

KONTRIBUSI *PHOTOVOLTAIC* PADA BANGUNAN “*CARBON NEUTRAL*” DALAM PENGURANGAN EMISI CO₂

Vonny Tsamara^{1*}, Rizki Chona'ah¹

¹ Program Studi Arsitektur, UPN “Veteran” Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya

* vonnytsamara@gmail.com

ABSTRAK

Proses terbentuknya sebuah bangunan menggunakan energi yang besar mulai dari tahap pembangunan hingga masa pakainya. Hal tersebut dapat memicu terjadinya pemanasan global. Meskipun konsep bangunan berkelanjutan sudah mulai diterapkan, namun pengaruhnya masih kurang, sebab tidak memperhatikan energi yang dihabiskan selama tahap pembangunan. Artikel ilmiah ini membahas tentang upaya pengurangan *carbon footprint* melalui konsep *carbon neutral* yang menjadikan konsumsi karbon bangunan dapat kembali ke titik nol melalui pengurangan emisi CO₂ dalam konsumsi energi listrik. Metode yang digunakan adalah *summative evaluation* pada karya arsitektur The Glaxo Smith Kline Carbon Neutral Laboratories for Sustainable Chemistry yang berada di Nottingham University untuk ditinjau kembali konsumsi energi listrik mulai tahap pembangunan hingga masa pakainya. Dari hasil metode ini diperoleh pembuktian bahwa bangunan yang menggunakan teknologi *photovoltaic* dalam mengubah sinar matahari menjadi energi listrik telah berkontribusi sebesar 60,2% dari total kebutuhan energi listrik dalam upaya pengurangan emisi CO₂ melalui sistem dimana kelebihan energi yang dihasilkan dijadikan sebagai kredit karbon untuk “membayar kembali” karbon yang digunakan selama tahap pembangunannya.

Kata-kunci: *Carbon Neutral*; Emisi CO₂; Energi Listrik; *Photovoltaic*.

THE CONTRIBUTION OF PHOTOVOLTAICS ON “CARBON NEUTRAL” BUILDINGS IN REDUCING CO₂ EMISSIONS

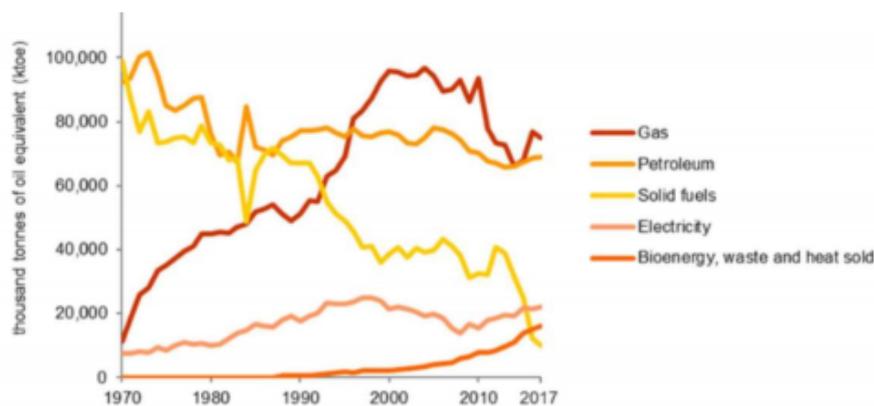
ABSTRACT

The formation process of a building from the construction phase up to the use of building require much energy. It triggers the happening of global warming. Although the concept of building sustainability applies from now on, but the effect is considerably less, because it doesn't concern the energy used that consumes on the construction phase. This scientific article is about the effort of reducing the carbon footprint through the concept of carbon neutral that allows the carbon consumption of building returns to zero point by the CO₂ emission reduction in electrical energy consumption. The method is summative evaluation on the architectural work of The Glaxo Smith Kline Carbon Neutral Laboratories for Sustainable Chemistry at Nottingham University to reviewing the electrical energy consumption from the construction phase to the use of the building. The result of this method is proving the building that use photovoltaic technology, which change the sunlight into electrical energy contributes 60,2% of the total electrical energy needs on the effort of CO₂ emission reduction through the systems which the excess energies produced are as carbon credits for “paying back” the carbon used during the construction phase. Through this building, human, nature and technology can walk in harmony without being second-numbered.

Keywords: *Carbon Neutral*; CO₂ Emission; Energy Electricity; *Photovoltaic*.

PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi energi utama sebagai sumber tenaga dalam pengoperasian peralatan pembangunan, juga menjadi energi utama selama masa pakainya, seperti penggunaan daya pada alat elektronik. Berdasarkan Department for Business Energy and Industrial Strategy dalam konsumsi energi di United Kingdom (2018), pada tahun 2017 United Kingdom menghabiskan energi listrik sebesar 20.000 ktoe atau 232,600,000,000 kWh. Berdasarkan gambar 1, mulai tahun 1970 hingga 2000 konsumsi energi listrik mengalami peningkatan kemudian menurun hingga tahun 2010 dan meningkat kembali pada tahun 2017, peningkatan ini menjadi suatu ancaman jika tidak ditindaklanjuti. Peningkatan energi listrik ini menyebabkan peningkatan produksi *carbon footprint*, khususnya emisi CO₂. Ketika CO₂ dilepaskan secara berlebihan, maka akan menimbulkan peningkatan temperatur bumi yang berpotensi memperparah pemanasan global.



Gambar 1. Energy Consumptions in United Kingdom
(Sumber: BEIS ECUK, 2018)

Pemanasan global merupakan suatu ancaman yang besar bagi kehidupan di bumi seperti perubahan suhu yang ekstrem, iklim dan cuaca yang tidak menentu yang disebabkan oleh ketidakpedulian manusia dengan lingkungan sekitar serta penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan, sehingga manusia menjadi subjek yang harus bertindak dan bertanggung jawab (Rusbiantoro, 2008: 23). Konsep *sustainable architecture* hadir sebagai solusi dari ancaman pemanasan global, dengan meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan melalui efisiensi energi. *Sustainable architecture* adalah konsep arsitektur sebagai tanggapan terhadap berbagai keprihatinan saat ini tentang efek dari aktivitas manusia terhadap lingkungan. *Green, ecological, and environmental* merupakan gagasan *fundamental* dalam setiap desain bangunan yang berdampak pada lingkungan sekitar, melalui pendekatan seperti *low energy, solar and passive* untuk mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil dalam pengoperasian bangunan yang menjadi dasar dari konsep *sustainable architecture* (Bennets dkk, 2002). Pada kenyataannya masih banyak perancang yang hanya memikirkan dampak emisi dari bangunan selama masa pakainya, namun sebenarnya emisi juga bisa dihasilkan selama tahap pembangunan (Roche, 2012: 17). Maka dari itu konsep *carbon neutral* menjadi pelengkap dari konsep *sustainable architecture* karena perancang dituntut memperhatikan perencanaan desainnya mulai dari tahap pembangunan hingga masa pakainya dalam aspek energi yang dikonsumsi.



Gambar 2. *The GSK Sustainable Chemistry*
(Sumber: *The Riba Journal*, 2018)

Karya arsitektur *The Glaxo Smith Kline Carbon Neutral Laboratories for Sustainable Chemistry at Nottingham University* atau *The GSK Sustainable Chemistry* (gambar 2) adalah contoh penerapan konsep *carbon neutral* dimana kelebihan energi yang dihasilkan dijadikan sebagai kredit karbon untuk “membayar kembali” karbon yang digunakan selama tahap pembangunannya, dengan cara mengurangi produksi emisi CO₂ dalam aspek konsumsi energi listriknya. Melalui penelitian ini akan dibahas pembuktian dari upaya pengurangan *carbon footprint* yang menjadikan bangunan dapat kembali ke titik nol.

METODE

Metode penelitian yang dipakai adalah *summative evaluation* (Community Sustainability Engagement, 2010) dengan pendekatan kuantitatif. Dalam pelaksanaannya dilakukan dengan memeriksa dan menguraikan data laporan rutin konsumsi energi listrik mulai tahap pembangunan hingga masa pakainya dari *The GSK Sustainable Chemistry* sebagai pembuktian konsep “*carbon neutral*” yang diusung. Alur penelitian ini dimulai dari studi literatur, analisa pendahuluan, penyusunan diskusi dan analisa data, serta perhitungan pengurangan emisi CO₂ melalui aplikasi *my carbon calculator* oleh Carbon Neutral Charitable Fund (CNDP), yang mengonversikan satuan produksi energi listrik (kWh) menjadi *tonnes of carbons*. Data untuk konsumsi energi listrik oleh Jubilee Campuss dan *The GSK Sustainable Chemistry* diperoleh dari *Annual Energy Reports and Annual Carbon Reports e-books*, data teori dan argumen diperoleh dari *handbook*, jurnal ilmiah dan sumber daring berupa artikel resmi dari website resmi.

HASIL DAN DISKUSI

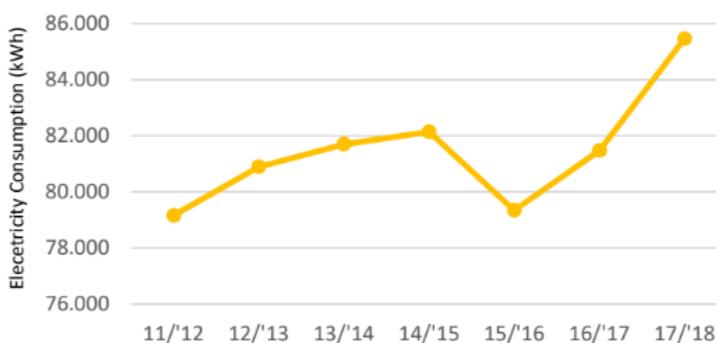
Sebagai energi utama untuk peralatan listrik dan penunjang berbagai aktivitas manusia seperti moda transportasi hingga *thermal comfort*, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Peningkatan ini memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena energi listrik menghasilkan emisi CO₂. *The Carbon Neutral Design Process (CNDP)* bertujuan untuk mengurangi emisi antropogenik dan dampak perubahan iklim yang nyata melalui pengurangan emisi dari sektor bangunan (Roche, 2012: 17). Emisi antropogenik merupakan emisi yang dihasilkan dari aktivitas manusia, salah satunya dalam proses mendirikan suatu bangunan. Nottingham University merupakan sebuah komplek

kampus yang memiliki konsumsi energi listrik cukup besar sebagai penunjang aktivitas dalam proses pendidikannya (tabel 1 dan gambar 3). Di bawah ini menunjukkan total konsumsi energi listrik dalam kurun waktu 2011 hingga 2018:

Tabel 1. *Electricity Consumptions of Nottingham University*

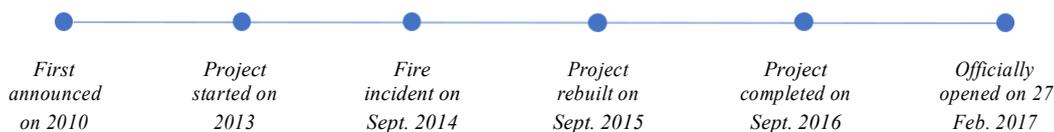
<i>Annual Electricity Consumptions</i>	<i>kWh</i>	<i>Emissions (tonnes)</i>
2011/2012	79,165,000	72,831.8
2012/2013	80,898,000	74,426.16
2013/2014	81,704,000	75,167.68
2014/2015	82,143,000	75,571.56
2015/2016	79,342,000	72,994.64
2016/2017	81,474,000	74,956.08
2017/2018	85,468,000	78,630.56
Total	570,194,000	453,811.48

(Sumber: *Annual Energy Report of Nottingham University, 2011-2018*)



Gambar 3. *Electricity Consumptions of Nottingham University*
(Sumber: *Annual Energy Report of Nottingham University, 2011-2018*)

Rata-rata konsumsi energi listrik oleh The Nottingham University terjadi peningkatan sebesar 1,78% sehingga pengeluaran emisi CO₂. pun turut meningkat. Berdasarkan Annual Energy Report of Nottingham University tahun 2017/2018, Jubilee Campuss merupakan konsumen energi listrik terbesar yakni mencapai 6,938,373 kWh pada tahun 2017/2018 dengan luas area 56,473 m². Maka dari itu dilakukan upaya pengurangan emisi CO₂. terhadap konsumsi energi listrik melalui konsep *carbon neutral* yang diaplikasikan pada karya arsitektur The GSK Sustainable Chemistry. Konsep *carbon neutral* diterapkan pada bangunan baru dengan memperhitungkan efisiensi energi listrik yang dikonsumsi mulai dari tahap pembangunan (gambar 4) hingga masa pakainya.



Gambar 4. Garis Waktu Tahap Pembangunan dari *The GSK Sustainable Chemistry*
(Sumber: Penulis, 2019)

The GSK Sustainable Chemistry pertama kali diumumkan perencanaannya pada tahun 2010 yang kemudian baru dimulai pengerjaannya pada tahun 2013. Selama tahap

pembangunan, telah terjadi insiden kebakaran yang disebabkan oleh gangguan listrik sehingga membakar bangunan yang telah mencapai 70% tahap penyelesaian (PSBJ, 2017). Kemudian proyek tersebut sempat terhenti dan dimulai kembali pada September 2015. Pembangunan proyek selesai pada September 2016 dan resmi dibuka pada 27 Februari 2017.

Tabel 2. *The GSK Sustainable Chemistry Overview*

<i>Descriptions</i>	
<i>Building Site Location</i>	<i>UK</i>
<i>Scope of Work</i>	<i>Chemistry Laboratory</i>
<i>Floor area</i>	4,540 m ²
<i>Elevation</i>	2
<i>Construction year</i>	2015
<i>Structure</i>	Prefabricated Timber

(Sumber: Penulis, 2019)

Perhitungan konsumsi karbon pada setiap proses terutama pada tahap pembangunan dijadikan acuan batasan berapa besaran nilai yang perlu “dibayarkan kembali” oleh pemakaian bangunan. Berikut ini penjabaran konsumsi karbon yang dihasilkan di tiap proses tahap pembangunan:

Pembangunan tahap pertama

Pembangunan proyek dimulai pada tahun 2013 dan mencapai 70% tahap penyelesaian hingga September 2014. Menurut *Morgan Sindall Construction and Infrastructure Ltd* (2017), sebagai kontraktor dalam proyek *The GSK Sustainable Chemistry*, proyek ini ditargetkan mengeluarkan karbon maksimal 800 ton karbon yang sudah mencakup karbon yang terkandung dalam bahan bangunan, proses konstruksi, dan untuk pengiriman bahan ke lokasi. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka diperoleh perhitungan konsumsi karbon sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 100 \% &= \pm 800 \text{ ton karbon} \\
 70 \% &= \pm 560 \text{ ton karbon}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Jika target kontraktor untuk penyelesaian proyek ini hingga 100% menghasilkan ± 800 ton karbon, maka saat 70% penyelesaian proyek ini telah menghasilkan ± 560 ton karbon.

Insiden kebakaran

Pada September 2014, *The GSK Sustainable Chemistry* telah mencapai 70% penyelesaian yang kemudian terbakar dikarenakan gangguan listrik (gambar 4). Karena insiden kebakaran ini, maka terjadi pengeluaran konsumsi karbon yang cukup besar. Namun dalam penelitian ini, perhitungan jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan oleh insiden kebakaran tidak turut diperhitungkan karena penelitian ini lebih berfokus terhadap upaya pengembalian karbon yang dihasilkan selama tahap pembangunan.



Gambar 4. *The GSK Sustainable Chemistry Fire Incident on September 2014*
 (Sumber: *Taylor’s University School Architecture, Building and Design, Bachelor of Quantity Surveying (Honours), Construction Technology (BLD 60304), 2017*)

Pembangunan tahap kedua

Setelah insiden kebakaran kemudian proyek terhenti selama 1 tahun dan dimulai kembali dengan perencanaan yang sama seperti rancangan awal yang kemudian selesai pada September 2016 hingga resmi dibuka pada 27 Februari 2017. Selama pembangunan tahap kedua ini, jika sesuai dengan rencana awal, maka proyek telah menghasilkan ±800 ton karbon.

Masa pakai

Berdasarkan *Annual Energy Report of Nottingham University* tahun 2016/2017 dan 2017/2018 serta perhitungan emisi CO₂. oleh *Carbon Neutral Charity Funding (CNCF)*, maka diperoleh data untuk konsumsi energi listrik sebagai berikut:

Tabel 3. *Electricity Consumptions of The GSK Sustainable Chemistry*

<i>Annual Electricity Consumption</i>	<i>kWh</i>	<i>Emissions (tonnes)</i>
2016/2017	364,727	335.55
2017/2018	471,620	433.89

(Sumber: *Annual Energy Report of Nottingham University, 2016/2017 and 2017/2018* dan CNCF, 2019)

Dari tabel 3, maka dapat diperoleh produksi emisi CO₂. dari *The GSK Sustainable Chemistry* selama tahap pembangunan hingga masa pakainya, sebagai berikut:

Tabel 4. *CO₂ Emissions of The GSK Sustainable Chemistry Process Phase*

<i>Process Phase</i>	<i>CO₂ Emissions (tonnes)</i>	<i>Source</i>
Pembangunan tahap pertama	560	<i>Assumption</i>
Pembangunan tahap kedua	800	<i>Data claimed by Morgan Sindall</i>
Masa pakai tahun 2016/2017	335.55	<i>Factual Data</i>
Masa pakai tahun 2017/2018	433.89	
Masa pakai tahun 2018/2019	433.89	
Masa pakai tahun 2019/2020	433.89	
Masa pakai tahun 2020/2021	433.89	
Masa pakai tahun 2021/2022	433.89	
Masa pakai tahun 2022/2023	433.89	
Masa pakai tahun 2023/2024	433.89	
Masa pakai tahun 2024/2025	433.89	
Masa pakai tahun 2025/2026	433.89	
Masa pakai tahun 2026/2027	433.89	<i>Assumptions</i>
Masa pakai tahun 2027/2028	433.89	
Masa pakai tahun 2028/2029	433.89	

<i>Process Phase</i>	<i>CO₂ Emissions (tonnes)</i>	<i>Source</i>
Masa pakai tahun 2029/2030	433.89	<i>Assumptions</i>
Masa pakai tahun 2030/2031	433.89	
Masa pakai tahun 2031/2032	433.89	
Masa pakai tahun 2032/2033	433.89	
Masa pakai tahun 2033/2034	433.89	
Masa pakai tahun 2034/2035	433.89	
Masa pakai tahun 2035/2036	433.89	
Masa pakai tahun 2036/2037	433.89	
Masa pakai tahun 2037/2038	433.89	
Masa pakai tahun 2038/2039	433.89	
Masa pakai tahun 2039/2040	433.89	
Masa pakai tahun 2040/2041	433.89	
Total	12108,91	

(Sumber: Penulis, 2019)

Berdasarkan tabel 4 total dari emisi CO₂ yang dihasilkan selama tahap pembangunan hingga masa pakai bangunan selama 25 tahun adalah 12,108.91 *tonnes*, dimana emisi CO₂ ini berasal dari konsumsi energi listrik sebesar 13,161,877kWh (CNCF, 2019). Sebagai upaya pengurangan emisi CO₂, dibutuhkan teknologi untuk memproduksi energi listrik dari *renewable energy sources*. Salah satu teknologi yang menjanjikan dalam menghasilkan energi listrik adalah *photovoltaic (PV) systems* yang mengonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik (gambar 5). Berdasarkan situs resmi *University of Nottingham*, *photovoltaic (PV) systems* pada bangunan *The GSK Sustainable Chemistry* tersusun dari 230.9 kWp *solar array* yang menutupi 45% bagian dari atap bangunan utama.



Gambar 5. *PV array on The GSK Sustainable Chemistry*
(Sumber: *Chemistry World*, 2017)

Teknologi ini diharapkan dapat memiliki daya tahan selama 25 tahun atau lebih, meskipun hasil produksi energi listriknya cenderung menurun sekitar 1% per tahun (Kriger dan Dorsi, 2008: 150). Meskipun terjadi penurunan daya tahan pada *PV* setiap tahunnya, namun produksi energi dapat ditingkatkan dengan pemilihan desain instalasi sesuai potensi lingkungan. Desain instalasi dari *PV* yang digunakan oleh *The GSK Sustainable Chemistry* adalah *seasonally adjusted tilting* dimana deretan modul *PV* diubah secara manual berdasarkan musim yang memiliki temperatur paling tinggi untuk pengoptimalan “*tilt angle*”. Lokasi pada zona “*Midlatitude*” dapat mengubah sudut modul *PV* setiap tiga bulan untuk peningkatan produksi energi surya $\pm 5\%$ (Mintorogo, 2000: 137). Berikut produksi energi listrik yang dihasilkan oleh teknologi *photovoltaic (PV)*:

Tabel 5. *The GSK Sustainable Chemistry Photovoltaic Productions*

Year	Annual PV Productions		Source
1 st	2016/2017	205,223	Factual Data
2 nd	2017/2018	214,388	

(Sumber: *Annual Energy Report of Nottingham University, 2016-2018*)

Untuk mengetahui produksi energi listrik pada tahun-tahun berikutnya, maka diambil selisih dari *factual data* yang dikeluarkan oleh *University of Nottingham* yang kemudian selisih tersebut ditambahkan pada besaran produksi energi di tahun sebelumnya. Berikut tabel perhitungan produksi energi listrik:

Tabel 6. *The GSK Sustainable Chemistry Photovoltaic Productions*

Year	Annual PV Productions	kWp	Source	
3 rd	2018/2019	223,886	Assumptions	
4 th	2019/2020	233,217.5		
5 th	2020/2021	242,549		
6 th	2021/2022	251,880.5		
7 th	2022/2023	261,212		
8 th	2023/2024	270,543.5		
9 th	2024/2025	279,875		
10 th	2025/2026	289,206.5		
11 th	2026/2027	298,538		
12 th	2027/2028	307,869.5		
13 th	2028/2029	317,201		
14 th	2029/2030	326,532.5		
15 th	2030/2031	335,864		
16 th	2031/2032	345,195.5		
17 th	2032/2033	354,527		
18 th	2033/2034	363,858.5		
19 th	2034/2035	371,190		
20 th	2035/2036	382,521.5		
21 st	2036/2037	391,853		
22 nd	2037/2038	401,184.5		
23 rd	2038/2039	410,516		
24 th	2039/2040	419,847.5		
25 th	2040/2041	429,179		
Total		7,927,859		

(Sumber: Penulis, 2019)

Berdasarkan tabel 5 dan tabel 6 diperoleh total produksi energi listrik dari *photovoltaic (PV)* tanpa mengganti *photovoltaic cell* selama 25 tahun sebesar 7,927,859 kWh. Berikut perhitungan kontribusi *photovoltaic (PV)* terhadap total kebutuhan energi listrik oleh bangunan:

$$\begin{aligned}
 \text{Prosentase kontribusi PV} &= \\
 &= \frac{\text{Total produksi energi listrik dari PV (kWh)}}{\text{Total kebutuhan energi listrik bangunan (kWh)}} \times 100\% \\
 &= \frac{7927859 \text{ kWh}}{13161779,71 \text{ kWh}} \times 100\% \\
 &= 60,3\%
 \end{aligned}$$

Sistem “membayar kembali” dalam konsep *carbon neutral* dimana karbon yang digunakan selama tahap pembangunan hingga 25 tahun masa pakainya dapat teratasi oleh

teknologi photovoltaic yang berkontribusi sebesar 60,2% dari total kebutuhan energi listrik oleh bangunan. Photovoltaic berperan lebih besar dalam menghasilkan energi listrik dibanding biofuel combined heat and power (CHP) sebagai *renewable energy source* yang juga digunakan oleh The GSK Sustainable Chemistry. Maka dari itu, teknologi photovoltaic menjadi salah satu solusi yang menjanjikan dalam desain bangunan yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Bangunan yang menggunakan teknologi photovoltaic (PV) dengan desain instalasi *seasonally adjusted tilting* dalam mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dapat menjadi salah satu *renewable energy sources* dalam upaya pengurangan emisi CO₂ melalui sistem dimana kelebihan energi yang dihasilkan dijadikan sebagai kredit karbon untuk “membayar kembali” karbon yang digunakan selama tahap pembangunan hingga masa pakainya, dengan cara mengurangi produksi emisi CO₂. Dalam kurun waktu 25 tahun setelah tahap pembangunan selesai (2016), The GSK Sustainable Chemistry ini menghasilkan energi listrik sebesar 7,927,859 kWp dari photovoltaic (PV), sedangkan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh The GSK Sustainable Chemistry mulai tahap pembangunan hingga masa pakai selama 25 tahun membutuhkan energi listrik sebesar 13,161,877 kWh. Maka dari itu teknologi photovoltaic (PV) telah berkontribusi sebesar 60,2% dari total kebutuhan energi listrik oleh bangunan. Kesimpulannya adalah hasil penelitian ini dapat menjadi data representatif bahwa bangunan dengan konsep *carbon neutral* yang menggunakan teknologi photovoltaic menjadi solusi yang disarankan untuk diaplikasikan oleh para perancang bangunan, sehingga emisi CO₂ tidak lagi menjadi ancaman bagi kehidupan di bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas berkah yang dilimpahkan-Nya dalam proses pengerjaan jurnal ilmiah Kontribusi Photovoltaic pada Bangunan “Carbon Neutral” dalam Pengurangan Emisi Co₂. Selanjutnya, kepada Ibu Adibah Nurul Yunisyah, S.T., B.B.E, Msc dan Bapak M. Pranoto, S.T., M.T sebagai dosen Program Studi Arsitektur, UPN “Veteran Jawa Timur” yang telah membimbing kami dalam mengikuti Seminar Arsitektur Nasional Petra 2019 di Universitas Kristen Petra Surabaya, serta teman-teman mahasiswa yang banyak membantu. Semoga jurnal ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pembaca dikemudian hari.

DAFTAR PUSTAKA

Bennets, H. dkk. 2002. *Understanding Sustainable Architecture*. Taylor and Francis Group. London.

Carbon Neutral Charitable Fund. 2019. My Carbon Calculator. Dilihat 19 Maret 2019. <<https://cncf.com.au/carbon-calculator/>>.

Department for Business Energy and Industrial Strategy (BEIS), (2018), Energy Consumptions in United Kingdom, BEIS. United Kingdom.

Krigger, J. dan C. Dorsi. 2008. The Homeowner's Handbook to Energy Efficiency: A Guide to Big and Small Improvements, First Edition. Saturn Resource Management, Inc. Montana.

Mintorogo, D.S. 2000. Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) Pada Perumahan dan Bangunan Komersial. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur 28(2): 137

Morgan Sindall Constructions. 2014. Center for Sustainable Chemistry, University of Nottingham. Dilihat 17 Maret 2019. <<https://construction.morgansindall.com/case-study/centre-sustainable-chemistry-university-nottingham>>

Public Sector Build Journal. 2014. Morgan Sindall Sustainable Laboratory Completes in Spite of Serious Setback. Dilihat 15 Maret 2019. <<http://www.psbj.co.uk/features/from-the-magazine/upfront/1095-morgan-sindall-sustainable-laboratory-completes-in-spite-of-serious-setback>>.

Roche, P.L. 2012. Carbon-Neutral Architectural Design. Taylor and Francis Group. New York.

Rusbiantoro, D. 2008. Global Warming For Beginner: Pengantar Komprehensif tentang Pemanasan Global. Cetakan Pertama. Penembahan. Yogyakarta.

The RIBA Journal. 2018. The GlaxoSmithKline Carbon Neutral Laboratories, Nottingham. Dilihat 22 Maret 2019. <<https://www.ribaj.com/buildings/regional-awards-2018-the-glaxosmithkline-carbon-neutral-laboratories-for-sustainable-chemistry-nottingham-fairhursts-design-group>>.

University of Nottingham. 2012. Annual Energy Report 2011/12. University of Nottingham. Nottingham.

University of Nottingham. 2013. Annual Energy Report 2012/13. University of Nottingham. Nottingham.

University of Nottingham. 2014. Annual Energy Report 2013/14. University of Nottingham. Nottingham.

University of Nottingham. 2015. Annual Energy Report 2014/15. University of Nottingham. Nottingham.

- University of Nottingham. 2016. Annual Energy Report 2015/16. University of Nottingham. Nottingham.
- University of Nottingham. 2017. Annual Energy Report 2016/17. University of Nottingham. Nottingham.
- University of Nottingham. 2018. Annual Energy Report 2017/18. University of Nottingham. Nottingham.
- University of Nottingham. 2014. The Carbon Neutral Laboratory. Dilihat 15 Maret 2019. <<https://www.nottingham.ac.uk/chemistry/research/centre-for-sustainable-chemistry/the-carbon-neutral-laboratory.aspx>>.
- Walter, Patrick. 2017. Chemistry Labs at Nottingham Point Way to Sustainable Future. Dilihat 21 Maret 2019. <<https://www.chemistryworld.com/news/nottingham-green-labs-rise-from-ashes/2500511.article>>.
- Walter, Patrick. 2017. Green Labs Rise from Ashes. Dilihat 22 Maret 2019. <<https://www.chemistryworld.com/news/nottingham-green-labs-rise-from-ashes/2500511.article>>.