kurang air) seluas 15.108,6 Ha. Luasnya kekeringan yang terjadi disebabkan karena kondisi curah hujan rata-rata tahun 1999-2008 pada bulan Juni sangat minim mencapai 10,1 mm/bulan. Berdasarkan Gambar 4.47. dan Gambar 4.48. terjadi perubahan luas kekeringan pada setiap penggunaan lahan. Secara umum, terjadi penurunan kekeringan pada tingkat sangat kering/kurang air dengan luas 15.108,6 Ha dari hasil perhitungan neraca air lahan pada seluruh penggunaan lahan menurun menjadi tingkat kekeringan rendah dan sedang seluas 14.229,78 Ha. kekeringan mulai terjadi pada bulan Mei sampai bulan September dengan titik klimaks pada pertengahan antara bulan Agustus. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember sebanyak 263,6 mm/bulan dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus hingga mencapai 0,3 mm/bulan yang merupakan titik klimaks terjadinya kekeringan. Untuk mengetahui indeks kekeringan pada setiap bulan pada masing-masing satuan lahan beserta curah hujannya maka dapat dilihat pada Gambar 12.

Pada dasarnya pengaturan pola tanam dilakukan dalam upaya pengelolaan tanaman pangan berdasarkan keberadaan air. Salah satu contoh gejala akibat terjadinya kekeringan yaitu produksi padi akan menurun jika tanaman padi menderita cekaman air (*water stress*). Periode tanam dibagi menjadi 3 musim tanam yaitu musim tanam 1 (musim hujan), musim tanam 2 (musim kemarau), serta musim tanam 3 (musim kemarau). Pola tanam dan periode penanaman pada setiap satuan lahan didasarkan pada besarnya surplus/ketersediaan air pada setiap bulannya yang dikaitkan dengan kebutuhan air tanaman. Berdasarkan neraca air masing-masing satuan lahan terutama informasi surplus dan defisit air pada setiap bulannya maka dapat diuraikan pola tanam masing-masing satuan lahan seperti yang digambarkan pada peta pola tanam yang dapat dijelaskan pada Gambar 13.

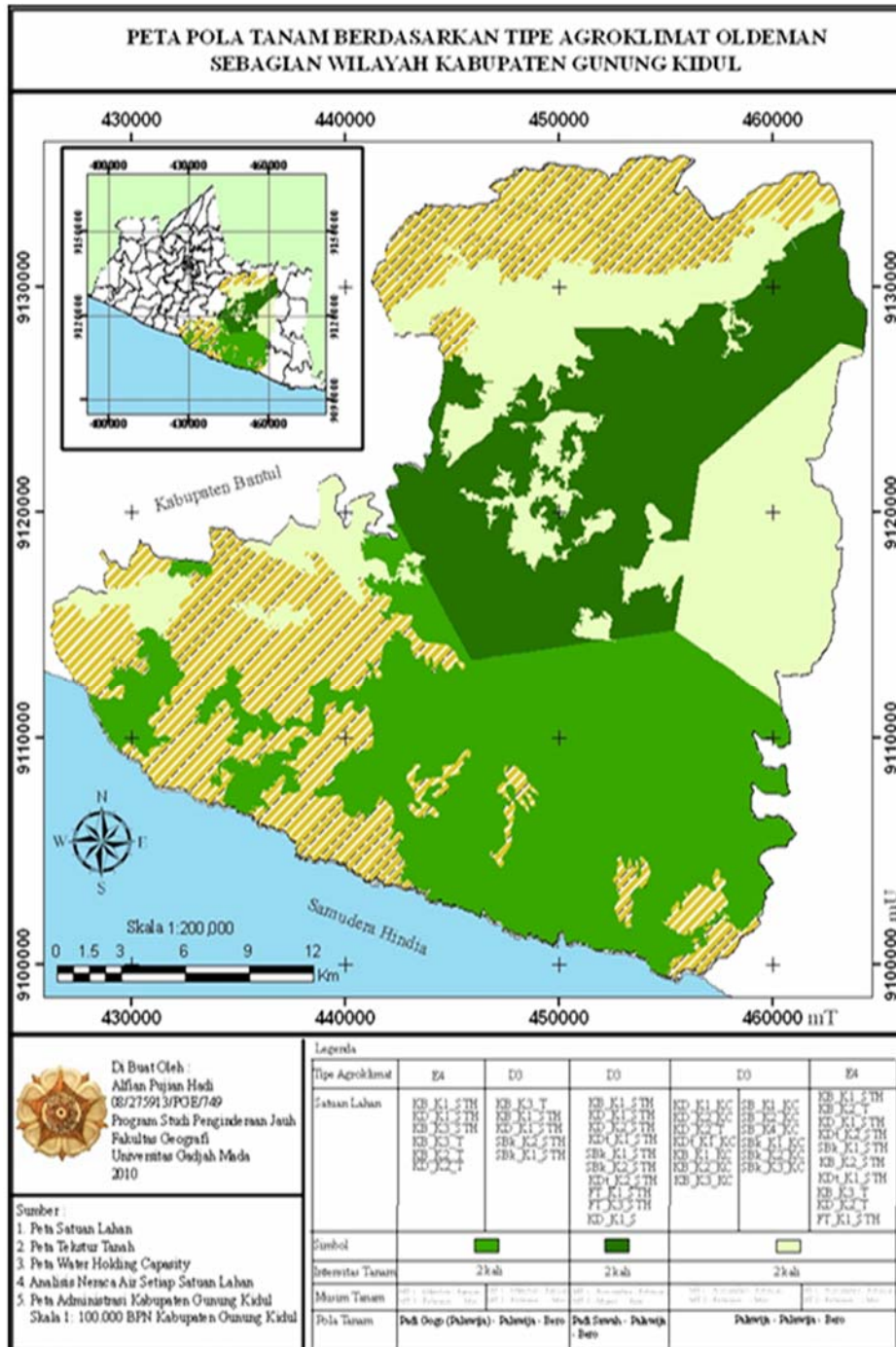


Gambar 11. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Wonosari



Gambar 12. Indeks Kekeringan Satuan Lahan yang dipengaruhi oleh Stasiun Hujan Tepus

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh oleh stasiun hujan Giriwungu (Panggang) memiliki tipe iklim D3 dengan karakteristik penanaman 1 kali tanaman padi gogo rancah (Gora) untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan. satuan lahan ini memiliki 4-5 bulan basah dan 5 bulan kering. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa pada musim tanam 1 yang merupakan bulan basah (bulan Oktober sampai bulan Januari) terjadi surplus dimana curah hujan yang jatuh > 200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah tadah hujan sehingga cukup untuk tanaman padi Gora (gogo rancah). Satuan lahan ini diantaranya KB_K1_STH, SBk_K1_STH, SBk_K2_STH. Pada saat musim kemarau atau musim tanam 2 yang terjadi bulan februari sampai mei, terjadi suflus < 200 mm/bulan sehingga hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman palawija.



Gambar 13. Pola Tanam Pertanian Menurut Oldeman

Berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, serta kacang tanah. Untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan yang mengakibatkan kerugian bagi petani maka sebaiknya pada musim tanam ke 3 yang terjadi pada bulan Juni-September, sawah tadah hujan diberokan/tidak ditanami karena terjadi defisit air yang mengakibatkan cekaman air bagi tanaman (*water stress*). Selain penggunaan lahan sawah tadah hujan, satuan lahan dengan penggunaan lahan kebun campuran dan tegalan pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija serta pada musim tanam 3 sebaiknya diberokan/tidak ditanami.

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh dengan stasiun hujan Wanagama (Playen) memiliki tipe iklim D3 dengan karakteristik penanaman 1 kali tanaman padi untuk penggunaan lahan sawah dan sawah tadah hujan. satuan lahan ini memiliki 4-5 bulan basah dan 5 bulan kering. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa pada musim tanam 1 yang merupakan bulan basah (bulan November sampai bulan Februari) terjadi surplus dimana curah hujan yang jatuh > 200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah dan sawah tadah hujan sehingga cukup untuk tanaman padi. Satuan lahan ini diantaranya KD_K1_S, KD_K1_STH, KD_K2_STH, KDt_K1_STH, SBk_K1_STH, SBk_K2_STH. Tanaman padi yang ditanam pada lahan sawah dan sawah tadah hujan yaitu tanaman padi sawah irigasi (bukan padi gogo rancah) dengan metode pelumpuran (*mudding*) sehingga untuk sawah tadah hujan pada satuan lahan yang terpengaruh oleh stasiun hujan Panggang berbeda teknik pengolahan dan penanamannya dengan satuan lahan sawah tadah hujan yang terpengaruh oleh stasiun hujan Playen. Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan saluran irigasi, kemiringan lereng rata-rata 0-8% pada lahan sawah hujan serta bentuk lahannya Dataran Tinggi Karst. Pada musim kemarau atau musim tanam 2 yang terjadi pada bulan Maret sampai Juni, suflus air < 200 mm/bulan sehingga hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman palawija. Pada akhir musim tanam 2 ini, curah hujan yang jatuh sangat kecil sehingga diperlukan kehati-hatian dalam penentuan tanaman yang ditanam. Berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, serta kacang tanah. Berdasarkan data hujan tahun 1999-2008 yang digunakan dalam penelitian ini, yang harus diantisipasi terutama untuk satuan lahan yang dipengaruhi oleh stasiun hujan Playen adalah terjadinya keterlambatan hujan sehingga awal hujan jatuh pada akhir bulan Oktober atau awal bulan November. Disamping itu awal musim kemarau jatuh pada bulan Juni sehingga dapat diperkirakan terjadi cekaman air pada akhir musim tanam 2 (bulan juni). Selain penggunaan lahan sawah dan sawah tadah hujan, satuan lahan dengan penggunaan lahan kebun campuran pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija seperti jagung, ketela, kacang tanah karena surplus/ketersediaan air cukup untuk memenuhi kebutuhan air pada satuan lahan tersebut dan pada musim tanam 3 sebaiknya diberokan/tidak ditanami. Untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan

tegalan berdasarkan ketersediaan air pada musim tanam 1 dan tanam 2 dimana musim hujan terjadi pada bulan November-April sebaiknya ditanami tanaman palawija yang berumur pendek dan atau tanaman yang tahan terhadap kekeringan seperti jagung dan ketela. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan karena berdasarkan neraca air, kekeringan terjadi pada awal bulan Mei sampai bulan Oktober.

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh dengan stasiun hujan Kedung Keris memiliki tipe iklim D3 dengan karakteristik penanaman 1 kali tanaman padi untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan. satuan lahan ini memiliki 4-5 bulan basah dan 5 bulan kering. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa pada musim tanam 1 yang merupakan bulan basah (bulan Oktober sampai bulan Maret) terjadi surplus dimana curah hujan yang jatuh > 200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah tadah hujan sehingga cukup untuk tanaman padi. Satuan lahan ini diantaranya KD_K1_STH, KDt_K1_STH, KDt_K2_STH, FT_K1_STH, SBk_K1_STH dimana berdasarkan data rata-rata curah hujan tahun 1999-2008, satuan lahan ini mendapatkan hujan yang sangat tinggi pada bulan Oktober sampai Maret dan puncak hujan tertinggi pada bulan Desember dengan surplus ketersediaan air sebesar 547.1 mm/bulan. Akan tetapi pada saat bulan kemarau atau musim tanam 2 yang terjadi pada bulan Maret sampai Juni, terjadi surplus/ketersediaan air < 100 mm/bulan sehingga hanya sedikit air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman palawija. Pada akhir musim tanam 2 ini, curah hujan yang jatuh sangat kecil sehingga diperlukan kehati-hatian dalam penentuan tanaman yang ditanam. Berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, serta kacang tanah. Selain penggunaan lahan sawah tadah hujan, satuan lahan dengan penggunaan lahan kebun campuran seperti KDt_K1_KC, SB_K1_KC, SB_K2_KC, SB_K4_KC, SBk_K1_KC, SBk_K2_KC pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija seperti jagung, ketela, kacang tanah yang lebih toleran terhadap kekeringan karena surplus/ketersediaan air cukup untuk memenuhi kebutuhan air pada satuan lahan tersebut dan pada musim tanam 3 sebaiknya diberokan/tidak ditanami.

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh dengan stasiun hujan Wonosari memiliki tipe iklim E4 dengan karakteristik penanaman 1 kali tanaman padi untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan. satuan lahan ini memiliki < 3 bulan basah dan > 6 bulan kering dan dari hasil analisis neraca air pada musim tanam 1 ketersediaan air/surplus sangat sedikit pada akhir bulan November sampai bulan Maret. Surplus antara 100-200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah tadah hujan sehingga tidak cukup untuk tanaman padi. Satuan lahan ini diantaranya KB_K1_STH, KB_K2_STH, KDt_K1_STH, KDt_K2_STH, KD_K1_STH, FT_K1_STH, SBk_K1_STH. Untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan karena minimnya surplus air maka pada musim tanam 1 sebaiknya ditanam tanaman palawija pada bulan November sampai bulan Februari.

Akibat dari minimnya curah hujan yang jatuh pada musim tanam 2 karena terjadinya kekeringan lebih awal pada bulan Mei sementara curah hujan yang jatuh tidak mencukupi ketersediaan air untuk tanaman maka sebaiknya ditanam tanaman yang memiliki umur pendek atau tanaman yang toleran terhadap kekeringan. Berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, kacang tanah, kedelai atau tanaman hortikultura. Untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan yang mengakibatkan kerugian bagi petani pada musim tanam ke 3 yang terjadi pada bulan Juni-Oktober, maka sebaiknya sawah tadah hujan diberokan/tidak ditanami karena terjadi defisit air. Selain penggunaan lahan sawah tadah hujan, satuan lahan dengan penggunaan lahan Tegalan seperti KB_K3_T, KB_K2_T, KD_K2_T pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija seperti jagung, ketela, kacang tanah, cabe, kedelai, hortikultur yang memiliki umur tanam pendek. Pada musim tanam 3 untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan tegalan sebaiknya diberokan/tidak ditanami.

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh dengan stasiun hujan Gedangan memiliki tipe iklim D3 dengan karakteristik penanaman 1 kali tanaman padi untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan. satuan lahan ini memiliki 4-5 bulan basah dan 5 bulan kering. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa pada musim tanam 1 yang merupakan bulan basah (bulan November sampai bulan April) terjadi surplus dimana curah hujan yang jatuh > 200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah tadah hujan sehingga cukup untuk tanaman padi. Satuan lahan ini diantaranya KDt_K2_STH, FT_K1_STH, SBk_K1_STH. Akan tetapi pada saat bulan kemarau atau musim tanam 2 yang terjadi pada bulan Maret sampai Juni, terjadi surplus/ketersediaan air < 100 mm/bulan sehingga hanya sedikit air yang hanya akan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman palawija. Pada akhir musim tanam 2 ini, curah hujan yang jatuh sangat kecil sehingga diperlukan kehati-hatian dalam penentuan tanaman yang ditanam. Berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, serta kacang tanah. Pada musim tanam 2 ini sebaiknya ditanam, tanaman yang toleran terhadap kekeringan seperti ubi kayu serta untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan yang mengakibatkan kerugian bagi petani pada musim tanam ke 3 yang terjadi pada bulan Mei-September lebih awal dari biasanya yaitu bulan juni. Untuk itu maka sebaiknya sawah tadah hujan diberokan/tidak ditanami karena terjadi defisit air yang mengakibatkan cekaman air bagi tanaman (*Water stress*) pada bulan Mei sampai september. Solusi yang diberikan yaitu diperlukan tanaman yang akan ditanam pada musim tanam ke 2 harus toleran terhadap kekeringan sehingga tidak menimbulkan kegagalan panen pada musim tanam 2 dan tanamannya pun berumur pendek sehingga dapat dengan cepat dipanen. Menurut saya, tanaman kacang tanah, kedelai maupun tomat dapat dijadikan komoditas untuk ditanam karena berdasarkan fase fenologinya hanya membutuhkan sedikit air pada fase pengisian polong dan pematangan. Selain penggunaan lahan sawah tadah hujan,

satuan lahan dengan penggunaan lahan kebun campuran seperti SB_K4_KC pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija seperti jagung, ketela, kacang tanah yang lebih toleran terhadap kekeringan karena surplus/ketersediaan air cukup untuk memenuhi kebutuhan air pada satuan lahan tersebut dan pada musim tanam 3 sebaiknya diberokan/tidak ditanami.

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, Satuan lahan yang terpengaruh dengan stasiun hujan Tepus memiliki tipe iklim E4 dengan karakteristik pada umumnya hanya dilakukan 1 kali penanaman tanaman padi/palawija untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan dalam satu tahun. satuan lahan ini memiliki 2 bulan basah dan 9 bulan kering. Berdasarkan hasil analisis neraca air pada setiap satuan lahan yang dipengaruhi stasiun hujan Tepus, pada musim tanam 1 yang merupakan bulan basah (bulan Oktober sampai bulan Januari) terjadi surplus dimana curah hujan yang jatuh < 200 mm/bulan untuk satuan lahan dengan penggunaan lahan sawah tadah hujan diantaranya KB_K1_STH, KD_K1_STH, KB_K3_STH hanya dapat ditanami padi gora (gogo rancah) yang lebih toleran terhadap cekaman air dan palawija karena surplus/ketersediaan air yang ada hanya dapat mensuplai kebutuhan air tanaman palawija. Pada bulan kemarau atau musim tanam 2 yang terjadi pada bulan Februari sampai Mei, sudah terjadi kekeringan pada akhir bulan Mei dimana sudah terjadi defisit air sebesar 42,3 mm/bulan sehingga hanya sedikit air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman palawija pada musim tanam 2. Pada musim tanam 2 ini sebaiknya ditanam, tanaman yang toleran terhadap kekeringan yang berdasarkan fase fenologinya, tanaman palawija yang cocok ditanam yaitu jagung, ketela, kedelai, serta kacang tanah serta untuk mengantisipasi terjadinya kekeringan yang mengakibatkan kerugian bagi petani pada musim tanam ke 3 yang terjadi pada bulan Juni-September, maka sebaiknya sawah tadah hujan diberokan/tidak ditanami karena terjadi defisit air yang mengakibatkan cekaman air bagi tanaman (*Water stress*) pada bulan Juni sampai September. Selain penggunaan lahan sawah tadah hujan, pada dasarnya satuan lahan dengan penggunaan lahan tegalan seperti KB_K3_T, KB_K2_T, KD_K2_T memiliki pola tanam yang sama dengan pola tanam pada sawah tadah hujan dimana pada musim tanam 1 dan tanam 2 sebaiknya ditanami palawija seperti jagung, ketela, kacang tanah yang lebih toleran terhadap kekeringan karena surplus/ketersediaan air cukup untuk memenuhi kebutuhan air pada satuan lahan tersebut dan pada musim tanam 3 sebaiknya diberokan/tidak ditanami.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Saluran 13 citra Aster memiliki akurasi paling tinggi jika dibandingkan dengan saluran 10,11,12, serta 14 citra Aster karena memiliki perbedaan atau selisih paling kecil dengan suhu permukaan lapangan. Berdasarkan analisis

RMS difference diperoleh nilai 1,140. Semakin kecil nilai *RMS difference* saluran TIR citra Aster maka dapat dikatakan semakin akurat suhu permukaan yang disadap oleh saluran tersebut. Hal ini dapat dilihat dari pancaran maksimum obyek di permukaan bumi pada panjang gelombang 9,7 μm berada paling dekat dengan kisaran panjang gelombang yang digunakan pada saluran 13 yaitu terletak pada panjang gelombang 10,25-10,95 μm sehingga dapat dikatakan kisaran radiasi maksimum obyek di permukaan secara baik ditangkap oleh sensor citra Aster saluran 13.

2. Luas sebaran kekeringan berdasarkan indeks TVDI pada seluruh penggunaan lahan dengan tingkat kekeringan tinggi, sedang dan rendah masing-masing melanda daerah seluas 2.922,8 Ha (4,6%), 20.286,16 Ha (32,11%) serta 39.962,72 Ha (63,26%). Dari total luas 2.922,8 Ha lahan yang dilanda kekeringan dengan tingkat kekeringan tinggi (kering/kurang air) seluas 2.069,47 Ha merupakan sawah tadah hujan, sedangkan pada lahan sawah seluas 290,57 Ha, tegalan seluas 236,29 Ha dan kebun campuran seluas 336,47 Ha. Analisis hubungan indeks TVDI dengan kadar lengas tanah menunjukkan hubungan yang tidak terlalu kuat sebesar 53,7%.
3. Tingkat kekeringan lahan dengan analisis neraca air Thornthwaite-Mather menunjukkan indeks kekeringan (*aridity index*) berada dalam tingkat kekeringan sedang dan berat. Berdasarkan Indeks kekeringan lahan, kekeringan sedang terjadi pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Giriwungu (Panggang), Kedung Keris, serta Gedangan dan sebagian Playen. Kekeringan berat terjadi pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Wonosari, Tepus dan sebagian Playen.
4. Pola tanam berdasarkan agroklimat Oldeman pada daerah penelitian dikelompokkan ke dalam 3 pola tanam yaitu pola tanam Padi Gogo (Palawija) - Palawija - Bero, Padi sawah - Palawija Bero, Palawija - Palawija - Bero. Pola tanam Padi Gogo (Palawija) - Palawija - Bero diterapkan di satuan lahan di sawah tadah hujan dan tegalan yang terpengaruh stasiun hujan Tepus dan Panggang dengan musim tanam 1 terjadi bulan Oktober - Januari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Februari - Mei, pola tanam Padi Sawah - Palawija - Bero diterapkan di sawah dan sawah tadah hujan yang terpengaruh stasiun hujan Wanagama (Playen), Kedung Keris dan Gedangan dengan musim tanam 1 terjadi pada bulan November - Februari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Maret - Juni sedangkan pola tanam Palawija Palawija - Bero diterapkan di penggunaan lahan kebun campuran pada satuan lahan yang terpengaruh stasiun hujan Kedung Keris, Panggang, Playen, Gedangan, serta Wonosari untuk penggunaan lahan sawah tadah hujan dimana musim tanam 1 terjadi pada bulan November - Februari dan musim tanam 2 terjadi pada bulan Maret - Juni.

DAFTAR PUSTAKA

Handoko et al., 1995. *Prosiding Panel Diskusi Antisipasi Kekeringan dan Penanggulangan Jangka Panjang Rumusan Sukamandi 26-27 Agustus 1994*.

Wikantika, et al., 2008. *Analisis Kelembaban Tanah Dengan Landsat ETM Menggunakan Metode TVDI (Temperature Vegetation Dryness Indeks)*. Pertemuan Ilmiah MAPIN Tahunan XVII, Bandung 10-12-2008.

Sugita, M., Brutsaert, W., 1993. *Comparison of Land Surface Temperatures Derived From*.

Satellite Observations With Ground Truth During FIFE. International Journal of Remote Sensing, 14 (9): hal 1659-1676.