

GOR Ngampilan, Yogyakarta

Penerapan Eco *Interlock Brick* dengan Memanfaatkan Material Komposit Limbah Plastik

Fadia Ailsa Khilda¹, A. Robbi Maghzaya², dan Fahmi Khoirun Aziza³

¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 19512053@students.uui.ac.id

ABSTRAK: Peningkatan produksi dan penggunaan plastik menimbulkan masalah serius karena sampah plastik yang tidak bisa membusuk seperti bahan alami. Manusia sebagai subjek dalam limbah plastik bertanggung jawab atas polusi tanah, air, lingkungan karena sering dibuang sembarang. *Interlock brick* merupakan salah satu pembaharuan dalam material penyusun dinding selain batu bata dengan menggunakan teknik seperti lego. Terdapat lubang yang berada di tengah *interlock brick* sebagai pengunci dan penghubung dengan lainnya yang nantinya dikunci agar mampu menahan beban. Penggunaan *interlock brick* dari limbah plastik memiliki kualitas yang berbanding terbalik dengan batu bata karena dia bersifat ringan dan tidak mudah pecah. Material komposit yang dipilih adalah limbah wadah es krim literan dan galon. Tujuan dari penelitian adalah untuk membuat inovasi dari batu bata dengan memanfaatkan limbah dan menciptakan bangunan yang ramah lingkungan. Material tersebut akan dihaluskan dan di press menggunakan cetakan untuk menghasilkan *interlock brick*. *Interlock brick* akan diterapkan pada titik permasalahan di GOR Ngampilan yang berlokasi di tengah kota Yogyakarta. *Interlock brick* dijadikan material alami untuk pengelolaan sirkulasi udara yang masuk, di dalam, dan keluar bangunan. Terdapat rongga yang diciptakan oleh penyusunan *interlock brick* yang dirotasi untuk celah memasukkan udara ke dalam bangunan. Celah dimanfaatkan sebagai kontrol udara yang berada di dalam bangunan untuk menciptakan penghawaan alami.

Kata kunci: *interlock brick*, limbah plastik, GOR Ngampilan

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan adalah perubahan kondisi lingkungan akibat aktivitas yang dilakukan oleh manusia atau proses alam yang menimbulkan dampak kerusakan bagi tatanan ekosistem. Peningkatan produksi dan penggunaan plastik menimbulkan masalah serius karena sampah plastik yang tidak bisa membusuk seperti bahan alami. Kehadiran sampah plastik merupakan ancaman bagi dampak sosial dan ekonomi karena masalah yang ditimbulkan cukup serius. Manusia sebagai subjek dalam limbah plastik bertanggung jawab atas polusi tanah, air, lingkungan karena sering dibuang sembarang.

Istilah daur ulang untuk memanfaatkan barang bekas menjadi barang yang lebih bermanfaat merupakan upaya untuk mengurangi limbah plastik. Di dunia arsitektur limbah plastik dapat dimanfaatkan sebagai material bangunan dengan mengolahnya menjadi *interlock brick*. Limbah plastik diolah menurut jenisnya lalu dihaluskan dan dicetak menggunakan mesin khusus untuk menciptakan *interlock brick*.

Interlock brick merupakan salah satu pembaharuan dalam material penyusun dinding selain batu bata dengan menggunakan teknik seperti lego. Terdapat lubang yang berada di tengah *interlock brick* sebagai pengunci dan penghubung dengan lainnya yang nantinya dikunci agar mampu menahan beban. Penggunaan *interlock brick* dari limbah plastik memiliki kualitas yang berbanding terbalik dengan batu bata karena dia bersifat ringan dan tidak mudah pecah. Dengan teknik percetakan di-press membuat susunan *interlock brick* kompleks dan rapat agar dapat menahan gaya tekan.

Usaha mengurangi limbah plastik sangatlah penting untuk menciptakan lingkungan yang asri dan lestari. Dengan menggunakan teknik *interlock brick* tidak hanya menguntungkan bagi pengurangan limbah plastik tetapi merupakan upaya pembaharuan menciptakan material bangunan yang ramah lingkungan. Teknik ini dapat menjadi usaha baru untuk mewujudkan arsitektur hijau yang memperhatikan kondisi pencemaran lingkungan luar.

Penggunaan material limbah plastik yang dipilih adalah wadah es literan dan bekas galon. Pemilihan material limbah plastik digunakan untuk material *interlock brick* berupaya membuat material bangunan ramah lingkungan untuk mengurangi isu permasalahan lingkungan. *Interlock brick* dibuat dengan sistem press menggunakan cetakan khusus untuk menciptakan hasil produk yang padat dengan komponen rapat. Hasil dari *interlock brick* yang diterapkan dalam bangunan berfungsi untuk mengontrol sirkulasi udara. Kontrol sirkulasi diterapkan untuk mengelola udara yang masuk, di dalam dan pengeluaran udara. Celah yang diciptakan *interlock brick* dan *louvre* dimanfaatkan sebagai sirkulasi. Udara yang masuk ke dalam bangunan dikontrol melalui penerapan *interlock brick* di dinding dan dikeluarkan melalui sisi lainnya yang berseberangan. Kontrol udara dalam bangunan dikeluarkan melalui celah *louvre* yang diciptakan di bawah atap.

STUDI PUSTAKA

Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Upaya Manusia yang Memiliki Peran Khalifah di Bumi untuk Mencegah Kerusakan

Sumber daya alam yang diciptakan Allah untuk keberlangsungan kehidupan manusia di bumi pasti memiliki manfaat. Keberlangsungan kehidupan manusia di bumi dipenuhi oleh Allah dengan sumber daya alam yang melimpah. Dalam mengelola sumber daya alam manusia diberi akal agar dapat mengelola dengan baik. Allah menitipkan ciptaannya kepada manusia agar dapat dikembangkan dan dikelola. Pengelolaan alam yang baik dapat menjadi sumber kehidupan yang sejahtera. Manusia memiliki tugas untuk mengelola seluruh sumber daya yang ada tidak untuk mengeksploitasi dan merusak. Pemanfaatan sumber daya yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai permasalahan. Allah berfirman dalam QS. Al-Araf ayat 56 agar manusia tidak melakukan kerusakan dan mengadakan perbaikan:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظَنَّ الَّذِينَ كَفَرُوا فويلٌ للذين كفروا من النار

Artinya:

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”

Konsep perbaikan atas kerusakan sejalan dengan keberlanjutan. Keberlanjutan menuntut manusia peka terhadap apa yang ada di sekitarnya. Alam sekitar yang menjadi penunjang kehidupan manusia menjadi sumber energi yang baik. Matahari menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk sumber tenaga surya. Tumbuhan menghasilkan oksigen untuk proses pernafasan manusia dapat dimasukkan ke dalam bangunan sebagai sumber penghawaan. Arsitek sebagai dalang pembangunan harus melibatkan keberlanjutan dalam pembangunan. Pembangunan berkelanjutan sesuai dengan kedua ayat diatas untuk mengambil hikmah segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah dan menghindari kerusakan yang ditimbulkan oleh pengelolaan yang tidak baik.

Eco interlock brick adalah salah satu upaya mengelola limbah untuk menjadi bata bangunan. Teknik penyusunannya pun memiliki cara yang unik yaitu dengan sistem lego atau pengkuncian. Plastik adalah limbah yang dapat didaur ulang agar menjadi barang yang ramah lingkungan. Salah satu penerapan dalam dunia arsitektur adalah menjadikannya *eco interlock brick*. *Eco interlock brick* berbahan plastik dapat digunakan sebagai dinding pelindung, secondary skin, fasad bangunan, pagar pembatas, dan lain-lain. Selain untuk mengurangi isu permasalahan lingkungan upaya memanfaatkan limbah plastik untuk *eco interlock brick* juga lebih ekonomis. Sampah plastik mudah didapatkan dalam kehidupan sehari-hari.

Eco interlock brick dapat dijadikan solusi untuk masalah lingkungan. Pemanfaatan material plastic untuk mengurangi limbah merupakan langkah yang tepat karena sampah plastik mudah didapat dan terjangkau. Pemanfaatan limbah plastik untuk bahan *interlock brick* menjadi solusi untuk permasalahan lingkungan.

Penerapan *Adaptive Reuse* Limbah Plastik sebagai Material *Interlock Brick* pada Bangunan

Adaptive reuse adalah proses memanfaatkan kembali fungsi bangunan yang telah lama yang tidak terurus dan akhirnya terbengkalai atau tidak terpakai dengan cara mengganti fungsinya sebagai bangunan yang memiliki fungsi baru yang bermaksud untuk menghidupkan kembali eksistensinya tanpa melupakan aspek historisnya. Konsep *adaptive reuse* mengoptimalkan nilai keberlanjutan dalam pemanfaatan bangunan eksisting. Menurut Retdia Sofiana, Ari Widyati Purwantiasning, Anisa *adaptive reuse* memiliki berbagai manfaat apabila diaplikasikan dalam bangunan, antara lain menjunjung nilai kebudayaan, menghemat pengeluaran, waktu pengerjaan lebih singkat.

Adaptive reuse diharapkan dapat membantu laju tingkat pembangunan di kawasan urban dengan memanfaatkan kembali eksisting untuk mengurangi dampak lingkungan.

Dampak lingkungan adalah penggunaan material sumber daya alam di sistem pembangunan yang berlebihan membuat limbah pembangunan yang dapat menimbulkan masalah baru. Pembangunan yang memerlukan lahan baru untuk menampung bangunan seiring berjalannya waktu menjadi langka karena keterbatasan lahan yang dipakai. Menghidupkan kembali bangunan eksisting dapat membantu menghemat energi, sumber daya alam dan lahan baru.

Pembangunan di kawasan urban yang marak terjadi sering menimbulkan pro dan kontra. Karena pembangunan membutuhkan waktu yang cukup lama dengan ketersediaan lahan yang semakin berkurang. Pengolahan site untuk kebutuhan pembangunan merubah tata lingkungan yang ada pada eksisting. Arsitek memiliki peran untuk peka terhadap bangunan-bangunan lama yang terbengkalai memiliki nilai historis yang harus diangkat.

Penerapan *adaptive reuse interlock brick* dengan material limbah plastik menerapkan manfaat *adaptive reuse* untuk menghemat pengeluaran dan waktu pengerjaan lebih singkat. Memanfaatkan limbah plastik menjadi solusi untuk menghemat biaya konstruksi. Limbah plastik menjadi permasalahan lingkungan yang dapat menyebabkan polusi dan pencemaran. Memanfaatkan barang bekas dapat membantu permasalahan lingkungan dan menghemat biaya pengeluaran konstruksi. Daur ulang material bekas dengan limbah plastik menghasilkan *interlock brick* ramah lingkungan dan sifatnya ringan. Apabila sudah tahap eksekusi perancangan bangunan baru, tidak memerlukan waktu yang panjang. Konstruksi bangunan eksisting hanya dilakukan pada titik tertentu yang memiliki permasalahan. Titik permasalahan tersebut menjadi bagian yang mengalami renovasi tanpa mengubah tampilan bangunan yang memiliki kondisi masih baik.

Inovasi Teknologi Hijau Penerapan Komposit Limbah Plastik untuk *Interlock Brick* sebagai Penyaring Udara Bangunan

Teknologi hijau adalah teknologi yang memanfaatkan sumber daya alam yang digunakan sebagai bahan yang diolah namun dijaga ketersediaannya dan meminimalisir dampak negatif untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Arsitektur mengenal konsep teknologi hijau sebagai perpaduan memanfaatkan energi yang berasal dari alam untuk dimanfaatkan sebagai bahan potensial bangunan. Hasil dari arsitektur hijau adalah bangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan. Teknologi hijau dalam arsitektur memiliki pendekatan desain dan proses pembangunan yang mempertimbangkan prinsip-prinsip ekologis dan konservasi lingkungan. Teknologi arsitektur hijau dapat menjawab berbagai persoalan isu lingkungan yang semakin memburuk. Teknologi hijau dalam arsitektur dapat diterapkan dalam berbagai sistem struktur yang menjadi pijakan sebuah bangunan.

Salah satu teknologi hijau adalah dinding hijau dengan konsep *passive cooling* berfungsi untuk membuang panas dalam ruang untuk memberikan suasana sejuk. Udara yang masuk melalui bangunan akan diserap dan disaring oleh tumbuh-tumbuhan sehingga udara yang masuk ke bangunan adalah udara segar dan bersih. Penggunaan *eco interlock brick* merupakan salah satu penerapan teknologi hijau pada dinding. *Eco interlock brick* memiliki konsep bata berlubang untuk sirkulasi pertukaran antara udara luar yang masuk ke dalam bangunan. *Eco interlock brick* bersifat ramah lingkungan karena menggunakan material limbah untuk diolah menjadi bata.

Konsep teknologi hijau yang digunakan adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai material *interlock brick*. Konsep teknologi hijau yang diciptakan adalah membuat dinding dengan susunan lego dengan kuncian tertentu yang berlubang. Lubang itu yang nantinya akan digunakan sebagai akses pertukaran udara untuk menyaring udara kotor yang berasal dari luar. Pemanfaatan limbah plastik sebagai material *interlock brick* bersifat berkelanjutan baik dari hasil produk dan hasil kinerja pada bangunan. Penggunaan limbah plastik merupakan salah satu langkah untuk mengurangi limbah plastik yang merupakan limbah terbesar di dunia. Plastik sukar mengurai dengan tanah dan membutuhkan waktu sangat lama agar dapat membusuk. Inovasi *interlock brick* pada bangunan diharapkan dapat menghasilkan kualitas udara yang lebih baik daripada sebelumnya. Udara yang berasal dari luar akan disaring dan menghasilkan udara yang lebih segar.

Kualitas udara menjadi sangat penting di dalam bangunan karena berdampak pada kesehatan manusia. Interaksi kualitas udara dalam ruangan dihasilkan oleh berbagai macam aktivitas yang berada di sekitarnya. Desain untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan melibatkan empat prinsip yang saling terikat yang harus diterapkan secara keseluruhan yaitu kontrol sumber, kontrol ventilasi, pengawasan aktivitas penghuni, pemeliharaan bangunan. Kontrol sumber karena ada banyaknya sumber kontaminasi udara yang berpotensi berbahaya di bangunan. Sumber udara yang berasal dari luar ketika masuk ke dalam bangunan harus dipastikan menjadi sumber udara bersih. Untuk mengontrol sumber udara dapat diatur dengan mengatur arah orientasi bangunan dengan memanfaatkan potensi arah angin dominan, mengoptimalkan bukaan pada selubung bangunan untuk memasukkan udara bersih dan segar, mengatur sirkulasi udara yang masuk ke dalam bangunan. Kontaminasi udara dapat berasal tidak hanya dari luar bangunan tetapi juga berasal dari dalam bangunan. Kontrol ventilasi berusaha mengatur bukaan untuk sirkulasi udara yang masuk ke bangunan. Angin yang masuk membawa udara segar untuk penunjang penghawaan bangunan. Mengoptimalkan peletakkan bukaan pada selubung bangunan dengan pertimbangan analisis arah angin adalah salah satu cara untuk mengontrol ventilasi.

Pengawasan aktivitas penghuni berpengaruh terhadap kualitas udara di dalam bangunan. Semakin banyak aktivitas yang dilakukan semakin banyak kalor yang keluar dari tubuh manusia dan semakin banyak udara yang dibutuhkan. Kualitas udara ruangan yang memiliki aktivitas padat bersifat pengap dan membutuhkan alur sirkulasi udara yang baik. Mengatur organisasi ruang berdasarkan jenisnya dapat mengatur pola sirkulasi udara dalam bangunan. Jenis ruang yang berbeda dipisahkan dengan ruang terbuka yang dimanfaatkan menjadi area hijau sebagai sumber pertukaran udara. Peletakan area hijau di dalam bangunan juga membantu mengontrol masuknya udara untuk penghawaan orang yang beraktivitas di dalam. Pemeliharaan bangunan untuk menghindari adanya zat atau bahan kimia yang dapat mencemari udara di dalam bangunan. Zat kimia yang memiliki aroma tertentu dapat membahayakan kesehatan. Apabila dihirup setiap hari dapat menyebabkan penyakit pernapasan. Menjaga kelembaban bangunan merupakan salah satu cara untuk kontrol pemeliharaan bangunan agar cat tidak mudah mengelupas dan kelembaban di dalam bangunan tetap terjaga.

Redesign yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan kondisi eksisting dan merenovasi di bagian timur yang merupakan permasalahan pada site. Kontrol ventilasi diatur pada selubung bangunan dengan sistem *interlock brick*. Udara yang masuk ke dalam GOR diharapkan menjadi udara bersih karena tersaring oleh rongga-rongga yang berada di bata. Prinsip kontrol sumber juga dapat diterapkan dengan memposisikan bukaan dengan baik. Sumber yang dimaksud adalah arah mata angin dominan yang berada di sekitar site untuk dimanfaatkan sebagai udara bersih yang masuk ke GOR. Prinsip kontrol aktivitas tidak dapat dilakukan secara optimal karena GOR memiliki fungsi sebagai gedung olahraga dan aktivitas lainnya yang mengeluarkan cukup banyak kalor. Kalor menyebabkan ruang menjadi panas dan lembab. Prinsip kontrol lain yang tidak dapat dilakukan secara optimal adalah pemeliharaan bangunan karena di musim pandemi covid bangunan ditinggal cukup lama sehingga banyak area yang terbengkalai. Area yang terbengkalai memiliki kerusakan di beberapa konstruksi. Sehingga kontrol ventilasi dan kontrol sumber diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara pada GOR Ngampilan dengan konsep *interlock brick* bermaterial limbah plastik.

Penerapan Keberlanjutan pada Selubung Bangunan Menggunakan *Interlock Brick* Material Limbah Plastik untuk Mengontrol Udara di dalam Ruang

Keberlanjutan adalah suatu proses mengolah sumber daya dengan memperhatikan kapasitas tanpa berlebih-lebihan. Pembangunan berkelanjutan adalah proses pembangunan yang memiliki prinsip memenuhi kebutuhan di masa kini dan tidak menghabiskan untuk generasi yang akan datang. Salah satu komponen yang berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan adalah lingkungan. Manusia hidup di bumi untuk mencukupi kebutuhan sehari-hari disediakan oleh alam. Alam memberikan sumber daya yang melimpah untuk keberlangsungan hidup manusia. Konsep keberlanjutan adalah pendamping manusia hidup dengan lingkungan tanpa kehilangan unsur alami.

Pemilihan material limbah plastik sebagai material *interlock brick* berupaya untuk meningkatkan segi lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan. Plastik adalah salah satu penyumbang limbah terbesar di bumi. Sifat plastik sukar diurai dengan tanah dan memerlukan waktu yang sangat lama. Limbah yang menumpuk dapat menyebabkan berbagai dampak negatif ke lingkungan. Salah satunya adalah dampak pencemaran yang membuat lingkungan tidak sehat.

Kualitas udara yang masuk ke dalam bangunan dapat dikontrol dengan sistem desain iklim di dalam bangunan. Udara yang menjadi sumber penghawaan di dalam ruang dibutuhkan untuk menciptakan kenyamanan termal bangunan. Sistem desain iklim dapat mengontrol sumber udara yang masuk ke dalam bangunan lalu diolah menjadi udara yang segar. Penghawaan di dalam ruang menjadi sumber penghuni untuk bernapas. Kualitas udara menjadi aspek penting untuk meningkatkan kualitas hidup penghuni. Bangunan memiliki berbagai aktivitas yang menimbulkan kalor dan membutuhkan penghawaan untuk mengurangi kalor yang berada di dalam ruang.

Pemanfaatan *interlock brick* material limbah plastik berupaya untuk menciptakan material konstruksi yang berkelanjutan dan meningkatkan kualitas udara di dalam ruang. Sistem rongga dari *interlock brick* diharapkan dapat menjadi sumber penyaring udara dari luar.

METODE PENELITIAN

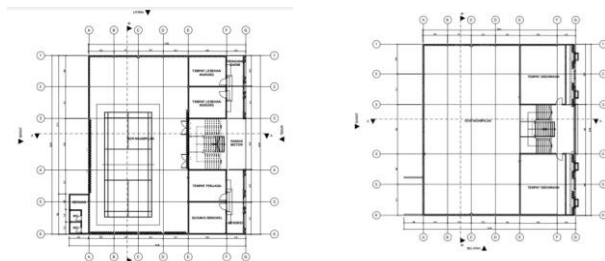
Penelitian ini menggunakan metode mengamati secara langsung pada bangunan eksisting yang memiliki permasalahan termal, mengambil data menuju ke lokasi eksisting, dan menganalisis permasalahan untuk menemukan solusi pemecahan masalah dengan menggunakan teknologi *interlock brick*. Standar untuk pengukuran kenyamanan bangunan eksisting diukur menggunakan data yang diambil secara langsung, lalu diuji melalui website CBE thermal comfort tool. Pengujian kualitas *interlock brick* sebelum dan sesudah *redesign* menggunakan u-value antara material eksisting yaitu batu bata merah dan *interlock brick* material limbah plastik. Hasil pengujian akhir yaitu OTTV yang akan dibandingkan antara bangunan eksisting dan setelah penerapan *interlock brick*. Teknologi *interlock brick* yang dipilih untuk solusi permasalahan adalah *interlock brick* material limbah plastik bahan es krim literan dan galon plastik yang menghasilkan warna putih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

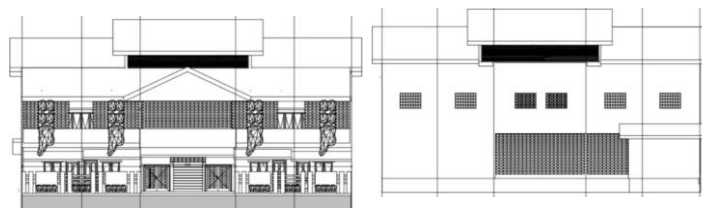
Bangunan Eksisting



Gambar 1. Bangunan Eksisting
Sumber : Google Earth (2021)



Gambar 2. Denah Bangunan Eksisting
Sumber : Dokumen Pribadi (2021)



Gambar 3. Tampak Bangunan Eksisting
Sumber : Dokumen Pribadi (2021)

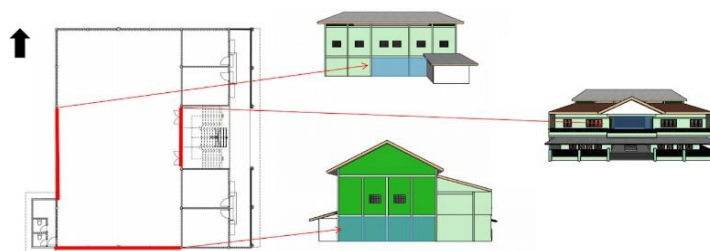
GOR Ngampilan adalah gedung olahraga yang berada di tengah kota Yogyakarta. Gedung memiliki 2 lantai yaitu bagian barat bangunan yang terdiri dari 2 lantai dan timur bangunan yang terdiri dari 1 lantai. Bagian barat adalah fasad GOR dan tempat khusus yang biasa disewakan. Lantai 1 bagian barat disewakan untuk pedagang dan kegiatan lainnya. Lantai 2 disewakan khusus untuk acara tertentu seperti meeting. GOR Ngampilan memiliki kondisi eksisting yang cukup baik. Tidak banyak kerusakan yang ada di dalam bangunan. Karena sudah lama tidak digunakan dan disewakan, bagian lantai 2 sudah berdebu dan terlihat dari luar tidak difungsikan dengan baik. Bagian lantai 2 menghadap langsung ke jalan dan menjadi fasad bangunan. Bagian timur gedung adalah pusat kegiatan olahraga. Tidak ada sekat pada bagian belakang dan dinding terusan mengikuti dinding di bagian barat. Bagian timur bangunan memiliki atap yang lebih tinggi daripada barat.



Gambar 4. GOR Ngampilan
Sumber : Dokumen pribadi (2021)

Bagian selubung bangunan yang dikaji adalah selubung yang berada di bagian selatan, timur, dan barat. Sebelum adanya pandemi, bus yang datang dari berbagai kota bisa parkir di sebelah GOR Ngampilan. Karena adanya kondisi seperti itu dapat mengurangi tingkat kesehatan udara yang berada di sekitar GOR Ngampilan. GOR harus memiliki kualitas udara yang bagus disamping kebutuhan di dalam bangunan untuk melakukan aktivitas yang mengeluarkan kalor cukup banyak. GOR Ngampilan memfasilitasi berbagai kegiatan olahraga dari sekolah dan individu. Terdapat jadwal khusus tertentu untuk kegiatan olahraga ataupun bela diri sekolah yang berada di sekitar GOR Ngampilan. Antara lain kegiatan yang sering dilakukan di GOR adalah bulu tangkis, taekwondo, wushu, tapak suci.

Analisis Masalah dan Peletakkan *Interlock Brick*



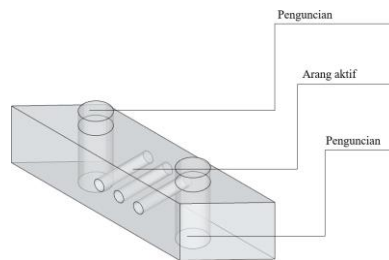
Gambar 5. Permasalahan dan Peletakkan *Interlock Brick* di GOR Ngampilan
Sumber : Dokumen pribadi (2021)

GOR Ngampilan menampung berbagai aktivitas olahraga yang beragam. Olahraga mengeluarkan cukup banyak kalor sehingga kualitas udara di dalam bangunan harus diperhatikan. Titik permasalahan pada bangunan eksisting berada di sebelah selatan dan di timur. Bagian selatan berseberangan dengan bus pariwisata dan bagian timur berseberangan dengan jalan utama yang berada dengan bangunan eksisting. Bukan yang berada di sebelah selatan dan timur menghadap langsung ke sumber polusi. Udara yang bersumber dari luar adalah udara kotor, dengan adanya *interlock brick* material limbah plastik dapat menjadi penyaring udara menjadi sistem *passive cooling*. *Interlock brick*

memiliki susunan berongga yang dimanfaatkan sebagai pertukaran dan penyaringan udara.

Iklim dalam bangunan GOR menjadi aspek penting karena berkaitan dengan aktivitas yang berada di dalam GOR. GOR memiliki berbagai aktivitas yang melibatkan aktivitas fisik dan olahraga yang mengeluarkan banyak kalor. Akibat kalor yang dikeluarkan oleh orang yang beraktivitas membutuhkan sirkulasi udara yang baik untuk mendinginkan kualitas udara yang berada di bangunan. Iklim mempengaruhi aspek kenyamanan dan kesejahteraan penghuni. Kenyamanan dan kesejahteraan penghuni merupakan aspek penting sebagai penilaian terhadap kepuasan desain yang dihasilkan oleh arsitek. Bangunan yang diciptakan selanjutnya sebaiknya memiliki kualitas yang lebih baik daripada sebelumnya.

Teknologi yang Dipilih



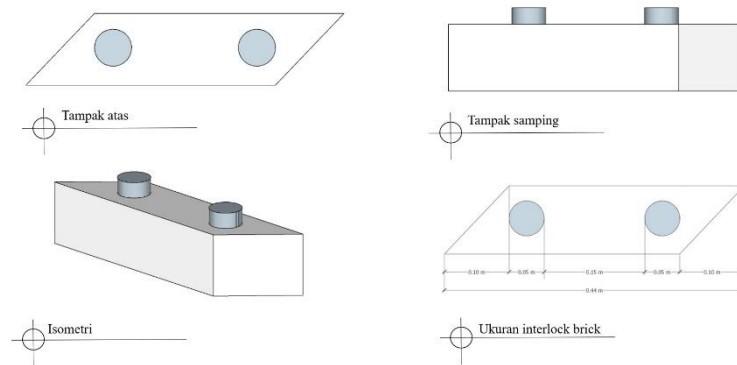
Gambar 6. *Interlock brick* material limbah plastik
Sumber : Dokumen pribadi (2021)

Teknologi yang digunakan adalah dengan menggunakan *interlock brick* berbahan komposit limbah plastik. *Interlock brick* memiliki sifat ramah lingkungan yang dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas udara di dalam GOR. *Interlock brick* memiliki bagian yang berlubang lubang yang berfungsi untuk passive cooling pergantian udara yang masuk ke dalam bangunan. Di dalam *interlock brick* limbah plastik juga terdapat arang. Tiap *interlock brick* terdapat bahan komposit arang aktif untuk membantu memfiltrasi udara yang masuk. Arang aktif dikenal memiliki fungsi untuk penawar racun. Zat berwarna hitam pekat yang dimiliki arang aktif dapat mengikat racun dan mencegah racun yang masuk. Sumber udara kotor dari polutan memiliki berbagai kandungan bahan kimia yang berbahaya bagi tubuh. Sumber udara yang masuk akan disaring melalui *interlock brick* dan arang aktif dalam *interlock brick* akan menawar kandungan kimia yang berbahaya dari polutan menjadi udara yang bersih.

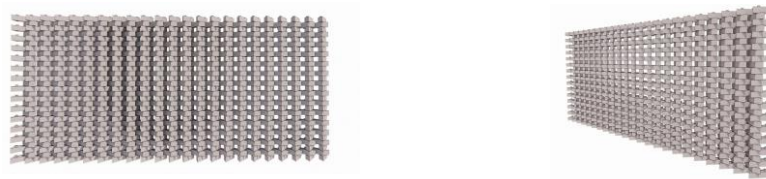
Kontrol ventilasi diatur pada selubung bangunan dengan sistem *interlock brick*. Udara yang masuk ke dalam GOR diharapkan menjadi udara bersih karena tersaring oleh rongga-rongga yang berada di bata. Prinsip kontrol sumber juga dapat diterapkan dengan memposisikan bukaan dengan baik. Sumber yang dimaksud adalah arah mata angin dominan yang berada di sekitar site untuk dimanfaatkan sebagai udara bersih yang masuk ke GOR. Prinsip kontrol aktivitas tidak dapat dilakukan secara optimal karena GOR memiliki fungsi sebagai gedung olahraga dan aktivitas lainnya yang mengeluarkan cukup banyak kalor. Kalor menyebabkan ruang menjadi panas dan lembab. Prinsip kontrol lain yang tidak dapat dilakukan secara optimal adalah pemeliharaan bangunan karena di musim pandemi covid bangunan ditinggal cukup lama sehingga banyak area yang terbengkalai. Area yang terbengkalai memiliki kerusakan di beberapa konstruksi. Sehingga kontrol ventilasi dan kontrol sumber diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara pada GOR Ngampilan dengan konsep *interlock brick* bermaterial limbah plastik.

Interlock brick yang dihasilkan adalah bata dengan warna putih dan bening yang

mempunyai ukuran panjang 25 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Bata memiliki sistem penguncian mirip lego dimana ada bagian yang berlubang diisi dengan bagian yang berisi. Pola memiliki 4 bentuk sistem penguncian yang saling menghubungkan antara satu *interlock brick* dengan yang lainnya. Teknik penyusunan menghasilkan rongga yang berfungsi sebagai penyaring udara dari luar yang masuk ke dalam. Pola tersebut menciptakan estetika yang berulang memiliki proporsi yang sama.



Gambar 7. Tampak *interlock brick*
 Sumber : Dokumen pribadi (2021)



Gambar 8. Penyusunan *interlock brick*
 Sumber : Dokumen pribadi (2021)

Integrasi Teknologi kepada Bangunan Eksisting

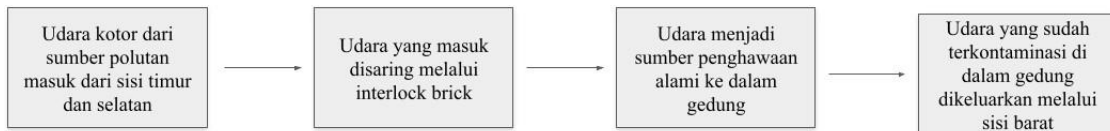


Diagram 1. Kontrol kualitas udara dari luar bangunan
 Sumber : Dokumen pribadi (2021)

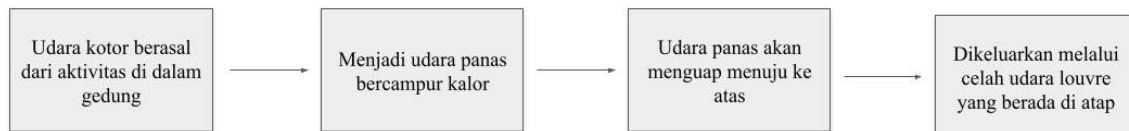


Diagram 2. Kontrol kualitas udara dari dalam bangunan
 Sumber : Dokumen pribadi (2021)

Terdapat 2 jenis pengolahan udara yang masuk ke dalam bangunan. Pertama adalah udara yang masuk melalui sisi timur dan selatan dan kedua adalah udara yang sudah terkontaminasi di dalam bangunan. Udara yang masuk melalui bukaan di sisi timur adalah udara kotor yang berasal dari pencemaran asap bus. Sedangkan udara yang masuk melalui bukaan di sisi timur berasal dari polutan aktivitas jalan utama. Jalan yang berada di timur memiliki intensitas lalu lalang kendaraan sangat tinggi. Terdapat lampu merah yang berjarak kurang lebih 100 m yang sering mengakibatkan kemacetan. Udara kotor yang

masuk akan disaring melalui celah yang diciptakan dari teknik penyusunan *interlock brick*. Udara yang mengenai *interlock brick* akan disaring kembali melalui arang aktif yang menjadi bahan komposit *interlock brick*. Arang aktif berfungsi sebagai penyaring racun yang terkandung dari udara luar. Udara yang masuk menjadi sumber penghawaan alami ke dalam bangunan. Udara yang sudah terkontaminasi dengan aktivitas yang berada di dalam gedung akan keluar melalui *interlock brick* yang berada di sisi barat. Pertukaran udara yang berada di luar dan dalam bangunan menciptakan *passive cooling*.

Udara kotor yang berada di dalam gedung karena berbagai aktivitas yang dilakukan menjadi sumber udara panas. Udara tersebut terkontaminasi dari kalor yang dikeluarkan akibat panas tubuh yang melakukan aktivitas dan mengeluarkan keringat. Udara panas akan bergerak menuju ke atas semakin menjauh dari daratan. Ketika mencapai titik tertinggi udara panas akan mengembang dikarenakan udara mengecil. Udara akan mengembang dan menyebar menyebabkan suhu udara akan turun. *Louvre* diciptakan untuk menyediakan ruang udara naik ke atas dan menyebar. Udara yang sudah terkontaminasi menyebar dan keluar melalui celah yang berada di *louvre*.

Simulasi

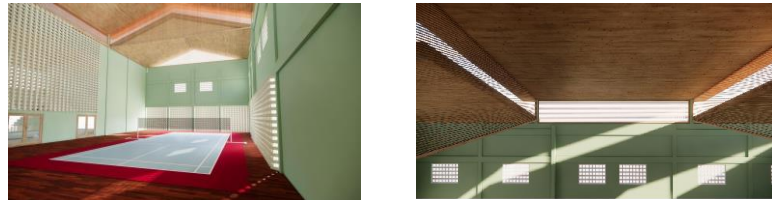
U-VALUE EKSTING						
No	Material	Ketebalan (m)	Conductivity	Resistance (R)	Luas	Luas total
1	Udara luar			0.44		
2	Plester	0.025	0.8	0.03125		
3	Batu bata	0.1	0.6	0.16666667		
4	Plester	0.025	0.8	0.03125		
5	Udara dalam			0.12		
				R total	0.78916667	0.7
				Uw	1.267159451	
				Uw total	0.887011616	
No	Material	Ketebalan (m)	Conductivity	Resistance (R)	Luas	Luas total
1	Udara luar			0.44		
2	Udara dalam			0.12		
				R total	0.56	0.3
				Uw	1.785714286	
				Uw total	0.535714286	
				Uw keseluruhan	1.422725901	Luas keseluruhan 1

U-VALUE RE-DESIGN							
Selatan							
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
3	Udara dalam			0.12			
				R total	0.8499	0.4625	x1
				Uw	1.1767		
				Uw total	0.5442		0.4625
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
3	Gap udara			0.148			
4	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
5	Udara dalam			0.12			
				R total	1.2877	0.5375	x0.5
				Uw	0.7766		0.26875
				Uw total	0.2087		
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Udara dalam			0.12			
				R total	0.56	0.5375	x0.5
				Uw	1.7857		0.26875
				Uw total	0.4799		
				Uw keseluruhan	1.2328		Luas keseluruhan 1
Barat							
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
3	Udara dalam			0.12			
				R total	0.8499	0.5	x1
				Uw	1.1767		0.5
				Uw	0.7766		0.25
				Uw total	0.1941		
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Udara dalam			0.12			
				R total	0.56	0.5	x0.5
				Uw	1.7857		0.25
				Uw total	0.4464		
				Uw keseluruhan	1.2289		Luas keseluruhan 1
Timur							
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
3	Udara dalam			0.12			
				R total	0.8499	0.47826	x1
				Uw	1.1767		0.47826087
				Uw total	0.5628		
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
3	Gap udara			0.148			
4	Interlock	0.1	0.345	0.2899			
5	Udara dalam			0.12			
				R total	1.2877	0.52174	x0.5
				Uw	0.7766		0.260869565
				Uw total	0.2026		
No	Material	Tebal (K)	Koef Termal (R)	Resist	Luas	Luas Total	
1	Udara luar			0.44			
2	Udara dalam			0.12			
				R total	0.56	0.52174	x0.5
				Uw	1.7857		0.260869565
				Uw total	0.4658		
				Uw keseluruhan	1.2312		Luas keseluruhan 1

Gambar 10. Perhitungan U-Value dari Material GOR Ngampilan Eksisting dan *Redesign*
 Sumber : Dokumen pribadi (2021)

OTTV EKSTING							OTTV RANCANGAN BARU								
NO	SIDE	KONDUKSI MELALUI DINDING	KONDUKSI MELALUI BUKAAN	RADIASI MELALUI BUKAAN	TOTAL	TOTAL FASAD AREA	OTTV	NO	SIDE	KONDUKSI MELALUI DINDING	KONDUKSI MELALUI BUKAAN	RADIASI MELALUI BUKAAN	TOTAL	TOTAL FASAD AREA	OTTV
1	UTARA	707.1877	168.15	268.2453	1143.583	104	10.9959904	1	UTARA	626.9573	168.15	268.2453	1063.353	104	10.22454423
2	TIMUR	1238.443	184.68	294.6151	1717.738	213.75	8.03620164	2	TIMUR	1057.343	184.68	294.6151	1536.638	213.75	7.186885848
3	SELATAN	714.3081	168.15	268.2453	1150.703	104	11.0644558	3	SELATAN	362.331	168.15	268.1453	798.6263	104	7.679099038
4	BARAT	1431.581	282.15	450.1065	2163.838	198.75	10.8872327	4	BARAT	1174.679	282.15	450.1065	1906.936	198.75	9.594644025
		4091.5198	803.13	1281.2122	6175.862	620.5	9.9530411			3221.5103	803.13	1281.1122	5305.753	620.5	8.550709541
		TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	RERATA			TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	RERATA

Gambar 11. Perhitungan OTTV GOR Ngampilan Eksisting dan *Redesign*
Sumber : Dokumen pribadi (2021)



Gambar 13. Render *Interlock Brick* Perspektif Utara
Sumber : Dokumen pribadi (2021)

KESIMPULAN

Eco interlock brick dapat dijadikan solusi untuk masalah lingkungan. Pemanfaatan material plastik untuk mengurangi limbah merupakan langkah yang ekonomis karena sampah plastik mudah didapat dan terjangkau. Pemanfaatan *eco interlock brick* material limbah plastik pada GOR Ngampilan dimanfaatkan untuk sirkulasi kontrol udara di sekitar bangunan. Udara yang bersumber dari luar adalah udara kotor, dengan adanya *interlock brick* material limbah plastik yang disusun berotasi dapat menjadi penyaring udara menjadi sistem *passive cooling*. *Interlock brick* memiliki susunan berongga yang dimanfaatkan sebagai pertukaran dan penyaringan udara. Penyusunan *interlock brick* dengan rotasi menciptakan celah kecil untuk menyaring udara yang menembus menjadi udara bersih sebagai penghawaan bangunan. Data sumber arah angin tahunan eksisting dijadikan acuan untuk peletakan *interlock brick*. GOR Ngampilan memiliki isu lingkungan berdampingan dengan parkir bus pariwisata. Sumber udara dominan dari arah selatan dan timur adalah sumber permasalahan di sekitar site. *Interlock brick* disusun berotasi di sisi selatan dan barat yang merupakan fasad bangunan untuk mengontrol udara yang masuk. Sisi berlawanan yaitu barat diterapkan *interlock brick* untuk mengeluarkan udara kotor yang terkontaminasi dengan aktivitas di dalam GOR. Udara panas di dalam GOR akan menguap ke atas dan dikeluarkan melalui celah *louvre* yang menjadi penyangga atap. Kontrol udara yang berputar dari, di dalam dan luar bangunan diatur melalui sirkulasi yang diciptakan dari celah *interlock brick* dan *louvre*.

Dari hasil pengujian *u value*, solar absorption, konduksi kaca, konduksi dinding, detail perhitungan spesifikasi di masing-masing sisi bangunan didapatkan OTTV rata-rata dari 9,953 menjadi 8,55 yang mengalami penurunan 1,403. Kinerja bangunan mengalami peningkatan dengan penerapan *interlock brick* material limbah plastik. Penulis menyarankan menggunakan aplikasi CFD untuk mendapatkan hasil sirkulasi dan intensitas angin yang diciptakan dari penerapan *interlock brick* material limbah plastik ke GOR Ngampilan. Menggunakan CFD dapat mengoptimalkan hasil simulasi yang diterapkan dari *interlock brick* sebagai dinding sekaligus celah untuk udara masuk dari rongga yang diciptakan dari penyusunan rotasi. CFD dapat kualitas angin dan arah angin yang masuk ke dalam bangunan menjadi sirkulasi alami.

DAFTAR PUSTAKA

Buku (monograf)

- Clark, Woodrow W. 2010. *Sustainable Communities Design Handbook*. Elsevier. Jenks, Mike dan Nicola Dempsey. 2005. *Future Forms and Design for Sustainable Cities*. Elsevier.
- Preiser, FE, Wolfgang dkk. 2005. *Assessing Building Performance*. Elsevier. Australian Government. 2005. *Adaptive Reuse*. Pirion. SB05Tokyo. 2005. *Sustainable Building Design Book*. SB05Tokyo.
- Dramstad, Wenche E. dkk. 1996. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning*. Harvard University Graduate School of Design.

Artikel Jurnal

- Aburounia, Sexton, M. Islam and Sustainable Development. Research Institute for the Built and Human Environment University of Salford, Salford M5 4WT.
- Brophy, Vivienne, dkk. 2000. *Energie*. Energy Research Group, University College Dublin, School of Architecture, Richview, Clonskeagh, Dublin 14, Ireland.
- Susanti, Ardina dkk. 2020. Pemahaman Adaptive Reuse dalam Arsitektur dan Desain Interior Sebagai Upaya Menjaga Keberlanjutan Lingkungan: Analisis Tinjauan Literatur. Prosiding Seminar Nasional Desain dan Arsitektur (SENADA).
- Purwantiasning dkk. 2013. Kajian Konsep Adaptive Reuse Sebagai Aplikasi Konsep Konservasi. *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung*.
- Runa, I Wayan. 2016. Konservasi Bangunan Bersejarah Studi Kasus Bangunan Peribadatan di Pulau Badi. *Jurnal Undagi 2016 Konservasi Bangunan Bersejarah*.
- Savitri, Mila A. 2021. Apa itu "Adaptive Reuse". Binus University.
- Undip. 2019. *Konservasi Arsitektur*. Buku Ajar Konservasi dan Revitalisasi 2019 Latihan dan Jawaban.
- Hvide, Elen M. K. dkk. Potential of Sustainability in Existing Buildings - Anassessing Method.
- Sofiana, Retdia, Purwantiasning dkk. 2014. Strategi Penerapan Konsep Adaptive Reuse pada Bangunan Tua Studi Kasus: Gedung PT P.P.I (EX. Kantor PT Tjipta Niaga) di Kawasan Kota Tangerang. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Gottfried, David A. 1996. *Sustainable Building Technical Manual*. Public Technology Inc. & US Green Building Council.
- Hui, Sam C. M. 2005. *Sustainable Architecture*. Sustainable Architecture and Building Design (SABD).
- Hartog, Johannes Pieter Den. 2004. *Designing Indoor Climate*. Proefschrift.

Situs Web

- Pengetahuan. 2016. Konsep Pembangunan Berkelanjutan. P2KH. <http://sim.ciptakarya.pu.go.id/p2kh/knowledge/detail/pembangunan-berk>

elanjutan (diakses pada 29 Oktober 2021).

Hidup Tanpa Sampah. 2020. Apa itu Sustainability atau Hidup Berkelanjutan. Hidup Tanpa Sampah. <http://www.hiduptanpasampah.com/apa-itu-sustainability/> (diakses pada 8 Oktober 2021)

Wasiyanti, Nur. 2017. Pemanfaatan Sumber Daya Alam dalam Perspektif Islam.

Kompasiana. <https://www.kompasiana.com/yanti12/58c507fa6823bdde786bc32b/pemanfaatan-sumber-daya-alam-dalam-perspektif-islam> (diakses pada 8 Oktober 2021).

Ahmad, Chairul. 2012. Mengapa Alam Semesta Mau Tunduk kepada Manusia. Republika.

<https://www.republika.co.id/berita/dunia-islam/tasawuf/12/05/28/m4pue0-mengapa-alam-semesta-mau-tunduk-kepada-manusia-1> (diakses pada 8 Oktober 2021).

Jakarta Green Building. 2018. Seberapa Pentingkah Penerapan Konsep 'Green Building' untuk Indonesia. Jakarta Green Building.

<https://greenbuilding.jakarta.go.id/news/2018/08/09/seberapa-pentingkah-penerapan-konsep-green-building-untuk-indonesia/> (diakses pada 8 Oktober 2021).

Edukasi. 2021. Apa Itu 3R (Reduce, Reuse, Recycle): Pengertian dan Contohnya.

Aqua.

<https://bijakberplastik.aqua.co.id/publikasi/edukasi/apa-itu-3r-reduce-reuse-recycle-pengertian-dan-contohnya/> (diakses pada 8 Oktober 2021).

Ningrum, D. dan F. Damayanti. 2019. Kajian Sistem Struktur dan Teknologi Hijau. Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan 2019 Era Revolusi Industri 4.0 Teknik Sipil Dan Perencanaan, 75–80.

<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/semsina/article/download/2202/1922> / (diakses pada 17 Oktober 2021)

Kania, Tjandra. 2018. Pemanfaatan Gabungan Teknologi Bangunan Tropis Pasif dan Aktif pada Bangunan di Daerah Tropis Basah. Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Indonesia.

<https://jurnaliptek.iti.ac.id/index.php/jii/article/view/135/48> (diakses pada 17 Oktober 2021)

Welianto, Ari. 2021. Pengertian dan Perkembangan Teknologi. Kompas. <https://www.kompas.com/skola/read/2021/01/08/120000169/pengertian-dan-perkembangan-teknologi> (diakses pada 17 Oktober 2021)

Hermawan, Dani. Peranan dan Penggunaan Teknologi Digital dalam Proses

IAI Bandung. Disain Arsitektur. 2 Ikatan Arsitek Indonesia

Bandung. <http://iaijabar.org/ruang-utama/119-artikel-arsitektur/1237-peranan-dan-penggunaan-teknologi-digital-dalam-proses-disain-arsitektur.html> (diakses pada 17 Oktober 2021)