

## STUDI TENTANG HUBUNGAN TINGKAT NAUNGAN DAN KADAR AIR TANAH PADA LAHAN KAKAO DENGAN NILAI DIGITAL CITRA LANDSAT 8 TM

Muh. Iqbal Amiruddin<sup>1</sup>, Daniel<sup>1</sup>, dan Haerani<sup>1</sup>  
Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar

### ABSTRAK

Tanaman kakao merupakan tanaman perkebunan berprospek menjanjikan. Tetapi jika faktor pemeliharaan termasuk juga ketersediaan air tanah tidak diperhatikan maka tingkat produksi dan kualitas tanaman kakao akan rendah. Tingkat kadar air tanah dapat bertahan lama bila naungan dipertahankan karena kurangnya evaporasi, terutama pada musim kemarau. Di sisi lain, diperlukan data geografi berupa kondisi dan kualitas lahan kakao yang dapat diperoleh dengan cepat tanpa harus melakukan survei secara langsung di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan tingkat naungan dan dinamika kadar air tanah pada lahan kakao dengan nilai digital citra landsat 8 TM. Hasil pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengolahan data citra dan analisis kadar air tanah kemudian disajikan dalam bentuk grafik. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat naungan dan kadar air tanah pada lahan kakao memiliki hubungan dengan nilai digital piksel pada citra satelit landsat 8 TM. Indeks vegetasi *VARIgreen* (*Variable Atmospherically Resistant Index*) menghasilkan nilai yang lebih sesuai digunakan dalam identifikasi pengaruh tingkat naungan pada lahan kakao. Band 6 lebih efektif digunakan untuk mengetahui tingkat vegetasi yang kemudian berpengaruh terhadap dinamika kadar air tanah karena memiliki kecenderungan pola data yang hampir sama dengan nilai kadar air tanah.

***Kata kunci: lahan kakao, tingkat naungan, kadar air tanah, indeks vegetasi, digital number***

### PENDAHULUAN

Tanaman kakao merupakan tanaman perkebunan berprospek menjanjikan. Tetapi jika faktor tanah yang semakin keras dan miskin unsur hara terutama unsur hara mikro dan hormon alami, faktor iklim dan cuaca, faktor hama dan penyakit tanaman, serta faktor pemeliharaan lainnya termasuk juga ketersediaan air tanah tidak diperhatikan maka tingkat produksi dan kualitas tanaman kakao akan rendah (PPKKI, 2004).

Sebagai tanaman yang habitat aslinya berasal dari daerah tropis basah dan dalam budidayanya memerlukan naungan, maka walaupun telah diperoleh lahan yang sesuai, sebelum penanaman kakao tetap diperlukan persiapan naungan. Tanpa persiapan naungan yang baik, pengembangan tanaman kakao akan sulit diharapkan keberhasilannya. Oleh

karena itu persiapan lahan dan naungan, serta penggunaan tanaman yang bernilai ekonomis sebagai penaung merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam budidaya kakao (PPKKI, 2004).

Kebun dengan naungan pohon yang kurang mengakibatkan curah hujan yang langsung ke tanah meningkat akibat berkurangnya intersepsi terutama pada saat hujan gerimis yang tidak lama. Dengan demikian, ketersediaan air untuk mengisi kembali air tanah dan mata air meningkat pula. Namun tidak demikian bila curah hujan lebat dan berlangsung lama. Peningkatan dampak curah hujan terhadap kadar air tanah hanya sedikit bila naungan dan serasah tanaman dipertahankan. Namun tingkat kadar air tanah dapat bertahan lama bila naungan dan serasah dipertahankan karena kurangnya evaporasi,

terutama pada musim kemarau (Hamilton dan King, 1997).

Penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) saat ini berkembang pesat dan melebur kedalam segala aspek penataan dan pembangunan lingkungan hidup, tidak terkecuali pengelolaan lahan pertanian. Namun pada umumnya pemantauan kondisi dan kualitas lahan pertanian, apabila dilaksanakan dengan survei lapangan, sering kali tidak dapat mengimbangi laju perubahan informasi geografi yang cepat.

Mengingat pentingnya fungsi tanaman penabung terhadap ketersediaan air dalam tanah, yang selanjutnya dapat mempengaruhi produksi dan keberlangsungan tanaman, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh kondisi naungan tanaman terhadap kadar air tanah. Di sisi lain, diperlukan data geografi berupa kondisi dan kualitas lahan kakao yang dapat diperoleh dengan cepat tanpa harus melakukan survei secara langsung di lapangan. Oleh karenanya, penting dilakukan suatu penelitian tentang penggunaan citra landsat 8 TM sebagai upaya untuk mengefisienkan waktu dalam memperoleh data spasial tentang tingkat vegetasi, dalam hal ini kondisi naungan tanaman pada lahan kakao.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan tingkat naungan dan dinamika kadar air tanah pada lahan kakao dengan nilai digital citra landsat 8 TM.

Kegunaan penelitian ini diharapkan sebagai bahan referensi yang dapat memperkaya pengetahuan tentang penggunaan citra satelit dalam pengelolaan lahan dan pemuliaan tanaman kakao.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2014, lokasi penelitian bertempat di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat dan Laboratorium Kimia Analisa Dan Pengawasan Mutu Pangan, Program Studi Ilmu & Teknologi Pangan, Universitas Hasanuddin.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah meteran, cangkul, timbangan, kamera digital, laptop, GPS (*Global Positioning System*), dan oven

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah dan Citra Satelit Landsat 8 TM Kabupaten Mamuju bulan Juli sampai September 2014.

### Prosedur Penelitian

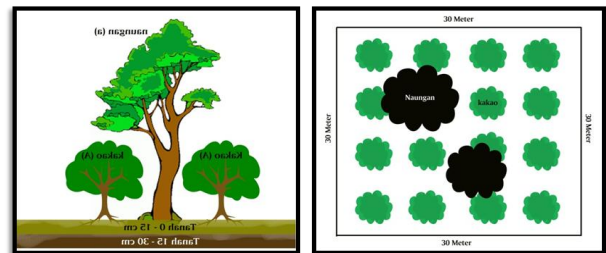
Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### *Pengambilan Titik Koordinat*

Penentuan titik koordinat dilakukan untuk menetapkan lokasi pengambilan sampel.

#### *Pengambilan Data*

Data-data yang dikumpulkan meliputi, persentase naungan dalam area piksel (30 m x 30 m), dengan rumus: % naungan =  $a/A \times 100$ , dan mencatat jenis tanaman pelindung serta peta Mamuju dalam bentuk Citra Landsat 8 TM dari bulan Juli sampai September 2014.



Gambar 4. Ilustrasi Naungan Tampak Samping (a) dan Tampak Atas (b)

#### *Pengolahan Data Citra*

##### a) Penggabungan Band

Penggabungan band dilakukan untuk menyusun beberapa band pada citra menjadi satu.

##### b) Cropping

*Cropping* bertujuan untuk memotong citra sesuai dengan batas administrasi daerah penelitian. *Cropping* citra ini menggunakan software Er-Mapper / Arcgis.

##### c) Input Titik Koordinat

Input titik koordinat dilakukan dengan cara mentabulasi titik koordinat ke dalam Er-Mapper, input titik koordinat bertujuan agar nantinya akan muncul titik titik koordinat di citra yang di ambil dari lapangan.

#### d) Penentuan Digital Number (DN) Pixel

Penentuan DN Pixel dilakukan dengan cara mengklik masing masing titik koordinat yang telah di input ke dalam citra melalui Er-Mapper, penentuan DN bertujuan untuk mendapatkan nilainya yang akan berkaitan dengan kondisi tanaman.

#### e) Penentuan Nilai Indeks Vegetasi

Penentuan nilai indeks vegetasi dimaksudkan untuk memperkirakan tingkat vegetasi tanaman dengan melihat reflektansi gelombang elektromagnetiknya. Penelitian ini menggunakan empat indeks vegetasi yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*), dan VARIGreen (*Variable Atmospherically Resistant Index*). Adapun persamaan dari masing-masing indeks vegetasi tersebut yaitu:

$$NDVI = ((NIR - R) / (NIR + R) + 1)$$

$$SAVI = (NIR - R) * (1 + 0,5) / (NIR + R + 0,5)$$

$$MSAVI = (NIR + C - \text{Sqrt}((NIR + C)^2 - 2(NIR - R)))$$

$$VARIGreen = (G - R) / (G + R - B)$$

Dimana :

NIR = Saluran Inframerah Dekat

R = Saluran Merah (*Red*)

G = Saluran Hijau (*Green*)

B = Saluran Biru (*Blue*)

C = nilai koefisien untuk memperkecil variasi nilai kalibrasi tanah, yaitu 0,5

#### Analisis Kadar Air Tanah

##### a) Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang diambil pada masing-masing lokasi pengambilan titik koordinat sebanyak 2 jenis sampel, yaitu pada lapisan tanah atas (0 – 15 cm) dan lapisan tanah bawah (15 – 30 cm) serta

menentukan jenis tanah berdasarkan teksturnya.

##### b) Perhitungan Kadar Air

Sampel tanah yang telah diambil ditimbang sekitar 5 gram sebagai berat awal, kemudian dioven hingga berat konstan selama 24 jam. Tanah yang sudah dioven kemudian ditimbang kembali sebagai berat akhir. Kadar air tanah ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri. Kadar air tanah dihitung dengan menggunakan persamaan kadar air tanah basis kering sebagai berikut:

$$KA = \left[ \frac{B.Aw - B.Ak}{B.Ak} \right] 100\%$$

dimana:

KA = kadar air tanah basis kering (%)

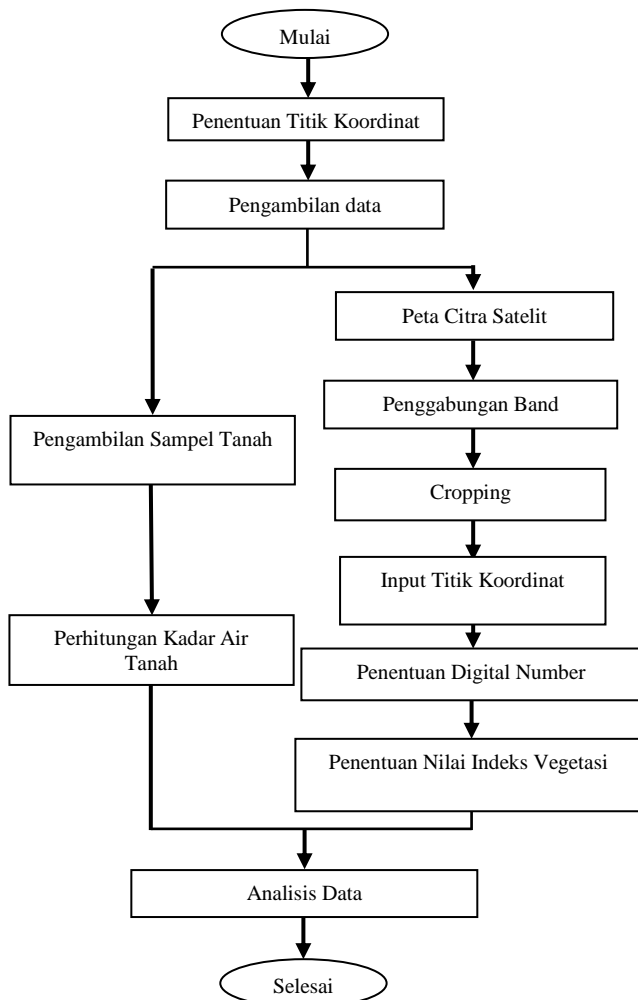
B.Aw = berat awal (g)

B.Ak = berat akhir, dalam kondisi kondisi konstan (g)

#### Analisis Data

Data hasil pengolahan citra satelit dan kadar air disajikan dalam bentuk grafik scatterdam. Kemudian dibagi menjadi 4 kuadran untuk mengetahui tingkat kesesuaian data dengan teori yang ada.

#### Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

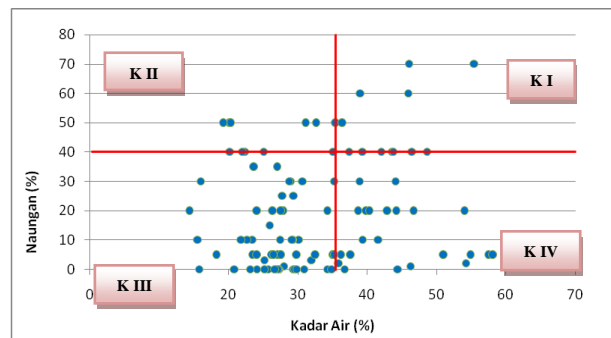
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hubungan Kadar Air dengan Tingkat Naungan

Pada musim kemarau dan dalam kondisi tanpa penaung, iklim mikro di sekitar tanaman sangat memacu terjadinya transpirasi sehingga air yang diserap tanaman dari tanah cukup banyak. Namun efek tersebut dapat dikurangi jika tanaman diberi tanaman pelindung (penaung). Hal ini disebabkan karena naungan yang baik bisa mengurangi *evaporasi* yang disebabkan oleh energi matahari.



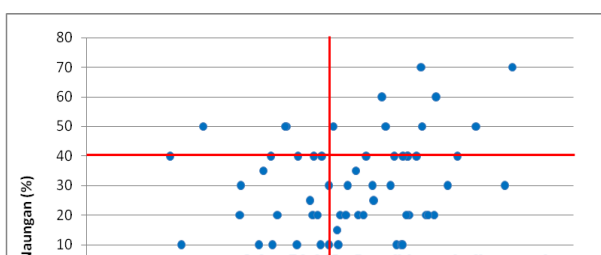
Gambar 2. Grafik hubungan tingkat naungan dengan kadar air tanah pada kedalaman 0-15 cm.



Gambar 3. Grafik hubungan tingkat naungan dengan kadar air tanah pada kedalaman 15-30 cm.

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, data yang diperoleh memiliki sebaran data yang beragam. Oleh karena itu, untuk memudahkan dalam mengidentifikasi, maka data-data tersebut kemudian dibagi dalam 4 kuadran untuk melihat sebaran datanya. Data yang sesuai dengan teori ditunjukkan oleh kuadran I dan kuadran III, dimana jika naungan rendah maka kadar air juga rendah (kuadran I), sebaliknya jika naungan tinggi maka kadar air juga tinggi (kuadran III). Data yang tidak sesuai dengan teori ditunjukkan pada kuadran II dan IV, dimana jika naungan tinggi namun kadar airnya rendah (kuadran II), sedangkan jika naungan rendah namun kadar airnya tinggi (kuadran IV).

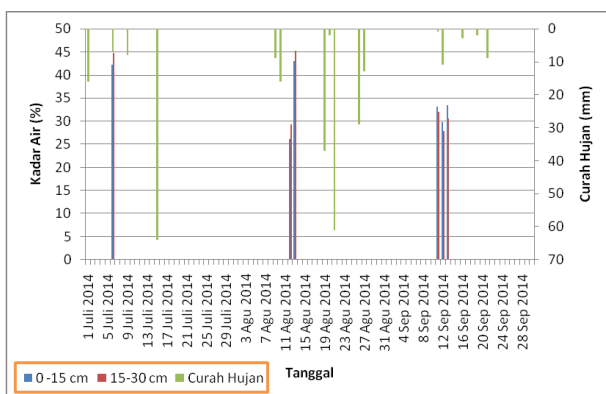
Berdasarkan hasil penelitian hubungan kadar air dengan tingkat naungan (Gambar 2 & 3), data banyak tersebar pada kuadran III dan IV. Adapun pada kuadran IV data yang didapatkan tidak sesuai dengan teori dikarenakan adanya pengaruh tekstur tanah pada lokasi pengambilan sampel. Hal ini



terlihat pada kuadran IV, dimana kadar air tertinggi yaitu 65% justru terjadi pada tingkat naungan yang hanya 5%. Hal tersebut terjadi karena pada lokasi pengambilan data tersebut memiliki sampel tanah yang bertekstur kasar. Tekstur tanah yang kasar mampu menahan atau menyimpan air yang lebih besar dibandingkan dengan tekstur tanah yang lain. Selain itu, pada hari pengambilan sampel juga terjadi hujan namun dengan intensitas yang sangat kecil yaitu hanya 1 mm. Hal ini yang kemudian berpengaruh terhadap hasil yang telah didapatkan.

### Hubungan Kadar Air dengan Curah Hujan

Hujan yang terjadi pada lokasi perkebunan kakao tidak serta merta akan meningkatkan kadar air tanah secara langsung terutama untuk intensitas hujan yang kecil. Jumlah hujan minimum yang dapat meningkatkan kadar air tanah dipengaruhi oleh tingkat naungan. Namun dampaknya baru akan kelihatan setelah beberapa hari setelah hujan berhenti dimana kadar air tanah bisa meningkat akibat adanya air yang masuk ke dalam tanah yang berasal dari curah hujan yang jatuh dan tertahan beberapa saat pada naungan atau tajuk tanaman sebagai intersep yang selanjutnya akan menjadi aliran batang yang setelah beberapa hari akan diserap oleh tanah.



Gambar 4. Grafik hubungan kadar air tanah dengan curah hujan

Cepat atau tidaknya tanah dalam menyerap air hujan dipengaruhi juga oleh kemampuan tanah dalam menyerap air dalam kaitannya dengan jenis tekstur tanah, dimana tekstur tanah yang kasar (dominan pasir) lebih cepat

dalam menyerap air dibandingkan dengan tekstur tanah yang halus (dominan liat).

Pada penelitian ini, survei lapangan dan pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak 4 kali dalam kurun waktu tiga bulan yaitu dari bulan Juli hingga bulan September 2014. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4, bahwa pada proses pengambilan sampel tanah yang dilakukan pada tanggal 13 agustus 2014 tidak terjadi hujan namun rata-rata kadar air tanah yang didapatkan setelah analisis terbilang cukup tinggi yaitu 43% untuk sampel tanah 0-15 cm dan 45% pada sampel tanah 15-30 cm. Sebaliknya pada proses pengambilan sampel tanggal 12 September 2014 terjadi hujan namun dengan intensitas yang rendah yaitu 11 mm dan didapatkan rata-rata kadar air tanah pada sampel 0-15 cm yaitu 30% sedangkan pada sampel 15-30 cm yaitu 28%.

Gambar 4 menunjukkan bahwa pengaruh curah hujan pada hari pengambilan sampel tanah belum terlalu mempengaruhi tingkat kadar air tanah hal tersebut sesuai dengan teori bahwa dampak dari curah hujan, baru akan terlihat setelah beberapa hari setelah hujan akibat dari adanya curah hujan yang tertahan pada naungan atau tajuk tanaman itu sendiri. Hal tersebut dapat terjadi karena cepat atau tidaknya tanah dalam menyerap air hujan dipengaruhi juga oleh kemampuan tanah dalam menyerap air dalam kaitannya dengan jenis tekstur tanah, dimana tekstur tanah yang kasar (dominan pasir) lebih cepat dalam menyerap air dibandingkan dengan tekstur tanah yang halus (dominan liat).

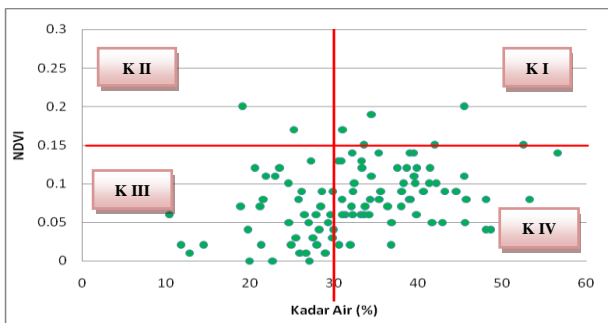
### Hubungan Kadar Air dengan Indeks Vegetasi

Dinamika kandungan air tanah (*soil water*) dalam wilayah perakaran tanaman kakao mempengaruhi vigoritas tanaman, dan apabila kadar air tanah mendekati titik layu maka tanaman akan mengalami *stress*. Akibatnya banyak tanaman yang menggugurkan daunnya atau mengurangi luas permukaan daun dengan jalinan menggulung daun. Hal ini berpengaruh langsung pada tingkat reflektansi gelombang elektromagnetik dari lahan pertanaman yang ditangkap oleh sensor yang

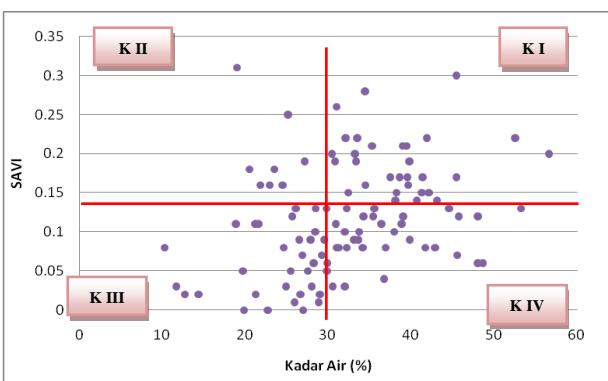
ada pada satelit bumi. Pada teknik penginderaan jauh, kondisi vigoritas tanaman dipantau dengan menentukan nilai indeks vegetasi.

Pada penelitian ini, Selain menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), Indeks vegetasi juga dapat diketahui dengan melihat nilai SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*), serta VARIGreen (*Variable Atmospherically Resistant Index*). Penggunaan 4 metode yang berbeda dalam menentukan indeks vegetasi dimaksudkan untuk membandingkan dan mencari tahu metode yang paling sesuai untuk melihat hubungan antara tingkat kadar air tanah dengan tingkat naungan dalam hal ini indeks vegetasi dari pembacaan reflektansi gelombang elektromagnetik tanaman.

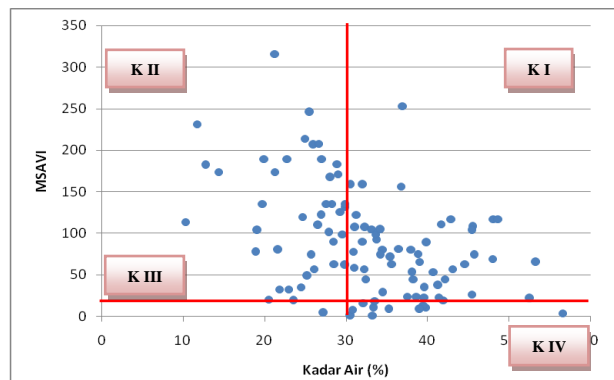
Data kadar air tanah yang digunakan sebagai perbandingan dengan nilai indeks vegetasi pada penelitian ini hanya menggunakan sampel tanah pada lapisan 0-15 cm, hal ini dikarenakan pembacaan sensor dari satelit citra hanya efektif untuk sampel tanah pada lapisan atas.



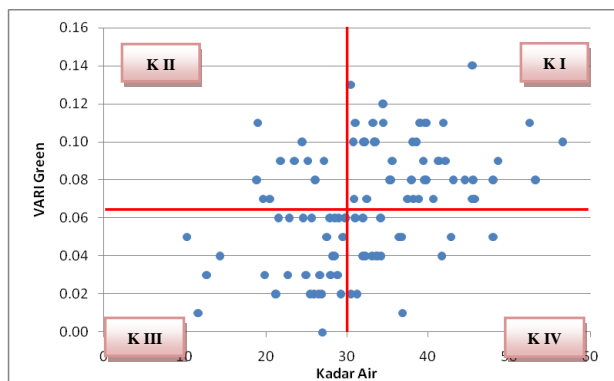
Gambar 5. Grafik hubungan kadar air tanah dengan nilai NDVI



Gambar 6. Grafik hubungan kadar air tanah dengan nilai SAVI



Gambar 7. Grafik hubungan kadar air tanah dengan nilai MSAVI



Gambar 8. Grafik hubungan kadar air tanah dengan nilai VARIGreen

Nilai yang didapat pada masing-masing grafik cenderung bervariasi dan tersebar. Sehingga untuk mengelompokkan sebaran data tersebut, masing-masing grafik dibagi menjadi empat kuadran. Kuadran I dan III merupakan kuadran yang menyatakan hubungan berbanding lurus antara kadar air dengan nilai indeks vegetasi, dimana hal ini sesuai dengan teori. Sedangkan kuadran II dan IV menunjukkan data yang menyatakan bahwa indeks vegetasi memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan tingkat kadar air tanah, dimana hal ini secara teoritis salah.

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa untuk nilai NDVI (Gambar 5), nilai SAVI (Gambar 6) dan nilai MSAVI (Gambar 7) memiliki sebaran data yang hampir mirip, dimana data lebih dominan tersebar pada kuadran III dan IV. Namun untuk nilai VARIGreen (Gambar 8) sebaran datanya sedikit berbeda, dimana data lebih dominan tersebar pada kuadran I dan III atau dengan kata lain lebih sedikit mendapatkan data yang

error dibandingkan dengan sebaran nilai dari indeks vegetasi yang lain.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, terlihat bahwa penentuan indeks vegetasi dengan menggunakan VARIgreen lebih sedikit menghasilkan data error dalam mengetahui hubungan antara tingkat vegetasi dengan tingkat kadar air tanah. Hal tersebut karena pada persamaan VARIgreen, kombinasi reflektansi yang digunakan lebih beragam dibanding dengan metode yang lain, yakni reflektansi gelombang tampak (biru, hijau, merah) dan reflektansi gelombang tidak nampak (*near infrared*) sehingga tingkat kesalahan dalam proses interpretasi bisa lebih diminimalkan. reflektansi hijau dan reflektansi biru digunakan untuk mengkompensasi atau mengurangi efek dari atmosfer.

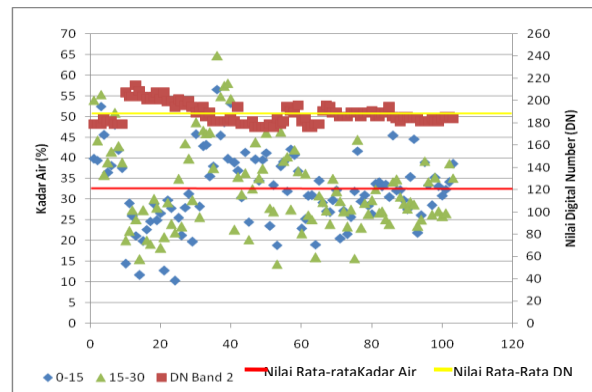
Sementara itu, data yang terdapat pada kuadran II maupun kuadran IV kemungkinan muncul karena masih adanya keterbatasan-keterbatasan dalam penggunaan indeks vegetasi. Berdasarkan Bannari, *et al* dalam Liang (2004), indeks vegetasi sensitif terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pantulan spektralnya seperti sifat-sifat tanah, energi matahari dan kondisi atmosfer serta pengamatan geometri oleh sensor.

### Hubungan Kadar Air dengan Digital Number

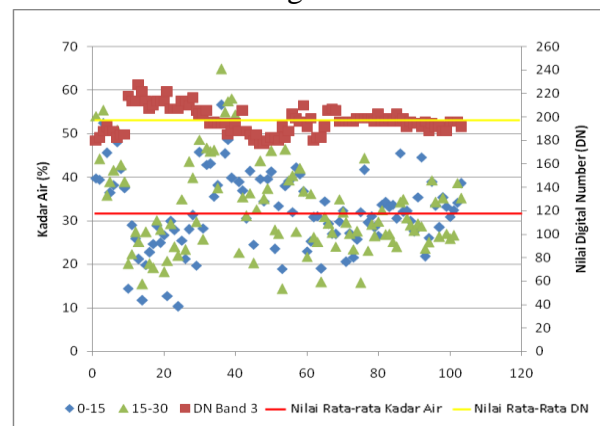
Citra digital merupakan array piksel dua dimensi dan setiap piksel memiliki nilai intensitas masing-masing yang direpresentasikan dalam nilai *digital number* (DN). Nilai DN merupakan data mentah yang dapat dikonversi menjadi nilai-nilai lain sesuai kebutuhan. Salah satu hasil konversi DN adalah nilai reflektan atau gelombang pantul dari suatu objek.

Data yang telah didapatkan akan disajikan dalam bentuk grafik kecenderungan antara nilai DN dengan beberapa band pada citra satelit Landsat 8 TM. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui band yang paling sesuai dan cocok digunakan untuk mengetahui tingkat vegetasi tutupan lahan dalam kaitannya dengan dinamika kadar air tanah. Pada penelitian ini, band 1 tidak

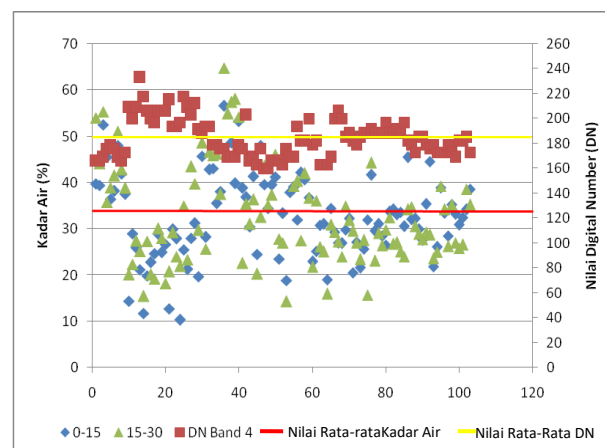
digunakan karena band ini relatif pendek, memiliki *noise* yang banyak dan lebih optimal jika digunakan untuk pengamatan unsur *aquatic ecosystem*.



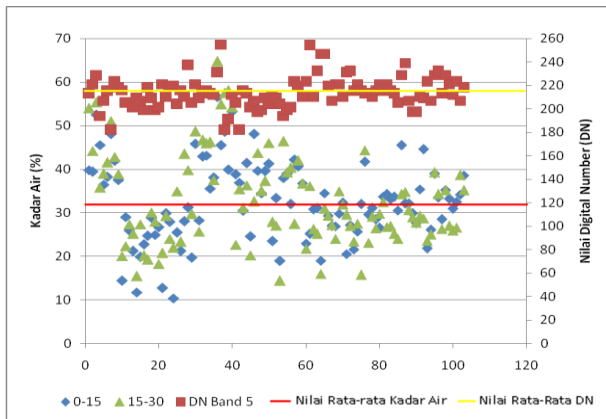
Gambar 9. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 2



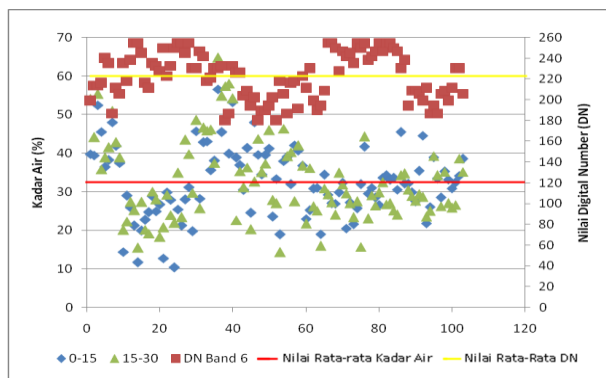
Gambar 10. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 3



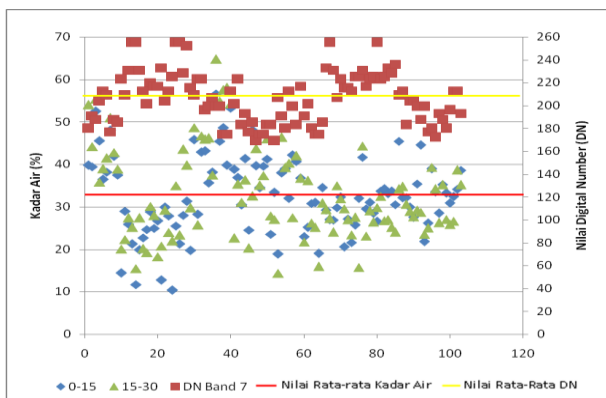
Gambar 11. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 4



Gambar 12. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 5



Gambar 13. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 6



Gambar 14. Grafik kecenderungan kadar air tanah dengan nilai DN band 7

Nilai digital number dari masing-masing band memiliki sebaran data yang hampir sama pada tingkat vegetasi yang hampir sama pula. Dimana band 2, band 3 dan band 4 memiliki sebaran data yang hampir sama, begitupula dengan band 6 dan band 7 yang sebaran datanya juga hampir serupa.

Berdasarkan hasil pengolahan data terlihat bahwa grafik yang menunjukkan kecenderungan pola sebaran data yang hampir sama yaitu antara kadar air tanah dengan nilai

digital band 6 (Gambar 17). Dengan kata lain, band 6 lebih efektif digunakan untuk mengetahui tingkat vegetasi yang kemudian berpengaruh terhadap dinamika kadar air tanah. Hal ini sesuai dengan Prahasta (2014) bahwa band 6 sering digunakan untuk melihat tekanan suhu tumbuhan serta membedakan unsur awan dan tanah yang kenampakannya cukup terang.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan penelitian di lapangan dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat naungan dan kadar air tanah pada lahan kakao memiliki hubungan dengan nilai digital piksel pada citra satelit landsat 8 TM.
2. Indeks vegetasi *VARIgreen* (*Variable Atmospherically Resistant Index*) menghasilkan nilai yang lebih sesuai digunakan dalam identifikasi pengaruh tingkat naungan pada lahan kakao.
3. Band 6 lebih efektif digunakan untuk mengetahui tingkat vegetasi yang kemudian berpengaruh terhadap dinamika kadar air tanah karena memiliki kecenderungan pola data yang hampir sama dengan nilai kadar air tanah.

### Saran

Penelitian tentang penggunaan teknik penginderaan jauh untuk identifikasi hubungan tingkat naungan terhadap kadar air tanah, sebaiknya dilakukan dengan metode yang berbeda agar menjadi bahan pembandingan untuk mencari metode yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, J.B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*. London: Taylor and Francis.
- Gumelar, O. 2014. Pengembangan Modul Konversi Metadata LDCM/Landsat-8 Sesuai Format ISO 19115/19139. *Pengolahan Data dan Pengenalan Pola*, 271-279.



- Hanafiah, Ali Kemas. 2008. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada:Jakarta.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1995. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa:Jakarta.
- Huete, A.R. 1988. A soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Remote Sensing of Environment, 25:295-309.
- Justice, C. O., B. N. Holben, dan M. D. Guynne. 1986. *Monitoring liast African Vegetation Using AVHIUi Data*. Int. Journal of Remote Sensing. 7(9): 1453 - 1474.
- Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir, M., Munarso, S. J., Ardana, I. K., & Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Kanisius.
- Liang, S., 2004, *Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces*, John and Wiley Sons, New York.
- Malingreau, J. P. 1986. *Global Vegetation Dynamics: Satellite Observation Over Asia*. Int. J. of Remote Sensing 7(9): 1121-1146.
- Munoz, Jimenez. J. C., J. A. Sobrino, L. Guanter, J. Moreno, A. Plaza, and P. Matinez. 2005. *Fractional Vegetation Cover Estimation From Proba/Chris Data: Methods, Analysis Of Angular Effects And Application To The Landsurface Emissivity Retrieval*. University of Valencia & University of Extremadura. Spain.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2015. *LandsatScience*. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>. Diakses pada tanggal 8 Maret 2015.
- Noermansyah, I. 2012. *Modul-Er-Mapper-5-5*. Retrieved Oktober 18, 2014, from [www.id.scribd.com](http://www.id.scribd.com): <https://id.scribd.com/doc/80067073/Modul-Er-Mapper-5-5>
- PPKKI (Pusat Penelitian Kakao dan Kopi Indonesia). 2004. *Panduan Lengkap Budidaya Kakao*. Jakarta: Agromedia.
- Prahasta, Eddy. 2014. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika*. Bandung : Informatika
- Prawoto, A., dan A. Wibawa. 2008. *Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu ke Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Qi J., Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., 1994. *Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)*. Remote Sens Environ 48:119-126.
- Siregar, Tumpal H. S., Riyadi, S., Nuraeni, L. 2005. *Pembudidayaan, Pengolahan dan Pemasaran Cokelat*. Penebar Swadaya, Jakarta. 130.
- Wahyudi, T., Panggabean, T.R. dan Pujiyanto, 2008. *Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya, Jakarta.