

BATASAN PEMAHAMAN TERPUSAT KEPADA MANUSIA PADA ERA TEKNOLOGI 5.0 DALAM ARSITEKTUR

Sally Septania Napitupulu^{1*}, Gagoek Hardiman², Rumiati Rosaline Tobing³

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung

²Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jalan Prof Sudharto, Semarang

³Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung

*E-mail: salnapitt.3@gmail.com

ABSTRAK

Bermula dari revolusi industri, teknologi selalu berkembang pesat hingga saat ini. Perkembangan yang terjadi di dunia teknologi membawa banyak perubahan dalam segala aspek diseluruh dunia. Dalam arsitektur, perkembangan teknologi mempengaruhi banyak hal seperti bentuk, gaya, material, dan elektrik, namun, hal ini membawa dampak negatif terhadap lingkungan yang saat ini dirasakan oleh seluruh makhluk hidup. Berdasarkan telaah masalah, maka diketahui bahwa sumber permasalahan yang terjadi pada saat ini adalah perkembangan teknologi yang terpusat kepada pemenuhan keinginan manusia dalam pencapaian nilai hidup. Telaah yang dilakukan melalui metode studi kasus, diketahui bahwa perancangan arsitektur yang berdasar kepada keinginan manusia membuat bangunan menjadi boros energi dan kemampuan ruang yang minimal dalam pembentukan termal kenyamanan manusia. Hasil akhir ini menunjukkan bahwa pembatasan pemahaman pusat manusia dalam perkembangan teknologi 5.0 menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk meminimalisasi emisi.

Kata kunci: *environmentalisme, energi, sistem pasif, teknologi 5.0.*

1. PENDAHULUAN

Manusia menjadi pusat dalam segala hal karena manusia memiliki kemampuan yang jauh lebih baik dibandingkan makhluk hidup lainnya. Pada dasarnya, perkembangan teknologi selalu terjadi saat manusia ada diatas muka bumi, tetapi baru menjadi pengetahuan di saat revolusi industri terjadi (Hoppit, 2011). Bermula dari teknologi 1.0 hingga pada saat ini telah mencapai era perkembangan teknologi 4.0 dan menuju teknologi 5.0, perkembangan teknologi selalu diciptakan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan manusia. Hal ini menunjukkan bahwa ego manusia berada diatas ambang batas yang dapat diterima oleh makhluk hidup lainnya dan menimbulkan permasalahan yang saat ini sedang mengancam seluruh makhluk hidup, yaitu perubahan iklim.

Pemahaman mengenai ego serta moral manusia dalam perkembangan teknologi secara fokus dapat dipahami melalui pemahaman *environmentalisme*. Melalui pemahaman tersebut, secara singkat dapat dipahami bahwa seluruh penemuan yang berdasar pada teknologi hanya berdasar kepada manusia dan bukan kepada makhluk hidup lainnya. Hal ini akan lebih membawa dampak yang negatif yang besar apabila perkembangan teknologi 5.0 tidak berdasarkan lingkungan dan hanya terpusat kepada manusia. Pemahaman yang juga dikenal sebagai ilmu lingkungan ini memiliki fokus terhadap moral manusia. Penilaian dalam paham ilmu ini adalah tingkat kerusakan suatu lingkungan, baik itu lingkungan mikro ataupun makro. Semakin tinggi kerusakan atau ketidaknyamanan yang dibuat oleh manusia, maka moral manusia dianggap rendah.

Dalam arsitektur, perkembangan teknologi berada pada beberapa elemen arsitektur, yaitu bentuk, gaya, material, dan elektrik (Brolin, 1976). Perkembangan membawa arsitektur menjadi salah satu bidang yang membawa kerusakan lingkungan terbesar di dunia melalui penggunaan listrik, material modern, dan gaya modern yang lebih mengarah kepada nilai hidup manusia dibandingkan kebutuhan secara fungsi. Gaya bangunan saat ini secara dominan merupakan bangunan dengan struktur tinggi dan fasad kaca dan membuat emisi dunia semakin meningkat.

Berdasarkan data IPCC (2014), 25% emisi dunia berasal dari penggunaan listrik, 24% dari penggundulan lahan untuk pengalihan fungsi, 21% dari industri, 14% dari transportasi, 6% dari bangunan, dan 10% lainnya berasal dari sumber lainnya. Melalui data yang dikeluarkan oleh GBCI dalam buku yang berjudul *Jakarta Green Building User Guide Vol. 1 Building Envelope*, penggunaan listrik yang tertinggi berada dalam bentuk penggunaan *air conditioning*

(AC) dan lampu di dalam bangunan. Permasalahan ini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi yang terpusat pada manusia harus memiliki batasan yang memiliki sifat bertolak belakang dengan manusia, yaitu lingkungan.

Lingkungan dan manusia dapat berjalan sejajar apabila manusia mengedepankan lingkungan dibandingkan semua yang diinginkan (*ego*) manusia, karena pada dasarnya jika dibaca melalui paham ilmu *environmentalisme*, hubungan antara manusia, lingkungan, teknologi, dan arsitektur merupakan hubungan linear tanpa pusat. Oleh karena itu, ketiga elemen tersebut harus memiliki keseimbangan yang merata.

Studi kasus rumah tinggal yang digunakan merupakan suatu studi dalam lingkup yang kecil, namun kompleks mengingat rumah tinggal adalah fungsi arsitektur yang digunakan selama 24 jam. Tingkat kompleksitas rumah tinggal sebagai studi kasus terletak kepada ukuran yang tidak sebesar bangunan publik, tetapi memungkinkan terjadinya penggunaan listrik dari *air conditioning* dan lampu selama 24 jam. Berbeda dengan bangunan publik, seperti kantor yang dinilai memberikan emisi tinggi melalui penggunaan fasad kaca dan listrik yang berlebihan, tetapi yang perlu diingat adalah kemungkinan besar ini hanya terjadi pada saat kantor tersebut beroperasi, sedangkan rumah tinggal memberikan sumbangan emisi selama 24 jam. Selain itu, jumlah rumah tinggal yang jauh lebih banyak dibandingkan bangunan publik membuat rumah tinggal dinilai patut menjadi pusat perhatian dalam penggunaan teknologi 5.0 dalam arsitektur.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi kuantitatif deduktif yang menggunakan studi kasus dan literatur. Studi kasus yang digunakan adalah rumah tinggal yang berada di Jakarta dan dirancang dengan batasan lingkungan dan literatur-literatur yang digunakan merupakan literatur yang membahas mengenai lingkungan seperti Christopher Belshaw, Simon P. James, dan Sahotra Sarkar. Selain itu, penelitian juga menggunakan literatur mengenai teknologi dan *climate building* yang akan memperkuat data empiris yang terjadi di lapangan serta validasi data. Permasalahan yang ada akan ditelaah dengan mengkomparasi data teori dengan data empiris melalui objek studi yang digunakan. Berdasarkan bahan telaah, maka pembahasan akan terbagi menjadi paham *environmentalisme* dan teknologi dalam arsitektur, rumah tinggal sebagai objek studi, dan analisa objek studi.

Perhitungan matematika yang digunakan merupakan perhitungan melalui pengelompokan energi yang digunakan hampir 24 jam dan hampir 18 jam. Setelah itu besaran energi dari tiap teknologi yang digunakan dijumlahkan dan dibagi oleh jumlah penghuni. Setelah itu, hasil dari energi yang digunakan oleh tiap penghuni dikomparasikan dengan angka standar yang dikeluarkan oleh PLN.

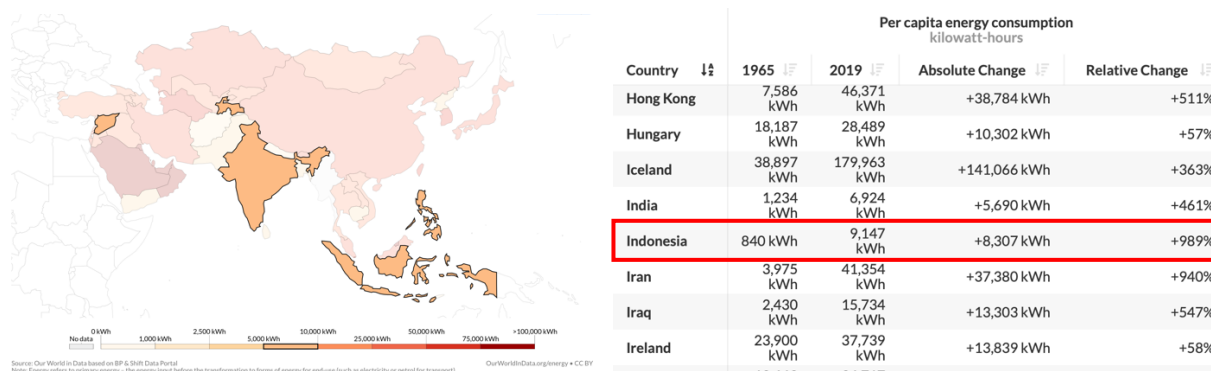
Objek studi yang digunakan merupakan rumah tinggal pribadi dengan tinggi 2 lantai dan memiliki konsep gaya modern minimalis. Objek studi memiliki bukaan pada bagian depan dan belakang bangunan. Pada bagian samping bangunan tidak memiliki bukaan, karena menempel pada dinding pembatas antar rumah tinggal. Bangunan rumah tinggal memiliki tinggi bersih antara keramik dan plafon sebesar 3 meter pada area privat (kamar tidur), tinggi bersih 7 meter pada bagian *void*, dan tinggi bersih 3,5 meter pada area lainnya (ruang tamu dan ruang dapur). Telaah objek studi akan dihitung melalui energi yang digunakan pada rumah tinggal dan besaran termal yang terbentuk di dalam rumah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan teknologi pada dasarnya memberikan dampak positif dan dampak negatif baik secara global maupun perseorangan. Dampak positif secara global dapat dilihat dari perkembangan infrastruktur yang mendukung pemerataan pembangunan dan perkembangan teknologi untuk pemenuhan kenyamanan manusia di dalam ruang yang digunakan, sedangkan dampak positif secara perseorangan dapat dilihat melalui faktor ekonomi, yaitu perluasan lahan pekerjaan yang mendukung pemerataan ekonomi. Dampak negatif secara global dapat dilihat melalui kenaikan emisi yang menyebabkan kenaikan suhu bumi, perubahan iklim, bencana alam, serta penyakit, sedangkan dampak negatif perseorangan dapat dilihat dari peningkatan daya konsumtif manusia.

Teknologi pada arsitektur dapat memberikan permasalahan yang luas dan tidak hanya dalam bidang arsitektur. Teknologi 4.0 pada dasarnya memberikan banyak kemudahan pada manusia dalam hal menggunakan dan menjaga bangunannya. Sensor, robot, dan dukungan internet memungkinkan manusia untuk mengoperasikan segala hal melalui tempatnya berada. Namun, pada era ini, emisi dunia meningkat karena setiap teknologi tersebut memberikan panas secara berkala kepada bumi. Pada tahun 2019, setidaknya masyarakat Indonesia menggunakan 5.000 kWh hingga

10.000 kWh per orang atau sekitar 13,69 kWh hingga 27,39 kWh per orang per hari (Suharyati, dkk.,2019) dengan teknologi sehari-hari yang digunakan adalah kendaraan, AC, mesin cuci, kompor, kulkas, dispenser, dan lampu. Besaran angka yang terjadi pada tahun 2019 menunjukkan bahwa konsumsi energi Indonesia setidaknya telah naik sebesar 989% dari tahun 1965.



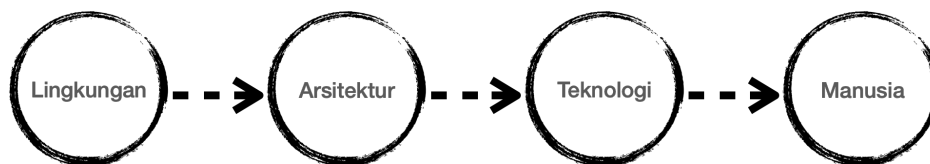
Gambar 1.1 Peta konsumsi energi 2019 (kiri) dan Kenaikan energi di Indonesia (kanan)

3.1 Paham Environmentalisme dan Teknologi dalam Arsitektur

Dalam pemahaman lingkungan, moral manusia menjadi fokus utama. Semua perkembangan harus berdasarkan kemampuan manusia untuk memprioritaskan lingkungan sekitar dibandingkan keinginan diri sendiri. Kemampuan tersebut membuat manusia memiliki etika berlingkungan yang sangat mempengaruhi keberlanjutan lingkungan yang berada di sekitarnya. Hal ini juga berlaku dalam perkembangan teknologi yang diciptakan dan digunakan oleh manusia. Terdapat beberapa definisi dalam etika berlingkungan, setidaknya dari tiga pemahaman utama yang digunakan yaitu pemahaman James P. Simon, Christopher Belshaw, dan Sahotra Sarkar.

James P. Simon (2015) mengartikan ilmu lingkungan sebagai moral manusia yang tergambar sebagai cerminan dari subjek etika lingkungan. Melalui pemikirannya, Simon menganggap bahwa lingkungan tidak bisa hanya dilihat sebagai alam melalui kacamata manusia, karena Simon percaya bahwa semua yang terjadi pada saat ini merupakan kesalahan yang berasal dari ego manusia. Pemikiran Simon memiliki kesamaan dengan Christopher Belshaw (2001), perbedaan pemikiran keduanya terletak pada penggunaan variabel. Dalam pemikirannya, Belshaw menggunakan variabel yang terdiri dari variabel manusia dan variabel ilmiah dengan tujuan untuk melihat permasalahan serta penyelesaian masalah secara spesifik, sehingga membagi lingkungan menjadi dua, yaitu lingkungan makro yang terbentuk dari lokasi aktivitas dan lingkungan mikro yang terbentuk dari aktivitas manusia. Berbeda dengan Simon dan Belshaw, Sahotra Sarkar (2012) melihat lingkungan dan manusia melalui pendekatan konseptual. Pendekatan yang digunakan oleh Sarkar bertujuan untuk memastikan bahwa pemahaman tentang lingkungan memiliki kejelasan dan ketepatan dalam mengambil keputusan akhir atas setiap masalah lingkungan.

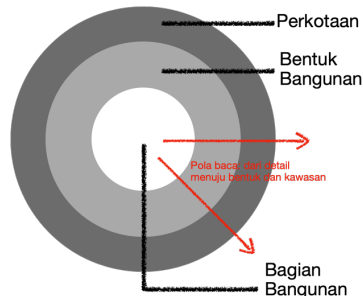
Walau terdapat perbedaan dalam hal implikasi pemikiran pada realita yang ada, namun James, Belshaw, dan Sarkar memiliki pola pemikiran yang sama, yaitu proses rancang berdasarkan lingkungan yang dapat dijelaskan sebagai berikut: (1) kejelasan akan lingkungan perancangan; (2) kejelasan akan lingkungan makro dan mikro dalam arsitektur; (3) teknologi yang disesuaikan dengan hasil analisa (1) dan (2); dan (4) manusia sebagai penilai keberhasilan suatu kinerja bangunan.



Gambar 1.2 Pola pemikiran dalam arsitektur dan teknologi berdasarkan ilmu lingkungan

Berdasarkan penjabaran dari ketiga pemikiran tersebut, maka dapat dilihat bahwa salah satu cara yang dapat dilakukan untuk membuat bangunan lebih ramah terhadap lingkungan adalah teknologi pasif. Teknologi pasif

merupakan teknologi yang mendukung alam bekerja di dalam bangunan dan hal ini dapat terwujud apabila perancangan bangunan terfokus kepada bagian bangunan (DeKay, dkk., 2014).



Gambar 1.3 Pola perancangan dalam arsitektur dan teknologi berdasarkan ilmu lingkungan

Teknologi pasif secara dominan berada dalam bentuk cerobong, jendela, jalusi atau kisi-kisi angin, dan kaca. Jika dilihat dari bagian bangunan, maka daya pasif suatu bangunan dapat dilihat melalui letak jendela, letak pintu, letak kisi-kisi, dan tinggi bersih yang dimiliki dari setiap ruang, sedangkan jika dilihat berdasarkan kemungkinan teknologi terkini yang dapat digunakan oleh bangunan adalah teknologi yang menggunakan alam sebagai sumber utamanya, seperti turbin angin dan solar panel.

Melalui penjabaran singkat mengenai pemahaman lingkungan dan teknologi bangunan, maka dapat disimpulkan bahwa pemahaman pusat manusia tidak berada pada pemenuhan keinginan atau gaya hidup manusia, seperti gaya bangunan dan penggunaan material terbaru, melainkan pemenuhan kebutuhan akan kenyamanan dan keamanan manusia berdasarkan lingkungan perencanaan. Hal ini dapat terpenuhi melalui perancangan bangunan yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan karakter lokasi sekitarnya.

3.2 Rumah Tinggal dan Teknologi sebagai Objek Studi

Teknologi pada rumah tinggal pada dasarnya merupakan teknologi yang diciptakan untuk memenuhi kebutuhan dan membantu aktivitas manusia. Namun, hal ini berubah pada saat terjadi pandemik Covid-19 yang mengharuskan manusia beraktivitas hampir 24 jam di dalam rumah tinggal mereka dan membuat teknologi juga harus mampu untuk memenuhi kebutuhan termal manusia. Hal ini membuat manusia berada di dalam dua pilihan, yaitu membuat teknologi terkini sebagai pemenuh kebutuhan dan membuat emisi meningkat atau meningkatkan etika berlingkungan dan meningkatkan daya adaptasi terhadap kondisi lingkungan sekitar.

Rumah tinggal dan perkembangan teknologi 5.0 dapat menjadi bumerang apabila manusia tidak dapat menahan keinginan untuk mengikuti tren atau gaya hidup sekitarnya. Penggunaan robot dan sensor akan memenuhi tiap sudut rumah dan meningkatkan penggunaan listrik keseharian tiap rumah tangga. Hal ini akan meningkatkan panas yang diberikan oleh tiap rumah tinggal, khususnya di Indonesia dan panas yang diberikan oleh rumah tinggal dapat lebih buruk dibandingkan bangunan tingkat tinggi karena jumlah rumah tinggal jauh lebih banyak dibandingkan dengan bangunan tingkat tinggi.

Berdasarkan penjabaran singkat tersebut, maka dapat dilihat bahwa pemenuhan termal manusia dengan batasan penggunaan teknologi pada rumah tinggal sangat penting untuk menjaga dan menekan peningkatan suhu bumi. Oleh karena itu, perancangan yang sesuai dengan kondisi dan karakter lokasi harus selalu menjadi prioritas para perancang bangunan.

3.3 Analisa Objek Studi

Objek studi merupakan rumah tinggal dua lantai yang terletak di Jakarta dengan luas total bangunan 338,7 m². Lokasi terletak pada daerah perumahan di tepi perkotaan dengan ketinggian bangunan di sekitarnya sama dengan ketinggian objek studi yaitu 8 meter. Objek studi memiliki karakter bangunan sebagai berikut:

- (1) Memiliki bukaan jendela pada setiap ruang,
- (2) Memiliki tinggi bersih antara keramik dan plafon sebesar 3 meter pada area privat (kamar tidur),
- (3) Memiliki tinggi bersih 7 meter pada bagian *void*,
- (4) Memiliki tinggi bersih 3,5 meter pada area lainnya (ruang tamu dan ruang dapur).

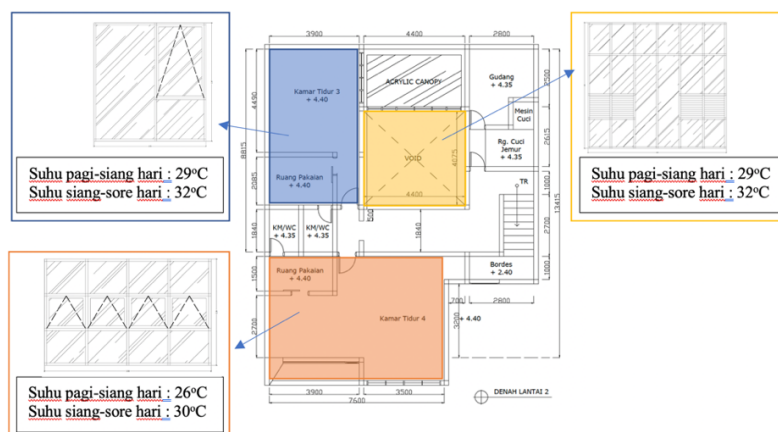
Serta menggunakan teknologi-teknologi sebagai berikut:

- (1) *Water heater* yang selalu berada dalam mode siaga selama 24 jam,
- (2) 1 buah pompa air yang selalu berada dalam mode siaga selama 24 jam,
- (3) 45 Lampu LED yang menyala setidaknya 6 jam/hari,
- (4) 4 buah AC yang digunakan selama 12 jam/hari,
- (5) 2 buah TV yang digunakan selama 4 jam/hari,
- (6) 1 buah komputer yang digunakan selama 18 jam/hari,
- (7) 1 buah mesin cuci yang digunakan selama 4 jam/hari,
- (8) 1 buah kulkas yang menyala selama 24 jam,
- (9) 1 buah penanak nasi yang menyala selama 24 jam.

Bukaan jendela pada rumah tinggal merupakan jenis bukaan sederhana dengan ukuran yang besar. Pagi hari hingga sore hari, cahaya matahari masuk ke dalam ruang dan memberikan cahaya yang cukup, sehingga lampu tidak digunakan hingga sore hari. Satu-satunya efek samping yang terjadi pada ruang adalah suhu yang tinggi pada pukul 08.00 – 11.00 pada ruang yang memiliki bukaan pada orientasi utara dan pada pukul 15.00 – 17.00 pada ruang yang memiliki bukaan pada orientasi barat. Bangunan dirancang mengikuti gaya masa kini dengan gaya modern minimalis dengan ukuran jendela yang memiliki ukuran yang besar.



Gambar 1.4 Hasil ukur dan jenis jendela pada lantai 1



Gambar 1.5 Hasil ukur dan jenis jendela pada lantai 2

Berdasarkan hasil ukur suhu ruang, maka dapat diketahui bahwa kemampuan bangunan rumah tinggal dalam pembentukan kenyamanan memperlihatkan angka yang masih berada di luar kisaran standar suhu nyaman manusia, yaitu 21°C hingga 27°C dengan suhu lingkungan ruang dalam lebih rendah 31°C dan suhu radian rata-rata < 5°C (Lippsmeier, 1980). Kegagalan ruang dalam pembentukan kenyamanan juga didukung dari tingginya penggunaan teknologi pada rumah tinggal yang terhitung sebagai berikut:

Tabel 1.1 Besaran energi pada rumah tinggal

Jenis teknologi	Energi utama: Digunakan selama hampir 24 jam	Energi pendukung: Digunakan selama 12 hingga 18 jam	Besaran energi yang digunakan
<i>Air conditioning</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	52,04 kWh
Penghangat air	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0192 kWh
Kompor		<input checked="" type="checkbox"/>	1 tungku = 100 kWh
Kulkas	<input checked="" type="checkbox"/>		5,28 kWh
Mesin cuci		<input checked="" type="checkbox"/>	6,9 kWh
Komputer	<input checked="" type="checkbox"/>		96 kWh
Lampu		<input checked="" type="checkbox"/>	3,62
Pompa air	<input checked="" type="checkbox"/>		280 kWh
Penanak nasi	<input checked="" type="checkbox"/>		9,6 kWh
TV		<input checked="" type="checkbox"/>	0,236 kWh
Total energi			558,22 kWh
Total energi per hari per orang			558,22 : 4 (penghuni) 139,55 kWh atau 1,64 kWh per meter per hari

Ket.: berdasarkan standar PLN, kategori rumah tinggal dengan Intensitas Konsumsi Energi cukup efisien jika berada diantara 1,67 kWh/m²/bulan (Priyandono, 2014).

4. KESIMPULAN

Pemenuhan kenyamanan yang berdasar kepada ketergantungan manusia terhadap teknologi menunjukkan hasil yang berdampak negatif dari segi emisi dan ekonomi. Hasil analisa yang dilakukan pada objek studi menunjukkan bahwa perancangan yang berdasar kepada keinginan manusia mengikuti gaya hidup tidak memberikan hasil yang baik dalam hal pembentukan termal ruang dan memberikan perasaan tidak nyaman kepada manusia yang tinggal di dalamnya. Selain itu, penggunaan teknologi yang digunakan untuk pembentukan kenyamanan dan pemenuhan kebutuhan sehari-hari membuat konsumsi energi rumah tinggal menjadi jauh melebihi standar konsumsi energi yang telah diterapkan oleh PLN. Berdasarkan hal tersebut, maka pembatasan pemahaman “terpusat kepada manusia” dalam perkembangan teknologi 5.0 menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk meminimalisasi emisi. Hal ini juga menjadi penting, karena fokus utama teknologi 5.0 adalah menjawab kritik yang diterima oleh teknologi 4.0 mengenai penggunaan robot untuk menggantikan posisi manusia, namun hingga saat ini, jawaban yang akan ditunjukkan oleh teknologi 5.0 adalah mencari garis tengah agar manusia dan robot dapat bekerjasama atau dengan kata lain. Dalam skenario yang terburuk, teknologi 5.0 hanya menjadi suatu pembenaran yang menutupi kesalahan dari perkembangan sebelumnya. Telaah teori dan kasus studi menunjukkan bahwa pemahaman “terpusat kepada manusia” dapat dilakukan dengan cara membentuk pola pikir baru yang mendahulukan penggunaan teknologi yang menggunakan alam dalam pengoperasiannya, seperti *mini solar panel* dan *mini wind turbin*, sehingga kelinieran antara lingkungan, arsitektur, teknologi, dan manusia dapat terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Prof. Gagoek Hardiman dan DR. Rumiati Tobing yang membimbing, menyemangati, dan meyakinkan saya untuk selalu menulis dan meyakini pemikiran saya. Saya berharap tulisan saya dapat digunakan untuk menambah pengetahuan di dunia akademisi atau praktisi.



PUSTAKA

- Belshaw, Christopher. 2001. *Environmental Philosophy: Reason, Nature, and Human Concern*. New York: Routledge.
- Brolin, C. Brent. 1976. *The Failure of Modern Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Corbusier, Le. 1931. *Towards A New Architecture*. New York: Dover Publications, Inc.
- Curry, Patrick. 2011. *Ecological Ethics: An Introduction*. United Kingdom: Polity Press.
- DeKay, Mark; Brown. G.Z. 2014. *Sun, Wind, Light: Architectural Design Strategies*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hoppit, Julian. 2011. The Nation, The State, and The First Industrial Revolution. *Journal of British Studies*.
- James. P. Simon. 2015. *Environmental Philosophy: An Introduction*. United Kingdom: Polity Press.
- Lippsmeier, Georg. 1980. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- Priyandono, Bambang. 2014. *Audit Energi Listrik Rumah Tinggal: Penghematan Energi Listrik Rumah Tinggal Menggunakan Filter Pasif*. TEDC, hal: 92-97.
- Sarkar, Sahotra. 2012. *Environmental Philosophy: From Theory to Practice*. United Kingdom: John Wiley&Sons.
- Suharyati., Sadmoko Hesti Pambudi, Jamaludin Lastiko Wibowo, Nurina Indah Pratiwi. *Indonesia Energy Outlook 2019*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.