

## Jejak Karbon Di Bangunan Staff Politeknik Kuching Sarawak

Redzuan Safri Abdul Rahman<sup>1,\*</sup>, Norain Ali<sup>1</sup>, Ayub Abdullah<sup>1</sup>, dan Che Zaidi Che Hassan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Kuching, 93050 Kuching, Sarawak, Malaysia

\* Corresponding author: redzuan.s@poliku.edu.my

### Abstrak

Jejak karbon merupakan satu keperluan utama didalam mengetahui jumlah karbon CO<sub>2</sub> yang memberi kesan terhadap pencemaran alam sekitar. Bagi menyahut seruan kerajaan di dalam membawa negara Malaysia kearah kelestarian alam sekitar yang mampan, maka kajian terhadap pembebasan karbon telah dijalankan di bangunan staf Politeknik Kuching Sarawak. Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengetahui jumlah kecerahan yang dibebaskan oleh cahaya lampu dan perkakasan komputer. Daripada jumlah lux yang terhasil, dapatlah ditentukan nilai CO<sub>2</sub> yang dibebaskan dengan merujuk ISO 40764, piawaian ASHRAE dan piawaian CIBSE. Objektif kedua kajian ini adalah mengenalpasti tahap keselesaan termal ruang bekerja dan seterusnya mengira jumlah pembebasan karbon yang terhasil di dalam bangunan staf tersebut. Kesenambungan daripada jumlah lux yang terhasil memberi kesan kepada tahap keselesaan termal dan tahap pencemaran gas rumah hijau.

Kajian ini dilaksanakan dengan menggunakan alat lux meter dan Infrared Camera FLIR E8. Dapatan kajian menunjukkan tahap keselesaan termal ruang kerja yang diperolehi adalah 37°C dan ini diklasifikasi merujuk kepada piawaian ASHRAE suhu tersebut berada pada nilai maksimum termal selesa. Manakala jumlah pembebasan karbon yang terhasil daripada pengiraan yang dibuat adalah sebanyak 64.005 ton setahun. Oleh itu tindakan bagi mengurangkan pembebasan karbon seperti menukarkan penggunaan lampu kalimantang kepada lampu LED, ini kerana lampu LED menggunakan tenaga elektrik yang rendah dan pengurusan penggunaan komputer yang berhemah perlu diterapkan dikalangan pekerja. Penggunaan computer mengikut keperluan dan ditutup sekiranya tidak digunakan atau ketika staf tiada di meja dapat mengurangkan penggunaan tenaga elektrik dan seterusnya mengurangkan kadar pembebasan CO<sub>2</sub> di dalam ruang kerja. Demi memampatkan kelestarian hijau dan menyelamatkan generasi akan datang penerapan nilai di dalam kepentingan mengurangkan pembebasan karbon harus diterapkan di kalangan masyarakat.

*Kata kunci:* - jejak karbon, ruang kerja, kelestarian mampan

### 1. Pengenalan

Peningkatan karbon merupakan salah satu faktor yang memberi kesan kepada pencemaran alam sekitar. Bagi merealisasikan kehendak *Blue Print Smartgreen PolyCC*. Kajian jejak karbon dijalankan bagi mengetahui kadar pembebasan CO<sub>2</sub> di dalam ruang kerja, dengan memperolehi jumlah pembebasan CO<sub>2</sub> tersebut maka tindakan untuk mengurangkan kadar pembebasan CO<sub>2</sub> dapat dilaksanakan. Secara tidak langsung tindakan yang diambil menjadikan Politeknik Kuching Sarawak ke arah persekitaran hijau yang mampan.

#### 1.1 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini adalah bagi mengenalpasti aras kecerahan yang terhasil daripada lampu, menganalisis tahap kecerahan yang dihasilkan dengan merujuk kepada piawaian CIBSE, mengukur tahap keselesaan termal ruang kerja merujuk kepada piawaian ASHRAE (Gilani et al., 2015) dan seterusnya menilai tahap pembebasan karbon yang terhasil daripada lampu dan komputer yang terdapat diruang pejabat. Skop kajian hanya tertumpu kepada ruang kerja di bangunan staf,

Politeknik Kuching Sarawak dan kajian hanya mengambilkira pembebasan karbon yang terhasil disebabkan oleh kesan cahaya lampu kalimantang dan perkakasan komputer.

### 2. Kajian Literatur

Peningkatan karbon secara progresif menjadi isu mendesak di seluruh dunia, dengan banyak negara menyokongnya untuk mengurangkan pelepasan karbon. Sebilangan besar bangunan domestik masih bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber tenaga, dan ini merupakan antara faktor yang memberi peningkatan terhadap pembebasan karbon (Pomfret, 2017).

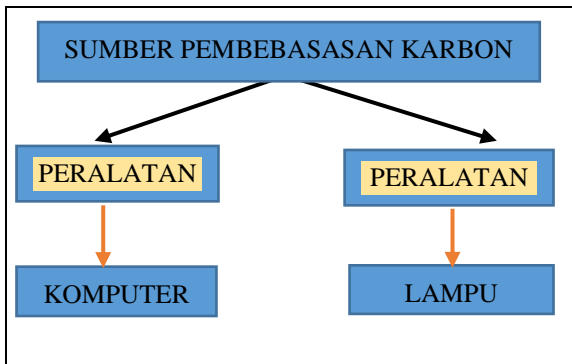
Kesan pelepasan karbon sebagai penyebab utama perubahan iklim telah menimbulkan kebimbangan dan cabaran bagi masyarakat dunia. Dalam usaha mengurangkan pelepasan karbon di persekitaran, kajian mengenai jejak karbon aktiviti kampus perlu dilakukan (Sagala, 2017).

Selain itu masalah pelepasan gas hijau yang disebabkan oleh jejak karbon atau jejak karbon aktiviti manusia telah lama dikenal pasti, ianya juga merupakan penyebab utama fenomena pemanasan

global, yang semakin menjadi perhatian masyarakat dunia.

**3. Metodologi Kajian**

Kaedah kajian dijalankan dengan menyediakan pelan susunatur pengukuran pencerapan, kemudian dengan menggunakan alat “lux meter” pencerapan kecerahan akan diambil bagi setiap meja pensyarah yang terdapat didalam kawasan tersebut. Pengukuran pencerapan dibuat pada aras meja atau aras kerja seterusnya dengan menggunakan alat “Thermal Imager” pengukuran tahap kepanasan ruang yang terhasil daripada cahaya lampu dan perkakasan komputer dapat diukur. Masa pengukuran dijalankan pada waktu bekerja bermula dari jam 9 pagi hingga 5 petang. Keadaan cuaca semasa kajian dijalankan adalah pada musim sederhana panas.



Rajah 1: Sumber pelepasan karbon dalam operasi pejabat

**3.1 Kaedah Pengiraan**

Di dalam bahagian ini, kaedah pengiraan dibuat bagi menerangkan kadar pelepasan karbon CO<sub>2</sub> yang terhasil daripada penggunaan lampu kalimantang didalam bangunan staf akademik Politeknik Kuching Sarawak. Pengiraan pembebasan karbon untuk perkakasan komputer dan lampu kalimantang dikira adalah seperti berikut (CIBSE, 2015):

$$Ec = (Pc;i \times tc;i \times dmth) \tag{1}$$

*Ec*: penggunaan tenaga yang terhasil daripada penggunaan computer (kWh/bulan).

*Pc,i*: Kadar kuasa elektrik harian yang terhasil daripada penggunaan computer (setiap jam)

*tc,i*: operasi penggunaan komputer secara harian (jam waktu penggunaan)

*dmth*: Bilangan hari komputer beroperasi didalam masa sebulan.

Pengiraan pembebasan karbon untuk lampu:

$$CFPlight = ADlight \times Eflight \tag{2}$$

*AD* – Penggunaan tenaga (kWh),

*EF*- Faktor pelepasan karbon (kgCO<sub>2</sub>e.kWh)

$$CFP = \text{Jejak karbon} \tag{3}$$

**4. Analisis Kajian**

**4.1 Pengukuran Aras Kecerahan Lampu di Dalam Ruang Pejabat Jabatan Kejuruteraan Awam, PKS**

Dapatan analisis dibuat dengan menggunakan lux-meter untuk mendapatkan kecerahan yang diperlukan. Hasil analisis menunjukkan bahawa jadual yang berwarna biru mempunyai bacaan dengan akses 150 lux, jadual berwarna hijau menunjukkan bacaan antara 91 lux hingga 149 lux dan jadual berwarna kelabu menunjukkan bacaan kurang dari 90 lux. Menurut piawaian CIBSE 2015 (CIBSE, 2015) untuk pencahayaan ruang pejabat nilai pencahayaan mestilah minimum 100 lux.

Cerapan yang dibuat pada jam 9.00 pagi, bacaan lux keseluruhan 83.8% melebihi 100 lux dan ini merupakan had minimum yang ditetapkan oleh piawaian CIBSE, ini menunjukkan bahawa pada jam 9.00 pagi keseluruhan kecerahan bangunan bergantung kepada penggunaan lampu kalimantang dan ruang bukaan pejabat iaitu tingkap ditutup dengan menggunakan langsir. Bagi pencerapan di zon 18, 19, 24, 25 dan 26 sahaja yang mempunyai bacaan kurang dari 100 lux, ini disebabkan ruang tersebut berada pada bucu pejabat dan dinding terlindung dari bangunan lain.

Jadual 1: Pencerapan kecerahan lampu kalimantang yang diambil pada 1 April 2021.

Zon	Time / Lux			
	9:00	12:00	2:00	3:00
1	119	121	119	122
2	739	741	740	740
3	91	100	98	96
4	151	161	151	151
5	791	791	791	792
6	741	743	741	740
7	91	89	91	89
8	151	158	151	148
9	151	158	151	149
10	151	156	151	158
11	741	748	741	740
12	119	125	119	119
13	119	124	119	118
14	119	122	119	118
15	119	122	119	118
16	151	179	151	151
17	119	133	119	117
18	119	129	119	118
19	136	140	136	135
20	151	159	151	156
21	119	128	119	118
22	151	166	151	156
23	151	161	151	152
24	107	111	107	111
25	110	128	110	108
26	181	213	181	188
27	151	149	151	148
28	180	190	180	180
29	52	59	52	50
30	67	70	67	65

Bacaan yang diambil pada pukul 12.00 dan 3.00 petang pada hari yang sama menunjukkan keseluruhan kecerahan 100% lebih daripada bacaan 100 lux di mana ia memenuhi standard minimum yang dinyatakan dalam piawaian CIBSE untuk ruang kerja. Oleh itu, analisis menunjukkan bahawa pada jam 9.00 pagi hingga 3.00 petang pada 29 Mac 2021, seluruh ruang kerja hanya menggunakan lampu kalimantang sebagai sumber utama pencahayaan.

#### 4.2 Pengukuran Tahap Keselesaan Termal Ruang Kerja

Analisis yang telah dibuat didalam ruang kerja bagi mendapatkan nilai tahap keselesaan termal menunjukkan purata suhu maksimum adalah 44.5°C dan purata suhu minimum adalah 30.56°C. Sebanyak 10 lokasi cerapan dibuat bagi keseluruhan ruang kerja, ini adalah bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih tepat. Daripada analisis data tersebut menunjukkan suhu tinggi bagi kawasan kerja yang sedang menggunakan komputer, ini membuktikan bahawa pembebasan cahaya yang dikeluarkan oleh skrin komputer mempengaruhi suhu persekitaran. Merujuk kepada jadual keselesaan termal George Winterling (1978) di dalam piawaian ASHRAE 55 suhu selesa adalah berada kurang daripada 30°C. Dapatan analisis menunjukkan tahap keselesaan ruang kerja berada dalam keadaan suhu kurang selesa dan merujuk kepada piawaian ASHRAE suhu ini akan memberi kesan kepada penghuni ruang atau pekerja mudah merasa letih.

#### 4.3 Pengiraan Tahap Pembebasan Karbon Yang Terhasil Daripada Lampu Kalimantanang Dan Penggunaan Komputer

Pengiraan tahap pembebasan karbon yang terhasil daripada lampu kelimantang dan penggunaan komputer bagi bangunan staf akademik adalah berdasarkan kepada bilangan lampu dan bilangan komputer di dalam semua ruang pejabat dibangunan tersebut. Ruang pejabat dipilih untuk kajian ini adalah kerana ruang pejabat merupakan satu ruang kerja yang digunakan dalam tempoh masa yang lama iaitu selama 8 jam sehari. Penggunaan kedua-dua jenis peralatan elektrik ini dalam kadar masa yang panjang secara tidak langsung menghasilkan pembebasan karbon di dalam persekitaran ruang kerja. Terdapat empat ruang kerja dibangunan staf Politeknik Kuching Sarawak, iaitu pada aras bawah bangunan staf Jabatan Kejuruteraan Awam dan Jabatan Kejuruteraan Mekanikal manakala bagi aras satu pula terdapat ruang kerja bagi staf Jabatan Kejuruteraan Elektrik dan ruang kerja untuk staf Jabatan Perdagangan. Hampir 80% staf berada di dalam ruang kerja tersebut dan selebihnya berada di bengkel atau makmal. Jadual di bawah

menunjukkan hasil dapatan analisis jumlah penggunaan lampu kalimantang dan komputer bagi bangunan staf akademik Politeknik Kuching Sarawak.

Jadual 2 Analisis jumlah penggunaan komputer dan lampu kalimantang dalam Kwh.

Item	Unit	KW	Jam/ hari	Hari/ Tahun	Kadar (RM/kwh)	Jumlah (kwh)
<b>Bangunan Staf</b>						
Lampu Kalimantanang						
JKA	108	0.038	8	20	0.304	656.640
JKM	112	0.038	8	20	0.304	680.960
JP	112	0.038	8	20	0.304	680.960
JKE	108	0.038	8	20	0.304	656.640
Total	440					2675.2
<b>Komputer</b>						
JKA	52	0.200	8	20		1664
JKM	56	0.200	8	20		1792
JP	50	0.200	8	20		1600
JKE	50	0.200	8	20		1600
Total	208					6656
<b>Total</b>						<b>9331.2</b>

Dapatan analisis pengiraan yang telah dibuat mengikut piawaian ISO 14064-1: 2018 menunjukkan jumlah pembebasan karbon di bangunan staf Politeknik Kuching Sarawak yang terhasil daripada cahaya lampu kalimantang adalah sebanyak 18.35 ton manakala jumlah pembebasan karbon yang terhasil daripada penggunaan komputer adalah sebanyak 45.655 ton setahun. Jumlah pembebasan karbon yang terhasil dari perkakasan elektrik ini adalah sebanyak 64.005 ton setahun.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dibuat daripada kajian yang telah dijalankan bagi mendapatkan nilai jejak karbon (carbon footprint) dibangunan utama staf akademik Politeknik Kuching Sarawak telah menunjukkan hasil jejak karbon yang diperolehi adalah sebanyak 64.005 ton setahun, walaupun nilai ini merupakan nilai yang kecil namun jika dilihat dalam jangka masa panjang, ianya akan memberi kesan yang besar terhadap persekitaran. Pengurangan kadar pelepasan gas rumah hijau adalah selaras dengan komitmen Malaysia yang disuarakan ketika memuktamadkan Perjanjian Paris pada Persidangan Iklim Paris 2015 (COP21). Didalam perjanjian ini antara ikrar yang telah dibuat adalah untuk mengurangkan 40 peratus intensiti pelepasan gas rumah hijau berbanding KDNK menjelang 2020, dan akan ditingkatkan sasaran itu kepada 45 peratus menjelang 2030. Dengan kesedaran awal daripada semua pihak membolehkan Politeknik Kuching Sarawak dapat mengurangkan pembebasan karbon dan memampankan lagi persekitaran hijau sedia ada. Cadangan yang dapat dibuat bagi mengurangkan nilai pembebasan karbon bagi masa akan datang adalah dengan memberi cadangan kepada pihak pengurusan atasan untuk menukarkan penggunaan lampu kalimantang kepada penggunaan lampu LED. Hal ini bermakna lampu LED menggunakan tenaga eletrik 80 peratus lebih

rendah berbanding lampu kalimantang, kadar kuasa (watt) yang digunakan oleh lampu LED juga lebih rendah dan dapat mengurangkan lagi kadar pembebasan karbon pada alam sekitar.

Selain itu, penggunaan lampu yang lebih efisien penggunaan tenaganya juga bermaksud bil elektrik akan menjadi lebih rendah dan tentunya menjimatkan. Sepertimana yang diketahui tempoh hayat gas metana didapati lebih pendek jika dibandingkan dengan gas-gas rumah hijau yang lain iaitu 12 tahun sahaja berbanding gas karbon dioksida yang mampu bertahan selama 100 ke 300 tahun.

Kaedah terbaik untuk mengurangkan pembebasan karbon yang terhasil daripada perkakasan komputer pula antaranya adalah dengan mematikan skrin komputer jika tidak digunakan atau membiarkan komputer berada didalam mod bersiap sedia. Kemampuan melaksanakan aktiviti yang mudah ini memberi impak yang besar kepada persekitaran.

Kemampuan alam sekitar berada pada tangan semua, pengurangan pembebasan karbon hari ni mampu memberi persekitaran yang sihat untuk generasi akan datang.

### Penghargaan

Ucapan terima kasih kepada organisasi pentadbiran Politeknik Kuching Sarawak kerana memberikan kebenaran didalam mendapatkan maklumat untuk kajian ini. Penyelidik juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat dalam menayakan kajian ini.

### Rujukan

CIBSE. (2015). CIBSE Guide A: Environmental Design. *The Chartered Institution of Building Services Engineers*, 30, 323. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(94\)00059-2](https://doi.org/10.1016/0360-1323(94)00059-2)

Guide, A. (2006). Environmental design. *Chartered Institute of Building Services Engineers (CIBSE)*.

International Organization for Standardization. (2006). "ISO 14064-1: 2018 Greenhouse Gases—Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals.

ISO/TS 14067: 2013: Carbon Footprint of Products—Requirements and Guidelines for Quantification and Communication.

Khan, M. H., & Pao, W. (2015). Thermal comfort analysis of PMV model prediction in air conditioned and naturally ventilated buildings. *Energy Procedia*, 75, 1373-1379.

Manning, P. (1995). Environmental design as a routine. *Building and Environment*, 30(2), 181-196.

Pomfret, L., & Hashemi, A. (2017). Thermal comfort in zero energy buildings. *Energy Procedia*, 134, 825-834.

Sagala, S., Sutrisno, E., & Andarani, P. (2017). *Kajian Jejak Karbon Dari Aktivitas Kampus Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).

Tjandra, T. B. (2015). Framework and methods to quantify carbon footprint based. *Journal of Cleaner Production*, 1-13.

Tjandra, T. B., Ng, R., Yeo, Z., & Song, B. (2016). Framework and methods to quantify carbon footprint based on an office environment in Singapore. *Journal of cleaner production*, 112, 4183-4195.