



ANALISIS SPASIAL EVAPOTRANSPIRASI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN MODEL METRIC

NUR MUHAMMAD ABDUL DHOHIR
G24180039



DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2022



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Analisis Spasial Evapotranspirasi di Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model METRIC adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Samarinda, Maret 2022

Nur Muhammad Abdul Dhohir

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

NUR MUHAMMAD ABDUL DHOHIR. Analisis Spasial Evapotranspirasi di Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model METRIC. Dibimbing oleh TANIA JUNE.

Estimasi Evapotranspirasi (ET) di perkebunan kelapa sawit menjadi penting untuk dilakukan agar mendapatkan informasi terkait kehilangan air dari permukaan (evaporasi) dan tanaman (transpirasi). Dewasa ini, beberapa model keseimbangan energi untuk mengestimasi ET telah banyak dikembangkan tidak hanya dalam analisis secara temporal tetapi juga dapat menentukan distribusi spasial evapotranspirasi. Tujuan utama penelitian ini yaitu dapat mengestimasi dan menentukan distribusi spasial evapotranspirasi berbagai umur tanaman menggunakan model *Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration* (METRIC) di perkebunan kelapa sawit PT. Teladan Prima Agro (TPA), Kalimantan Timur. Analisis pada penelitian ini menggunakan data citra satelit Landsat-8 (OLI/TIRS) dan data cuaca yang diperoleh dari data ERA-5 Reanalysis. Parameter permukaan yang perlu diperhitungkan yaitu *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI), suhu permukaan, albedo permukaan, emisivitas, panjang kekasapan, radiasi netto (Rn), fluks bahang tanah (G), fluks bahang terasa (H), dan fluks bahang laten (LE) sehingga diperoleh nilai evapotranspirasi harian pada wilayah kajian. Hasil menunjukkan nilai evapotranspirasi tanaman kelapa sawit dewasa 30% lebih tinggi dibandingkan tanaman yang masih muda. Tanpa seleksi pada *cold* dan *hot pixel* menunjukkan nilai evapotranspirasi yang berbeda nyata ($P\text{-value} < 0.05$). Nilai koefisien determinasi yang diperoleh dengan seleksi piksel lebih tinggi dibandingkan tanpa seleksi piksel antara evapotranspirasi yang diestimasi dengan evapotranspirasi dari Earth Engine Flux (EEFLUX) dan metode Penman-Monteith FAO 56. Selain itu, nilai LE-H menunjukkan kondisi permukaan perkebunan tanaman kelapa sawit yang lebih kering pada tahun 2015 dan konvergensi energi yang terjadi pada akuisisi citra tahun 2020.

Kata kunci : evapotranspirasi, Landsat-8, neraca energi, penginderaan jauh, model METRIC

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRACT

NUR MUHAMMAD ABDUL DHOHIR. Spatial Analysis of Oil Palm Evapotranspiration Using METRIC Model. Supervised by TANIA JUNE.

Estimation of Evapotranspiration (ET) in oil palm plantations is crucial to conduct to obtain water loss information from a surface (evaporation) and plants (transpiration). At present time, energy balances models have been developed not only need for temporal analysis, but also for determining the spatial distribution of evapotranspiration. The research objective is to determine and estimate the spatial distribution of evapotranspiration at various oil palm ages using the Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration (METRIC) model in PT. Teladan Prima Agro (TPA), East Kalimantan. Landsat 8 imagery and climate data obtained from ERA-5 Reanalysis are used in this research. We calculated Normalized Different Vegetation Index (NDVI), land surface temperature (Ts), surface albedo, emissivity, and roughness length. Thereafter, energy balance components viz. net radiation (Rn), ground heat flux (G), sensible heat flux (H), and latent heat flux (LE) are used to estimate the daily evapotranspiration of oil palms. Results show evapotranspiration in mature oil palms is 30% greater than in young oil palms. Evapotranspiration with and without selection shows a significant difference (P-value < 0.05). Result also shows the coefficient of determination value with pixel selection higher than without pixel selection between estimated evapotranspiration, Earth Engine Flux (EEFLUX) and Penman-Monteith FAO 56 method. In addition, LE-H values show more drier conditions in oil palm surface in 2015 and energy convergence occurring at acquisition imagery in 2020.

Keywords : evapotranspiration, energy balance, Landsat-8, remote sensing, METRIC model

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ANALISIS SPASIAL EVAPOTRANSPIRASI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN MODEL METRIC

**NUR MUHAMMAD ABDUL DHOHIR
G24180039**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains
Pada
Departemen Geofisika dan Meteorologi

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2022**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

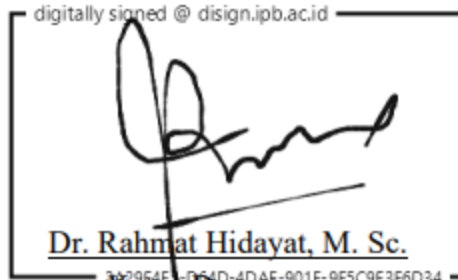
Judul Skripsi : Analisis Spasial Evapotranspirasi di Perkebunan Kelapa Sawit
Menggunakan Model METRIC
Nama : Nur Muhammad Abdul Dhohir
NIM : G24180039

Disetujui oleh



Prof. Dr. Ir. Tania June, M. Sc.
Pembimbing

Diketahui oleh



Dr. Rahmat Hidayat, M. Sc.

Ketua Departemen

PRAKATA

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan karunia-NYA sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Spasial Evapotranspirasi di Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model METRIC dengan baik. Seluruh keberhasilan dalam skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang turut andil untuk memberikan saran, masukan, motivasi, dan hal lain sehingga pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan segenap rasa terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Kakak, dan Adik penulis yang tercinta atas segala doa, kebaikan, dukungan yang tidak pernah berhenti dalam segala kondisi yang pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Tania June, M. Sc. Selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, mencurahkan tenaga dan pemikiran untuk memberikan dukungan, bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan kritik yang sangat membangun sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Mr. Emre Tunca, M. Sc yang telah menyempatkan waktu dan tenaga untuk berdiskusi, memberikan saran dan masukan sehingga tulisan ini dapat terselesaikan dengan lebih baik.
4. Bapak Dr. M. Taufik selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan banyak arahan kepada penulis selama masa studi di department GFM.
5. Seluruh staf pengajar dan pegawai departemen GFM yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat serta membantu penulis dalam urusan akademik.
6. Mas Huda TPA, Mbak Riska Armein TPA, Bang Luki TPA, Bapak Satrio TPA, Bapak Fatah TPA, dan seluruh tim GIS TPA yang telah ikut andil dalam memberikan masukan, motivasi, nasehat, serta dukungan kepada penulis selama masa studi dan yang telah menyediakan data sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.
7. Teman satu bimbingan tugas akhir yaitu Wanda, Artika, Asyura, dan Zaim yang banyak membantu dan mengingatkan pengumpulan batas akhir penelitian.
8. Seluruh teman-teman dan pengurus di PPMBI yang telah mewarnai masa kuliah S1 dengan kebersamaan dan kekompakan serta memberikan ruang kepada penulis untuk menimba ilmu.
9. Semua teman-teman GFM 55 dan semua pihak yang telah memberikan doa dan bantuan baik langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari tulisan yang dibuat tidak akan luput dari kekurangan dan kesalahan. Maka dari itu, apabila ada kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan tulisan ini penulis sangat terbuka dan berterima kasih. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Samarinda, Maret 2022

Nur Muhammad Abdul Dhohir

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
Morfologi Tanaman Kelapa Sawit	3
Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	3
Evapotranspirasi	4
Distribusi Spasial Evapotranspirasi	4
Evapotranspirasi Referensi (ET _r)	4
Kekasaran Permukaan	5
METODE PENELITIAN	6
Waktu dan Tempat Penelitian	6
Alat dan Bahan	6
Prosedur Penelitian	7
Tahap Pengolahan Citra Satelit	9
Tahap Perhitungan Evapotranspirasi Sesaat dan Harian	16
Tahap Perhitungan Evapotranspirasi Referensi (ET _r)	17
Fungsi Koreksi Stabilitas	18
HASIL DAN PEMBAHASAN	20
Karakteristik Parameter Cuaca	20
Aplikasi Model METRIC	22
Normalized Different Vegetation Index (NDVI)	23
Suhu Permukaan	24
Radiasi Netto	27
Fluks Bahang Tanah	30
Evapotranspirasi Harian	38
KESIMPULAN	46
Simpulan	46
Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Data penelitian yang digunakan dalam model METRIC	7
Tabel 2	Nilai konstan dari C1 – C5, Cb, dan Wb untuk citra satelit Landsat (Tasumi <i>et al.</i> 2007)	12
Tabel 3	Parameter statistik nilai NDVI pada variasi umur kelapa sawit	24
Tabel 4	Parameter statistik nilai suhu permukaan pada variasi umur kelapa sawit	26
Tabel 5	Parameter yang digunakan dalam model METRIC	27
Tabel 6	Parameter statistik nilai radiasi netto pada variasi umur kelapa sawit	29
Tabel 7	Parameter statistik nilai fluks bahang tanah pada variasi umur kelapa sawit	31
Tabel 8	Parameter input model METRIC untuk penentuan dan kalibrasi fluks bahang terasa	36
Tabel 9	Parameter statistik nilai fluks bahang terasa pada variasi umur kelapa sawit	38
Tabel 10	Parameter statistik nilai evapotranspirasi harian pada variasi umur kelapa sawit	40
Tabel 11	Hasil uji ANOVA evapotranspirasi harian dengan dan tanpa seleksi piksel di perkebunan kelapa sawit	42
Tabel 12	Perbandingan nilai koefisien determinasi antara evapotranspirasi yang diestimasi dengan EEFLUX dan Penman-Monteith (FAO 56)	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta wilayah perkebunan kelapa sawit di PT Teladan Prima Agro	6
Gambar 2	Diagram alir penelitian	8
Gambar 3	Pola diurnal suhu udara rata-rata pada tanggal (a) 06/04/2015 dan (b) 03/04/2020. <i>Shaded bars</i> menunjukkan kondisi suhu udara rata-rata saat Landsat 8 melintas	20
Gambar 4	Pola diurnal kelembaban udara pada tanggal (a) 06/04/2015 dan (b) 03/04/2020. <i>Shaded bars</i> menunjukkan kondisi kelembaban udara saat Landsat 8 melintas	21
Gambar 5	Pola diurnal kecepatan angin pada tanggal (a) 06/04/2015 dan (b) 03/04/2020. <i>Shaded bars</i> menunjukkan kondisi kecepatan angin saat Landsat 8 melintas	22
Gambar 6	Distribusi spasial NDVI pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	23

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Gambar 7	Distribusi spasial suhu permukaan pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	25
Gambar 8	Distribusi spasial Radiasi Netto (RN) pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	28
Gambar 9	Distribusi spasial fluks bahang tanah pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	30
Gambar 10	Hubungan antara nilai fluks bahang tanah terhadap NDVI pada saat (a) 06/04/2015 dan (b) 03/04/2020	32
Gambar 11	Hubungan antara nilai $\ln Z_0$ terhadap NDVI/Albedo pada saat (a) 06/04/2015 dan (b) 03/04/2020	32
Gambar 12	Nilai 10% NDVI terendah dan 15% suhu permukaan tertinggi untuk seleksi <i>hot pixel</i> dalam model METRIC	33
Gambar 13	Nilai 5% NDVI tertinggi dan 15% suhu permukaan terendah untuk seleksi <i>cold pixel</i> dalam model METRIC	34
Gambar 14	Nilai tahanan aerodinamik dan kecepatan kasar tanaman sawit pada tinggi pengukuran kecepatan angin yang berbeda	35
Gambar 15	Distribusi spasial fluks bahang terasa pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	37
Gambar 16	Distribusi spasial evapotranspirasi harian pada umur tanaman sawit 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, dan 13 tahun di PT. Teladan Prima Agro, Kutai Timur	39
Gambar 17	Nilai rata-rata fluks bahang terasa dan evapotranspirasi harian tanpa dan dengan seleksi pada <i>hot</i> dan <i>cold</i> pixel	41
Gambar 18	Hubungan antara nilai fluks bahang terasa terhadap fluks bahang laten pada akuisisi citra 06/04/2015 (a) tanpa seleksi dan (b) dengan seleksi	43
Gambar 19	Hubungan antara nilai fluks bahang terasa terhadap fluks bahang laten pada akuisisi citra 03/04/2020 (a) tanpa seleksi dan (b) dengan seleksi	43
Gambar 20	LE-H pada umur tanaman sawit (a) 8 dan 9 tahun tanpa seleksi piksel, (b) 8 dan 9 tahun dengan seleksi piksel, (c) 4, 6, 7, dan 8 tahun dengan dan tanpa seleksi piksel, dan (d) 9, 11, 12, dan 13 tahun dengan dan tanpa seleksi piksel	44

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.