

PENGEMBANGAN AGROEKOSISTEM KELAPA SAWIT- KEDELAI DENGAN PENGGUNAAN MULSA REFLEKTIF UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KEDELAI PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

TAUFAN HIDAYAT



**KLIMATOLOGI TERAPAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

- 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.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Agroekosistem Kelapa Sawit–Kedelai dengan Penggunaan Mulsa Reflektif untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum 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 disertasi ini.

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

Bogor, November 2020

Taufan Hidayat
G261160021

- 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.



RINGKASAN

TAUFAN HIDAYAT. Pengembangan Agroekosistem Kelapa Sawit–Kedelai dengan Penggunaan Mulsa Reflektif untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit. Dibimbing oleh YONNY KOESMARYONO, IMPRON, dan MUNIF GHULAMAHDHI.

Kebutuhan kedelai nasional mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Peningkatan kebutuhan kedelai tidak diikuti oleh peningkatan produksi nasional. Hal ini menyebabkan Indonesia harus melakukan impor kedelai dari negara-negara produsen kedelai dunia. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi kedelai nasional adalah dengan meningkatkan luas tanam melalui pemanfaatan lahan di bawah tegakan kelapa sawit yang potensinya mencapai 14 juta hektar. Namun pemanfaatan lahan di bawah tegakan kelapa sawit dibatasi oleh kondisi lingkungan fisik yang tidak kondusif, terutama intensitas cahaya yang rendah. Modifikasi iklim mikro dapat dilakukan melalui penggunaan mulsa reflektif sebagai usaha meningkatkan intensitas refleksi radiasi surya di bawah tegakan kelapa sawit, sehingga dapat memperbaiki kualitas lingkungan fisik agar kondusif bagi tanaman sela di bawahnya. Untuk itu, diperlukan penelitian yang komprehensif untuk mengetahui efektifitas penggunaan mulsa reflektif terhadap tanaman kedelai yang dibudidayakan di bawah tegakan kelapa sawit dan perannya dalam meningkatkan produktivitas lahan dan pendapatan petani.

Penelitian ini mempunyai tiga tujuan utama, pertama adalah menganalisis kemampuan refleksi beberapa jenis mulsa reflektif anorganik dan organik dalam meningkatkan intensitas refleksi radiasi surya pada sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai. Kedua adalah menganalisis pengaruh penggunaan mulsa reflektif terhadap karakteristik iklim mikro, morfologi, fisiologi dan produksi kedelai di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit. Ketiga adalah menganalisis efisiensi penggunaan lahan dan kelayakan nilai ekonomi sistem usaha tani budidaya kedelai yang ditanam sebagai tanaman sela dengan penggunaan mulsa reflektif pada beberapa kelompok umur perkebunan kelapa sawit.

Penelitian ini dilaksanakan sejak Januari hingga November 2018 di Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VIII Kabupaten Lebak Banten. Bahan yang digunakan diantaranya adalah benih kedelai varietas anjasmoro, pupuk, mulsa reflektif dan sarana produksi lainnya serta data iklim dan analisis tanah. Alat yang digunakan meliputi alat-alat budidaya tanaman, meteorologi, LI-6400XT dan alat-alat analisis sampel tanaman lainnya. Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam lima tahap. Pertama survei dan pengumpulan data iklim serta tanah di lokasi penelitian, kedua analisis albedo beberapa jenis mulsa reflektif anorganik (mulsa metalik dan mulsa plastik hitam perak) dan organik (sekam padi kering dan daun kelapa sawit kering). Ketiga menganalisis intersepsi dan transmisi radiasi surya pada beberapa kelompok umur tanaman kelapa sawit, keempat menganalisis efektifitas penggunaan mulsa reflektif pada budidaya kedelai di bawah tegakan beberapa kelompok umur tanaman kelapa sawit, dan kelima menganalisis produktivitas lahan dan kelayakan nilai ekonomi sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan intensitas refleksi radiasi surya pada lahan terbuka pada sistem pertanaman kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif anorganik sebesar 147% dan mulsa reflektif organik

63%, sedangkan penggunaan mulsa reflektif di bawah tegakan kelapa sawit meningkatkan intensitas refleksi radiasi permukaan lahan sebesar 169% dengan mulsa reflektif anorganik dan 59% pada mulsa organik. Mulsa reflektif juga meningkatkan intersepsi radiasi surya dan efisiensi radiasi surya, menurunkan suhu tanah pada siang hari dan memperkecil perbedaan suhu tanah antar kedalaman, serta mampu mempertahankan kelembaban tanah di bawah tegakan kedelai yang ditanam sebagai tanaman sela pada perkebunan kelapa sawit.

Mulsa reflektif anorganik dan organik berkontribusi positif terhadap kedelai yaitu tinggi dan diameter batang, luas dan indeks luas daun, lebar stomata, biomassa, berat daun spesifik, laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif, dan menekan rasio etiolasi. Laju fotosintesis kedelai juga mengalami peningkatan dengan penggunaan mulsa reflektif, terutama pada daun-daun yang berada bagian bawah yang meningkat signifikan ($p < 0,05$) dari $20,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pada lahan tanpa mulsa reflektif, menjadi $23,64 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pada penggunaan mulsa reflektif anorganik dan $24,74 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pada penggunaan mulsa reflektif organik. Mulsa reflektif anorganik dan organik secara signifikan ($p < 0,05$) meningkatkan jumlah polong bernas, berat biji 100 butir, dan produktivitas kedelai. Produktivitas kedelai rata-rata meningkat sebesar 31,3% pada penggunaan mulsa reflektif anorganik dan 38,4% pada mulsa reflektif organik.

Efisiensi penggunaan lahan tertinggi terdapat sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit umur 4 tahun, baik dengan mulsa reflektif anorganik, organik dan tanpa mulsa dengan masing-masing LER adalah 2,0; 1,9 dan 1,8. Hasil analisis usaha tani terhadap sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai, pendapatan tertinggi diperoleh pada umur kelapa sawit 5 tahun diikuti oleh kelapa sawit 4 tahun dengan penggunaan mulsa reflektif organik, dan selanjutnya pada sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit umur 5 tahun dengan mulsa reflektif anorganik. Nilai rasio R/C tertinggi pada sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai sebesar 3,0 terdapat pada umur kelapa sawit umur 4 dan 5 tahun dengan mulsa reflektif organik, dan kemudian 2,7 terdapat pada umur kelapa sawit 4 dan 5 tahun tanpa mulsa. Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik mampu meningkatkan intensitas refleksi radiasi surya serta dapat memperbaiki kualitas iklim mikro yang lebih kondusif untuk pertumbuhan kedelai di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit. Mulsa reflektif berkontribusi positif terhadap perbaikan karakteristik morfologi, fisiologi dan produksi kedelai yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit umur 4, 5 dan 8 tahun. Efisiensi penggunaan lahan tertinggi terdapat terdapat sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit 4 tahun dengan penggunaan mulsa reflektif anorganik, selanjutnya pada penggunaan mulsa reflektif organik, dan berikutnya pada lahan tanpa mulsa reflektif pada lokasi yang sama. Hasil analisis usaha tani, pendapatan dan nilai rasio R/C tertinggi terdapat pada sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif organik pada umur kelapa sawit 4 dan 5 tahun. Mulsa reflektif organik atau daun kelapa sawit kering direkomendasikan pada sistem tanam sela kelapa sawit-kedelai dengan umur kelapa sawit maksimum 5 tahun (≤ 5 tahun).

Kata kunci: fotosintesis, kedelai, kelapa sawit, mulsa reflektif, tanaman sela

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.



SUMMARY

TAUFAN HIDAYAT. Development of Oil Palm - Soybean Agroecosystem Using Reflective Mulch to Increase Soybean Productivity on Oil Palm Plantation. Supervised by YONNY KOESMARYONO, IMPRON, and MUNIF GHULAMAHDHI.

National soybean demand has increased significantly from year to year. The increase in demand for soybeans did not follow by an increase in national production. This causes that Indonesia needs to import soybeans from soybean-producing countries. One of the efforts to increase national soybean production is by increasing the planted area through the use of land under oil palm stands which has the potential to reach the 14 million hectares. However, land use under oil palm stands is limited by physical environmental conditions, especially low light intensity. Microclimate modification can be done through the use of reflective mulch to increase the intensity of solar radiation reflection under the palm oil stands. This will improve the quality of the physical environment to have a conducive condition for the intercropping. Therefore it needs comprehensive research to determine the effectiveness of using reflective mulch on soybean plants cultivated under oil palm stands and its role in increasing land productivity and farmer's income.

This research has three main objectives, first is to analyze the ability of reflection of several types of inorganic and organic reflective mulch to increase the intensity of solar radiation reflection in the oil palm-soybean intercropping system. The second objective is to analyze the effect of using reflective mulch on the characteristics of microclimate, morphology, physiology, and soybean production under oil palm plantations. The third objective is to analyze the efficiency of land use and the feasibility of the economic value of the farming system for soybean cultivation which is planted as an intercrop with the use of reflective mulch in several age groups of oil palm plantations.

This research was conducted from January to November 2018 in the Oil Palm Plantation PTPN VIII, Lebak Banten Regency. The materials used include seeds, fertilizers, reflective mulch, and other production tools as well as climate and soil data analysis. The tools used include plant cultivation tools, meteorology equipment, LI-6400XT, and other plant sample analysis tools. The research was carried out in five stages. The first stage is survey and data collection on climate and soil at the research location. The second stage is albedo analysis of several types of reflective inorganic mulch (metallic mulch and silver black plastic mulch) and organic (dry rice husk, and dry palm leaves). The third stage is analyzing the interception and transmission of solar radiation in several age groups of oil palm plants and continue with an analysis of the effectiveness of using reflective mulch in soybean cultivation under stands of several age groups of oil palm plantations, land productivity, and the last stage is analyzing the land productivity and the economic value of the soybean-palm oil intercropping system.

The results show that there was an increase in the reflection intensity of solar radiation on open land in the soybean using reflective inorganic mulch (147%) and 63% using organic reflective mulch. The use of reflective mulch under oil palm stands increased the intensity of surface reflected radiation reflection around 169%

using inorganic mulch and 59% using organic reflective mulch. Reflective mulch also increases solar radiation interception and solar radiation efficiency, lowers soil temperature during the day and minimizes soil temperature differences between depths, and can maintain soil moisture under soybean stands planted as intercropping on oil palm plantations.

Inorganic and organic reflective mulch contributed positively to the physical growth of soybeans such as stem height and diameter, leaf area and index of leaf area, stomata width, biomass, specific leaf weight, plant growth rate, relative growth rate, and reduced etiolation ratio. The photosynthetic rate of soybean also increased with the use of reflective mulch, especially on the lower leaves of the stand which experienced a significant increase ($p < 0,05$) from $20,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in the control, to $23,64 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for inorganic reflective mulch and $24,74 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for using organic reflective mulch. Reflective inorganic and organic mulch significantly ($p < 0,05$) increased the number of pithy pods, 100-grain weight, and soybean productivity. Soybean productivity increased by 31,3% on inorganic reflective mulch and 38,4% using organic reflective mulch.

The highest land use efficiency is on the 4 years old soybean-oil palm intercropping system, both with reflective inorganic mulch, organic and without mulch with LER of 2,0; 1,9 and 1,8 respectively. The results of the analysis of farming on the oil palm-soybean intercropping system in the highest income were obtained at 5 years of oil palm age followed by 4 years of oil palm using organic reflective mulch, and then at 5 year old soybean-oil palm intercropping system with inorganic reflective mulch. The highest R/C ratio value of 3,0 in the oil palm-soybean intercropping system was found at the age of 4 and 5 years old oil palm with organic reflective mulch, then the value of 2,7 was found at 4 and 5 years old palms without mulch.

The use of inorganic and organic reflective mulch can increase the intensity of solar radiation reflection and improve the quality of the microclimate that is more conducive to soybean growth under oil palm plantations. Reflective mulch contributed positively to the improvement of morphological, physiological, and production characteristics of soybean grown under 4, 5, and 8 years old oil palm stand. The highest land use efficiency was the 4-year soybean-oil palm intercropping system with the use of reflective inorganic mulch, then on the use of organic reflective mulch, and then on land without reflective mulch at the same location. The results of the analysis of farming, income, and the highest R/C ratio were found in the oil palm-soybean intercropping system using organic reflective mulch at the age of 4 and 5 years of oil palms. Organic reflective mulch or dry oil palm leaves is recommended for oil palm-soybean intercropping systems with a maximum palm oil age of 5 years (≤ 5 years).

Keywords: intercropping, oil palm, photosynthesis, reflective mulch, soybean



© Hak Cipta Milik IPB, tahun 2020 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

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.

PENGEMBANGAN AGROEKOSISTEM KELAPA SAWIT- KEDELAI DENGAN PENGGUNAAN MULSA REFLEKTIF UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KEDELAI PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

TAUFAN HIDAYAT

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Klimatologi Terapan

**KLIMATOLOGI TERAPAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

- 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Tania June, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Ir. Syafaruddin, Ph.D.
- 2 Dr. Ir. Tania June, M.Sc.

Judul Disertasi : Pengembangan Agroekosistem Kelapa Sawit–Kedelai dengan Penggunaan Mulsa Reflektif untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

Nama : Taufan Hidayat
NIM : G261160021

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Impron, M.ScAgr.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Munif Ghulamahdi, M.S.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Drs. Bambang Dwi Dasanto, M.Si.
NIP 196509191992031002

Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.
NIP 196004191985031002

Tanggal Ujian Tertutup:
13 Oktober 2020

Tanggal Lulus:
18 November 2020

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



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas taufik dan hidayah-Nya sehingga disertasi Program Doktor pada Program Studi Klimatologi Terapan Sekolah Pascasarjana Insitut Pertanian Bogor yang berjudul “Pengembangan Agroekosistem Kelapa Sawit–Kedelai dengan Penggunaan Mulsa Reflektif untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit” dapat diselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor IPB University, Wakil Rektor IPB University Bidang Akademik, Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB University, Pimpinan Departemen Geofisika dan Meteorologi, Dekan Sekolah Pascasarjana IPB University, dan Ketua Program Klimatologi Terapan Sekolah Pascasarjana IPB University yang telah memberikan kesempatan dan izin sekaligus memberikan dorongan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan doktor di IPB University.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S. selaku Ketua Komisi Pembimbing atas arahan, saran, motivasi, kesempatan dan waktunya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Impron, M.ScAgr. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Munif Ghulamahdi, M.S. selaku Anggota Komisi Pembimbing yang telah banyak memberikan ide, saran dan motivasi kepada penulis sehingga penelitian dan penulisan disertasi ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Tania June, M.Sc. atas kontribusinya pada Ujian Tertutup dan Sidang Promosi Terbuka. Penghargaan dan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S. atas kesediaannya menjadi Penguji Luar Komisi pada Ujian tertutup, dan Bapak Ir. Syafaruddin, Ph.D atas kesediaannya menjadi Penguji Luar Komisi pada Sidang Promosi Terbuka, yang telah berkontribusi terhadap penyempurnaan dan menambah wawasan penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh Staf Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB yang telah membina, mendidik dan memfasilitasi penulis dari sejak program sarjana hingga program doktor.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang saat ini telah berubah menjadi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas kesempatan untuk melanjutkan studi Program Doktor. Terima kasih kepada Kementerian Keuangan melalui LPDP yang telah memberikan bantuan pendidikan melalui beasiswa BUDI-DN tahun 2016.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Syiah Kuala (Unsyiah) dan Dekan Fakultas Pertanian Unsyiah Banda Aceh atas izin yang telah diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan doktoral di Sekolah Pascasarjana IPB University. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Ketua dan seluruh Staf Pengajar Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Unsyiah atas dukungan dan bantuannya selama penulis menyelesaikan studi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pak Haruna M.Si., Pak Andi Ihwan M.Si., Pak Taryono Darusman M.Si., dan Ibu Ai Farida M.Sc. serta semua teman-teman Program Doktor dan Magister Klimatologi Terapan atas bantuan, kebersamaan dan keceriaannya selama studi dan penulisan disertasi di ruang CR (*Common Room*).

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

Terima kasih kepada Direksi PTPN VIII dan seluruh Manajemen Kebun Cisalak Baru yang membawahi kebun kelapa sawit Bantarjaya Cimarga, Kabupaten Lebak Provinsi Banten atas izin melaksanakan penelitian, khususnya Pak Ir. Kusmayadi, Pak Agus, Pak Aep serta seluruh staf dan karyawan, yang telah membantu penulis selama penelitian. Anggy Riskha Putri Setyadi, Mufika Haryu S F dan I Gusti Putu Putra terima kasih atas bantuan dan kerjasama timnya selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Bapak Fajar Siddiq Karimullah di Rangkasbitung sekeluarga atas kebaikan hatinya telah fasilitas tempat tinggal selama penelitian.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedua orang tua saya Ayahanda Drs. H. Djalaluddin Syah (Alm.), Ibunda Hj. Cut Nurhayani (Almh.), Cut Akak Dara Tasliana SPd dan Cut Abang Taufik Fuadi SE atas semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Keluarga besar Mak Bang Cut Manih dan Mak Da Chasidah serta Teuku Muhammad Razi (Abang Edi) sekeluarga yang telah dukungannya kepada penulis sejak program S1, S2 dan S3 di IPB Bogor.

Ucapan terima kasih teristimewa untuk istri tercinta Dr. drh. Hamny Sofyan, M.Si. dan ananda Syahira Lathifa Azzahra serta ananda Malik Amru Al-Fansury (Alm.) atas bantuan, pengorbanan, pengertian dan kasih sayangnya kepada penulis selama studi.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh rekan mahasiswa pascasarjana khususnya Forum Keluarga Unsyiah-Bogor (FORKUB), Ikatan Mahasiswa Pascasarjana Aceh (IKAMAPA), para *Awardee* BUDI-DN LPDP 2016, semoga sahabat-sahabat semuanya diberikan kemudahan dalam menyelesaikan studi.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini belum sempurna, untuk itu kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya hanya kepada Allah kita berserah diri dan memohon ampunan.

Bogor, November 2020

Taufan Hidayat

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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	6
1.5 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	7
1.6 Hipotesis	7
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Radiasi Surya, Albedo, Kualitas Cahaya di Bawah Tegakan dan Interaksi dengan Tanaman	8
2.2 Fotosintesis	11
2.3 Intersepsi Radiasi Surya	13
2.4 Efisiensi Pemanfaatan Radiasi Surya	14
2.5 Indeks Luas Daun dan Koefisien Peadaman	15
2.6 Pemanfaatan Lahan di Bawah Tegakan Tanaman Perkebunan	16
2.7 Intensitas Radiasi Surya di bawah Tegakan Tanaman Perkebunan	17
2.8 Modifikasi Iklim Mikro dengan Penggunaan Mulsa Reflektif	19
METODE	
3.1 Survei, Pengumpulan Data Iklim dan Tanah	21
3.2 Uji Albedo Material Mulsa Reflektif	21
3.3 Analisis Intersepsi dan Transmisi Radiasi Surya Tegakan Kelapa Sawit Umur 4, 5 dan 8 tahun	22
3.4 Penggunaan Mulsa Reflektif Pada Sistem Tanam Sela Kedelai-Kelapa Sawit	23
3.5 Produktivitas Lahan dan Kelayakan Nilai Ekonomi Sistem Usaha Tani Tanam Sela Kelapa Sawit-Kedelai	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kondisi Umum Wilayah Kajian	33
4.2 Analisis Albedo Beberapa Jenis Mulsa Reflektif	36
4.3 Analisis Intersepsi dan Transmisi Radiasi Surya pada Beberapa Kelompok Umur Tanaman Kelapa Sawit	40
4.4 Efektifitas Penggunaan Mulsa Reflektif Pada Budidaya Kedelai di Bawah Tegakan Beberapa Kelompok Umur Tanaman Kelapa Sawit	43
4.5 Analisis Produktivitas Lahan dan Kelayakan Nilai Ekonomi Sistem Tanam Sela Kelapa Sawit-Kedelai	71
PEMBAHASAN UMUM	
5.1 Peran Mulsa Reflektif Terhadap Iklim Mikro	77

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.

5.2 Respons Kedelai dengan Penggunaan Mulsa Reflektif	79
5.3 Potensi Pengembangan Kedelai di bawah Tegakan Kelapa Sawit	82
VI SIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Simpulan	86
6.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	98

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





DAFTAR TABEL

1	Intensitas radiasi surya rata-rata di bawah tegakan karet pada beberapa kelompok umur	18
2	Intensitas radiasi surya di atas dan di bawah tegakan kelapa sawit pada beberapa kelompok umur	18
3	Kebutuhan rata-rata intensitas radiasi surya beberapa tanaman yang ditanam sebagai tanaman sela pada perkebunan kelapa sawit	18
4	Kombinasi perlakuan kelompok umur kelapa sawit dengan jenis mulsa reflektif	27
5	Data iklim bulanan wilayah penelitian (2007-2017)	33
6	Hasil analisis jenis tekstur tanah lokasi penelitian	35
7	Hasil analisis kimia tanah sebelum penelitian	35
8	Hasil analisis kimia tanah pasca penelitian	36
9	Albedo (%) beberapa jenis mulsa reflektif, tanah terbuka dan diatas rumput	38
10	Persentase intersepsi radiasi surya kelapa sawit umur 4, 5 dan 8 tahun	40
11	Persentase transmisi radiasi surya kelapa sawit umur 4, 5 dan 8 tahun	42
12	Indeks luas daun (ILD), tebal daun, kerapatan, panjang dan lebar stomata daun kedelai di bawah tegakan kelapa sawit dengan penggunaan mulsa reflektif	60
13	Kandungan klorofil daun kedelai di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit dengan penggunaan mulsa reflektif	65
14	Karakteristik fotosintesis daun kedelai di bawah tegakan kelapa sawit dengan penggunaan mulsa reflektif	67
15	Produksi kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit	70
16	Simulasi produktivitas kedelai di bawah tegakan berdasarkan luas lahan efektif dan umur kelapa sawit	73
17	<i>Land equivalent ratio</i> (LER)	74
18	Rekapitulasi pendapatan sistem monokultur kelapa sawit, kedelai dan tanam sela kelapa sawit-kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif pada satu musim tanam per hektar	75
19	Nilai rasio R/C sistem monokultur kelapa sawit, kedelai dan tanam sela kelapa sawit-kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif pada satu musim tanam per hektar	76

DAFTAR GAMBAR

1	Dinamika produktivitas, luas panen dan produksi kedelai nasional 1993-2018	1
2	Bagan kerangka pemikiran penelitian	5
3	Konversi radiasi surya menjadi karbohidrat oleh daun	9

4	Respon fotosintesis daun pada tanaman C3 dan C4 terhadap cahaya, CO ₂ suhu udara	11
5	Skema singkat proses fotosintesis	12
6	Persentase radiasi surya yang sampai di bawah tegakan kelapa sawit pada beberapa tingkat umur menggunakan <i>triangular method</i>	17
7	Ilustrasi penempatan sensor <i>tube solarimeter</i> untuk pengukuran persentase intersepsi dan transmisi radiasi surya pada tegakan kelapa sawit (a), titik penempatan sensor <i>tube solarimeter</i> di bawah tegakan kelapa sawit menggunakan <i>triangular method</i> pada tanaman kelapa sawit muda (≤ 4 tahun), kelapa sawit umur >4 (b)	23
8	Peta lokasi penelitian di Kebun PTPN VIII Kecamatan Cimarga Kabupaten Lebak Provinsi Banten	24
9	Bagan metode penelitian inti	25
10	Posisi bedeng dalam populasi perkebunan kelapa sawit	26
11	Jarak tanam dan jumlah populasi kedelai per satuan percobaan	27
12	Bagan pelaksanaan lapangan	28
13	Penempatan sensor radiasi surya di luar dan di dalam tegakan	29
14	Data iklim selama penelitian	34
15	Radiasi surya global selama pengukurun albedo	37
16	Distribusi suhu dan kelembaban udara rata-rata selama pengukuran albedo material mulsa reflektif	37
17	Albedo mulsa reflektif anorganik, material mulsa metalik dan mulsa plastik hitam perak (MPHP)	39
18	Albedo mulsa reflektif organik material SKPK (sekam kulit padi kering) dan DKSK (daun kelapa sawit kering)	40
19	Intersepsi radiasi surya tegakan kelapa sawit (KS) umur 4, 5, dan 8 tahun	41
20	Transmisi radiasi surya pada tegakan kelapa sawit (KS) umur 4, 5, dan 8 tahun	42
21	Persentase intersepsi dan transmisi radiasi surya pada tegakan kelapa sawit umur 4, 5 dan 8 tahun.	43
22	Profil suhu tanah selama pertumbuhan kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif di bawah tegakan kelapa sawit pada: (a) kedalaman 5 cm, (b) kedalaman 10 cm, (c) distribusi suhu tanah pada kedalaman 5 cm dan 10 cm selama pertumbuhan kedelai, dan (d) perbedaan suhu tanah antara kedalaman 5 cm dan 10 cm yang diaplikasikan mulsa reflektif anorganik dan organik	44
23	Suhu tanah di bawah mulsa reflektif pada beberapa waktu pengamatan (a), dan suhu tanah rata-rata dengan penggunaan mulsa reflektif selama penelitian (b)	45
24	Persentase kadar air tanah selama pertumbuhan kedelai: (a) di bawah beberapa kelompok umur kelapa sawit, dan (b) perbandingan persentase kadar air tanah pada lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit yang diaplikasikan mulsa reflektif	46
25	Distribusi radiasi yang dipantulkan oleh beberapa jenis mulsa reflektif di bawah kanopi perkebunan kelapa sawit pada: (a) lahan terbuka, (b) perkebunan kelapa sawit umur 4 tahun, (c) perkebunan kelapa sawit umur 5 tahun, dan (d) perkebunan kelapa sawit umur 8 tahun	47

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.

26	Intensitas refleksi radiasi surya permukaan dengan penggunaan mulsa reflektif: (a) pada lahan terbuka dan lahan di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit, (b) perbandingan refleksi radiasi surya permukaan pada lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit dan persentase kenaikan refleksi radiasi pada masing-masing mulsa reflektif	48
27	Distribusi intersepsi radiasi surya kedelai dengan menggunakan radiasi global/atas (Qint global: <i>dotted line</i>) dan radiasi total (Qint total: <i>solid line</i>) pada beberapa jenis mulsa reflektif (a), peran mulsa reflektif dalam meningkatkan intersepsi radiasi surya total kedelai pada lahan terbuka dan lahan di bawah tegakan kelapa sawit (b)	49
28	Intersepsi radiasi surya kedelai pada di bawah tegakan kelapa sawit (a), dan intersepsi radiasi surya kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif (b)	51
29	RUE kedelai yang di tanam pada lahan terbuka dan di bawah tegakan kelapa sawit 4, 5 dan 8 tahun (a) RUE kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif (b)	52
30	Tinggi tanaman kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif (a) diameter kedelai pada beberapa jenis mulsa reflektif (b)	54
31	Rasio etiolasi kedelai pada beberapa kelompok umur kelapa sawit yang diaplikasikan mulsa reflektif (a), perbandingan rasio etiolasi kedelai yang diaplikasikan mulsa reflektif pada lahan terbuka dan di bawah tegakan sawit (b)	55
32	Indeks luas daun (ILD) kedelai: (a) distribusi ILD kedelai dua minggu pada lahan di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit, (b) distribusi ILD kedelai dua minggu dengan penggunaan mulsa reflektif, (c) rata-rata ILD kedelai di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit, dan (b) persentase peningkatan ILD kedelai pada lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit yang diaplikasikan mulsa reflektif	56
33	LPT pada beberapa kelompok umur kelapa sawit (a), perbandingan LPT pada lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit (b), LPT pada beberapa kelompok umur kelapa sawit (c), LPR pada beberapa kelompok umur kelapa sawit, dan perbandingan LPR lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit (d)	58
34	Ketebalan daun kedelai pada lahan terbuka dan di bawah tegakan kelapa sawit dengan penggunaan mulsa reflektif (a), hubungan ketebalan daun dengan berat daun spesifik (b)	61
35	Kerapatan stomata daun kedelai: (a) di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit yang menggunakan mulsa reflektif, dan (b) persentase peningkatan kerapatan stomata daun kedelai pada lahan terbuka dan di bawah tegakan kelapa sawit dengan penggunaan mulsa reflektif	62
36	Biomassa kedelai yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit (a), dan biomassa kedelai rata-rata menggunakan mulsa reflektif anorganik dan organik	63

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.

37	Kandungan klorofil A, B dan A/B kedelai di bawah tegakan beberapa kelompok umur kelapa sawit (a), kandungan klorofil A, B, dan A/B kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif (b)	64
38	Produktivitas kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif di bawah tegakan kelapa sawit (a), dan perbandingan produktivitas kedelai dengan penggunaan mulsa reflektif pada lahan terbuka dengan di bawah tegakan kelapa sawit (b)	71
39	Ilustrasi lahan efektif	72

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis kimia tanah sebelum dan pasca penelitian	98
2	Hasil analisis klorofil daun kedelai	99
3	Perhitungan persentase luas lahan efektif	100
4	Rincian penerimaan, pengeluaran, pendapatan, dan nilai rasio R/C usaha tani monokultur kedelai yang diaplikasikan mulsa reflektif per musim tanam per hektar	101
5	Rincian penerimaan, pengeluaran, pendapatan, dan nilai rasio R/C usaha tani sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit umur 4 tahun yang diaplikasikan mulsa reflektif per musim tanam per hektar	102
6	Rincian penerimaan, pengeluaran, pendapatan, dan nilai rasio R/C usaha tani sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit umur 5 tahun yang diaplikasikan mulsa reflektif per musim tanam per hektar	103
7	Rincian penerimaan, pengeluaran, pendapatan, dan nilai rasio R/C usaha tani sistem tanam sela kedelai-kelapa sawit umur 8 tahun yang diaplikasikan mulsa reflektif per musim tanam per hektar	104



@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.