



Modifikasi Iklim Mikro Menggunakan Mulsa Reflektif di Bawah Tegakan Kelapa Sawit dan Peranannya terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Canopy Microclimate Modification with Reflective Mulches Under Oil Palm and Its Role to Soybean Growth

Taufan Hidayat¹, Yonny KoesModule^{2*}, Impron², dan Munif Ghulamahdi³

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111

²Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

³Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 October 2019

Received in revised from 17 February 2020

Accepted 2 March 2020

doi: 10.29244/j.agromet.34.1.1-10

Keywords:

Intercropping
Plant growth rate
Reflected radiation
Soil temperature
Soil moisture

ABSTRACT

Land utilization under oil palm plantation is constrained by the condition of low light intensities. Modification of the microclimate through the use of reflective mulch, as a reflector, will increase its ability to reflect the land surface radiation under the tree stand. This modification may suitable for intercropping system between soybean and oil palm. The study aimed to determine the effect of microclimate modification, using reflective mulch, under the stand of oil palm, and to evaluate its effect on soybean productivity. The research was conducted at PTPN-VIII Cimarga Banten using a nested random design with two factors and three replications each. The first factor is the oil palm age, which consists of: (i) control (open land), (ii) 4 years, (iii) 5 years, and (iv) 8 years age of oil palm. The second factor is the reflective mulch, as a solar radiation reflector, which consists of three levels: (i) without mulch (control), (ii) inorganic reflective mulch/silver black plastic mulch, and (iii) organic reflective mulch/dried oil palm leaves. The application of inorganic and organic reflective mulch increased the distribution of reflected land surface radiation (59%-157%), reduced the soil temperature fluctuation (0.3°C-1.2°C), and maintained soil water content (45.2%-45.8%). An increased of plant growth rates (56%-86%), relative growth rates (16%-21%), and seed weight production per plant (74.8%-86.2%) also reported, as well as the reduction of the etiolation ratio (9.6%-12.5%). The use of organic and inorganic reflective mulches can improve the microclimate and increase the production of soybean under intercropping system with oil palm.

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditi penting dalam pemenuhan gizi dan sangat digemari masyarakat Indonesia. Kebutuhan kedelai Indonesia saat ini telah mencapai 3.4-3.6 juta ton tahun⁻¹, sedangkan produksi nasional hanya satu ton tahun⁻¹, sehingga rata-rata 2.4-2.6 juta ton tahun⁻¹ masih diimpor dari negara-negara produsen kedelai dunia (BPS, 2017, 2016). Budidaya kedelai di bawah tegakan tanaman kelapa sawit dengan sistem tanaman sela (*intercropping*) merupakan alternatif untuk mening-

katkan produksi kedelai nasional melalui peningkatan luas tanam. Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2015 telah mencapai 11.6 juta ha (Kementan, 2016). Pemanfaatan lahan di bawah tegakan tanaman utama seperti di bawah perkebunan kelapa sawit terkendala oleh suhu udara yang rendah (Ashraf et al., 2019), ancaman kekeringan (Corley et al., 2018), tanah masam (Dhandapani et al., 2019), dan gangguan dari organisme pengganggu tanaman (Sopandie and Trikoesoemaningtyas, 2011). Lahan di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit dikategorikan sebagai lahan marjinal karena faktor-faktor pembatas untuk pemanfaatannya. Faktor pembatas utama dan

* Corresponding author: yonny@apps.ipb.ac.id

paling sulit untuk di ubah pada budidaya tanaman di bawah tegakan adalah intensitas cahaya rendah yang sampai ke permukaan lahan. Transmisi intensitas radiasi surya yang sampai ke permukaan lahan perkebunan kelapa sawit umur 4-8 tahun berkisar antara 25% hingga 45% (Hidayat *et al.*, 2019).

Kedelai dan jenis tanaman kacang-kacangan merupakan kelompok tanaman yang potensial untuk dikembangkan di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit. Kedelai termasuk tanaman C3 yang tidak memerlukan intensitas cahaya tinggi untuk pertumbuhan dan perkembangan. Selain itu tanaman ini mampu memfiksasi N dari atmosfer dengan bintil akarnya sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah (Nsengiyumva *et al.*, 2017). Penelitian terdahulu menyatakan bahwa budidaya tanaman sela kelapa sawit dengan kedelai dapat meningkatkan laju pertumbuhan kelapa sawit umur dua tahun (Putra *et al.*, 2012). Meskipun kedelai termasuk tanaman C3, namun kebutuhan cahayanya belum terpenuhi secara optimal bila dikembangkan di bawah tegakan kelapa sawit terutama pada kelompok umur di atas tiga tahun. Jumlah radiasi surya yang ditransmisikan melalui tegakan kelapa sawit umur empat tahun ke permukaan lahan dibawahnya sekitar 42% (Fitriana *et al.*, 2019).

Inovasi dan teknologi sangat diperlukan untuk memperbaiki kualitas lingkungan fisik di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit, secara khusus untuk peningkatan radiasi pantul atau refleksi. Radiasi surya mempunyai karakteristik dapat direfleksikan, maka radiasi yang dapat ditransmisikan ke bawah tegakan cukup potensial untuk dimanfaatkan tanaman oleh tanaman sela. Modifikasi iklim mikro merupakan usaha menciptakan lingkungan fisik agar optimum untuk tanaman. Penggunaan mulsa reflektif merupakan salah satu usaha modifikasi iklim mikro untuk meningkatkan daya pantul permukaan lahan di bawah tegakan kelapa sawit agar dapat dimanfaatkan oleh tanaman sela, seperti tanaman kedelai.

Mulsa reflektif atau reflektor merupakan setiap benda yang mampu memantulkan radiasi surya yang datang ke titik tertentu pada bagian tanaman. Penggunaan mulsa reflektif dapat memperbaiki kualitas iklim mikro di bawah tegakan tanaman utama seperti meningkatkan intensitas radiasi surya pantul dan menghambat transportasi uap air dari tanah ke atmosfer karena akan mengurangi energi yang digunakan untuk evaporasi. Mulsa reflektif juga berperan dalam menurunkan suhu permukaan tanah dibawahnya (Yin *et al.*, 2016). Penggunaan mulsa reflektif 50% dengan naungan buatan mampu meningkatkan produksi kedelai 33-39% (Mubarak *et al.*, 2018). Meyer *et al.* (2012) menyebutkan radiasi pantul oleh permukaan yang sampai ke tanaman akan

berdampak positif terhadap peningkatan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh modifikasi iklim mikro menggunakan mulsa reflektif terhadap suhu tanah, kadar air tanah, pertumbuhan dan produksi kedelai yang ditanam di bawah tegakan kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VIII Bantarjaya Cimarga, Kabupaten Lebak Provinsi Banten pada bulan Januari-Juli 2018. Analisis sampel tanaman dilakukan di Labortorium Terpadu GFM-FMIPA IPB, sedangkan analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Tanah Cimanggu Bogor.

Bahan yang digunakan berupa benih kedelai varietas Anjasmoro, mulsa reflektif yang terdiri dari reflektor anorganik (MPHP; mulsa plastik hitam perak) sebanyak 260 m² dan reflektor organik yaitu daun kelapa sawit kering sekitar 233 kg. Beberapa jenis pupuk juga digunakan seperti pupuk kandang (4 ton ha⁻¹), pupuk anorganik (Urea 25 kg ha⁻¹, SP36 200 kg ha⁻¹ dan KCl 100 kg ha⁻¹), dolomit (2 ton ha⁻¹) dan pupuk hayati (5 g tiap 1 kg benih). Peralatan lapangan yang digunakan meliputi *tube solarimeter*, termometer tanah, penggaris, jangka sorong *digital*, oven, dan timbangan *digital*.

Penelitian mengimplementasikan rancangan acak pola tersarang (*nested design*) dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah kelompok umur kelapa sawit (S) yang terdiri kontrol (S0; lahan terbuka), sawit umur 4-tahun (S1), sawit umur 5-tahun (S2) dan sawit umur 8-tahun (S3). Faktor kedua yaitu penggunaan mulsa reflektif meliputi tiga taraf: (i) tanpa mulsa reflektif/kontrol (R0), (ii) mulsa reflektif anorganik (R1), dan (iii) mulsa reflektif organik (R2). Penggunaan mulsa plastik hitam perak (reflektor anorganik) dan daun kelapa sawit kering (reflektor organik) disebabkan oleh hasil penelitian pendahuluan terhadap beberapa jenis material reflektor. Kedua material tersebut memiliki nilai albedo (kemampuan refleksi) yang tinggi, kemudahan material diperoleh di sekitar perkebunan dan faktor harga yang ekonomis (Hidayat *et al.*, 2019). Data dianalisis dengan sidik ragam dan diuji dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% menggunakan program SPSS 21.5. Parameter yang diamati meliputi (i) radiasi pantul dari setiap reflektor pada 4 lokasi penelitian, (ii) suhu tanah (^oC) kedalaman 5 cm dan 10 cm, kadar air tanah (%),(iii) tinggi tanaman, (iv) diameter batang, (v) bobot kering tanaman (g tanaman⁻¹), dan (vi) produksi (g tanaman⁻¹).

Analisis kadar air tanah (KAT) dilakukan dengan metode Gravimetri. Sampel tanah dimasukkan ke

dalam oven dengan suhu 110 °C selama 24 jam atau beratnya sudah konstan (Tan, 2005). Selanjutnya kadar air tanah berdasarkan berat kering dihitung dengan Persamaan (1), dimana KAT adalah kadar air tanah (%), Bku adalah berat tanah basah (g), dan Bko adalah berat tanah kering oven (g).

$$KAT = \left(\frac{Bku - Bko}{Bko} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Analisis laju pertumbuhan tanaman (LPT) menunjukkan kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering tiap tanaman tiap satuan waktu ($g \text{ tanaman}^{-1} \text{ minggu}^{-1}$). Analisis laju pertumbuhan relatif (LPR) menyajikan kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan bobot kering awal tiap satuan waktu ($g \text{ g}^{-1} \text{ minggu}^{-1}$). Kedua analisis tersebut disajikan pada Persamaan (2) dan (3), dimana $W1$ adalah bobot kering tanaman pada waktu $T1$ (g), $W2$ adalah bobot kering tanaman pada waktu $T2$ (g), $T1$ adalah waktu pengukuran awal (setiap minggu), dan $T2$ adalah waktu pengukuran akhir (setiap minggu).

$$LPT = \frac{W2 - W1}{T2 - T1} \quad (2)$$

$$LPR = \frac{1}{W} \times \frac{dW}{dT} \quad (3)$$

Analisis rasio etiolasi (RE) yang menyatakan besarnya persentase etiolasi yang terjadi pada suatu pertanaman yang dihitung berdasarkan nisbah antara tinggi tanaman (cm) dengan diameter batang kedelai. Secara sederhana RE dapat dihitung dengan Persamaan (4) dimana H adalah tinggi tanaman kedelai (cm), dan D adalah diameter batang kedelai (cm).

$$RE = \frac{H}{D} \times 100\% \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Iklm Mikro Kedelai pada Beberapa Jenis Reflektor

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran intensitas radiasi global, intensitas radiasi refleksi, suhu tanah dan kadar air tanah yang telah dilakukan, ada beberapa hasil analisis yang dapat disampaikan, meliputi:

a. Distribusi Radiasi Pantul

Gambar 1 menyajikan kemampuan pantulan radiasi beberapa reflektor yang diaplikasikan pada permukaan lahan yang ditanami kedelai sebagai tanaman sela di perkebunan kelapa sawit yang berbeda umur. Berdasarkan Gambar 1a, 1b, 1c, dan 1d terlihat

bahwa radiasi pantul semakin kecil seiring dengan semakin rendahnya transmisi radiasi akibat peningkatan umur dan indeks luas daun (ILD) tanaman kelapa sawit. Penggunaan reflektor organik dan anorganik pada permukaan lahan secara konsisten mampu meningkatkan radiasi pantul baik pada lahan terbuka maupun pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit umur 4 tahun, 5 tahun dan 8 tahun. Penggunaan mulsa reflektif organik dan anorganik selama musim tanam kedelai dapat meningkatkan radiasi pantul 59-157% lebih tinggi dari lahan yang tanpa aplikasi mulsa. Mulsa reflektif anorganik mempunyai kemampuan memantulkan radiasi yang lebih tinggi dari pada mulsa reflektif organik. Hal ini disebabkan karena nilai albedo mulsa reflektif anorganik (mulsa plastik hitam perak) yang lebih tinggi dari nilai albedo mulsa reflektif organik (Hidayat *et al.*, 2019). Kemampuan radiasi pantul permukaan lahan akan semakin rendah dengan semakin bertambahnya umur tanaman sela yaitu kedelai, dengan semakin sedikitnya radiasi transmisi yang sampai permukaan lahan karena ILD tanaman kedelai yang semakin meningkat.

Radiasi surya yang sampai pada suatu tegakan tanaman akan mengalami peristiwa refleksi, intersepsi dan transmisi. Transmisi radiasi yang melalui suatu tegakan akan mengalami penurunan jumlah dan distribusi radiasi juga tidak merata. Besarnya radiasi yang ditransmisikan sangat dipengaruhi oleh sudut datang radiasi, tingkat kecerahan atmosfer, angin, struktur tegakan, jenis tanaman, dan ukuran luas daun (Mubarak *et al.*, 2018).

Radiasi hasil transmisi yang sampai ke permukaan akan mengalami peristiwa refleksi dan absorpsi oleh permukaan, albedo permukaan besar maka nilai refleksi atau pantulan akan besar namun albedonya rendah maka sebagian besar radiasi transmisi tersebut telah diabsorpsi. Radiasi transmisi dan radiasi refleksi dari permukaan lahan merupakan potensi radiasi yang dapat dimanfaatkan dalam budidaya tanaman sela (*intercropping*) di bawah tegakan tanaman utama. Intensitas radiasi rendah karena kondisi atmosfer atau faktor di bawah tegakan tanaman utama akan memberi respon terhadap tanaman (Yang *et al.*, 2014). Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik merupakan modifikasi iklim mikro untuk meningkatkan radiasi atau intensitas cahaya di bawah tegakan.

b. Suhu dan Kelembaban Tanah

Gambar 2a memperlihatkan profil suhu tanah rata-rata pada kedalaman 5 cm pada budidaya kedelai di bawah tegakan kelapa sawit dengan beberapa aplikasi mulsa reflektif. Suhu tanah pada kedalaman 5 cm baik pada perlakuan mulsa reflektif maupun kontrol

memperlihatkan pola yang seragam, hanya saja perbedaan suhu sedikit terjadi di awal musim tanam, dimana aplikasi mulsa reflektif organik menghasilkan suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan lainnya. Pada suhu tanah dengan kedalaman 10 cm menyajikan pola distribusi suhu tanah yang hampir sama dengan kedalaman 5 cm, yang membedakan hanya pada awal musim tanam (<6 MST), suhu tanah pada kontrol atau lahan tanpa mulsa memiliki suhu sangat rendah dibandingkan dengan lahan yang diaplikasikan mulsa reflektif anorganik maupun organik (Gambar 2b). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan mulsa reflektif selama penelitian dapat mengurangi fluktuasi suhu tanah terutama pada kedalaman 10 cm.

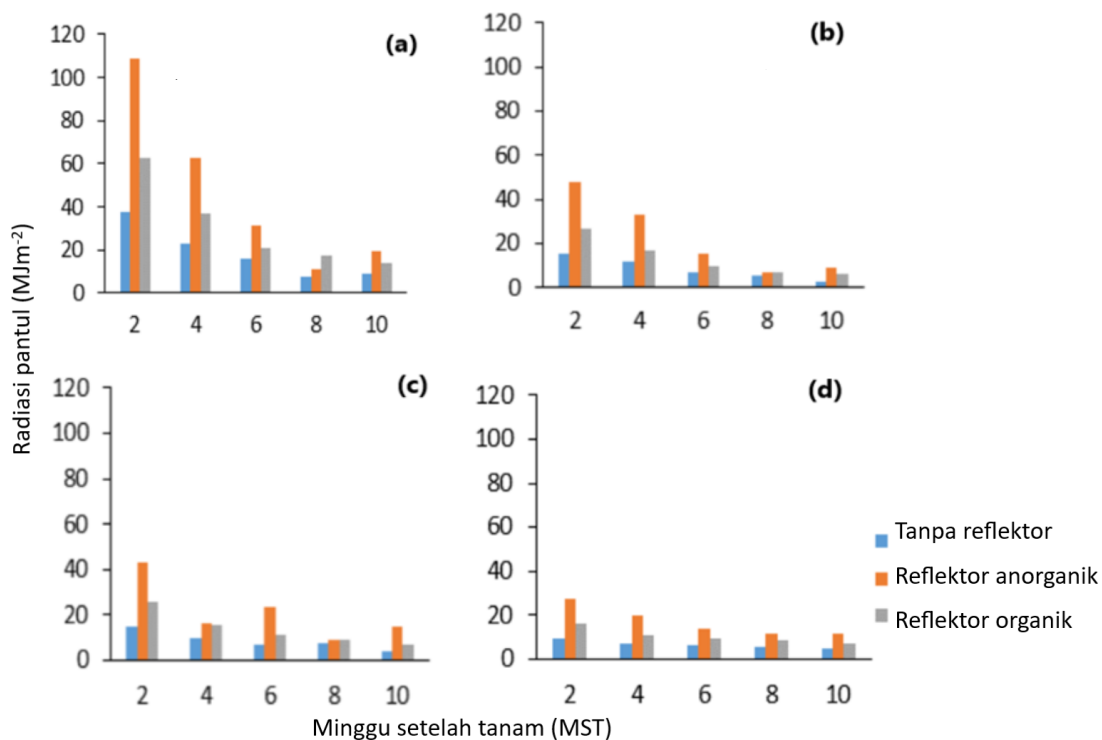
Gambar 2c menyajikan profil suhu tanah rata-rata selama pertumbuhan kedelai di bawah tegakan kelapa sawit pada kedalaman 5 cm dan 10 cm. Profil suhu tanah pada kedua kedalaman ini memperlihatkan pola yang relatif sama, hanya pada awal masa pertumbuhan kedelai (2-4 MST), suhu tanah rata-rata pada kedalaman 10 cm lebih rendah dibandingkan dengan suhu tanah pada kedalaman 5 cm. Suhu tanah yang lebih rendah pada kedalaman 10 cm pada awal masa tanam diduga kuat akibat terdapat naungan tegakan tanaman utama serta penggunaan mulsa reflektif. Setelah MST ke-6 tidak ada perbedaan yang

besar antara suhu tanah pada kedalaman 5 cm dan 10 cm (Gambar 2c).

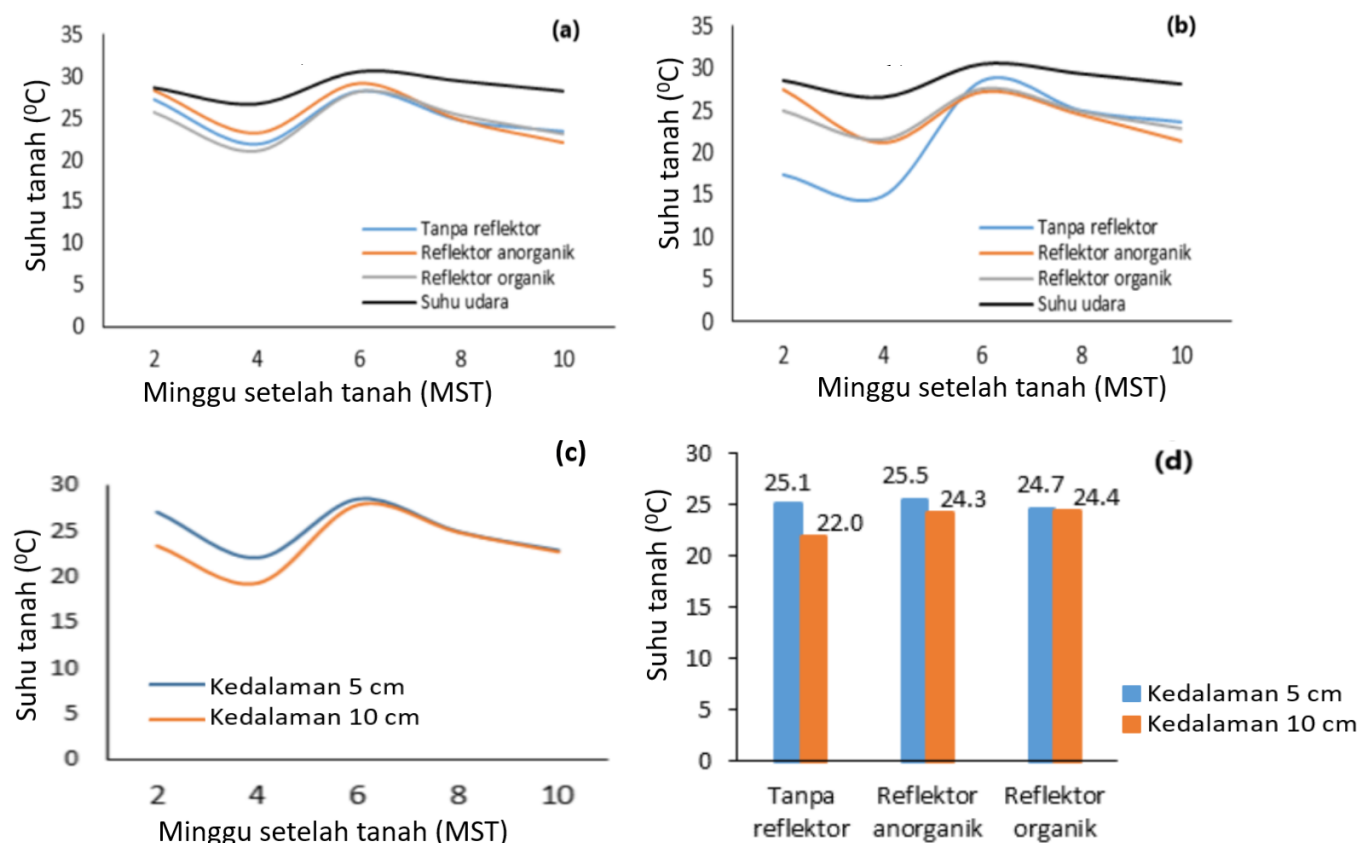
Gambar 2d memperlihatkan kondisi dengan penggunaan mulsa reflektif (organik maupun anorganik) menciptakan kisaran suhu tanah yang relatif semakin sempit antara kedalaman 5 cm dan 10 cm. Suhu tanah pada lahan tanpa aplikasi mulsa memiliki kisaran perbedaan suhu tanah pada kedalaman 5 cm dan 10 cm relatif lebih tinggi (3.2°C).

Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik menciptakan fluktuasi suhu tanah antara kedalaman 5-10 cm menjadi lebih kecil hanya pada kisaran 0.3-1.2°C. Penggunaan mulsa reflektif dapat menekan fluktuasi suhu tanah dikarenakan radiasi surya yang ditransmisikan ke permukaan lahan tidak langsung meningkatkan suhu permukaan tanah, tetapi energinya akan digunakan untuk menaikkan suhu permukaan mulsa reflektif.

Gambar 3a menyajikan informasi kadar air tanah rata-rata tertinggi terdapat pada lahan perkebunan kelapa sawit umur 4 dan 5 tahun. Tingginya kadar air tanah pada kedua lahan tersebut lebih disebabkan oleh tingkat penutupan tajuk yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Penggunaan reflektor organik dan anorganik berkontribusi terhadap peningkatan kadar air tanah.



Gambar 1. Distribusi radiasi yang dipantulkan oleh beberapa jenis reflektor 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.



Gambar 2. Profil suhu tanah selama pertumbuhan kedelai pada beberapa jenis reflektor 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 reflektor anorganik dan organik.

Hal ini terlihat dari 4 titik lokasi yang diuji, KAT pada lahan yang diaplikasikan mulsa reflektif anorganik 45.2%, dan organik 45.8% mempunyai kadar air tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan terbuka. Tidak ada perbedaan kadar air tanah yang besar antara lahan yang diaplikasikan mulsa reflektif organik dan anorganik.

Gambar 3b menyajikan perbandingan jumlah rata-rata kadar air tanah antara lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit. KAT pada lahan terbuka lebih rendah dibandingkan dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit. Pada kondisi tanpa diaplikasikan reflektor, KAT pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan lahan terbuka. Kontribusi mulsa reflektif terhadap peningkatan KAT pada lahan terbuka lebih tinggi dibandingkan dengan lahan ternaungi di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit. Hal ini disebabkan karena pada lahan di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit, proses evaporasi lebih rendah dibandingkan dengan lahan terbuka. Penggunaan reflektor anorganik dan organik pada lahan terbuka dan lahan ternaungi secara nyata meningkatkan kadar air tanah rata-rata selama pertumbuhan kedelai. Peningkatan suhu dan cekaman air mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, akan tetapi efeknya

lebih parah ketika cekaman air terjadi pada suhu yang lebih tinggi (Jumrani and Bhatia, 2018). Kadar air tanah mendeskripsikan kondisi fisik tanah yang berpengaruh terhadap kemampuan penetrasi akar di dalam tanah, air, drainase, aerasi, dan nutrisi tanaman. Penggunaan mulsa akan meningkatkan kadar air tanah, memperbaiki struktur tanah dan mengurangi pertumbuhan gulma, sehingga peningkatan hasil tanaman diharapkan terjadi (Govindappa et al., 2015).

Laju Pertumbuhan Tanaman, Laju Pertumbuhan Relatif dan Rasio Etiolasi

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran bobot kering tanaman, tinggi dan diameter batang yang telah dilakukan, ada beberapa hasil yang diperoleh, meliputi:

a. Laju Pertumbuhan Tanaman (LPT) dan Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

Gambar 4 menyajikan LPT dan LPR tanaman kedelai yang dibudidayakan di bawah tegakan kelapa sawit berbeda umur dengan aplikasi beberapa mulsa reflektif. Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik mampu meningkatkan LPT dan LPR baik pada lahan terbuka maupun di lahan bawah tegakan kelapa

sawit. Pada lahan terbuka LPT mengalami peningkatan sebesar 135.2% pada penggunaan mulsa reflektif anorganik dan 71.3% dengan mulsa reflektif organik. Sedangkan pada kondisi di bawah tegakan kelapa sawit penggunaan reflektor mampu meningkatkan LPT rata-rata sebesar 85.9% pada mulsa reflektif anorganik, dan 56.4% pada mulsa reflektif organik. LPR juga mengalami peningkatan dengan penggunaan mulsa reflektif. Pada lahan terbuka, LPR dengan penggunaan reflektor anorganik meningkat sebesar 10.3% dan pada reflektor organik meningkat sekitar 9.0%. Sedangkan pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit meningkat sebesar 7.0% dengan pemakaian mulsa reflektif anorganik dan 6.7% untuk mulsa reflektif organik.

Laju pertumbuhan tanaman menunjukkan kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi per satuan waktu ($g \text{ tanaman}^{-1} \text{ minggu}^{-1}$). Laju pertumbuhan relatif adalah kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi per satuan bobot kering awal per satuan waktu ($g \text{ g}^{-1} \text{ minggu}^{-1}$) (Hasanah and Rahmawati, 2015). Penggunaan mulsa reflektif pada budidaya kedelai di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit dapat meningkatkan nilai laju pertumbuhan tanaman. Penggunaan mulsa terbukti dapat memperbaiki kualitas iklim mikro yang lebih kondusif. Iklim mikro yang tidak sesuai akan menyebabkan terjadi penurunan laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kader *et al.*, 2017).

b. Rasio Etiolasi (RE)

Gambar 5a memperlihatkan peningkatan rasio etiolasi tanaman kedelai di bawah tegakan kelapa sawit dengan penambahan ILD dan umur tanaman kelapa sawit. Penggunaan mulsa reflektif mampu menurunkan RE pada setiap lokasi penanaman kedelai, namun hal ini tidak terjadi pada lahan kelapa sawit umur 8 tahun,

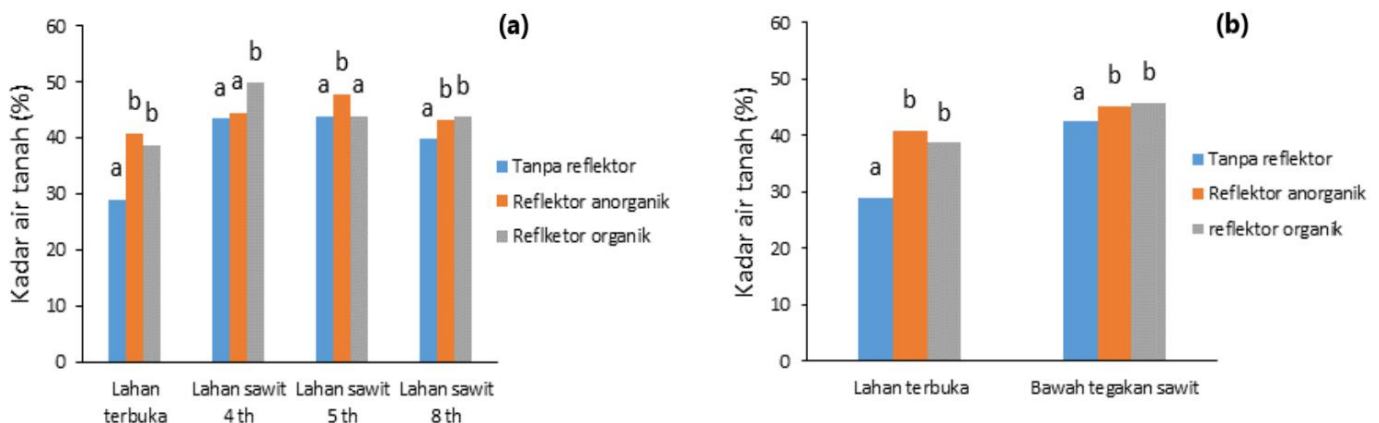
dimana penggunaan reflektor tidak menurunkan laju etiologi secara nyata.

Gambar 5b menyajikan perbandingan rata-rata RE tanaman kedelai yang dibudidayakan pada lahan terbuka (kontrol) dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit. Penggunaan mulsa reflektif pada lahan di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit mampu menurunkan rasio etiologi tanaman kedelai sebesar 12.5% dan 9.6% untuk mulsa reflektif anorganik dan organik.

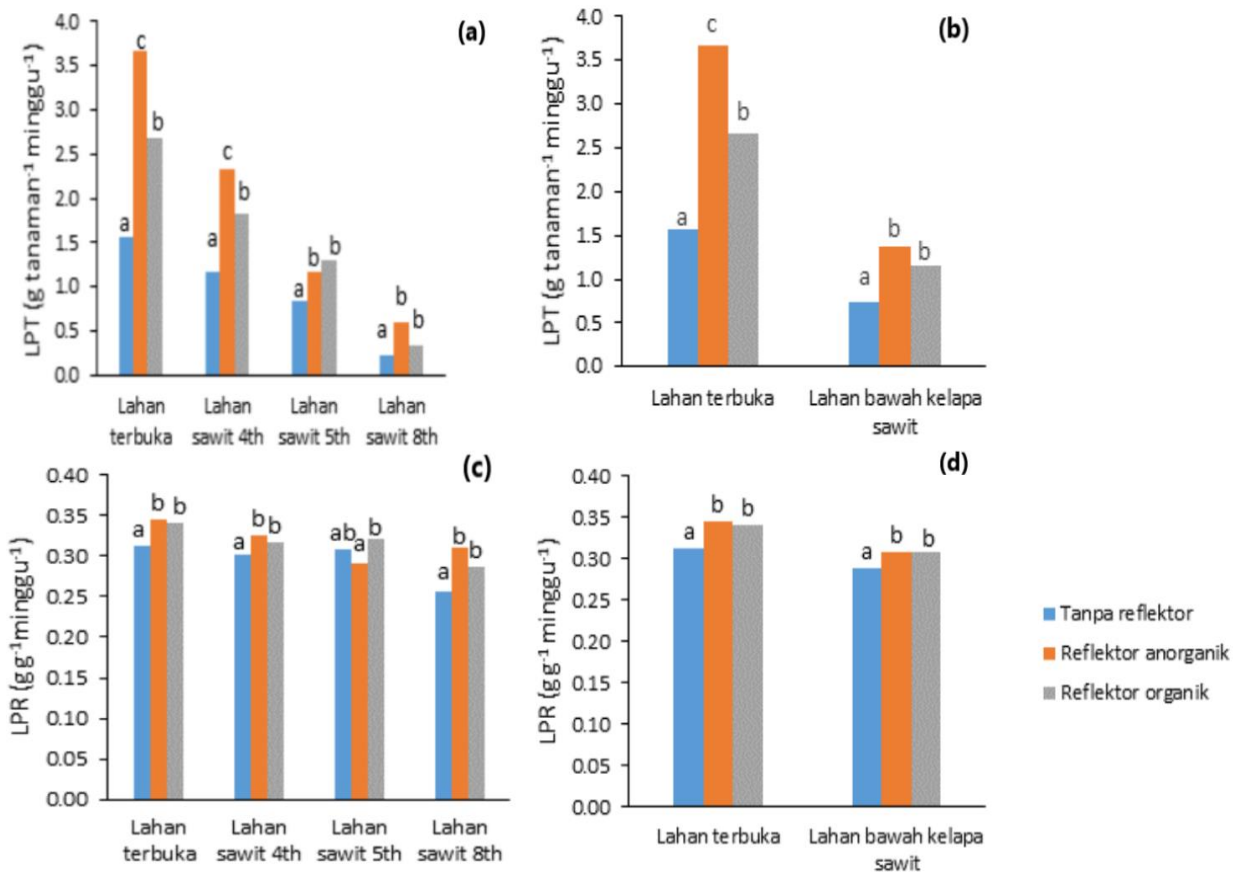
Etiolasi merupakan fenomena batang tanaman yang tumbuh lebih cepat pada kondisi gelap atau kekurangan cahaya. Pada tanaman yang mengalami gejala etiologi dicirikan oleh batang yang tinggi, diameter batang kecil, dan warna yang pucat. Bertambahnya tinggi tanaman tersebut disebabkan produksi dan distribusi hormon auksin bekerja sangat aktif pada kondisi kekurangan cahaya. Namun hal tersebut tidak diikuti oleh meningkatnya laju fotosintesis sehingga tidak dapat meningkatkan produktifitas biomassa untuk pertumbuhan (Rahmanda *et al.*, 2017).

Produksi Biji Kedelai per tanaman

Gambar 5c memperlihatkan kecenderungan penurunan berat biji kedelai per tanaman dengan peningkatan umur tanaman utama yaitu kelapa sawit. Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik mampu meningkatkan berat biji per tanaman kedelai baik pada lahan terbuka maupun kedelai di bawah tegakan kelapa sawit umur 4, 5 dan 8 tahun. Gambar 5d menyajikan berat biji per tanaman antara lahan terbuka dengan rata-rata berat biji per tanaman pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit. Pada lahan terbuka, berat biji kedelai per tanaman mengalami peningkatan sebesar 5.9% dan 21.5%, secara berurutan untuk aplikasi mulsa reflektif anorganik dan organik.



Gambar 3. 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 reflektor. Huruf yang berbeda pada masing-masing bar pada lokasi yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji DMRT ($P < 0.05$).



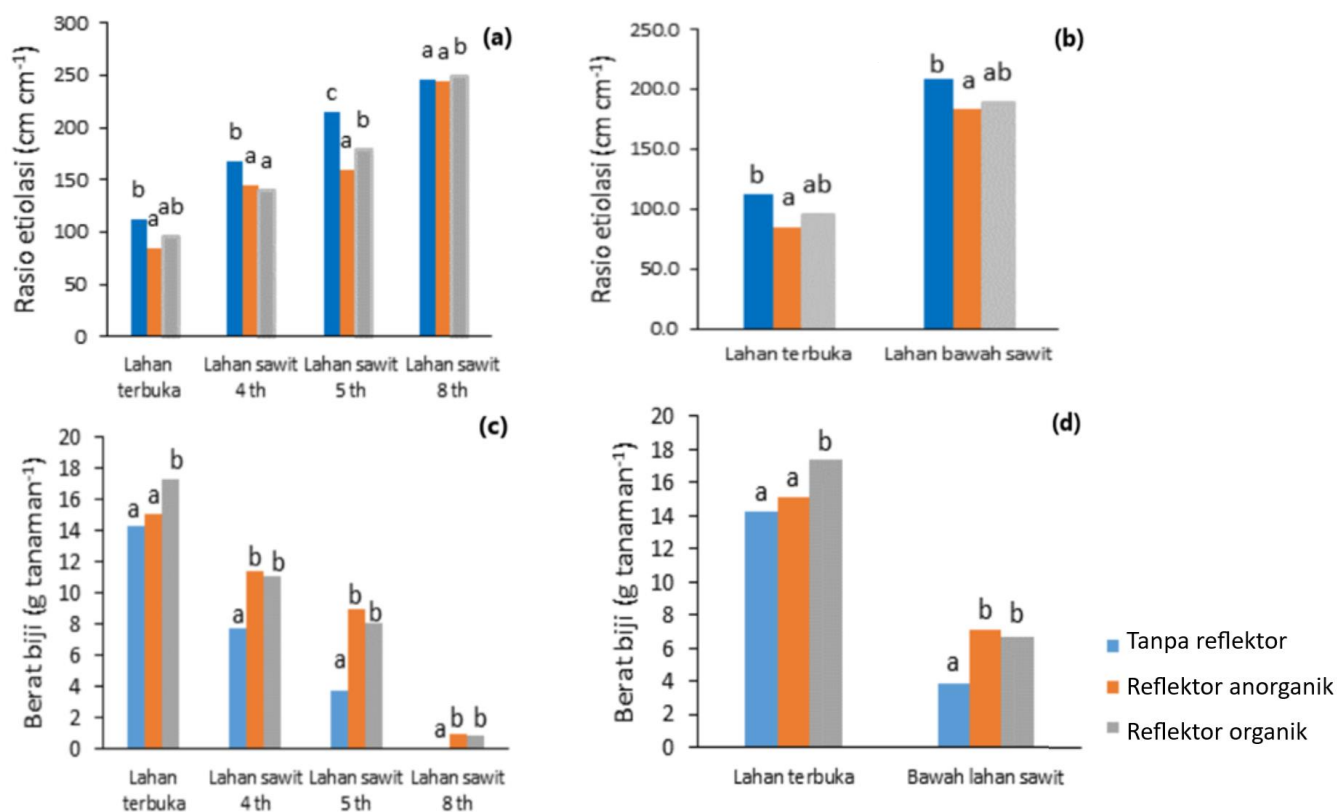
Gambar 4. Pertumbuhan kedelai: (a) LPT pada beberapa kelompok umur kelapa sawit, (b) perbandingan LPT pada lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit, (c) laju pertumbuhan relatif pada beberapa kelompok umur kelapa sawit, dan (d) perbandingan LPR lahan terbuka dengan lahan di bawah tegakan kelapa sawit. Huruf yang berbeda pada masing-masing bar pada lokasi yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji DMRT ($P < 0.05$)

Rata-rata berat biji kedelai per tanaman di bawah tegakan kelapa sawit umur 4-8 tahun dengan aplikasi mulsa reflektif anorganik meningkat sebesar 86.2%, dan untuk mulsa reflektif organik 74.8%. Hasil uji statistik aplikasi reflektor anorganik dan organik secara nyata meningkatkan berat biji kedelai per tanaman, serta tidak ada perbedaan yang nyata berat biji per tanaman antara reflektor yang digunakan.

Pada lahan terbuka, berat biji kedelai per tanaman tertinggi terdapat pada aplikasi mulsa reflektif organik, hal ini disebabkan oleh kondisi iklim mikro pada perlakuan ini (radiasi surya langsung dan pantul, suhu tanah, dan lainnya) lebih optimum dibandingkan perlakuan lainnya. Selain itu, penggunaan mulsa reflektif organik akan berkontribusi terhadap peningkatan unsur hara dan ketersediaan air di dalam tanah akibat pelapukan mulsa reflektif organik oleh dekomposer. Sebagai tanaman C3, kedelai juga tidak memerlukan jumlah radiasi yang terlalu tinggi, sehingga penambahan radiasi yang berlebihan tidak akan meningkatkan hasil secara signifikan.

Pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit, penggunaan mulsa reflektif anorganik mampu meningkatkan produksi biji kedelai per tanaman lebih tinggi dibandingkan reflektor organik, meskipun berdasarkan uji statistik tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena kemampuan reflektor anorganik dalam merefleksikan radiasi transmisi lebih baik dari reflektor organik, hal ini menyebabkan kebutuhan cahaya lebih terpenuhi.

Pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit aplikasi mulsa reflektif anorganik memberikan berat biji yang lebih tinggi meskipun menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan dengan berat biji yang diaplikasikan mulsa reflektif organik. Berat biji kedelai per tanaman yang lebih tinggi pada lahan yang diaplikasikan mulsa reflektif ini karena jumlah radiasi pantul relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain sehingga kebutuhan cahaya relatif lebih terpenuhi. Menurut Hidayat *et al.* (2019) dan Jumrani and Bhatia (2018) mulsa reflektif anorganik mempunyai nilai albedo atau radiasi pantul yang lebih tinggi dibandingkan reflektor organik.



Gambar 5. (a) Rasio etiolasi kedelai pada beberapa kelompok umur kelapa sawit yang diaplikasikan reflektor, (b) rasio etiolasi kedelai perbandingan rasio etiolasi kedelai yang diaplikasikan reflektor pada lahan terbuka dan di bawah tegakan sawit, (c) berat biji kedelai per tanaman pada beberapa kelompok umur kelapa sawit yang diaplikasikan reflektor, dan (d) perbandingan berat biji kedelai per tanaman antara lahan terbuka dengan di bawah tegakan kelapa sawit yang diaplikasikan reflektor. Huruf yang berbeda pada masing-masing bar pada lokasi yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji DMRT ($P < 0.05$).

Di bawah tegakan kelapa sawit, mulsa reflektif anorganik cukup efektif dalam meningkatkan radiasi pantul dan berkontribusi terhadap produksi. Meskipun demikian, tidak ada perbedaan antara berat biji kedelai per tanaman di bawah tegakan kelapa sawit yang diaplikasikan mulsa reflektif anorganik atau organik. Produksi tanaman termasuk kedelai tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan radiasi tetapi juga ditentukan oleh ketersediaan hara dan iklim mikro lainnya. Material mulsa sangat mempengaruhi iklim mikro yang akan berdampak positif atau negatif pada proses fisiologi dan hasil tanaman (Ansary *et al.*, 2017; Yin *et al.*, 2016).

Penggunaan mulsa organik yang menutupi tanah dapat berperan sebagai penghalang fisik untuk membatasi penguapan air tanah, mengendalikan gulma, mempertahankan struktur tanah, dan melindungi tanaman (Sanbagavalli *et al.*, 2017). Penggunaan mulsa organik akan meningkatkan kelembaban tanah karena peningkatan infiltrasi dan retensi yang lebih baik serta menekan pertumbuhan gulma sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman lebih baik serta produksi yang lebih tinggi (Teame *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Modifikasi iklim mikro melalui aplikasi mulsa reflektif anorganik dan organik pada budidaya kedelai di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit mampu meningkatkan distribusi intensitas radiasi pantul permukaan lahan. Perbedaan suhu tanah antar kedalaman berkurang dari 3.2°C menjadi 0.3-1.2°C. Sistem ini juga mampu mempertahankan kadar air tanah sebesar 45.2% pada lahan di bawah tegakan.

Penggunaan mulsa reflektif anorganik dan organik dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif, dan menekan rasio etiolasi. Peningkatan pada produksi berat biji kedelai per tanaman sebesar 74.8%-86.2% juga dilaporkan pada lahan di bawah tegakan kelapa sawit. Mulsa reflektif organik dari daun kelapa sawit kering efektif untuk meningkatkan hasil kedelai di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

Ansary, S.H., Manna, A., Barui, K., Mudi, N., Gayen, N., Chowdhury, A.K., 2017. Evaluation of different

- mulch materials on growth and yield of summer tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Tropical Agriculture* 35, 47–55.
- Ashraf, M., Sanusi, R., Zulkifli, R., Tohiran, K.A., Moslim, R., Ashton-Butt, A., Azhar, B., 2019. Alley-cropping system increases vegetation heterogeneity and moderates extreme microclimates in oil palm plantations. *Agricultural and Forest Meteorology* 276–277, 107632. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107632>
- BPS, 2017. Impor Kedelai Menurut Negara Asal Utama, 2010-2017. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS, 2016. Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Corley, R.H.V., Rao, V., Palat, T., Praiwan, T., 2018. Breeding for drought tolerance in oil palm. *Journal of Oil Palm Research* 30, 26–35. <https://doi.org/10.21894/jopr.2017.00011>
- Dhandapani, S., Ritz, K., Evers, S., Sjögersten, S., 2019. GHG emission under different cropping systems in some Histosols of Malaysia. *Geoderma Regional* 18, e00229. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00229>
- E. Meyer, G., T. Pappozzi, E., A. Walter-Shea, E., E. Blankenship, E., A. Adams, S., 2012. An Investigation of Reflective Mulches for Use Over Capillary Mat Systems for Winter-time Greenhouse Strawberry Production. *Applied Engineering in Agriculture* 28, 271–279. <https://doi.org/10.13031/2013.41345>
- Fitriana, M.H.S., Koesmaryono, Y., Impron, ., Hidayat, T., 2019. The Use of Reflective Mulch in Soybean-Oil Palm Intercropping System. *J.Agromet* 33, 71–83. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.33.2.71-83>
- Govindappa, M., Pallavi, Seenappa, C., 2015. Importance of mulching as a soil and water conservative practice in fruit and vegetable production-review. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3, 1014–1017.
- Hasanah, Y., Rahmawati, N., 2015. Growth analysis of soybean under dry land with application of Bradyrhizobium japonicum induced by genistein and organic fertilizer. *Jurnal Pertanian Tropik* 2, 116–123. <https://doi.org/10.32734/jpt.v2i2.2892>
- Hidayat, T., Koesmaryono, Y., Impron, Ghulamahdi, M., 2019. Intensifying of reflected radiation under oil palm canopy and its effect on growth and production of soybean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 365, 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012001>
- Jumrani, K., Bhatia, V.S., 2018. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. *Physiol Mol Biol Plants* 24, 37–50. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0480-5>
- Kader, M., Senge, M., Mojid, M.A., Ito, K., 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research* 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Kementan, 2016. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2014–2016. Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Mubarak, S., , Impron, June, dan T., 2018. Efisiensi Penggunaan Radiasi Matahari dan Respon Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) terhadap Penggunaan Mulsa Reflektif. *J. Agron. Indonesia* 46, 247–253. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i3.18220>
- Nsengiyumva, A., Byamushana, C., Rurangwa, E., 2017. Evaluation Of The Response Of Two Soybean Varieties To Rhizobia Inoculation For Improved Biological Nitrogen Fixation. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15824.56320>
- Putra, E.T.S., Simatupang, A.F., Supriyanta, S.W., Indradewa, D., 2012. The Growth of One Year-Old Oil Palms Intercropped with Soybean and Groundnut. *Journal of Agricultural Science*.
- Rahmanda, R., Sumarni, T., Tyasmoro, S.Y., 2017. Respon dua varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) terhadap perbedaan intensitas cahaya pada sistem agroforestri berbasis Sengon. *Jurnal Produksi Tanaman* 5. <https://doi.org/10.21176/protan.v5i9.541>
- Sanbagavalli, S., Vaiyapuri, K., Marimuthu, S., 2017. Impact of mulching and anti-transpirants on growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merril). *Advances in Environmental Biology* 11, 84–90.
- Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, T., 2011. Pengembangan Tanaman Sela di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan. *Iptek Tanaman Pangan* 6.
- Tan, K.H., 2005. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. CRC Press.
- Teame, G., Tsegay, A., Abrha, B., 2017. Effect of Organic Mulching on Soil Moisture, Yield, and Yield Contributing Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) [WWW Document]. *International Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.1155/2017/4767509>

Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., Yang, W., 2014. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:far-red ratio. *Field Crops Research* 155, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.011>

Yin, W., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Hu, F., Chai, Q., Gan, Y., Guo, Y., 2016. Integrated double mulching practices optimizes soil temperature and improves soil water utilization in arid environments. *Int J Biometeorol* 60, 1423–1437. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1134-y>