

Konsep Pengembangan Pertanian Pangan Modern Berkelanjutan di Kabupaten Sleman

Michelle¹, Parmonangan Manurung², Christian Nindyaputra Octarino³

^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, Indonesia.

Alamat Email: michelle.michelle@students.ukdw.ac.id

*Alamat korespondensi, Masuk: 4 Maret 2023, Direvisi: 15 Maret 2023, Diterima: 21 Maret 2023

ABSTRAK: Sektor pertanian Indonesia memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional di era globalisasi. Potensi besar yang dimiliki sektor pertanian Indonesia tersebar diberbagai wilayah, salah satunya ialah Kabupaten Sleman. Penerapan teknologi pertanian modern terbukti dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing pertanian, namun tidak terlepas dengan dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan, seperti penurunan mutu lahan. Sehingga diperlukan adanya implementasi pertanian modern berkelanjutan agar kelestarian lingkungan tetap terjaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsep pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan, sebagai fasilitas penunjang untuk menciptakan inovasi teknologi pertanian, ramah lingkungan, dengan menerapkan beberapa prinsip desain dari konsep zero energy building (ZEB). Metode penelitian berupa gabungan eksperimen berbasis simulasi dan deskriptif kuantitatif, dengan tingkat kebutuhan energi bangunan sebagai parameter pengukuran yang mempertimbangkan iklim mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan strategi desain pasif mampu menekan kebutuhan energi bangunan, dan pengoptimalan sumber energi alternatif turut mendukung dalam menciptakan bangunan dengan tingkat ketergantungan rendah terhadap pusat sistem energi (listrik dan air). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan prinsip desain pada konsep ZEB, berupa efisiensi energi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan, bangunan dapat menunjang upaya pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan.

Kata kunci: Pusat edukasi, pertanian modern berkelanjutan, self sufficient, eco-friendly, zero energy building.

ABSTRACT: In the era of globalization, the agricultural sector in Indonesia plays an important role in supporting national economic growth. It has great potential in various regions, one of which is Sleman Regency. The application of modern agricultural technology can increase agricultural productivity and competitiveness, on the other hand, it has negative impacts such as a decrease in land quality. Therefore, the implementation of sustainable modern agriculture is needed to create a sustainable environment. The research aims to examine the concept of sustainable modern food agriculture development, a supporting facility for creating environmentally friendly agricultural technological innovations, through the application of the design principles of the zero energy building concept (ZEB). The research was carried out using a combination of simulation-based experimental and quantitative descriptive method. The level of building energy needs is a parameter for collecting data that considers the microclimate. The results showed that the application of a passive design strategy was able to reduce the building's energy. In addition, optimizing alternative energy sources can support the creation of buildings with a low level of dependence on the central energy system (electricity and water). Based on the research results it can be concluded that, through the application of the design principles of ZEB in the form of energy efficiency and utilization of renewable energy sources, buildings are able to support the development of sustainable modern food agriculture

Keywords: Education center, sustainable modern agriculture, Self-sufficient, eco-friendly, zero energy building.

1. PENDAHULUAN

Fenomena globalisasi dicirikan pemberlakuan pasar bebas membawa banyak dampak khususnya terhadap perekonomian suatu negara. Namun dampak

yang ditimbulkan dari globalisasi sering menyebabkan satu pihak beruntung dan pihak lain merugi [1]. Dalam hal ini pihak yang berpotensi

merugi ialah negara-negara berkembang termasuk Indonesia.

Hal ini terjadi akibat pemberlakuan pasar bebas mengakibatkan perpindahan, industri dari negara maju ke negara berkembang. Sementara itu, potensi kekayaan sumber daya alam (SDA) dimiliki Indonesia diekspor sebagai komoditas nir nilai tambah, dan diimpor kembali dalam bentuk barang jadi [2]. Dalam jangka panjang, hal tersebut dapat memicu terjadinya defisit neraca perdagangan antara impor dan ekspor di Indonesia. Selain itu, adanya globalisasi menyebabkan arus barang termasuk produk pertanian seperti halnya bahan pangan pokok, semakin bebas dan mudah memasuki wilayah Indonesia [3].

Kondisi tersebut dapat memicu berbagai dampak jika Indonesia tidak kunjung siap menghadapi arus globalisasi. Beberapa dampak ditimbulkan berupa ketergantungan impor khususnya bahan pangan, yang secara lebih lanjut dapat mematikan sektor industri maupun pertanian lokal, serta menurunkan ketahanan pangan yang berpotensi memicu krisis pangan nasional dan menjadi salah satu faktor utama terhambatnya pertumbuhan ekonomi nasional [4].

Dalam pelaksanaan pembangunan ekonomi nasional, sektor pertanian di Indonesia memegang peran penting dan potensi besar untuk mendukung pertumbuhan ekonomi nasional.



Gambar 1. Perkembangan NTP juli 2021 sampai Mei 2022

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

Hal tersebut sejalan dengan arahan Presiden RI, Joko Widodo (Jokowi) yang menyatakan bahwa investasi dan ekspor merupakan faktor kunci dalam percepatan pertumbuhan ekonomi nasional [5]. Hal ini terlihat pada angka Nilai Tukar Petani (NTP) nasional yang secara konsisten meningkat seiring digencarkannya peningkatan ekspor pertanian (gambar 1).

Kabupaten Sleman merupakan salah satu wilayah penyangga pangan di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sebagai daerah yang berada di wilayah gunung berapi, dengan luas wilayah 57.482 Ha atau sekitar 18% dari luas wilayah DIY,

Kabupaten Sleman dianugerahi tanah pertanian yang subur dan keanekaragaman hayati yang melimpah, yang mana cukup potensial untuk didayagunakan sebagai bahan pangan [6].

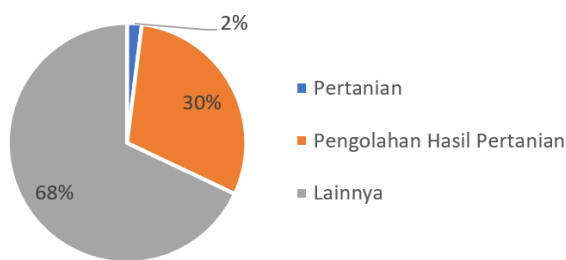
Sesuai dengan pasal 36, ayat (2) Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 12 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Sleman Tahun 2011 – 2031, seluas kurang lebih 21.113 Ha atau sekitar 37% dari luas wilayah Kabupaten Sleman ditetapkan sebagai kawasan peruntukan pertanian tanaman pangan, yang mana meliputi komoditas padi, jagung, kedelai, kacang tanah serta umbi-umbian.

Dalam optimalisasi potensi besar terkait peningkatan ekspor bahan pangan, pertanian modern berkelanjutan menjadi alternatif strategi bagi peningkatan produktivitas pertanian dan daya saing sesuai tantangan dan permasalahan dihadapi. Implementasi pertanian modern berkelanjutan menurut Wakil Ketua Komisi IV DPR RI Herman Khaeron, dapat dilihat pada penggunaan metode budidaya yang lebih baik dan efektif, penggunaan benih unggul, pemupukan tepat guna dan mencukupi, penerapan alat mesin pertanian (alsintan) dengan teknologi tepat guna, penggunaan sumber daya manusia (SDM) pertanian yang lebih berkualitas dan efisiensi penggunaan SDA terutama air irigasi, sehingga keseimbangan lingkungan tetap terjaga [3].

Dalam mewujudkan pertanian modern berkelanjutan, kualitas SDM menjadi hal utama dan mendasar yang berpengaruh terhadap keberhasilan suatu pembangunan. Konsep pengembangan pertanian diimplementasikan pada desain pusat edukasi dan pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan sebagai fasilitas penunjang bagi generasi muda khususnya petani milenial, untuk dapat belajar, menggali, menemukan, menciptakan dan merekayasa inovasi teknologi pertanian tanaman pangan melalui eksplorasi kreativitas, sesuai dengan kondisi ekosistem lokal dari Kabupaten Sleman.

Kebutuhan energi pada sektor pertanian modern cukup besar, terkait penggunaan Alsintan, kebutuhan irigasi, maupun proses pengolahan, pengemasan dan penyimpanan. Menurut laporan Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO), kebutuhan energi langsung sektor pertanian mencapai 1,6 triliun Kwh per tahun dan kebutuhan energi untuk menunjang proses pengelolaan sampai pengemasan membutuhkan energi sebesar 26,38 triliun Kwh atau sekitar 30% konsumsi energi dunia (gambar 2), serta menghasilkan lebih dari 20% emisi gas rumah kaca (GRK) global [7]. Sementara itu, bangunan sebagai fasilitas penunjang kegiatan secara global diperkirakan menggunakan 50% SDA, 48% energi

dan 16% air serta penyumbang 45% emisi gas CO² di bumi [8].



Gambar 2. Konsumsi energi dunia
Sumber: Analisis, 2022

Oleh karena itu, penelitian mengangkat *Eco-Friendly* sebagai konsep desain dengan harapan bangunan mampu memenuhi kebutuhan energi secara mandiri, serta meminimalisir dampak negatif pembangunan terhadap lingkungan alam. Menurut [8] kajian *Eco-Friendly* dalam arsitektur berarti penyesuaian rancangan guna menciptakan keselarasan bangunan dengan alam. Prinsip desain *Eco-Friendly* menekankan pada tiga hal utama yaitu kenyamanan pengguna, efisiensi pemanfaatan SDA (khususnya energi), dan ramah lingkungan yang berkaitan dengan sistem pembuangan limbah.

Konsep ZEB merupakan sebuah konsep bangunan non-energi dan/atau berenergi rendah yang menekankan pada total energi operasional yang dikonsumsi bangunan dari PLN dan/atau generator minyak persatuan waktu tertentu secara keseluruhan (net) harus nol, dan bahkan surplus energi yang dihasilkan oleh perangkat pembangkit energi terbarukan pada bangunan lebih dari yang dikonsumsi [9]. Penggunaan energi fosil dan/atau listrik negara (PLN) pada konsep ZEB masih memungkinkan pada saat tertentu, mengingat beberapa sumber energi terbarukan seperti energi matahari dan angin bergantung pada kondisi cuaca setempat. Namun ketika suatu bangunan menggunakan bahan bakar fosil, maka pada saat lain bangunan harus mampu memproduksi energi terbarukan secara berlebih untuk mengimbangi kekurangan (tekor) energi pada waktu lain [10]. Desain bangunan *Self-sufficient* dapat dicapai melalui implementasi konsep ZEB, dengan tiga prinsip utama berupa meminimalkan beban bangunan dan konsumsi energi, memaksimalkan efisiensi energi, serta memanfaatkan produksi energi terbarukan [11].

Penelitian bertujuan mengidentifikasi kebutuhan desain terintegrasi sebagai fasilitas penunjang bagi kegiatan edukasi, pertanian dan produksi melalui

pengolahan tata masa dan zonasi, serta merumuskan desain ramah lingkungan dengan tingkat ketergantungan rendah terhadap pusat sistem energi (listrik dan air), melalui efisiensi penggunaan energi, pemanfaatan sumber energi terbarukan, serta pengoptimalan strategi desain pasif pada bangunan dengan tetap memperhatikan tingkat kenyamanan ruang bagi pengguna.

Berdasarkan latar belakang, pertanyaan penelitian telah dirumuskan adalah, bagaimana konsep pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan, melalui integrasi fasilitas penunjang tiga kegiatan (edukasi, pertanian dan produksi) agar mampu menghasilkan inovasi teknologi pertanian pangan modern berkelanjutan di Kabupaten Sleman, yang juga dapat meminimalisir dampak negatif sektor pertanian maupun bangunan terhadap keseimbangan lingkungan alam melalui penerapan konsep eco-friendly?

2. METODE

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimental. Metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung pada tiga alternatif site. Data dari ketiga alternatif site dinilai berdasarkan kriteria pemilihan site yang telah ditentukan, guna mendapatkan site paling sesuai. Alternatif site terpilih dianalisa lebih lanjut dengan metode gabungan eksperimen dan deskriptif kuantitatif, berupa perbandingan hasil simulasi menggunakan software ENVI-met dan Sunhours, serta teori-teori mengenai desain hemat energi dan standar kenyamanan ruang sebagai pembanding data.

2.1. Metode pengumpulan data

Untuk identifikasi awal, dilakukan observasi pada tiga alternatif site yang berada di wilayah Sleman Barat (lahan pertanian pangan berkelanjutan), untuk mendapatkan data mengenai iklim mikro, kondisi eksisting serta dimensi site. Disamping itu untuk melengkapi data dilakukan pengumpulan data melalui survei literatur dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, maupun dokumen resmi, untuk mengetahui standar fasilitas dan kebutuhan ruang.

2.2. Metode analisis data

Alternatif site terpilih selanjutnya didokumentasi, dipelajari dan dianalisis berdasarkan teori, dengan menekankan pada aspek regulasi, iklim mikro dan kondisi eksisting, berkaitan dengan pembentukan desain hemat energi. Bentuk dasar hasil analisis diolah lebih lanjut melalui eksperimen bentuk, desain fasad maupun atap, dengan metode simulasi menggunakan software ENVI-met untuk

mengetahui pengaruh lanskap terhadap iklim mikro site secara detail, yang akan menjadi pertimbangan dalam strategi desain guna mempertahankan kenyamanan termal pada bangunan hemat energi. Simulasi juga dilakukan dengan software SunHours untuk mengetahui tingkat paparan radiasi matahari, guna pertimbangan letak bukaan dan penerapan strategi desain pasif tepat guna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil site terpilih

Lokasi site terpilih (gambar 3) terletak di Jalan Gedongan-Tempel, Desa Sumberagung, Kecamatan Moyudan, yang termasuk dalam wilayah Sleman Barat, dimana berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 6 Tahun 2020 ditetapkan sebagai lahan pertanian pangan berkelanjutan. Site seluas 7.308 m² tergolong dalam area permukiman dengan tingkat kepadatan rendah dan didominasi oleh sawah dan/atau perkebunan, dengan jenis tanah latosol dan termasuk pada daerah beriklim tropis basah.



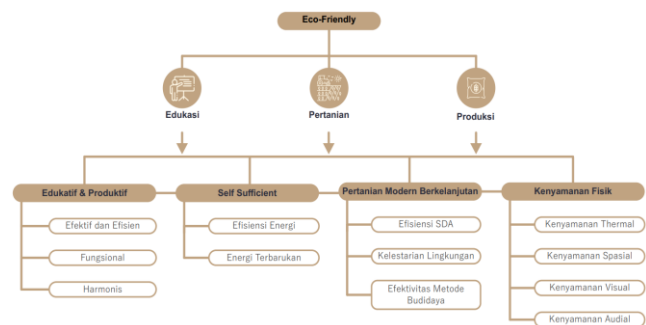
Gambar 3. Lokasi site
(Sumber: Google.com, 2022)

Sisi utara dan selatan berbatasan dengan permukiman dan lahan kosong/perkebunan, sisi timur berbatasan dengan sawah, serta berbatasan langsung dengan jalan raya pada sisi barat.

3.2. Konsep desain

Eco-Friendly sebagai konsep desain pada perancangan Pusat Edukasi dan Pengembangan Pertanian Pangan Modern Berkelanjutan di Kabupaten Sleman, didasari pada sebuah tujuan desain untuk dapat mengintegrasikan fasilitas penunjang bagi kegiatan edukasi, pertanian dan produksi, agar mampu menghasilkan inovasi teknologi pertanian pangan modern berkelanjutan di Kabupaten Sleman, yang berdampak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat khususnya petani, dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan alam serta mempertahankan kenyamanan pengguna, melalui implementasi beberapa prinsip

pada konsep ZEB dari pendekatan arsitektur berkelanjutan (gambar 4).



Gambar 4. Konsep desain
Sumber: Penulis, 2022

3.3. Edukatif dan Produktif

Perancangan desain yang edukatif dan produktif diperlukan untuk mendukung fungsi utama bangunan sebagai pusat edukasi dan pengembangan. Hal ini direpson dengan tata letak massa yang disesuaikan dengan pola aktivitas pengguna, dimana area edukasi sebagai fungsi utama diletakkan di bagian depan site, terpisah dari area produksi, pertanian dan pengelola (gambar 5), sehingga dapat membentuk suasana ruang yang berbeda. Jarak antar massa dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau untuk menciptakan *positive view* pada setiap massa.



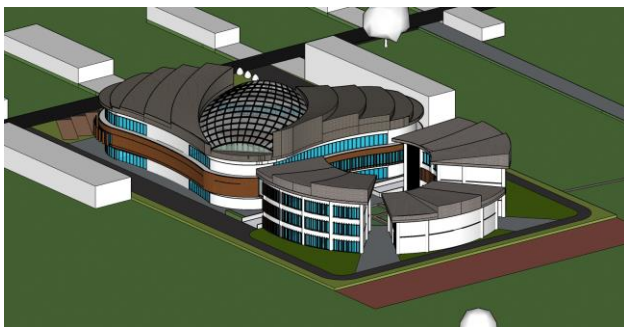
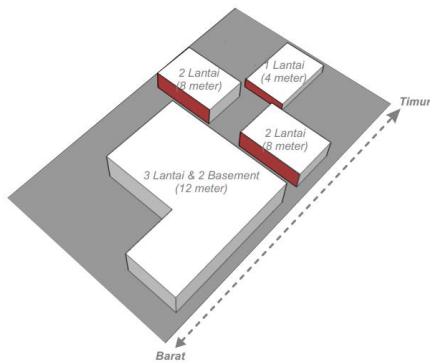
Gambar 5. Zonasi dan tata massa
(Sumber: Penulis, 2022)

3.4. Self-sufficient dan kenyamanan fisik

Self-sufficient pada bangunan dapat dicapai melalui penerapan tiga prinsip utama konsep ZEB yaitu meminimalkan beban bangunan, memaksimalkan efisiensi energi dan memanfaatkan produksi energi terbarukan. Menurut [12], iklim sekeliling (cahaya, suhu udara, kelembapan dan arah angin) serta kondisi dalam ruangan memiliki dampak yang besar bagi kinerja energi bangunan. Untuk itu, antar massa diberi jarak untuk mengoptimalkan pencahayaan dan penghawaan alami.

Orientasi bangunan menghadap jalan utama yang berada di sisi barat, direspon dengan pengurangan ketinggian massa turut dengan letaknya dari barat ke timur (gambar 6), sehingga dapat membantu mengurangi paparan sinar matahari sore pada fasad ketiga bangunan pendukung.

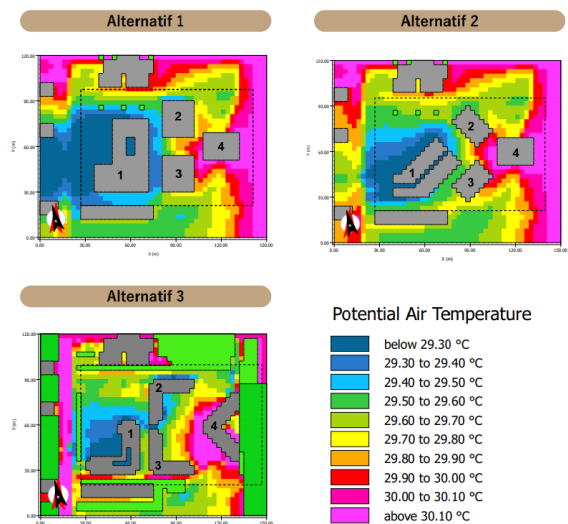
Bentuk dasar hasil analisis site dengan iklim mikro dan kondisi eksisting site sebagai pertimbangan efektivitas dan efisiensi penggunaan lahan, diolah lebih lanjut menjadi tiga alternatif bentuk, kemudian disimulasikan menggunakan software ENVI-met. Simulasi terbagi atas tiga kategori yaitu *relative humidity*, *potential air temperature* dan *wind speed*.



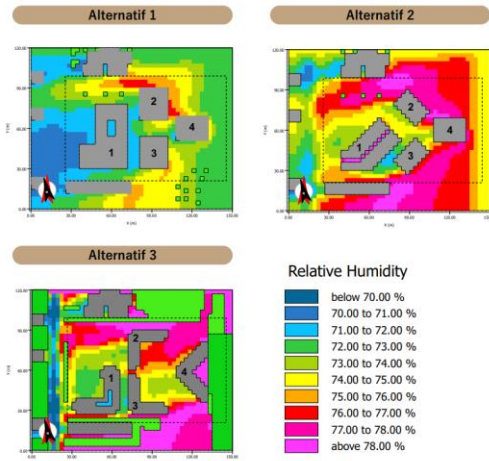
Gambar 6. Informasi ketinggian massa (Sumber: Penulis, 2022)

Penilaian hasil simulasi mengenai *potential air temperature* (gambar 7) didasarkan pada suhu minimum terkecil yang dapat dicapai dari masing-masing alternatif mengingat suhu udara berpengaruh besar terhadap tingkat penggunaan energi bangunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa suhu pada alternatif 1 berkisar antara 29.14-30.31 °C, suhu alternatif 2 berkisar antara 24.67-30.31 °C, dan suhu pada alternatif 3 berkisar antara 28.90-31.02 °C. Suhu minimum terkecil terdapat pada alternatif 2, yaitu 24.67 °C.

Hasil simulasi mengenai *relative humidity* (gambar 8) menunjukkan bahwa perbedaan tingkat kelembapan udara pada ketiga alternatif tidak begitu jauh, dimana pada alternatif 1 memiliki nilai minimum 69.94% dan maximum 76.47%, alternatif 2 memiliki nilai minimum 70.20% dan maximum 105.43%, serta alternatif 3 memiliki nilai minimum 67.25% dan maximum 80.55%. Poin penilaian didasarkan pada persebaran tingkat kelembapan rendah (> 70%), dimana pada ketiga alternatif tingkat kelembapan rendah lebih didominasi pada alternatif 1.

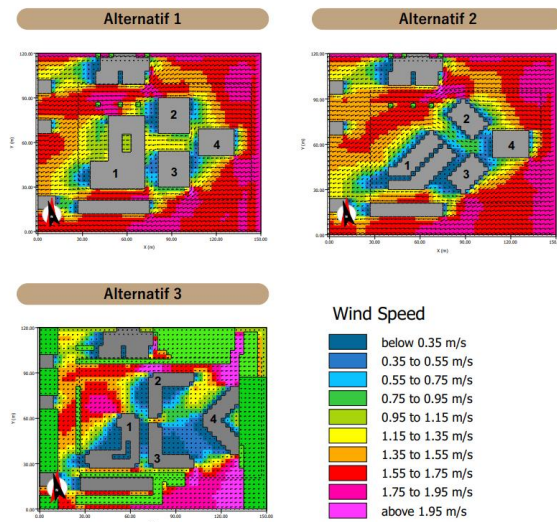


Gambar 7. Data Hasil Simulasi (*potential air temperature*) (Sumber: Penulis, 2022)



Gambar 8. Data Hasil Simulasi (relative humidity)
(Sumber: Penulis, 2022)

Wind speed, tingkat kecepatan udara setelah dipengaruhi ketiga bentuk alternatif massa relatif sama (gambar 9), yaitu berkisar antara 0.00-2.04 m/s. Poin penilaian didasarkan pada pergerakan angin beserta tingkat kecepatannya. Alternatif 3 menjadi bentuk alternatif yang paling berpengaruh terhadap penurunan tingkat kecepatan angin.



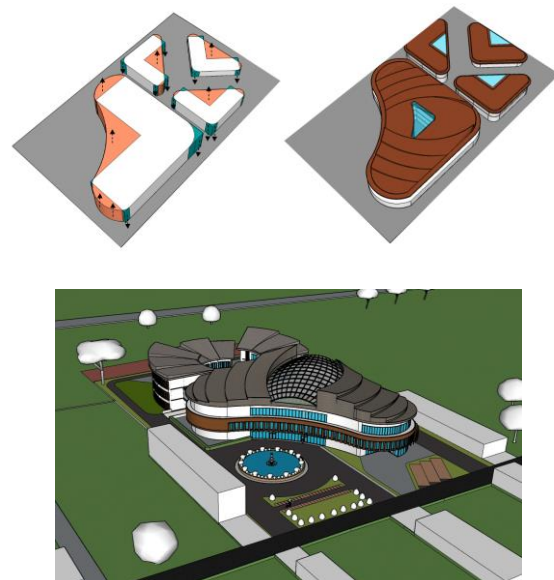
Gambar 9. Data Hasil Simulasi (*wind speed*)
(Sumber: Penulis, 2022)

Hasil simulasi dari ketiga kategori penilaian menunjukkan bahwa alternatif 3 menjadi bentuk yang paling mendekati kriteria desain, dimana pada tingkat kelembapan udara menunjukkan pada sekitar massa alternatif 3 memiliki tingkat kelembapan yang lebih rendah dibandingkan sekelilingnya, hal ini menunjukkan bahwa bentuk massa seperti pada

alternatif 3 lebih mampu menciptakan tingkat kelembapan udara rendah dibandingkan dengan bentuk pada alternatif 1 maupun 2, yang mana berpengaruh dalam mencapai standar kenyamanan kelembapan udara menurut Lippsmeier (1997) [13] dalam [14] yaitu 20-50%; 40-60% menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (1998) dalam [14]; dan 40-70% berdasarkan Standar Nasional Indonesia (1993).

Berdasarkan kategori tingkatan suhu udara, alternatif 3 memang tidak menjadi alternatif dengan suhu minimum terkecil, namun jika ditinjau secara keseluruhan, dominasi tingkatan suhu pada alternatif 3 lebih rendah dibandingkan pada kedua alternatif lainnya (dominasi warna hijau). Selain itu, bentuk massa pada alternatif 3 dinilai lebih mampu menurunkan kecepatan angin pada site sehingga turut membantu dalam mencapai kondisi angin nyaman menurut Lippsmeier (1997) dalam [14] yaitu 0.25-0.5 m/s.

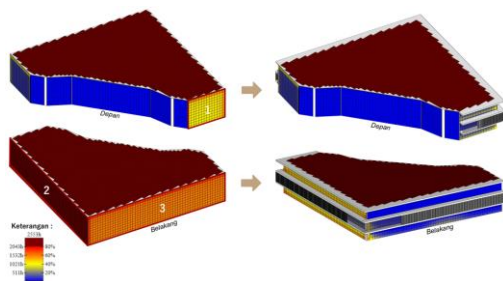
Bentuk massa terpilih dipotong dan ditambahkan (gambar 10a), menyamakan sudut bangunan agar bangunan tidak terkesan kaku, bentuk lengkung diterapkan untuk memberi kesan dinamis dan menonjolkan main entrance pada sisi depan. Keseluruhan massa disatukan dengan bentuk segitiga, dengan bagian tengah yang dimanfaatkan sebagai inner courtyard (gambar 10b).



Gambar 10. Transformasi Desain
(Sumber: Penulis, 2022)

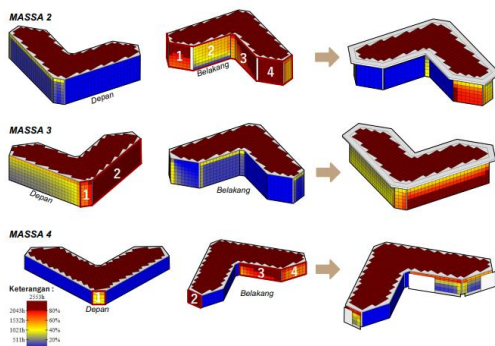
Peminimalan beban bangunan dan efisiensi energi juga diupayakan pada keempat massa, dengan meminimalkan paparan radiasi matahari berlebih

pada fasad bangunan melalui simulasi menggunakan software SunHours. Hasil simulasi pada massa 1 (gambar 11a) menunjukkan bahwa terdapat tiga sisi dengan tingkat paparan radiasi matahari yang tinggi/berlebih (>40%), berpotensi menyebabkan ruang sangat panas dan meningkatkan beban pendinginan. Hasil data menunjukkan bahwa pengaplikasian overhang (1,5 meter) dan sun shading dapat menurunkan tingkat paparan radiasi matahari pada bangunan sebesar 20-40% dari tingkat paparan sebelumnya (gambar 11b). Penggunaan kombinasi overhang (1,5 meter), sun shading dan/atau dinding rooster juga diterapkan pada ketiga massa lainnya, pada sisi dengan tingkat paparan radiasi matahari berlebih sesuai data hasil simulasi (gambar 12). Menurut Purwoko [14], semakin panjang overhang semakin berpengaruh terhadap penurunan beban pendinginan, namun tidak berlaku pada tingkat reduksi pemakaian energi bangunan, dikarenakan overhang dengan panjang >1,5m dapat meningkatkan beban pencahayaan bangunan.



Gambar 11. Data hasil simulasi (paparan radiasi matahari, massa 1)

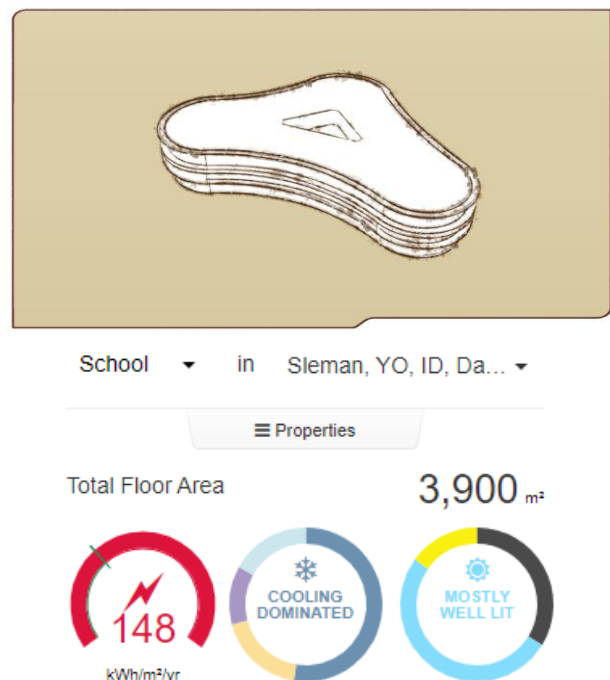
(Sumber: Penulis, 2022)



Gambar 12. Data hasil simulasi (paparan radiasi matahari, massa 2-4)

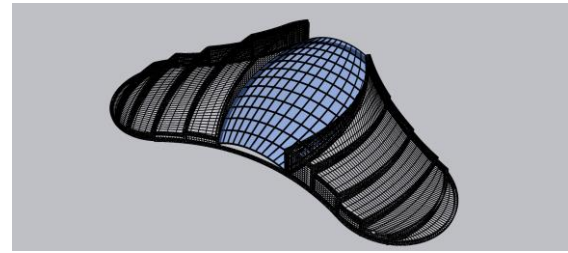
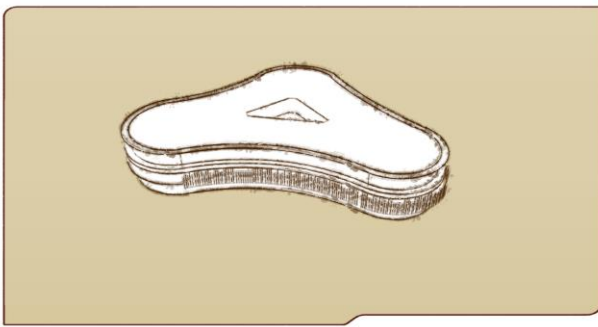
(Sumber: Penulis, 2022)

Analisis efisiensi energi juga dilakukan dengan menggunakan software Sefaira, untuk mengetahui tingkat konsumsi energi bangunan. Simulasi dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pada simulasi pertama, keseluruhan dinding bangunan menggunakan dinding kaca dengan tujuan pengoptimalan pencahayaan alami (gambar 13a). Hasil data menunjukkan bahwa bangunan dengan desain demikian mengkonsumsi energi sebesar 148 KWh/m² (gambar 13b). Sementara itu pada simulasi kedua dilakukan perubahan letak dan ukuran bukaan pada bangunan, juga pengaplikasian *sun shading* pada dinding lantai 2 (gambar 14a). Hasil data menunjukkan adanya penurunan jumlah konsumsi energi bangunan sebesar 8 KWh/m², dari konsumsi awal yaitu 148 KWh/m² menjadi 140 KWh/m² (gambar 14b). Pada simulasi ketiga, perubahan dilakukan dalam bentuk pemilihan jenis material kaca serta pengaplikasian insulasi atap dan dinding. Hasil data menunjukkan adanya penurunan tingkat konsumsi energi bangunan dengan jumlah yang lebih besar, yaitu dari jumlah awal sebesar 140 KWh/m² menjadi 117 KWh/m² (gambar 15). Hasil data membuktikan bahwa pemilihan jenis material pada bangunan menjadi hal mendasar yang cukup banyak berpengaruh terhadap efisiensi energi bangunan.



Gambar 13. Data hasil simulasi pertama (konsumsi energi bangunan, massa utama)

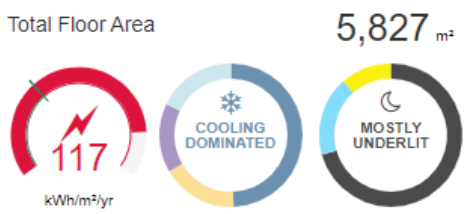
(Sumber: Penulis, 2022)



Gambar 6. Penerapan prinsip desain hemat energi (massa 1)
(Sumber: Penulis, 2022)

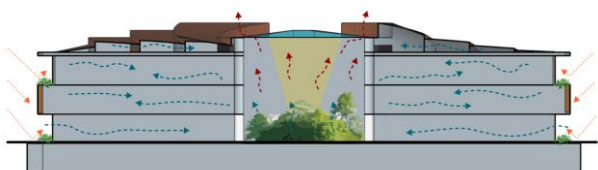


Gambar 14. Data hasil simulasi kedua (konsumsi energi bangunan, massa utama)
Sumber: Penulis, 2022



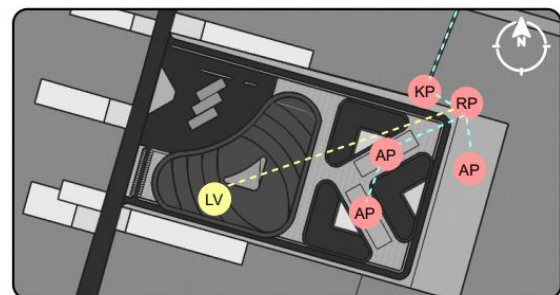
Gambar 15. Data hasil simulasi ketiga (konsumsi energi bangunan, massa utama)
Sumber: Penulis, 2022

Penggunaan atap tinggi berundak sebagai insulasi panas, dengan kombinasi material atap bitumen dengan kaca laminated, serta struktur space truss, bagian tengah atap berfungsi untuk mengalirkan udara panas yang terperangkap dibawah penutup atap, melalui ventilasi. *Skylight* dan *shading* dengan material kaca laminated juga berguna untuk menyaring sinar matahari dan/atau merekayasa cahaya sesuai kebutuhan tanaman pada *inner courtyard* serta mengontrol kelembapan (gambar 16).

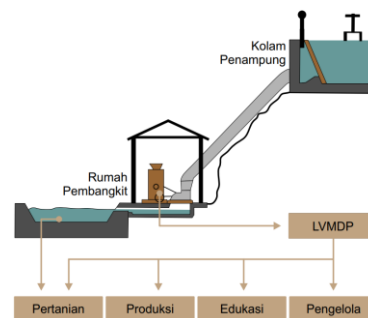


3.5. Pertanian modern berkelanjutan

Beberapa aspek yang diterapkan pada desain untuk mencapai pertanian modern berkelanjutan ialah berupa efisiensi penggunaan SDA guna menjaga keseimbangan lingkungan, melalui peletakkan area pertanian di bagian belakang site yang berbatasan langsung dengan sawah sehingga mendukung kesesuaian kondisi tanah serta mempertahankan keadaan alami site. Selain itu, irigasi sawah yang berakhir pada site dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) sebelum kembali dialirkan untuk pertanian (gambar 17).

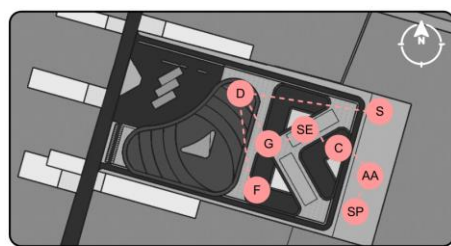


- Keterangan :**
- KP Kolam Penampung
 - LV LVMDP
 - RP Rumah Pembangkit
 - AP Area Pertanian
 - Jaringan Listrik
 - Saluran Air



Gambar 17. Instalasi & skema pendistribusian PLTMH
(Sumber: Penulis, 2022)

Penerapan pertanian modern berkelanjutan juga diupayakan dengan pengaplikasian teknologi *smart garden* pada pertanian (gambar 18), dengan menggunakan sistem penyiraman otomatis berdasarkan *soil moisture sensor* untuk mengetahui tingkat kelembapan tanah dan/atau di sekitar tanah, sehingga kebutuhan air pada tanaman dapat terpenuhi dengan baik, serta dapat mengefisiensi waktu penyiraman juga efisiensi SDM pertanian. *High row planting technique* memungkinkan lebih banyak ruang bagi tanaman sehingga memaksimalkan penyerapan cahaya guna mendukung proses fotosintesis, memperlancar sirkulasi udara dan memudahkan akses sirkulasi bagi petani.



Keterangan :



Gambar 18. Instalasi smart garden
(Sumber: Penulis, 2022)

4. KESIMPULAN

Melalui hasil kajian, konsep pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan berfokus pada peningkatan SDM sebagai hal utama dan mendasar pembangunan pertanian. Dengan integrasi pola aktivitas berbeda, penerapan prinsip pada konsep ZEB berupa efisiensi energi dan penggunaan sumber energi terbarukan, pusat edukasi dan pengembangan pertanian pangan modern berkelanjutan dapat memfasilitasi petani milenial untuk belajar, menemukan, menggali, menciptakan dan merekayasa inovasi teknologi pertanian tanaman pangan melalui eksplorasi kreativitas, dengan menyesuaikan pada kondisi ekosistem lokal dari Kabupaten Sleman, dengan tetap mempertahankan kelestarian lingkungan dan meminimalkan konsumsi energi bangunan maupun sektor pertanian dan produksi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, serta kepada seluruh pihak yang telah mendukung penyelenggaraan penelitian serta publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bekti, Panji Sudono, "Pengaruh Globalisasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Ketimpangan Pendapatan Di Asean." Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB 7. 2019.
- [2] Nugraha, Agung. (2020). Hilirisasi Sumber Daya Alam (SDA). Agustus 20. Diakses dari <https://sebijak.fkt.ugm.ac.id/2020/08/20/hilirisasi-sumber-daya-alam-sda/> pada 26 Desember 2022.
- [3] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2017). Modernisasi Pertanian Jadi Andalan Kementan Menghadapi Globalisasi. Diakses dari <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=2267> pada 26 Desember 2022.
- [4] Setiawan, Iwan. 2009. "Dampak Globalisasi Terhadap Pertanian Indonesia." Pustaka UNPAD 4-7.
- [5] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2021). Tumbuh dan Tangguh, Presiden Jokowi Puji Sektor Pertanian Pada Merdeka Ekspor. Diakses dari <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4890> pada 26 Desember 2022.
- [6] Razak, Abdul Hamied. (2022). Prioritaskan Pertanian untuk Kemandirian Pangan di Sleman. April 7. Diakses dari <https://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2022/04/07/512/1098771/prioritaskan-pertanian-untuk-kemandirian-pangan-di-sleman> pada 26 Desember 2022.
- [7] Hijauku.com. (2011). Pertanian Cerdas dan Hemat Energi. Desember 15. Diakses dari <https://hijauku.com/2011/12/15/pertanian-cerdas-pertanian-ramah-alam/> pada 26 Desember 2022.
- [8] Pane, Kesha A. (2012), and Suryono Suryono. "Kajian Prinsip 'Eco Friendly Architecture', Studi Kasus: Sidwell Friends Middle School." PhD diss., Sam Ratulangi University.

- [9] Karyono, T. H. 2008. "ZERO ENERGY BUILDING DAN ARSITEKTUR HIJAU: PERAN ARSITEK DALAM MEWUJUDKAN ARSITEKTUR HEMAT ENERGI DAN RAMAH LINGKUNGAN." Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), 6-13.
- [10] Magdalena, Enggrila D, and Linda Tondobala. 2016a. "Implementasi Konsep Zero Energy Building (Zeb) Dari Pendekatan Eco-Friendly Pada Rancangan Arsitektur." *Media Matrasain* 13 (1): 1–15.
- [11] Renbang UGM. (2021). Webinar Peran Perguruan Tinggi Dalam Mewujudkan Bangunan Net Zero Energy di Indonesia. Desember 13. Diakses dari <https://renbang.ugm.ac.id/id/webinar-peran-perguruan-tinggi-dalam-mewujudkan-bangunan-net-zero-energy-di-indonesia/> pada 27 Desember 2022.
- [12] Gunawan, Billy. 2012. *Buku Pedoman Energi Efisiensi Untuk Desain Bangunan Gedung Di Indonesia. Energy Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia.*
- [13] Lippsmeier, Georg. 1997. *Bangunan Tropis.* Jakarta: Erlangga.
- [14] Elbes, Rivena and Ai Siti, and Munawaroh. 2019. "Penilaian Kenyamanan Termal Pada Bangunan Perpustakaan Universitas Bandar Lampung." *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur* 4 (1): 85–98.
- [15] Purwoko, Gervasius Herry. n.d. (2020) "PENGUNAAN OVERHANG DAN SIRIP TERHADAP KONSUMSI ENERGI BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI."



© 2023 the Author(s), licensee Jurnal LINEARS. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)