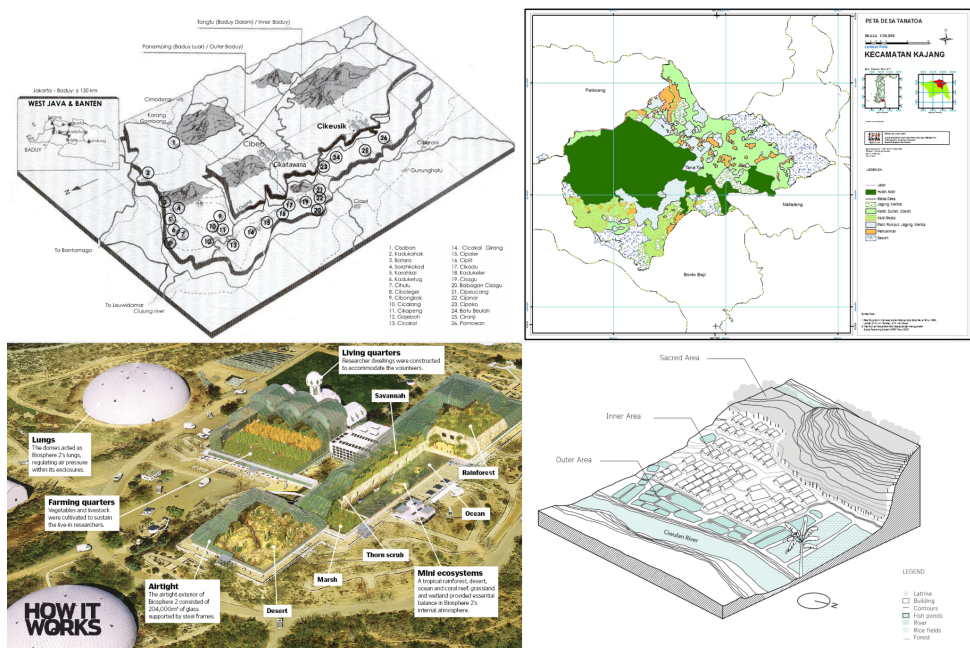


BAB III

TINJAUAN KONTEKS

3.1. Sintesis Konteks dan Parameter Perancangan

Heterogenitas habitat umumnya dipengaruhi oleh dua elemen utama, yaitu komposisi yang merepresentasikan jumlah dan keberagaman habitat, serta konfigurasi yang menggambarkan distribusi spasial berbagai habitat tersebut. Pemahaman mengenai bagaimana karakter komposisi dan konfigurasi lanskap mempengaruhi spesies dan komunitas dalam lanskap pertanian menjadi penting untuk memahami dinamika metapopulasi, seperti proses kolonisasi dan kepunahan, yang berperan besar terhadap kekayaan spesies regional (Vos et al., 2001). Pengaruh heterogenitas habitat terhadap berbagai kelompok biodiversitas pertanian juga dapat berbeda bergantung pada tingkat trofik dan kemampuan penyebaran spesies, karena setiap spesies beroperasi pada skala ruang dan waktu yang berbeda (Tscharnitke et al., 2005; Oliver et al., 2010).



Gambar 8. Pembedaan Studi Preseden Biosphere 2

Sumber: Berbagai Data Sekunder Olah Data Pribadi

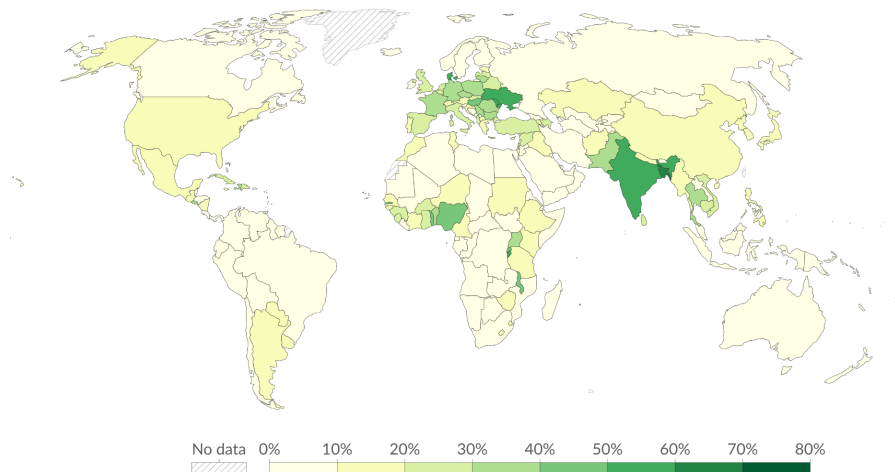
Peningkatan heterogenitas lanskap pertanian melalui pengurangan ukuran bidang lahan serta peningkatan ketersediaan habitat non-budidaya dapat menjadi strategi penting dalam menjaga dan meningkatkan

biodiversitas pada kawasan pertanian intensif. Lanskap dengan variasi elemen ruang yang lebih tinggi mampu menciptakan berbagai habitat bagi flora dan fauna, sehingga mendukung keberlangsungan ekosistem pertanian secara lebih berkelanjutan. Keberadaan elemen non-budidaya seperti vegetasi penyangga, koridor hijau, sempadan air, lahan terbuka alami, dan area resapan tidak hanya berfungsi sebagai habitat ekologis, tetapi juga membantu menjaga keseimbangan lingkungan melalui peningkatan kualitas tanah, pengendalian erosi, serta stabilisasi siklus hidrologi.

Share of land area used for arable agriculture, 2023

The share of land area used for arable agriculture, measured as a percentage of total land area. Arable land includes land defined by the FAO as land under temporary crops (double-cropped areas are counted once), temporary meadows for mowing or for pasture, land under market or kitchen gardens, and land temporarily fallow.

Our World
in Data



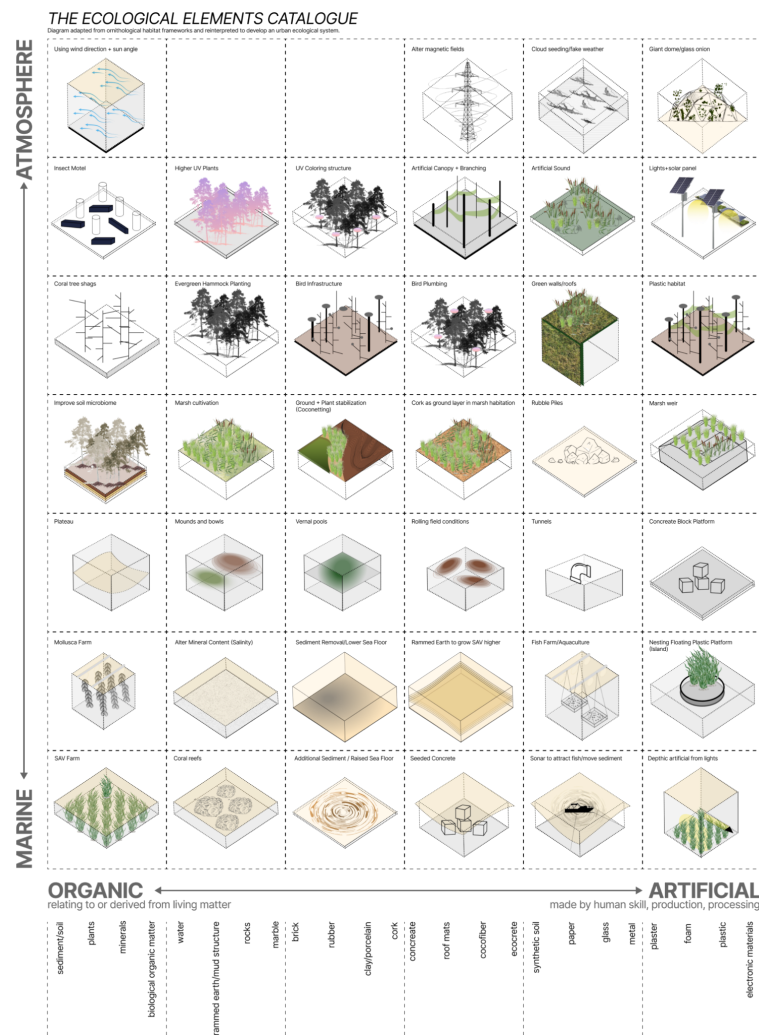
Data source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), via World Bank (2026) OurWorldinData.org/land-use | CC BY

Gambar 9. Penggunaan Lahan Agrikultur Global

Sumber: FAO dan UN (2025)

Data penelitian dikumpulkan melalui studi preseden dari berbagai kawasan pertanian dengan dominasi lahan garapan intensif yang memiliki perbedaan dalam komposisi habitat, pola penggunaan lahan, dan tingkat heterogenitas lanskap. Preseden tersebut dianalisis untuk memahami hubungan antara struktur spasial pertanian dengan kemampuan lanskap dalam mendukung biodiversitas dan ketahanan ekologis. Karakteristik lingkungan kemudian dikategorikan ulang berdasarkan pemetaan penggunaan lahan pertanian melalui katalog, yang mencakup identifikasi elemen budidaya dan non-budidaya, pola fragmentasi lahan, jaringan ekologis, serta distribusi ruang terbuka hijau.

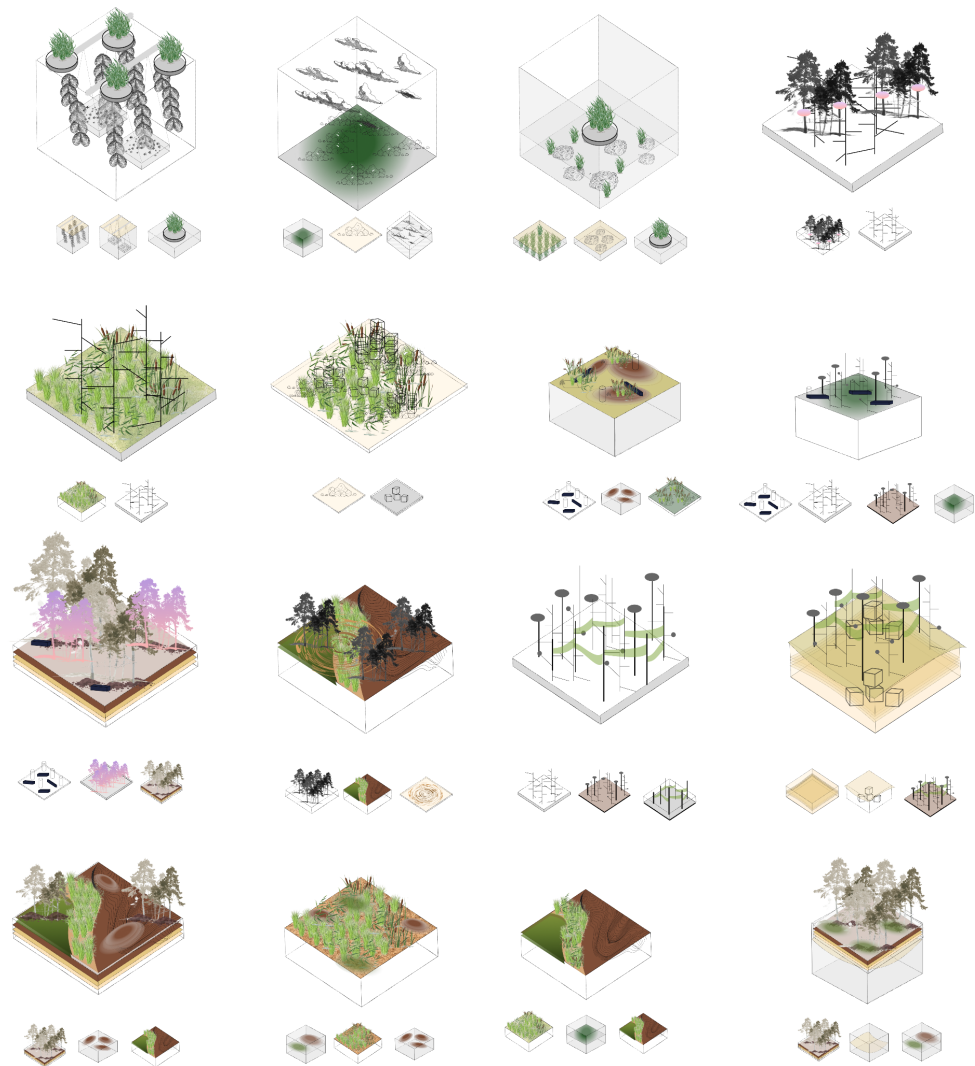
Melalui pendekatan ini, analisis tidak hanya berfokus pada produktivitas pertanian, tetapi juga pada bagaimana konfigurasi spasial lanskap dapat membentuk sistem agrikultur yang lebih resilien terhadap tekanan urbanisasi, perubahan iklim, dan degradasi lingkungan. Dengan demikian, heterogenitas lanskap dipahami sebagai bagian penting dalam menciptakan keseimbangan antara kebutuhan produksi pangan dan keberlanjutan ekologi kawasan pertanian urban maupun peri-urban.



Gambar 10. Katalog Persyaratan Ekologi Lokasi

Sumber: Olah Data Pribadi

3.2. Kombinasi Terrain



Gambar 11. Katalog Persyaratan Ekologi Lokasi

Sumber: Olah Data Pribadi

Prototype laut dibangun melalui kombinasi antara habitat pasang surut, ruang observasi vertikal, dan sistem peristirahatan sementara bagi burung migrasi. Penulis memanfaatkan dinamika air sebagai elemen utama yang menciptakan habitat temporer untuk singgah, mencari makan, dan beristirahat selama fase migrasi. Struktur vertikal yang muncul di tengah habitat berfungsi sebagai ruang observasi manusia sekaligus titik hinggap bagi burung. Kombinasi ini memperlihatkan bagaimana lanskap pesisir dapat direkayasa menjadi ruang berbagi antara manusia dan fauna melalui sistem ekologis yang berubah mengikuti ritme pasang surut.

Prototype kolam musiman dikembangkan dari karakter wetland musiman yang muncul sementara akibat perubahan iklim dan siklus air. Habitat ini dirancang sebagai ruang ekologis temporer yang menyediakan genangan dangkal dan vegetasi ringan untuk mendukung spesies migrasi. Penulis mengombinasikan konsep impermanensi lanskap dengan kebutuhan ekologis burung yang hanya membutuhkan habitat singgah dalam periode pendek. Oleh karena itu, bentuk ruang dibuat ringan, terbuka, dan fleksibel terhadap perubahan musim maupun fluktuasi air.

Pada prototype taman, penulis menggabungkan sistem retensi air, vegetasi akuatik, dan ruang rekreasi ekologis dalam satu lanskap hibrid. Habitat ini dibangun melalui hubungan antara badan air, ruang terbuka, dan aktivitas fauna air yang menciptakan sumber makanan alami bagi burung. Kombinasi elemen kolam, vegetasi rawa, dan ruang observasi memungkinkan habitat bekerja sebagai ruang ekologis sekaligus ruang edukasi publik. Sistem ini menunjukkan bagaimana infrastruktur air dapat diubah menjadi habitat produktif bagi biodiversitas perkotaan.

Prototype hutan dibangun dari reinterpretasi pohon mati (snag) sebagai elemen ekologis aktif dalam habitat burung. Penulis memanfaatkan batang pohon vertikal sebagai tempat bertengger, bersarang, dan mencari makan bagi spesies tertentu. Kombinasi antara vegetasi vertikal, material organik yang membusuk, dan struktur hutan tipis menghasilkan habitat yang mendukung rantai makanan mikro seperti serangga dan jamur. Dengan pendekatan ini, elemen yang biasanya dianggap limbah justru direimajinasi sebagai bagian penting dalam regenerasi ekosistem.

Prototype rawa menggabungkan ekosistem rawa dengan struktur modular vertikal yang mendukung aktivitas nesting dan breeding. Penulis menciptakan hubungan antara vegetasi rawa padat, kelembapan tinggi, dan ruang perlindungan kolektif bagi burung. Habitat ini bekerja seperti “kooperasi ekologis” di mana berbagai spesies dapat berbagi ruang bersarang dalam sistem yang saling terhubung. Kombinasi elemen alami dan struktur buatan

memperlihatkan pendekatan bahwa habitat masa depan dapat dibangun melalui arsitektur ekologis yang mendukung biodiversitas secara aktif.

Prototype hutan vertikal merupakan kombinasi antara struktur ringan semi-buatan dengan habitat hutan vertikal untuk mendukung proses berkembang biak burung. Penulis mengadaptasi konsep glamping manusia menjadi ruang perlindungan fauna yang menyediakan elevasi, keamanan, dan ruang observasi. Vegetasi tinggi dipadukan dengan modul bertingkat sehingga menciptakan pengalaman spasial yang menyerupai kanopi hutan. Habitat ini menunjukkan bagaimana struktur arsitektur dapat digunakan untuk memperluas kapasitas nesting dalam lanskap yang telah berurbanisasi.

Prototype relung dibangun melalui pemanfaatan ruang-ruang residual atau sisa dalam lanskap sebagai habitat ekologis baru. Penulis mengkombinasikan fragment vegetasi, struktur batuan, dan cekungan kecil menjadi mikrohabitat yang mendukung aktivitas singgah maupun mencari makan. Habitat ini menekankan bahwa ruang kecil yang terfragmentasi tetap memiliki potensi ekologis apabila direkayasa dengan pendekatan biodiversitas. Dengan demikian, lanskap sisa tidak dipahami sebagai ruang kosong, tetapi sebagai niche ekologis yang dapat diaktifkan kembali.

Prototype rawa menggabungkan lanskap rawa dengan elemen resonansi suara dan aktivitas burung dalam satu sistem ekologis sensorial. Penulis membangun habitat yang tidak hanya mempertimbangkan kebutuhan fisik fauna, tetapi juga pola komunikasi dan suara dalam ekosistem rawa. Struktur tanah, air, dan vegetasi diatur sedemikian rupa sehingga memperkuat pengalaman akustik baik bagi burung maupun manusia. Habitat ini menunjukkan pendekatan bahwa kualitas ekologis juga dapat dibentuk melalui dimensi suara dan atmosfer ruang.

Prototype taman dibangun dari kombinasi vegetasi berbunga, habitat serangga, dan ruang perlindungan mikro untuk mendukung rantai makanan burung. Penulis memanfaatkan hubungan ekologis

antara serangga penyerbuk dan spesies avian sebagai dasar pembentukan habitat. Vegetasi warna-warni dan struktur bertingkat menciptakan lingkungan produktif yang mendukung keberadaan makanan sepanjang musim. Dengan pendekatan ini, habitat tidak hanya difokuskan pada burung sebagai spesies utama, tetapi juga pada sistem ekologis pendukungnya.

Prototype hutan lindung menggabungkan sistem perlindungan iklim dengan lanskap basah untuk mendukung habitat musim dingin. Penulis mengkombinasikan struktur semi-tertutup, kelembaban tanah, dan vegetasi rendah sebagai ruang perlindungan terhadap kondisi cuaca ekstrem. Habitat ini dirancang untuk mempertahankan temperatur mikro dan menyediakan area istirahat yang aman selama musim dingin. Sistem ini memperlihatkan bagaimana lanskap dapat berfungsi sebagai infrastruktur adaptif terhadap perubahan iklim sekaligus ruang perlindungan biodiversitas.

Prototype hammock dibangun melalui kombinasi elevasi tanah, vegetasi hutan ringan, dan struktur penyangga ekologis untuk mendukung habitat wintering. Penulis merekayasa topografi kecil yang berfungsi sebagai ruang berteduh dan menjaga kestabilan ekologis kawasan selama musim dingin. Struktur vegetasi yang lebih rapat menciptakan perlindungan terhadap angin dan mempertahankan kondisi termal habitat. Kombinasi ini menunjukkan bagaimana modifikasi topografi dapat digunakan untuk membangun mikroklimat yang mendukung fauna.

Prototype penggunaan kembali hutan mengkombinasikan hutan eksisting dengan intervensi ekologis baru untuk menciptakan habitat multi-musim. Penulis tidak membangun habitat sepenuhnya baru, melainkan memprogram fungsi lanskap hutan agar dapat mendukung migrasi, nesting, dan wintering sekaligus. Vegetasi eksisting dipadukan dengan struktur tambahan yang memperluas kapasitas habitat dan meningkatkan konektivitas ekologis. Pendekatan ini menunjukkan strategi adaptif dalam memanfaatkan lanskap yang sudah ada sebagai sistem ekologis masa depan.

3.3. Potensi Produksi Pangan Berdasarkan Terrain

Pendekatan alternatif dalam evaluasi kuantitatif yang dikembangkan oleh FAO mengusulkan tahapan awal berupa evaluasi iklim menggunakan data hasil panen yang dihitung berdasarkan karakteristik iklim. Dalam pendekatan ini, hasil panen diperoleh dari estimasi produksi biomassa bersih yang telah dikoreksi terhadap kekurangan air pada profil tanah dengan kapasitas penyimpanan standar, serta mempertimbangkan penurunan hasil akibat bahaya iklim lain seperti hujan es, badai, maupun penurunan karena kondisi iklim ekstrim lainnya. Potensi hasil berbasis iklim tersebut kemudian dikalkulasikan terhadap kebutuhan kalori per individu sebagai dasar dalam menentukan kapasitas produksi, sistem distribusi pangan, dan struktur perancangan kota.

Proyek *Mars On Earth*® (MOE) yang dikembangkan oleh Biosphere Foundation menjadi preseden simulasi habitat tertutup berkelanjutan yang dirancang menyerupai sistem kehidupan di Mars. Fasilitas ini memiliki luas sekitar 800 m² dan digunakan sebagai ruang eksperimen untuk mengembangkan teknologi pendukung kehidupan, seperti sistem daur ulang air dan limbah, produksi pangan mandiri, pemurnian udara, serta rekayasa habitat bagi kebutuhan eksplorasi luar angkasa. Sistem dibuat tertutup secara atmosferik agar proses biogeokimia dapat diamati secara menyeluruh, namun tetap memungkinkan pertukaran energi, informasi, dan material tertentu dari luar sistem.

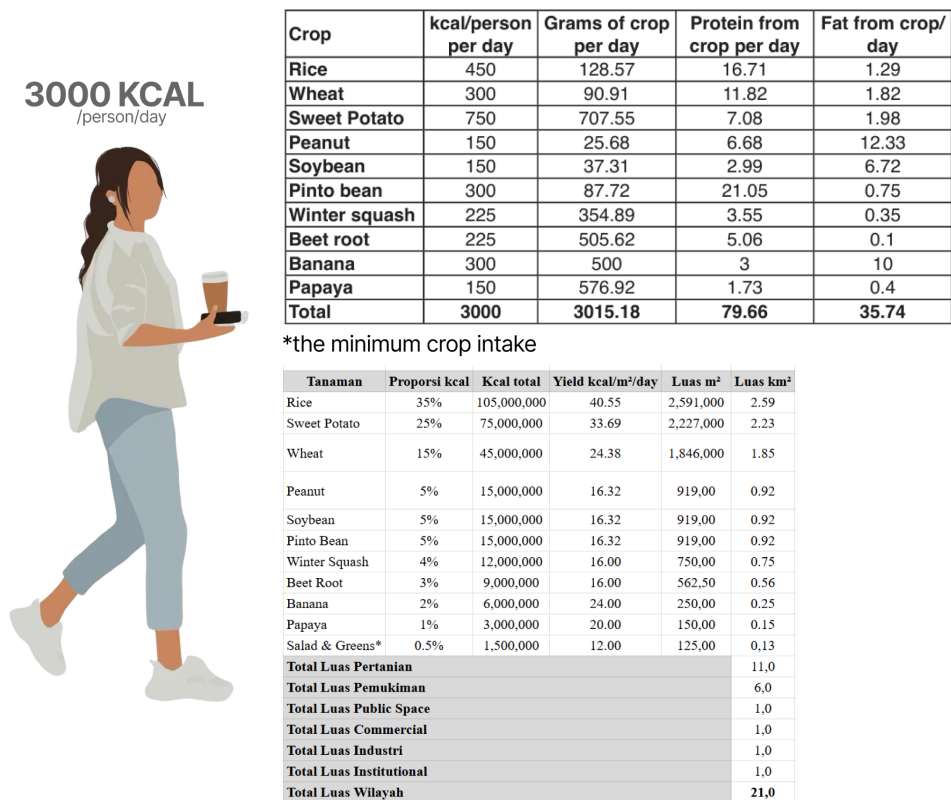
Sistem pangan pada dirancang untuk memenuhi kebutuhan nutrisi harian setiap penghuni sebesar 3000 kkal, 79 gram protein, dan 35 gram lemak per hari. Perancangan pola konsumsi tersebut dikembangkan berdasarkan preseden pada Biosphere 2 dan *Laboratory Biosphere*, yang menjadi dasar pengujian sistem pertanian dalam lingkungan tertutup. Selain melakukan simulasi habitat, proyek ini juga menguji berbagai jenis tanaman yang dinilai paling sesuai untuk mendukung sistem pangan mandiri dalam kondisi terbatas sumber daya.

Sistem produksi pangan menggunakan sepuluh komoditas utama yang dipilih berdasarkan keberhasilannya pada eksperimen Biosphere 2, yaitu gandum, padi, ubi jalar, kacang tanah, kedelai, kacang pinto, bit, labu

musim dingin, pisang, dan pepaya. Produksi pangan tersebut dilengkapi dengan sayuran, rempah, dan tanaman herbal untuk meningkatkan variasi nutrisi dan kualitas konsumsi penghuni. Tanaman dipilih karena memiliki produktivitas tinggi, ketahanan yang baik, serta proses panen dan pengolahan yang relatif sederhana dengan kebutuhan peralatan minimum. Pertimbangan efisiensi tenaga kerja menjadi faktor penting dalam sistem ini, mengingat produksi pangan harus mampu berjalan dengan penggunaan waktu dan energi kru yang terbatas.

Perhitungan kebutuhan area tanam dan estimasi hasil produksi dilakukan berdasarkan simulasi pencahayaan buatan sebesar $50 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Data produktivitas tanaman diperoleh melalui ekstrapolasi hasil panen terbaik dari eksperimen Biosphere 2, khususnya pada masa penutupan sistem selama dua tahun. Sebagian besar tanaman sebelumnya ditanam pada tingkat pencahayaan yang lebih rendah, yaitu sekitar $25 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, sehingga peningkatan intensitas cahaya diperkirakan dapat menggandakan hasil panen untuk beberapa jenis tanaman. Meskipun proyeksi tersebut masih memerlukan pengujian lanjutan, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa target produktivitas tersebut masih berada dalam batas realistis untuk sistem pertanian tertutup berintensitas tinggi.

Konsep ini menunjukkan bahwa produksi pangan dalam sistem tertutup memerlukan integrasi antara teknologi pencahayaan, efisiensi ruang, pemilihan komoditas, dan manajemen energi untuk menciptakan sistem agrikultur yang stabil dan berkelanjutan. Pendekatan tersebut menjadi relevan bagi pengembangan sistem pangan urban masa depan, terutama dalam konteks keterbatasan lahan, ketahanan pangan, dan optimalisasi sumber daya pada lingkungan buatan.



Gambar 12. Perhitungan Kebutuhan Kawasan

Sumber: Olah Data Pribadi

Dengan demikian, pendekatan berbasis kebutuhan kalori ini memperkuat konsep kota sebagai sistem tertutup (closed-loop system), di mana produksi, konsumsi, dan regenerasi berada dalam satu siklus yang terukur.