



## Simulasi Pola Tanam (Agroforestri dengan Hortikultura) untuk Meningkatkan Produktifitas Lahan dengan Sistem Permakultur

Febri Afiantoro <sup>1\*</sup>, Noordiana Herry Purwanti <sup>2</sup>, Ila Purnamasari <sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Institut Pertanian (Intan) Yogyakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Magelang km. 5,6 Sinduadi, Mlati, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

Korespondensi penulis: [febriafiantoro02@gmail.com](mailto:febriafiantoro02@gmail.com) \*

**Abstract.** *This research, entitled "Simulation of Cropping Patterns (Agroforestry with Horticulture) to Increase Land Productivity with the Permaculture System," aims to develop simulation methods for designing permaculture-based cropping patterns and evaluate the results for application in sustainable land design and management. Permaculture is an agricultural design approach that emphasizes sustainability, energy efficiency, and harmony with natural ecosystems. The integration of agroforestry and horticulture was chosen because it can synergize woody plants and annual crops to create a more productive and resilient agricultural system. This research was conducted from March–July 2024 in Kutu Tegal, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta. The simulation was conducted using SketchUp software for three-dimensional visualization and Andrew Marsh Simulation for analysis of sunlight distribution and plant growth space. Evaluation was carried out based on natural lighting efficiency, inter-plant competition, spatial layout, and soil bearing capacity. Simulation results show that a multi-level planting pattern combining tall crops such as papaya, banana, and longan in the upper layer, with horticultural crops such as tomatoes, chilies, spinach, and lettuce in the lower layer, can optimize the use of light and vertical space efficiently. This layout minimizes unproductive shaded areas and promotes even plant growth. Field verification shows that this pattern can significantly increase land productivity compared to conventional planting patterns. This system is also more resilient to climate change and potential erosion, and reduces dependence on chemical fertilizers and pesticides through natural biological control. This research proves that simulation technology can be a strategic tool in designing adaptive and sustainable precision agriculture systems, especially for implementation by smallholder farmers, urban farmers, academics, and agricultural policy makers.*

**Keywords:** *Agroforestry, Computational model, Horticulture, Land productivity, Permaculture system, Simulation of cropping patterns*

**Abstrak:** Penelitian ini berjudul "Simulasi Pola Tanam (Agroforestry dengan Hortikultura) untuk Meningkatkan Produktifitas Lahan dengan Sistem Permakultur", yang bertujuan mengembangkan metode simulasi dalam perancangan pola tanam berbasis permakultur dan mengevaluasi hasilnya untuk diterapkan dalam desain dan pengelolaan lahan berkelanjutan. Permakultur merupakan pendekatan desain pertanian yang menekankan keberlanjutan, efisiensi energi, dan keselarasan dengan ekosistem alami. Integrasi agroforestry dan hortikultura dipilih karena dapat mensinergikan tanaman berkayu dan tanaman semusim untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih produktif dan resilient. Penelitian ini dilakukan pada Maret–Juli 2024 di Kutu Tegal, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SketchUp untuk visualisasi tiga dimensi dan Andrew Marsh Simulation untuk analisis distribusi cahaya matahari dan ruang tumbuh tanaman. Evaluasi dilakukan berdasarkan efisiensi pencahayaan alami, kompetisi antar tanaman, tata letak spasial, dan daya dukung tanah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pola tanam bertingkat yang mengombinasikan tanaman tinggi seperti pepaya, pisang, dan kelengkeng di lapisan atas, dengan tanaman hortikultura seperti tomat, cabai, bayam, dan selada di lapisan bawah, mampu mengoptimalkan penggunaan cahaya dan ruang vertikal secara efisien. Tata letak ini meminimalkan area teduh yang tidak produktif dan meningkatkan pertumbuhan tanaman secara merata. Verifikasi lapangan menunjukkan bahwa pola ini mampu meningkatkan produktivitas lahan secara signifikan dibanding pola tanam konvensional. Sistem ini juga lebih tahan terhadap perubahan iklim dan potensi erosi, serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk dan pestisida kimia melalui pengendalian hayati alami. Penelitian ini membuktikan bahwa teknologi simulasi dapat menjadi alat strategis dalam merancang sistem pertanian presisi yang adaptif dan berkelanjutan, terutama untuk diterapkan oleh petani kecil, petani kota, akademisi, serta perancang kebijakan pertanian.

**Kata kunci:** Agroforestri, Hortikultura, Model komputasi, Produktifitas lahan, Simulasi pola tanam, Sistem permakultur

## **1. LATAR BELAKANG**

Sektor pertanian, termasuk bidang hortikultura, memiliki peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan. Hortikultura sebagai salah satu subsektor pertanian berkontribusi besar terhadap pendapatan rumah tangga, ketersediaan pangan, dan stabilitas ekonomi lokal. Namun demikian, produktivitas lahan hortikultura sering menghadapi berbagai tantangan, seperti degradasi tanah, ketergantungan pada satu jenis tanaman (monokultur), dan risiko kegagalan panen akibat perubahan iklim. Kondisi ini menuntut adanya inovasi dalam pengelolaan lahan untuk mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan sektor pertanian.

Salah satu inovasi yang ditawarkan untuk menjawab tantangan tersebut adalah penerapan pendekatan permakultur dalam sistem pendidikan pertanian, sebagaimana dirancang dalam penelitian oleh Gondo, Hardiyati, dan Handayani (2023) melalui perancangan Sekolah Alam SMK Pertanian di Purbalingga. Pendekatan ini mengintegrasikan prinsip-prinsip ekologi, efisiensi energi, dan pemberdayaan lokal dalam tata ruang dan fungsi sekolah. Dengan memanfaatkan sumber daya alami secara berkelanjutan, seperti penggunaan air hujan, energi terbarukan, serta pengelolaan limbah menjadi pupuk, model ini tidak hanya menciptakan lingkungan belajar yang ramah lingkungan, tetapi juga menjadi contoh nyata penerapan pertanian berkelanjutan yang adaptif terhadap perubahan iklim. Selain sebagai institusi pendidikan, sekolah ini berperan sebagai pusat pengembangan hortikultura berbasis komunitas yang berorientasi pada peningkatan kapasitas petani muda dan ketahanan pangan lokal

Salah satu pendekatan inovatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan sistem permakultur dengan teknik agroforestri dan hortikultura (Misni et al., 2014). Sistem ini mengintegrasikan berbagai jenis tanaman tahunan dan semusim dalam satu areal, sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya alam, memperbaiki struktur tanah, serta mengurangi risiko gagal panen. Untuk mendesain kombinasi tanaman secara optimal, dibutuhkan metode yang dapat memprediksi pola tanam terbaik berdasarkan pemanfaatan sinar matahari, ruang tumbuh, dan siklus pertumbuhan tanaman (Atriawardhani et al., 2020).

Seiring dengan kemajuan teknologi, simulasi pola tanam berbasis model komputasi menjadi alat yang potensial dalam merancang sistem agroforestri dan hortikultura berbasis permakultur (Nurjati, 2023). Dengan simulasi, berbagai kombinasi tanaman dapat diuji secara virtual sebelum diterapkan di lapangan, sehingga meningkatkan efektivitas perencanaan lahan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mensimulasikan pola tanam agroforestri dengan hortikultura dalam sistem permakultur, serta mengevaluasi keberhasilannya dalam meningkatkan produktivitas lahan.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Pola tanam merupakan susunan tanaman yang ditanam dalam satu lahan selama periode tertentu untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi lahan. Salah satu bentuk pola tanam yang relevan dalam pengelolaan lahan berkelanjutan adalah agroforestri, yaitu sistem kombinasi tanaman pertanian dan pepohonan dalam satu kesatuan lahan (Purwanti dan Taryono, 2018). Agroforestri membantu meningkatkan intensitas penggunaan lahan, pemanfaatan sumber daya tanah, dan efisiensi waktu tanam, sehingga mendukung peningkatan hasil panen dan keberlanjutan produksi pertanian (Raharja, 2005).

Dalam praktiknya, terdapat dua jenis pola tanam utama, yaitu monokultur dan polikultur. Pola tanam monokultur hanya menanam satu jenis tanaman pada satu lahan, memudahkan teknis budidaya namun rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Sebaliknya, polikultur adalah sistem penanaman lebih dari satu jenis tanaman dalam satu area, yang tidak hanya memperbaiki keanekaragaman hayati, tetapi juga mengoptimalkan penggunaan lahan dan mengurangi risiko kegagalan panen (Sabirin, 2010).

Polikultur dapat diterapkan dalam berbagai bentuk, seperti tumpangsari, tumpang gilir, relay cropping, mixed cropping, dan sequential planting (Sutrisno, 2023). Setiap bentuk ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lahan, menekan pertumbuhan gulma, serta meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit. Pemilihan kombinasi tanaman polikultur perlu mempertimbangkan faktor fisiologi tanaman, kebutuhan sinar matahari, kebutuhan unsur hara, dan sistem perakaran, agar sinergi antar tanaman dapat tercapai secara optimal (Subagio, 2021).

Salah satu sistem yang relevan dalam pengembangan pola tanam perkebunan berkelanjutan adalah permakultur. Permakultur merupakan desain ekologis yang meniru pola alami untuk menciptakan ekosistem pertanian yang mandiri dan berkelanjutan (Braun et al., 2019). Prinsip utama permakultur meliputi pengamatan alam, pengelolaan sumber daya secara efisien, peningkatan keanekaragaman hayati, dan sirkulasi nutrisi yang tertutup. Dengan penerapan sistem permakultur berbasis agroforestri, diharapkan pola tanam di lahan perkebunan dapat lebih produktif, efisien, dan tahan terhadap tekanan lingkungan.

## 3. METODE PENELITIAN

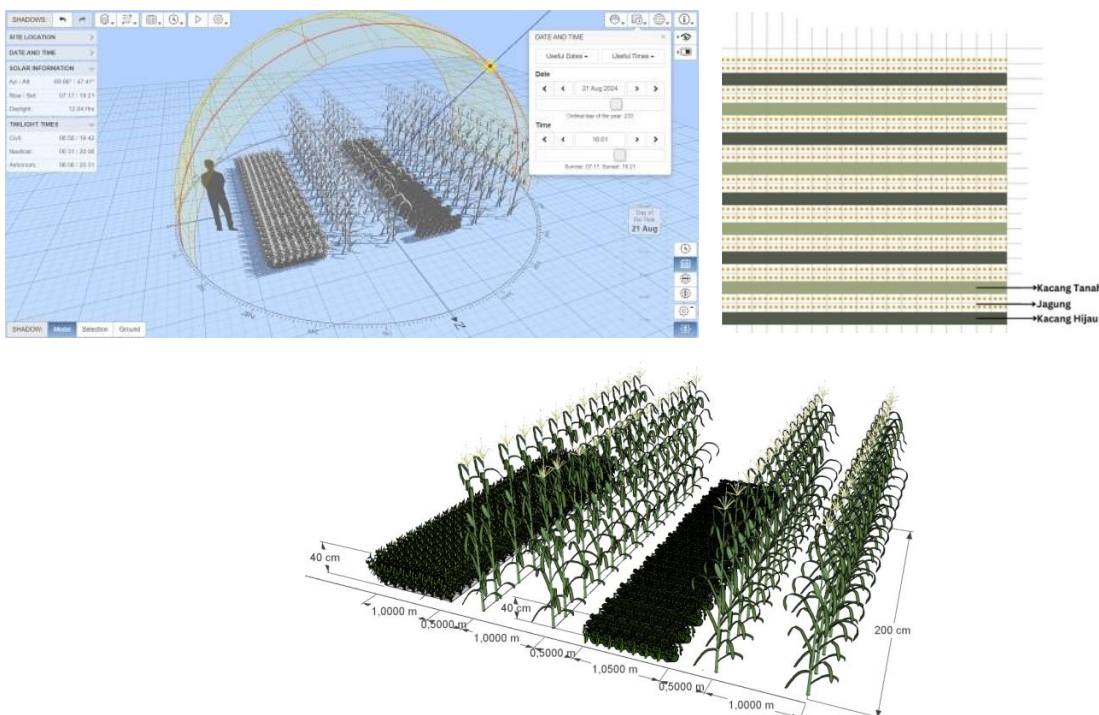
Penelitian ini dilaksanakan pada Maret hingga Juli 2024 di Jalan Magelang km 5.6, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan menggunakan perangkat lunak *SketchUp* dan *Andrewmarsh Simulation* untuk melakukan simulasi pola tanam permakultur. Pelaksanaan penelitian meliputi studi literatur, pengembangan model simulasi, analisis hasil berdasarkan

kebutuhan sinar matahari, tajuk tanaman, ketinggian tanaman, hingga masa panen. Kombinasi tanaman yang diuji meliputi tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan agroforestri berdasarkan referensi dari berbagai penelitian terdahulu. Data yang digunakan berasal dari literatur terpercaya dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan fokus pada visualisasi geometri kombinasi pola tanam (3D & 2D), intensitas sinar matahari, dimensi tajuk dan perakaran tanaman, serta pengaturan siklus tanam dan panen untuk memperoleh desain pola tanam optimal dalam meningkatkan produktivitas lahan permakultur (Siregar, 2017).

Data yang digunakan berupa data kuantitatif, bersumber dari data primer melalui kuesioner, wawancara, dan observasi, serta data sekunder dari dokumen dan literatur. Instrumen penelitian diuji validitas dan reliabilitasnya menggunakan SPSS. Hasil uji validitas menunjukkan semua item memiliki  $r$ -hitung  $>$   $r$ -tabel (0,2061), sehingga dinyatakan valid. Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menunjukkan seluruh variabel memiliki nilai  $>$  0,6, yaitu lingkungan kerja non fisik (0,955), motivasi (0,778), beban kerja (0,864), dan kinerja (0,940), yang berarti seluruh instrumen dinyatakan reliabel (Hannida & Sambodo, 2025).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pola Tanam (Bersamaan kacang tanah, jagung dan kacang hijau)

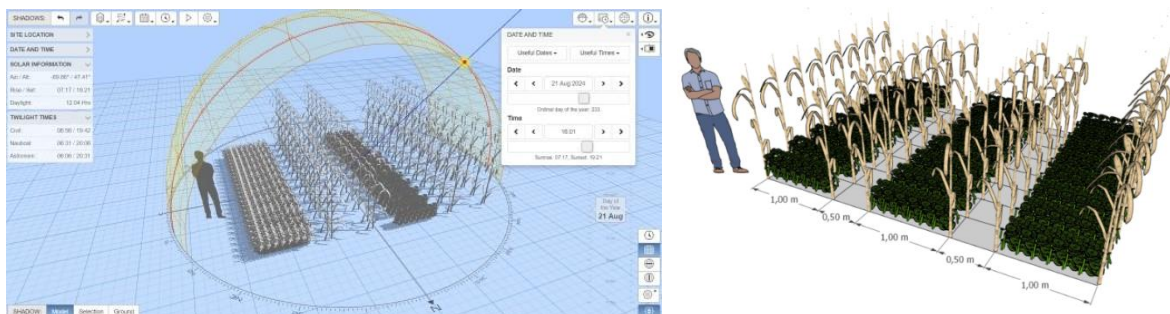


Gambar 1 Pola tanam 2 alternatif

Pola tanam 2 alternatif 1 mencakup tanaman jagung, kacang tanah, dan kacang hijau yang di tanam secara bersamaan. Menurut Susilo (2021), jarak tanam kacang tanah 40 cm x 15 cm dengan diameter tajuk sekitar 68,2 cm Subandi (2010) dengan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 45%. Tanaman kacang tanah memiliki diameter akar sekitar 30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 50-60 cm. Jarak tanam jagung adalah 100 cm x 40 cm dengan diameter kanopi 50 cm dan intensitas cahaya yang diperlukan berkisar antara 60-75%. Tanaman jagung memiliki diameter akar sekitar 40 cm dan panjang akar hingga 100 cm.

Sementara itu, kacang hijau ditanam dengan jarak 30 cm x 20 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 40-50 cm dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 45% Subandi (2010). Kacang hijau memiliki diameter akar sekitar 20 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 40-50 cm Subandi (2010). Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Penelitian dari Subagio (2022) menunjukkan bahwa pola tanam tumpangsari jagung dan kacang tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan.

### **Pola Tanam (Bergilir jagung kacang tanah dan kacang hijau)**



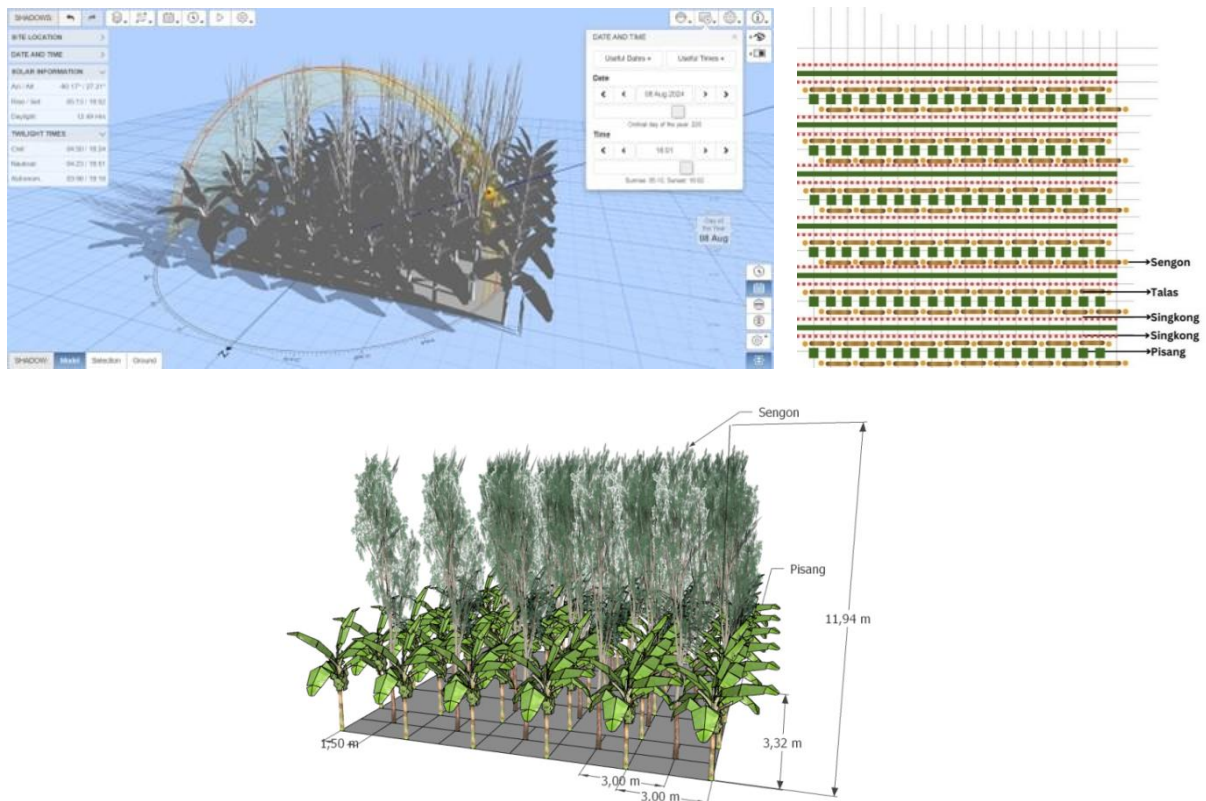
**Gambar 2 Pola tanam 2 alternatif 2 merupakan penanaman bergilir**

Pola tanam 2 alternatif 2 merupakan penanaman bergilir. penanaman dimulai dengan jagung hingga tahap masa panen/pengeringan, kemudian diikuti dengan kacang tanah dan kacang hijau. Santoso (2020) menyebutkan bahwa metode bergilir ini memungkinkan pemulihan lahan dan peningkatan kualitas tanah melalui siklus tanam yang beragam. Tanaman jagung merupakan tanaman C4 yang mana membutuhkan intensitas cahaya matahari yang tinggi sehingga ditanam lebih awal untuk memaksimalkan penggunaan sinar matahari.

Setelah tanaman jagung memasuki fase generative dilakukan penanaman kacang tanah dan kacang hijau. untuk memanfaatkan sisa waktu dan ruang tumbuh. Pendekatan ini juga mengurangi risiko penyakit dan hama, serta meningkatkan hasil panen per satuan luas lahan Santoso (2020). Kacang tanah dengan diameter tajuk dan akar yang lebih kecil dari jagung serta kebutuhan intensitas cahaya yang lebih rendah cocok ditanam setelah jagung. Hal ini juga

berlaku untuk kacang hijau yang memiliki akar lebih pendek, sehingga tidak terlalu menguras nutrisi tanah yang telah dipakai oleh jagung Santoso (2020).

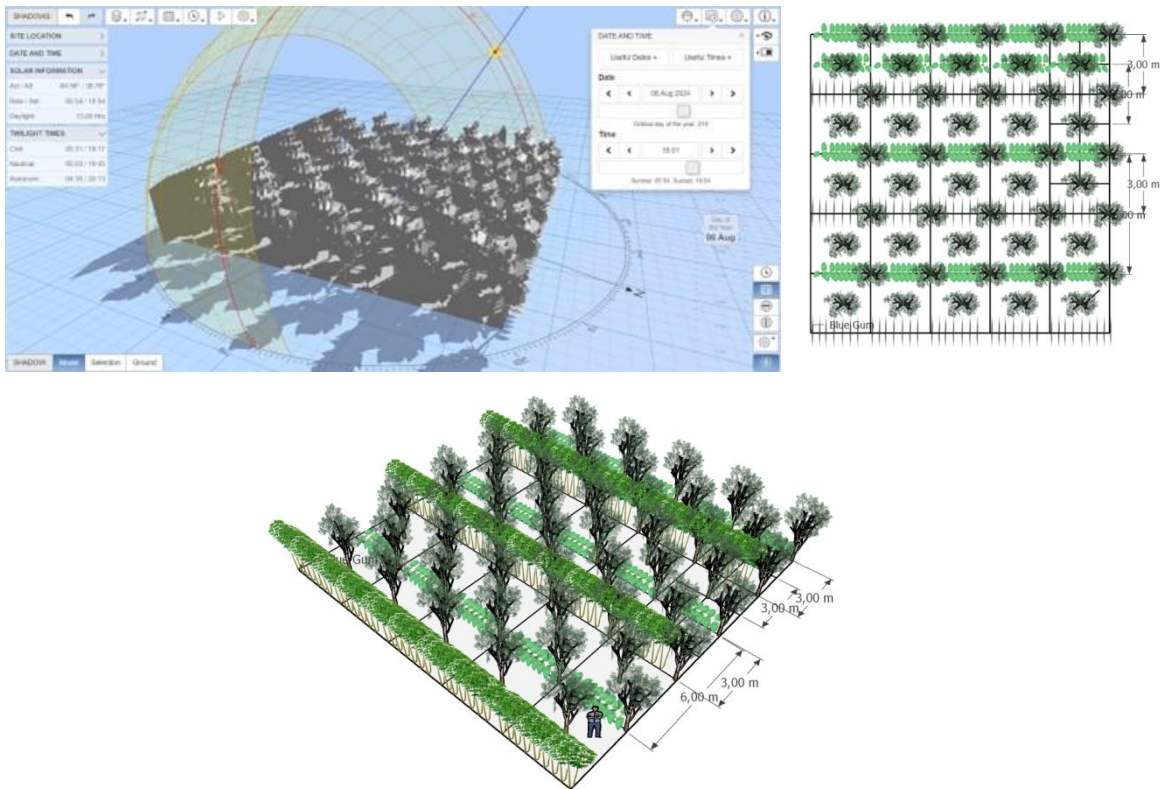
### Pola Tanam (Bersamaan sengon dan pisang)



**Gambar 3 Pola tanam 3 alternatif 1 mencakup penanaman sengon dan pisang secara bersamaan dimna batas sengon**

Pola tanam 3 alternatif 1 mencakup penanaman sengon dan pisang secara bersamaan dimna batas sengon hingga melebihi ketinggian tanaman pisang. Jarak tanam sengon 2-3 meter dengan diameter tajuk sekitar 5-10 meter dan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 40-60%. Sengon memiliki diameter akar sekitar 1 meter dan panjang akar yang dapat mencapai 3-4 meter. Pisang ditanam dengan jarak 3 m x 3 m, memiliki diameter tajuk sekitar 2-5 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 50-70%. Pisang memiliki diameter akar sekitar 70 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 1-1,5 meter. Kombinasi penanaman ini dirancang agar sengon yang memiliki tajuk dan akar besar tidak menghalangi pertumbuhan pisang yang memiliki tajuk lebih kecil tetapi memerlukan cukup ruang untuk tumbuh optimal.

### Pola Tanam (Bergilir sengon 1-2 tahun, singkong dan keladi)

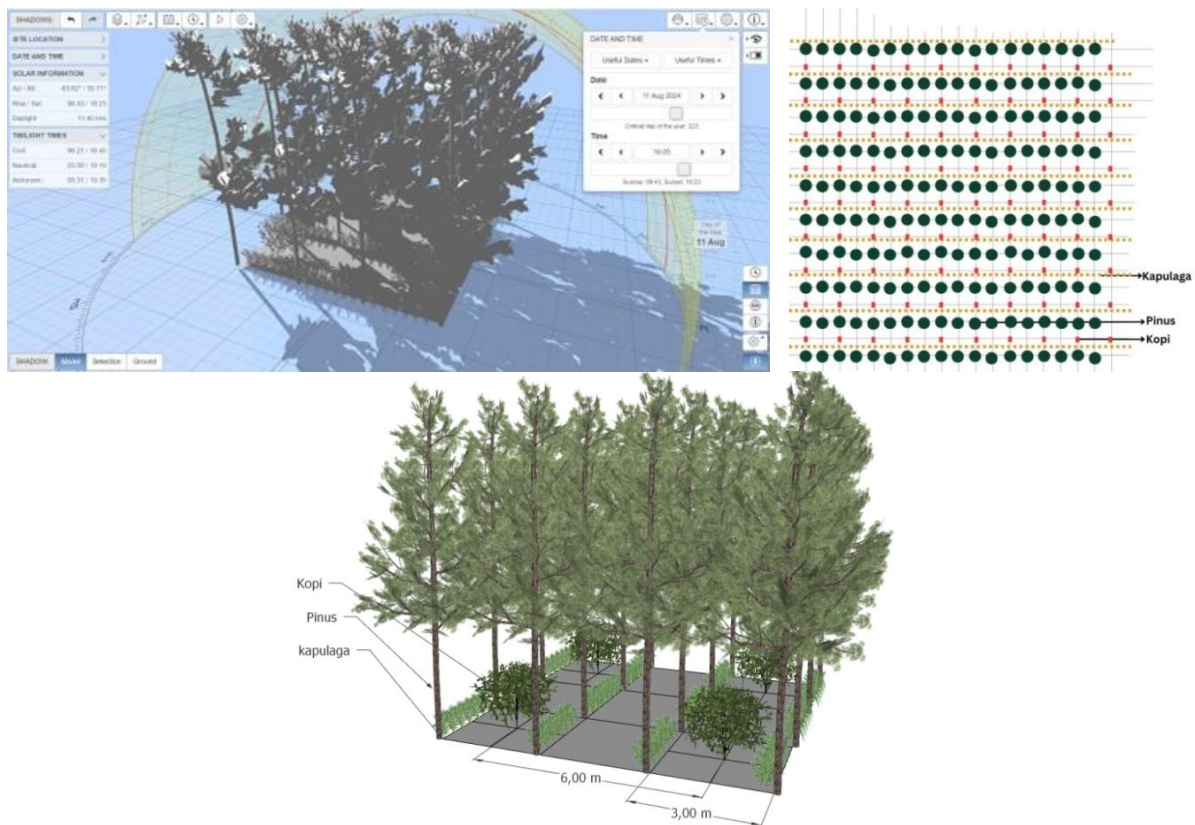


**Gambar 4 Pola tanam 3 alternatif 2 yaitu sengon, singkong dan talas**

Pola tanam 3 alternatif 2 yaitu sengon, singkong dan talas. Dalam sistem ini, sengon ditanam terlebih dahulu hingga mencapai umur 1-2 tahun untuk memberikan struktur dan naungan yang dibutuhkan oleh tanaman lainnya. Santoso (2020) menyebutkan bahwa setelah sengon mencapai tahap siap di panen, singkong dan talas dapat ditanam untuk memanfaatkan ruang dan nutrisi tanah yang lebih optimal. Singkong ditanam dengan jarak 125 cm x 80 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 1-2 meter dan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 50-70%. Singkong memiliki diameter akar sekitar 20-30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 1-2 meter. Talas ditanam dengan jarak 50 cm x 70 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 1 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 50-70%. Talas memiliki diameter akar sekitar 10-15 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 30-40 cm (Santoso, 2020).

Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Penelitian Subagio (2022) menunjukkan bahwa pola tanam ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Sengon dengan tajuk dan akar besar memberikan naungan yang baik bagi talas dan singkong, sementara talas dan singkong dapat memanfaatkan sisa ruang dan nutrisi tanah yang telah digunakan oleh sengon.

## Pola Tanam (Bergilir pinus, kopi dan kapulaga)



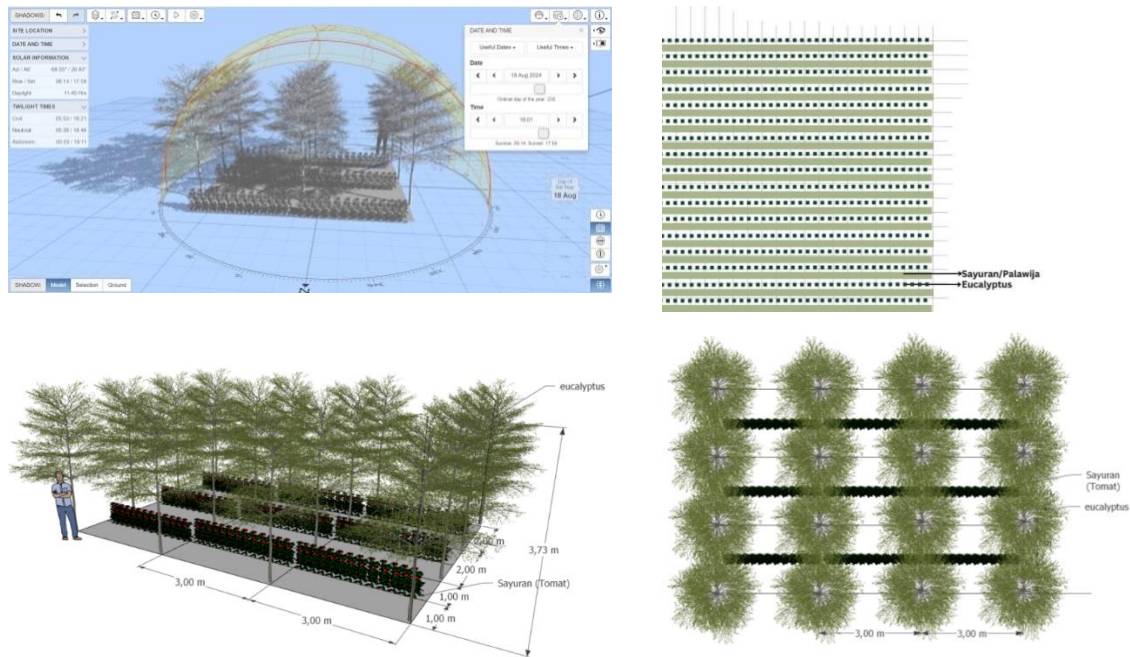
**Gambar 5 Pola tanam 4 ini mencakup kombinasi penanaman kapulaga, pinus, dan kopi**

Pola tanam 4 ini mencakup kombinasi penanaman kapulaga, pinus, dan kopi. Jarak tanam untuk kapulaga adalah 2-1,5 meter dengan diameter tajuk sekitar 1-2 meter dan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 70%. Kapulaga memiliki diameter akar sekitar 30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 50-60 cm.

Pinus ditanam dengan jarak 3 m x 3 m, memiliki diameter tajuk sekitar 6-10 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 70%. Pinus memiliki diameter akar sekitar 1.5 meter dan panjang akar yang dapat mencapai 3-4 meter. Tanaman kopi membutuhkan naungan, sehingga ditanam dibawah tanaman pinus dengan jarak 2 m x 2,5 m. Tanaman kopi memiliki diameter tajuk sekitar 3 meter dan membutuhkan . Kopi memiliki diameter akar sekitar 50 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 1-1,5 meter dengan intensitas cahaya sebesar 60-80%. Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Pola tanam tumpangsari ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Kapulaga, dengan kebutuhan intensitas cahaya yang lebih rendah, ditempatkan di bawah naungan pinus dan kopi. Pinus, dengan tajuk dan akar besar, memberikan struktur dan naungan yang baik bagi kapulaga dan kopi. Kopi, yang memiliki kebutuhan intensitas cahaya variabel, ditempatkan di antara pohon pinus untuk memanfaatkan sinar matahari yang tersisa.

Kombinasi ini memungkinkan setiap tanaman tumbuh optimal dengan pemanfaatan ruang dan nutrisi yang efisien (Subagio, 2021).

### Pola Tanam (Bersamaan eucalyptus dan tomat)

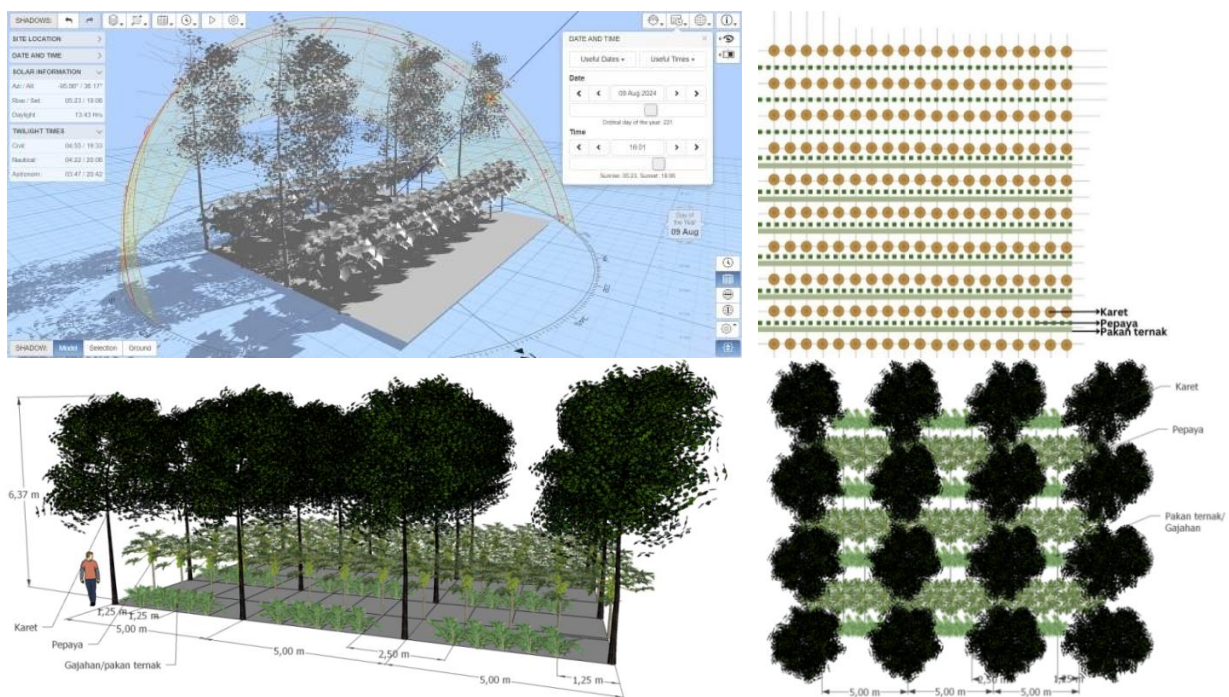


**Gambar 6 Pola tanam 5 mencakup kombinasi penanaman sayuran, seperti tomat, dengan eucalyptus**

Pola tanam 5 mencakup kombinasi penanaman sayuran, seperti tomat, dengan eucalyptus. Jarak tanam untuk eucalyptus adalah 2 m x 3 m dengan diameter tajuk sekitar 1,5-2 m dan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 80%. Eucalyptus memiliki diameter akar sekitar 1,5-2 m meter dan panjang akar yang dapat mencapai 3-4 meter. Tanaman tomat ditanam dengan jarak tanam 50 cm x 70 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 1 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 60-80%. Tomat memiliki diameter akar sekitar 30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 50-60 cm. Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Penelitian Setiawan (2022) menunjukkan bahwa pola tanam tumpangsari ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Eucalyptus dengan tajuk dan akar besar, memberikan naungan dan struktur yang baik bagi sayuran, seperti tomat. Tanaman sayuran ditempatkan di antara pohon eucalyptus untuk memanfaatkan sinar matahari yang tersisa. Kombinasi ini memungkinkan setiap tanaman tumbuh optimal dengan pemanfaatan ruang dan nutrisi yang efisien. Selain itu, eucalyptus dapat membantu menjaga kelembaban tanah dan menyediakan naungan yang diperlukan oleh sayuran, terutama pada musim kemarau.

Temuan ini sejalan dengan hasil studi Epule et al. (2018), yang menekankan pentingnya faktor non-iklim, seperti pemilihan sistem pertanian, akses terhadap teknologi, dan penggunaan praktik budidaya yang adaptif dalam meningkatkan produktivitas hasil pertanian. Kedua studi tersebut menegaskan bahwa selain menghadapi tantangan perubahan iklim seperti pola curah hujan yang tidak menentu, pemanfaatan kombinasi tanaman yang tepat dalam sistem agroforestri seperti tumpangsari juga berperan penting dalam meningkatkan ketahanan pertanian secara berkelanjutan.

### Pola Tanam 6 (Bergilir karet, pepaya dan pakan ternak)



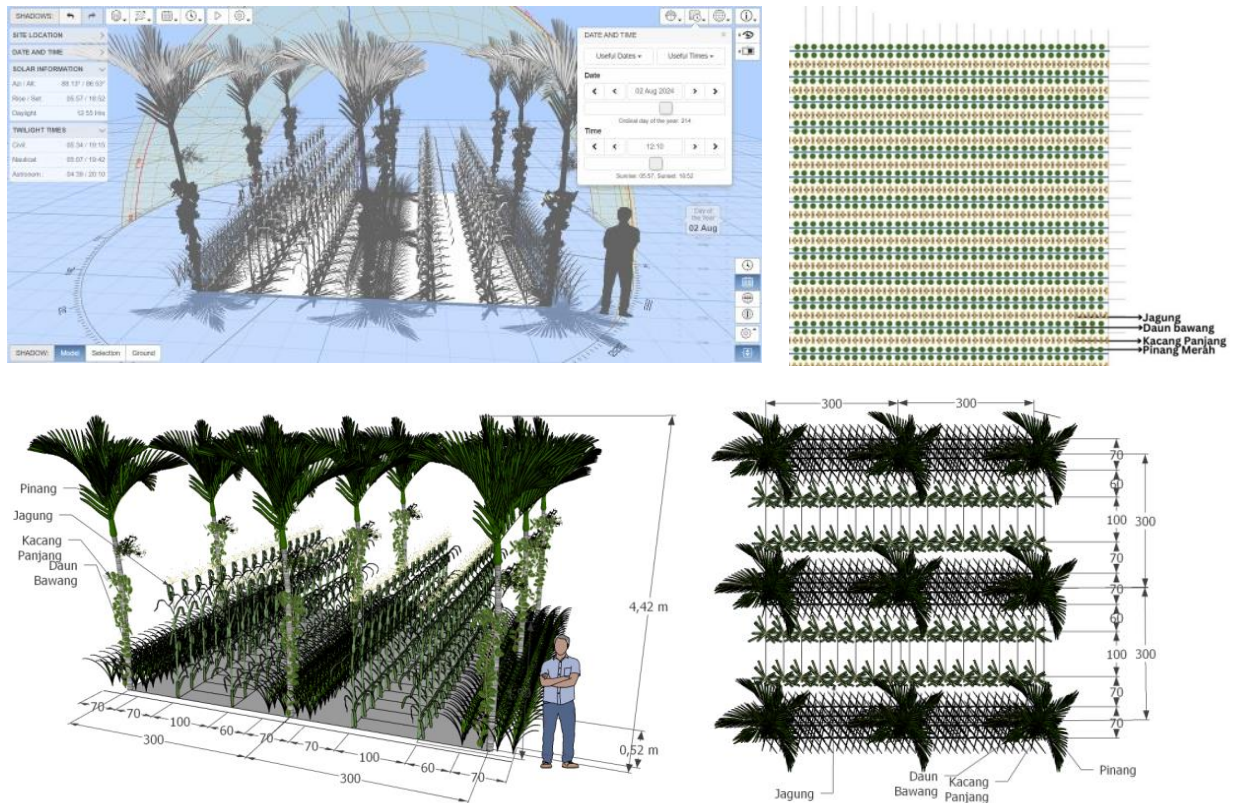
**Gambar 7 Pola tanam tanam 6 mencakup kombinasi penanaman karet dan papaya serta gajahan**

Pola tanam tanam 6 mencakup kombinasi penanaman karet dan papaya serta gajahan. Jarak tanam untuk karet adalah 4 m x 5 m dengan diameter tajuk sekitar 6 meter dan intensitas cahaya yang dibutuhkan sekitar 60%. Karet memiliki diameter akar sekitar 1-1,5 meter dan panjang akar yang dapat mencapai 2-3 meter. Pepaya ditanam dengan jarak 60 cm x 60 cm x 50 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 2-5 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 50-70%. Pepaya memiliki diameter akar sekitar 50 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 1-1,5 meter (Subagio, 2021).

Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Pola tanam tumpangsari ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Tanaman pepaya ditanam di antara pohon karet TBM untuk memanfaatkan

lahan kosong sebagai usaha untuk mengendalikan tumbuhnya gulma di antara tanaman karet. Kombinasi ini memungkinkan setiap tanaman tumbuh optimal dengan pemanfaatan ruang dan nutrisi yang efisien (Wahditiya et al., 2024).

### Pola Tanam (Bersamaan pinang, jagung, kacang panjang dan daun bawang)

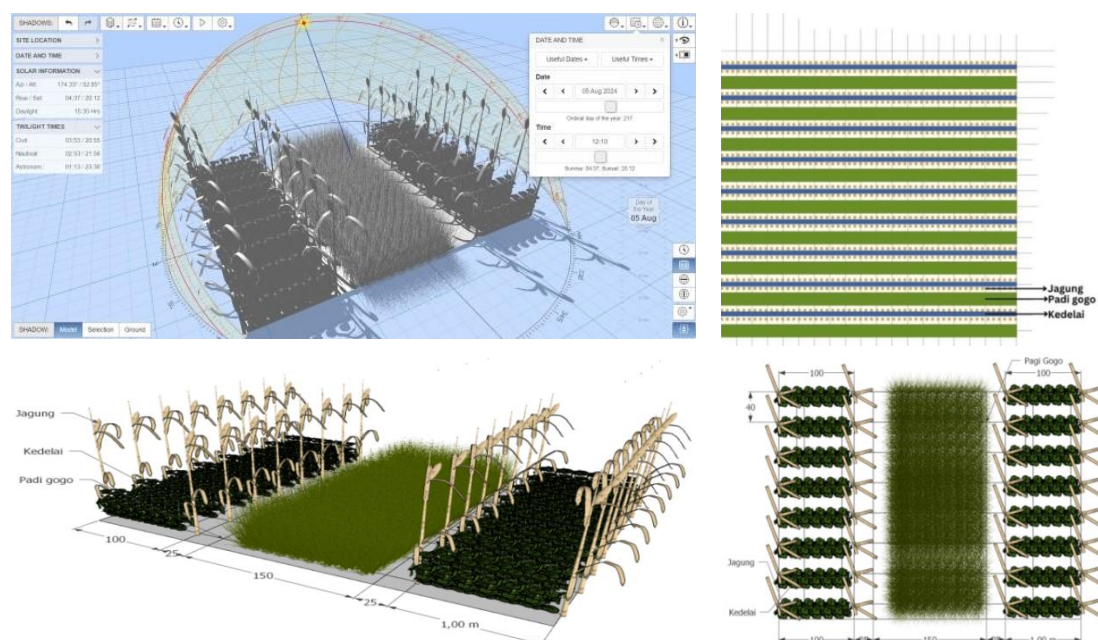


**Gambar 8 Pola tanam 7 mencakup kombinasi penanaman jagung, daun bawang, kacang panjang, dan pinang merah**

Pola tanam 7 mencakup kombinasi penanaman jagung, daun bawang, kacang panjang, dan pinang merah. Menurut penelitian Setiawan (2022), jarak tanam untuk jagung adalah 100 cm x 40 cm dengan diameter tajuk sekitar 50 cm dan intensitas cahaya yang dibutuhkan berkisar antara 60-75%. Jagung memiliki diameter akar sekitar 40 cm dan panjang akar hingga 100 cm (Setiawan, 2022). Daun bawang ditanam dengan jarak 25 cm x 25 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 5 cm dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 70%. Daun bawang memiliki diameter akar sekitar 10 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 20-30 cm. Kacang panjang ditanam dengan jarak 50 cm x 50 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 1 meter dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 50-70%. Kacang panjang memiliki diameter akar sekitar 30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 60-80 cm (Setiawan, 2022).

Pinang merah berumur +- 4-5 tahun ditanam dengan jarak 3 m x 3 m, memiliki diameter tajuk sekitar 4-6 meter dan intensitas cahaya sebesar 50-70%. Pinang merah memiliki diameter akar sekitar 1-1,5 meter dan panjang akar yang dapat mencapai 2-3 meter (Setiawan, 2022). Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Penelitian Subagio (2021) menunjukkan bahwa pola tanam tumpangsari ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Jagung dengan kebutuhan intensitas cahaya yang tinggi, ditempatkan diantara tanaman lain yang memiliki kebutuhan cahaya yang lebih rendah seperti daun bawang, kacang panjang, dan pinang merah. Hal ini memungkinkan setiap tanaman tumbuh dengan optimal sesuai dengan kebutuhan sinar matahari dan ruang yang tersedia. Selain itu, penanaman tumpangsari seperti ini juga dapat mengurangi risiko serangan hama dan penyakit, serta memaksimalkan hasil panen dari satu lahan yang sama.

### Pola Tanam (Bergilir padi gogo, jagung dan kedelai)



**Gambar 9** Pola tanam 8 meliputi kombinasi penanaman jagung, padi gogo, dan kedelai

Pola tanam 8 meliputi kombinasi penanaman jagung, padi gogo, dan kedelai. Menurut penelitian Santoso (2023), jarak tanam untuk jagung adalah 100 cm x 40 cm dengan diameter tajuk sekitar 50 cm dan intensitas cahaya yang dibutuhkan berkisar antara 60-75%. Jagung memiliki diameter akar sekitar 40 cm dan panjang akar hingga 100 cm. Padi gogo ditanam dengan jarak 25cm x 25cm dan 25cm x 30cm, memiliki diameter tajuk sekitar 20-40 cm dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 70%. Padi gogo memiliki diameter akar sekitar 10-15 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 30-40 cm.

Kedelai ditanam dengan jarak 40 cm x 20 cm, memiliki diameter tajuk sekitar 30-60 cm dan membutuhkan intensitas cahaya sebesar 60-70% (Santoso, 2023). Kedelai memiliki diameter akar sekitar 20-30 cm dan panjang akar yang dapat mencapai 50-60. Kombinasi pola tanam ini dirancang untuk memastikan setiap tanaman menerima cukup sinar matahari dan nutrisi tanpa saling bersaing secara berlebihan. Penelitian Subagio (2022) menunjukkan bahwa pola tanam tumpangsari ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan produksi hasil panen secara keseluruhan. Jagung, dengan kebutuhan intensitas cahaya yang tinggi, ditempatkan di antara tanaman lain yang memiliki kebutuhan cahaya yang lebih rendah seperti padi gogo dan kedelai. Hal ini memungkinkan setiap tanaman tumbuh dengan optimal sesuai dengan kebutuhan sinar matahari dan ruang yang tersedia. Selain itu, penanaman tumpangsari seperti ini juga dapat mengurangi risiko serangan hama dan penyakit, serta memaksimalkan hasil panen dari satu lahan yang sama.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis pola tanam, ditemukan kombinasi tanaman yang tepat dalam sistem permakultur yang mampu meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Dengan menggunakan metode simulasi, pola tanam disusun dengan mempertimbangkan karakteristik tanaman, seperti kebutuhan sinar matahari, jarak tanam, diameter tajuk, serta sebaran akar. Hasil simulasi tersebut kemudian dievaluasi di lapangan untuk memastikan efektivitasnya dalam memanfaatkan cahaya, ruang tumbuh, dan nutrisi tanah secara optimal. Setiap pola tanam yang dikembangkan juga mengintegrasikan prinsip agroforestri, sehingga tidak hanya meningkatkan hasil produksi tetapi juga mendukung kelestarian ekosistem lahan.

Selain itu, pola tanam bersamaan maupun bergilir, seperti kombinasi jagung, kacang tanah, kacang hijau, serta sengon dan pisang, memperlihatkan keberhasilan dalam mengoptimalkan hubungan antar tanaman melalui tumpangsari maupun rotasi tanaman. Penerapan pola-pola ini memperbaiki kualitas tanah, mengendalikan hama dan penyakit secara alami, serta menjaga keseimbangan ekosistem lokal. Dengan pendekatan ini, sistem permakultur terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas lahan, memperkuat diversifikasi hasil panen, dan mendukung keberlanjutan pertanian berbasis agroekologi.

## DAFTAR REFERENSI

- Atriawardhani, I., & Kohdrata, N. (2020). Perencanaan lanskap Villa Cloud Nine Estate dengan pendekatan permakultur di Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar, Bali. *Jurnal Arsitektur Lansekap*, 6(1).
- Braun, G., Braun, M., Kruse, J., Amelung, W., Renaud, F. G., Khoi, C. M., ... Sebesvari, Z. (2019). Pesticides and antibiotics in permanent rice, alternating rice-shrimp and permanent shrimp systems of the coastal Mekong Delta, Vietnam. *Environment International*, 127, 442–451.
- Epule, T. E., Ford, J. D., Lwasa, S., Nabaasa, B., & Buyinza, A. (2018). The determinants of crop yields in Uganda: What is the role of climatic and non-climatic factors? *Agriculture and Food Security*, 7(10), 1–17.
- Gondo, Y. H., Hardiyati, H., & Handayani, K. N. (2017). Strategi perancangan Sekolah Alam SMK Pertanian dengan pendekatan sistem permakultur di Purbalingga. *Arsitektura, KOMUNITA: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 15(1), 316–324.
- Hannida, C. P., & Sambodo, H. (2025). Analysis of the effect of rice production, poverty, and prevalence of undernourishment (POU) on food security in Indonesia. *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 22(1), 11–19.
- Misni, A., Zaki, M. A. M., & Latif, F. A. A. (2014). Pendekatan permakultur bagi mewujudkan gunatanah pertanian lestari di Malaysia: Kajian kes di Kuala Ping, Terengganu. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 10(6), 105–117.
- Nurjati, E. (2023). Strategy development in fulfilling food consumption of permaculture foundation members. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 28(3), 335–343. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.3.335>
- Purwanti, N. H., & Taryono. (2018). The growth of Tiwai (*Eleutherine americana* L. Merr.) under different forest tree stands in agroforestry system. *Agrinova: Journal of Agriculture Innovation*, 1(2), 56–60.
- Raharja, & Wiryanto, W. (2005). *Diktat dasar-dasar agronomi*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Sabirin. (2010). *Modul sekolah lapang polikultur*. BITRA Indonesia.
- Santoso. (2023). Pola tanam tumpangsari jagung, padi gogo, dan kedelai untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 18(2), 150–162.
- Setiawan. (2022). Penerapan pola tanam tumpangsari berbasis jagung, kacang tanah, dan kacang hijau di lahan kering. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 15(1), 45–56.
- Setiawan. (2022). Pola tanam tumpangsari antara sayuran dan eucalyptus untuk pengelolaan lahan yang berkelanjutan. *Jurnal Hortikultura*, 20(4), 315–327.
- Siregar, K. (2017). *Simulasi dan pemodelan (Aplikasi untuk keteknikan pertanian)*. Penerbit Deepublish.

- Subagio. (2021a). Implementasi pola tanam tumpangsari kapulaga, pinus, dan kopi untuk mendukung agroforestri berkelanjutan. *Jurnal Agroforestri*, 8(3), 210–222.
- Subagio. (2021b). Strategi pola tanam tumpangsari sengon, talas, singkong, dan pisang untuk peningkatan produktivitas lahan. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 6(2), 78–89.
- Subagio. (2021c). Integrasi pola tanam tumpangsari karet dan pepaya untuk pemanfaatan lahan yang optimal. *Jurnal Karet Indonesia*, 12(1), 50–62.
- Subagio. (2021d). Pemanfaatan pola tanam tumpangsari jagung, daun bawang, kacang panjang, dan pinang merah dalam agroforestri. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(3), 180–192.
- Susilo. (2021). Optimalisasi pola tanam tumpangsari jagung dan kelapa sawit: Studi kasus di Jawa Barat. *Jurnal Pertanian Tropis*, 10(2), 123–135.
- Sutrisno. (2023). Implementasi pola tanam tumpangsari sawit dan porang untuk peningkatan produktivitas lahan. *Jurnal Perkebunan*, 15(4), 300–312.
- Wahditiya, A. A., Kurniawan, A., Nendissa, J. I., Meyuliana, A., Yora, M., Jamilah, J., ... & Andaria, A. C. (2024). *Teknologi produksi tanaman pangan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.