

LAPORAN AUDIT TENAGA

BANGUNAN JKR PERAK

OKTOBER 2015



**CAWANGAN SENGGARA FASILITI BANGUNAN,
IBU PEJABAT JKR MALAYSIA**



JKR/SKS(FB)/040.090/13/003

No.	ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
	Ringkasan Eksekutif	3
1.0	PENGENALAN	9
2.0	MAKLUMAT BANGUNAN	
	2.1 Latar belakang bangunan	11
	2.2 Waktu Operasi	12
	2.3 Bilangan Penghuni	12
	2.4 Imej Satelit	12
3.0	SKOP KERJA	13
4.0	SENARAI PERALATAN	14
5.0	PENEMUAN	
	5.1 Analisa Sejarah Bil Elektrik (Penggunaan Tenaga)	17
	5.2 Imbangan Tenaga	19
	5.3 Pecahan Tenaga Dan Profil Beban	22
	5.4 Indeks Penggunaan Tenaga	24
	5.4.1 Building Energy Intensity (BEI)	24
	5.4.2 Building Energy Cost (BEC)	25
	5.4.3 Air-Conditioning Energy Intensity Index (ACEII)	26
	5.4.4 Air-Conditioning Power Index (ACPI)	27
	5.4.5 Air- Conditioning Cost Index (ACCI)	28
	5.4.6 Lighting Power Intensity (LPI)	29
	5.4.7 Lighting Energy Intensity (LEI)	29
	5.4.8 Lighting Cost Intensity (LCI)	30
	5.5 Prestasi Sistem Aktif (Elektrik)	
	5.5.1 Pengenalan Sistem Elektrik	30
	5.5.2 Penemuan Teknikal Sistem Elektrik	31
	5.6 Prestasi Sistem Aktif (Mekanikal)	
	5.6.1 Pengenalan Sistem Mekanikal	38
	5.6.2 Penemuan Teknikal Sistem Mekanikal	39
	5.7 Prestasi Sistem Aktif (Mekanikal - Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi)	
	5.7.1 Pengenalan Sistem Aktif (Mekanikal - Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi)	53
	5.7.2 Penemuan Teknikal Ujian Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi	56
	5.8 Prestasi Sistem Pasif	
	5.8.1 Pengenalan Sistem Pasif	60

No.	ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
	5.8.2 Penemuan Teknikal Sistem Pasif	60
	5.9 Penilaian Sistem Pengurusan Tenaga	60
	5.10 Kaji Selidik Keselesaan Pengguna	60
6.0	CADANGAN LANGKAH PENJIMATAN TENAGA	
	6.1 Sistem Elektrik	
	6.1.1 Tanpa Kos	61
	6.1.2 Dengan Kos	62
	6.2 Sistem Mekanikal	
	6.2.1 Tanpa Kos	68
	6.2.2 Dengan Kos	71
	6.3 Sistem Mekanikal (Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi)	
	6.3.1 Tanpa Kos	73
	6.3.2 Dengan Kos	74
	6.4 Sistem Pasif	
	6.4.1 Tanpa Kos	74
	6.4.2 Dengan Kos	74
7.0	KESIMPULAN	75
8.0	LAMPIRAN	78

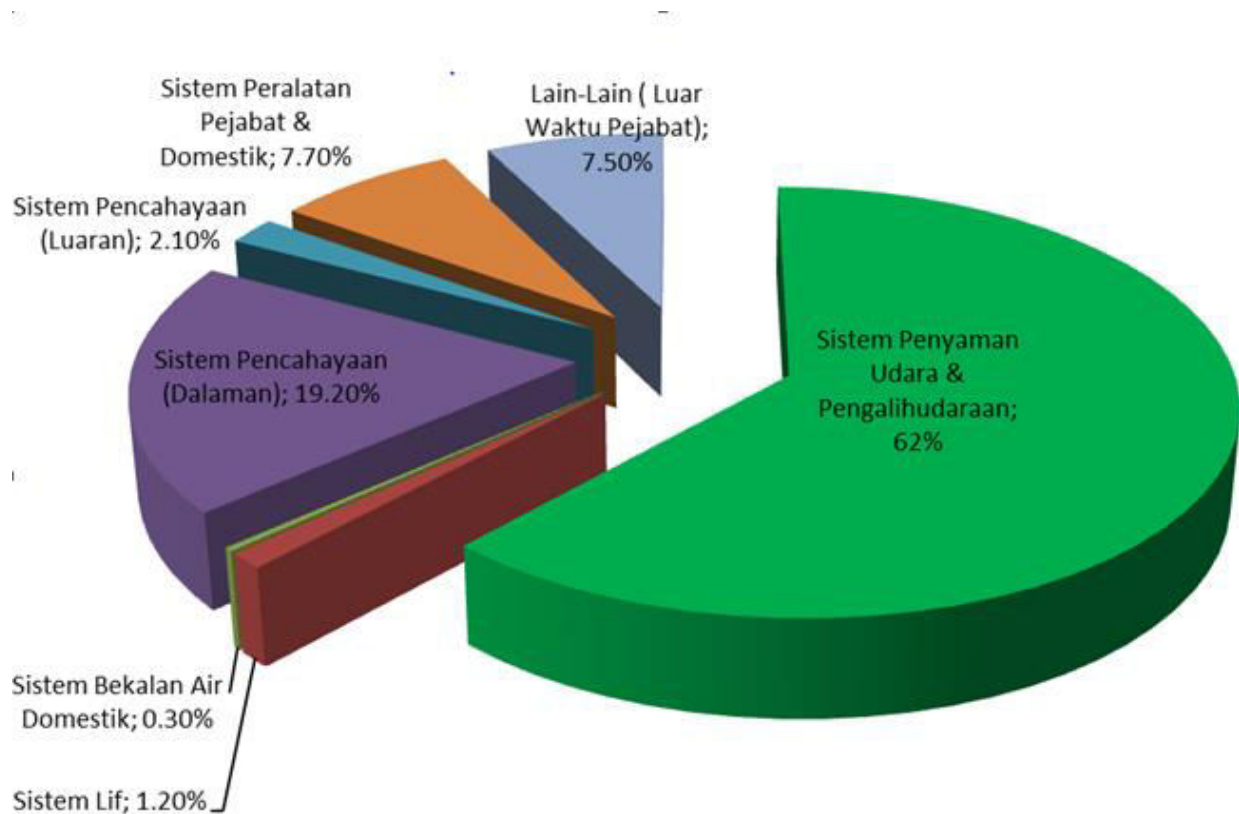
RINGKASAN EKSEKUTIF

Laporan auditan tenaga ini disediakan berdasarkan audit terperinci yang telah dijalankan di Bangunan JKR Perak, Ipoh pada 5 hingga 9 Oktober 2015. Audit tenaga yang dijalankan mendapati bahawa terdapat perbezaan penggunaan tenaga yang ketara di antara bil elektrik bulanan dan penggunaan tenaga yang direkod menggunakan *power logger*. Analisa ke atas penggunaan tenaga yang direkod menggunakan *power logger* menunjukkan terdapat penggunaan tenaga yang tidak dicaj di dalam bil elektrik bulanan sebanyak 30,715 kWj. Siasatan yang dijalankan mendapati meter TNB tidak merekodkan bacaan pada fasa kuning (*yellow phase*). Dikhuatiri, perkara ini yang menyebabkan terdapat penggunaan tenaga yang ketara yang tidak dicaj di dalam bil elektrik bulanan. Oleh yang demikian, analisa terhadap Intensiti Tenaga Bangunan (BEI) yang dikira berdasarkan bil elektrik bulanan tidak dapat dilaksanakan. Audit tenaga yang dijalankan mendapati bahawa Indeks keseluruhan penggunaan tenaga bangunan adalah seperti **Jadual 1**.

No	Perkara	Bangunan JKR Perak
1	<i>Building Energy Intensity</i> (BEI) (kWj/m ² /tahun)	-
2	<i>Building Energy Cost</i> (BEC) (RM/m ² /tahun)	-
3	<i>Lighting Power Intensity</i> (LPI) (W/m ²)	10.06
4	<i>Lighting Energy Intensity</i> (LEI) (kWj/m ² /tahun)	26.55
5	<i>Lighting Cost Intensity</i> (LCI) (RM/m ² /tahun)	13.51
6	<i>Air-Conditioning Cost Index</i> (ACCI) (RM/m ² /tahun)	36.43
7	<i>Air- Conditioning Power Index</i> (ACPI) (W/m ²)	41.29
8	<i>Air- Conditioning Energy Intensity Index</i> (ACEII) (kWj/m ² /tahun)	84.73

Jadual 1: Indeks Penggunaan Tenaga Keseluruhan Bangunan

Pecahan penggunaan tenaga keseluruhan bangunan ini adalah seperti **Rajah 1**. Didapati penggunaan tenaga tertinggi adalah dari sistem penyaman udara dan pengalihudaraan sebanyak 62 % dan kedua tertinggi adalah pencahayaan dalaman sebanyak 19.20 % diikuti oleh peralatan pejabat dan domestik sebanyak 7.70 % dan Lain-lain (Luar Waktu Pejabat) sebanyak 7.50 %.



Rajah 1: Pecahan penggunaan tenaga Keseluruhan Bangunan

Bil.	Strategi Penjimatan (Skop Elektrik)	Potensi Penjimatan (Setahun)			Kos Pelaburan (RM)	Simple Payback Period
		kW	kWj	RM		
1. Tanpa Kos						
a.	Program <i>delamping</i>	0.144	380.16	193.50	Tiada	Serta Merta
2. Dengan Kos						
a.	<u>Lampu Dalam Bangunan:</u> Retrofit lampu sedia ada T8 36 watt bersama <i>magnetic ballast</i> kepada lampu cekap tenaga T8 28 watt bersama electronic ballast	17.09	45,112.32	22,962.17	106,800.00	4.7 Thn
b.	Meletakkan pengesan pergerakan (<i>motion sensor</i>) di dalam bilik pegawai dan bilik fail.	7.56	3,991.68	2,031.77	5,000.00	2.5 Thn
c.	<u>Lampu Dalam Bangunan di Kawasan Tangga Kecemasan</u> Retrofit lampu sedia ada T8 36 watt bersama <i>magnetic ballast</i> kepada lampu cekap tenaga T5 18 watt bersama electronic ballast	1.232	10,644.48	5,418.04	14,000.00	2.6 Thn

Jadual 2: Cadangan Penjimatan Tenaga Skop Elektrik tanpa kos dan dengan kos

Bil.	Strategi Penjimatan (Skop Mekanikal)	Potensi Penjimatan (Setahun)			Kos Pelaburan (RM)	Simple Payback Period
		kW	kWj	RM		
1. Tanpa Kos						
a.	Pengimbangan semula kadar bekalan udara sejuk mengikut keperluan ruang dan pelarasan semula suhu set-point mengikut MS1525:2014.	-	4,841.2	2,081.72	Tiada	Serta Merta
b.	Penutupan pintu dan tingkap bagi mengelakkan penyusupan udara luar ke ruang berpenyaman udara.	-	4,841.2	2,081.72	Tiada	Serta Merta
c.	Melupuskan Penggunaan Air Curtain	-	833.04	358.21	Tiada	Serta Merta
d.	Melupuskan Penggunaan Sistem Penyaman Udara Jenis Window Unit.	-	12,272	5,276.96	Tiada	Serta Merta
e.	Mewujudkan dan melaksanakan Sistem Pengurusan Tenaga (SPT)	-	-			

Jadual 3: Cadangan Penjimatan Tenaga Skop Mekanikal Tanpa Kos

Bil.	Strategi Penjimatan (Skop Mekanikal)	Potensi Penjimatan (Setahun)			Kos Pelaburan (RM)	Simple Payback Period
		kW	kWj	RM		
2. Dengan Kos						
a.	Kerja-kerja mencuci dan menyenggara komponen sistem penyaman udara terutama komponen menara penyejuk (cooling tower)	-	63,681.8	27,383.17	17,000.00	8 bulan
b.	Penjadualan semula waktu operasi sistem WCPU dengan Pemasangan Timer	-	13,444.6	5,781.18	10,000.00	1 tahun 8 bulan

Jadual 4: Cadangan Penjimatan Tenaga Skop Mekanikal Dengan Kos

Definasi Singkatan

1.	BEI	=	Building Energy Intensity
2.	ACPI	=	Air- Conditioning Power Index
3.	BEC	=	Building Energy Cost
4.	LPI	=	Lighting Power Index
5.	LEI	=	Lighting Energy Index
6.	LCI	=	Lighting cost Index
7.	kW	=	kiloWatt
8.	kWj	=	kiloWatt jam
9.	m ²	=	Meter Persegi
10.	ACEII	=	Air- Conditioning Enegy Intensity Index
11.	ACCI	=	Air- Conditioning Cost index
12.	ICPT	=	Pelepasan Imbangan Kos Penjanaan (<i>Imbalance Cost Pass Through</i>)
13.	KWTBB	=	Kumpulan Wang Tenaga Boleh Baharu
14.	GST	=	Cukai Barangan dan Perkhidmatan (<i>Goods and ServicesTax</i>)

1.0 PENGENALAN

Pasukan Audit Tenaga Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR) telah menjalankan kerja Audit Tenaga di Bangunan JKR Perak, Ipoh pada 5 hingga 9 Oktober 2015 . Pasukan Audit Tenaga Ibu Pejabat JKR terdiri daripada pegawai – pegawai cawangan berikut:

- i. Cawangan Senggara Fasiliti Bangunan (Urusetia).
- ii. Cawangan Kejuruteraan Elektrik.
- iii. Cawangan Kejuruteraan Mekanikal.
- iv. Cawangan Alam Sekitar Dan Kecekapan Tenaga.

Tujuan Audit Tenaga ini dijalankan adalah bagi mengenalpasti tahap penggunaan tenaga di bangunan ini serta mencadangkan langkah-langkah penjimatan tenaga berdasarkan kategori-kategori berikut:

- i. Tanpa Kos
- ii. Dengan Kos.

Berikut adalah beberapa perkara utama yang dianalisa dan dibincangkan di dalam laporan Audit Tenaga ini, iaitu:

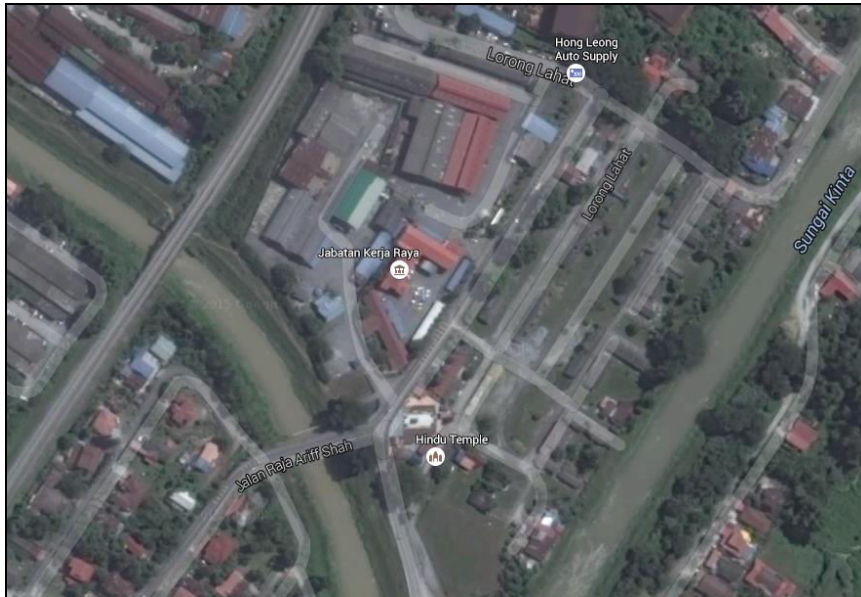
- i. Penggunaan tenaga secara keseluruhan.
- ii. Indeks tenaga bangunan.
- iii. Cadangan Kaedah Penjimatan Tenaga (berdasarkan kategori-kategori yang dinyatakan di atas).

Berikut adalah maklumat am, maklumat Pasukan Audit Tenaga JKR dan maklumat pegawai-pegawai daripada Kompleks JKR yang terlibat di dalam kerja audit tenaga ini:

Bil	PERKARA	MAKLUMAT AM	
1	Pelanggan	Pejabat Bangunan JKR Perak	
2	Lokasi & Alamat	Ibu Pejabat JKR Perak, Jalan Panglima Bukit Gantang Wahab 30000 Ipoh Perak.	
3	Wakil JKR	Cawangan Senggara Fasiliti Bangunan	En. Ir Zahri Bin Pandak En. Rozman Bin Khalid Pn. Hartini Bt Alias Pn. A Room A/P Nu Plooon En. Mohamad Aiman Bin Mohamad Radzi
		Unit Perunding Kecekapan Tenaga Elektrik, Cawangan Kejuruteraan Elektrik	En. Ir. Mohd Zaini Bin Abu Hassan En. Mohd Ainor Bin Yahya
		Unit Kecekapan Tenaga & Tenaga Diperbaharui Cawangan Kejuruteraan Mekanikal	En. Mohd Norizan Bin Md Zain Cik. Dora Ursee En.Thiagarajen A/L Munusamy
		Cawangan Alam Sekitar & Tenaga	Pn. Monaliza binti Mohd Hassan Pn. Samsiah binti Omar Pn. Siti Rohani binti Suardi En. Abdul Muiez bin Abdullah En. Mohamad Noor Adnan bin Zulkafli
4	Wakil Pelanggan	Bangunan JKR Perak	En Abdul Rani Bin Harun

2.0 MAKLUMAT BANGUNAN

2.1 Latar Belakang Bangunan



Pelan Tapak

Jabatan Kerja Raya (JKR) Perak telah ditubuhkan sejak 1878 dan berfungsi sebagai sebuah agensi teknikal kepada Kerajaan Negeri Perak Darul Ridzuan. JKR Perak berperanan melaksanakan projek-projek pembangunan dan penyenggaraan infrastruktur kepada pelbagai jabatan-jabatan negeri dan agensi-agensi kerajaan yang lain. JKR Perak juga bertanggungjawab untuk membangun dan menyenggara prasarana dan kemudahan awam untuk kesejahteraan rakyat khususnya warga Negeri Perak Darul Ridzuan.

Struktur Organisasi

Jabatan Kerja Raya Negeri Perak Darul Ridzuan diterajui oleh seorang Pengarah Kerja Raya. Beliau dibantu oleh seorang Timbalan Pengarah Kerja Raya serta sepuluh (10) Ketua-ketua Penolong Pengarah dari sepuluh (10) cawangan dan bahagian dan sepuluh (10) Jurutera Daerah dari sembilan (9) Daerah dan satu (1) Unit. Pentadbiran JKR Perak meliputi seluruh Negeri Perak seperti berikut :-

Peringkat Ibu Pejabat JKR Perak :-

1. Bahagian Pengurusan Korporat, Aras 3, Ibu Pejabat JKR Perak
2. Bahagian Pentadbiran & Kewangan, Aras 5, Ibu Pejabat JKR Perak
3. Bahagian Bangunan & Pengajian Tinggi, Aras 6, Ibu Pejabat JKR Perak
4. Bahagian Jalan, Aras 2, Ibu Pejabat JKR Perak
5. Bahagian Arkitek, Aras 4, Ibu Pejabat JKR Perak
6. Bahagian Kontrak & Ukurbahan, Aras 1, Ibu Pejabat JKR Perak
7. Bahagian Kejuruteraan Awam & Senggara, Aras 6, Ibu Pejabat JKR Perak
8. Pejabat Pengurusan Projek, Aras 3, Ibu Pejabat JKR Perak

Secara keseluruhannya keluasan bangunan adalah seperti yang berikut:

- Keluasan keseluruhan bangunan : 9,003 m²
- Luas kawasan berpenyaman udara : 7,826 m²

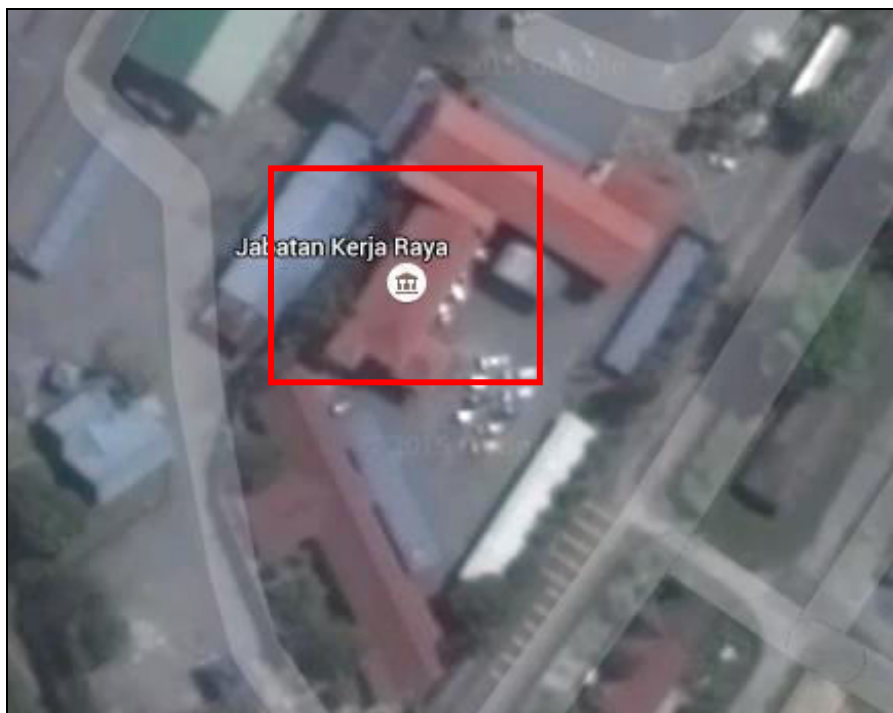
2.2 Waktu Operasi

Waktu operasi Bangunan JKR Perak, Ipoh pada 5 hingga 9 Oktober 2015 dari 7.30 pagi hingga 5.30 petang (Isnin hingga Jumaat).

2.3 Bilangan Penghuni

Bilangan kakitangan yang berkhidmat di Ibu Pejabat JKR Perak adalah seramai 139 orang. Maklumat bilangan pelawat di bangunan ini pada satu-satu masa tidak diperolehi ketika kerja audit dilakukan.

2.4 Imej Satelit



Gambar 1 : Imej Satelit Bangunan JKR Pera

3.0 SKOP KERJA

Kerja-kerja Audit Tenaga yang dijalankan merangkumi aktiviti-aktiviti seperti berikut:

- i. Pemasangan *Power Logger* pada papan suis utama bagi mendapatkan *load profile* (sistem penyaman udara, sistem lampu dan soket)
- ii. Audit terperinci bagi mendapatkan jumlah peralatan elektrik dan mekanikal seperti jenis-jenis lampu dan sistem penyaman udara yang digunakan di bangunan tersebut.
- iii. Audit terperinci bagi mendapatkan jumlah beban bagi sistem lampu dan soket pada setiap papan suis di setiap tingkat dengan menggunakan *Clamp Meter*.
- iv. Mendapatkan bacaan kWj daripada bil-bil terdahulu (Januari 2012 sehingga Mei 2015) untuk mengetahui trend tahunan penggunaan elektrik.
- v. Audit terperinci bagi mengukur kadar penyusupan udara luar ke dalam bangunan.
- vi. Penyediaan laporan.

4.0 SENARAI PERALATAN

Peralatan-peralatan yang digunakan semasa audit tenaga adalah seperti berikut:

- a) **Power Logger** – Merekod bacaan jumlah penggunaan kuasa, sistem penyaman udara dan tenaga sistem lampu dan soket di papan suis utama. **Gambar 2** menunjukkan *power logger* yang digunakan.



Gambar 2: Power Logger

- b) **Clamp Meter** – Mengambil bacaan arus elektrik (Amp) di papan agihan elektrik bagi peralatan lampu dan soket yang menghasilkan arus malar. **Gambar 3** menunjukkan *clamp meter* yang digunakan.



Gambar 3: Clamp Meter

- c) **Lux Meter** – Mengambil bacaan tahap pencahayaan (*lux level*) di dalam bangunan. **Gambar 4** menunjukkan *lux meter* yang digunakan.



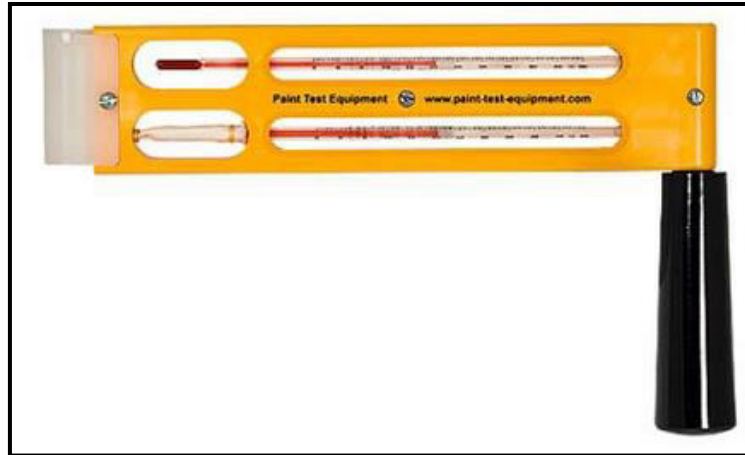
Gambar 4 : Lux Meter

- d) **Data Logger** – Mengambil bacaan suhu dan kelembapan relatif (RH) serta aras lux dalam jangka waktu yang panjang. **Gambar 5** menunjukkan *data logger* yang digunakan



Gambar 5: Data Logger

- e) ***Sling Thermometer*** – Mengambil bacaan suhu *dry bulb* dan *wet bulb* untuk setiap satu (1) jam. **Gambar 6** menunjukkan *Sling thermometer* yang digunakan.



Gambar 6:*Sling Thermometer*

- f) ***CO₂ meter*** – Menentukan bacaan CO₂ setiap bilik. **Gambar 7** menunjukkan *CO₂ meter* yang digunakan.



Gambar 7: *CO₂ Meter*

5.0 PENEMUAN

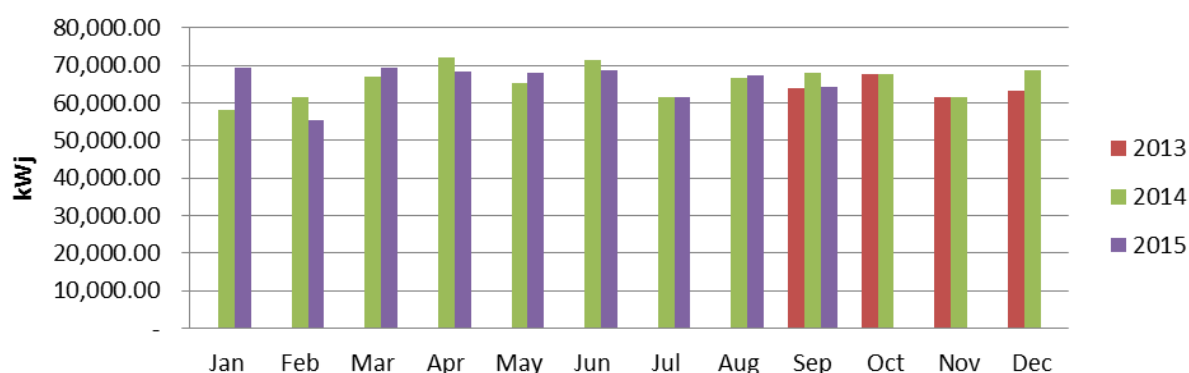
5.1 ANALISA SEJARAH BIL TENAGA ELEKTRIK (PENGUNAAN TENAGA)

Berikut adalah analisis bil elektrik berdasarkan maklumat bil elektrik dari bulan Januari 2012 sehingga Julai 2014.

- i. Bangunan JKR Perak dikenakan dengan tarif B di mana hanya penggunaan tenaga (kWj) sahaja dicaj di dalam bil elektrik bulanan. Terdapat kenaikan caj tarif TNB per kWj bagi penggunaan tenaga elektrik pada bulan Januari 2014 serta terdapat caj bagi penggunaan tenaga 200 kWh pertama yang dikenakan sebanyak RM 0.435. Kadar kenaikan caj tarif TNB pada tahun 2014 kepada Caj Kegunaan Elektrik (RM) adalah sebanyak 3.48 % per kWj iaitu dari RM 0.430 per kWj kepada 0.509 per kWj.
- ii. Surcaj Faktor Kuasa (*Power Factor Surcharge*) telah dikenakan pada bulan September 2013 hingga April 2014 di Bangunan JKR Perak. Ini bermakna Bangunan JKR Perak mempunyai faktor kuasa kurang dari 0.85, iaitu nilai minimum yang ditetapkan oleh TNB. **Hasil daripada maklumat yang diperolehi, bank kapasitor yang bertujuan untuk mengekalkan faktor kuasa melebihi 0.85 telah ditutup/trip dengan tidak sengaja. Adalah menjadi tanggungjawab pihak pengurusan bangunan untuk memantau penggunaan bil elektrik bulanan supaya kejadian seperti ini tidak berulang.**
- iii. Terdapat Caj Kumpulan Wang Tenaga Boleh Baharu (KWTBB) dikenakan seperti ditunjukkan di Bangunan JKR Perak. Ini kerana berkuatkuasa 1 Disember 2011, TNB telah mengenakan 1% levi ke atas jumlah kos bil pengguna. Bermula pada 1 Januari 2014, caj ini telah dinaikkan sebanyak 0.6% iaitu sejumlah 1.6% levi ke atas jumlah kos bil pengguna. Pengecualian kepada caj levi ini hanya diberikan kepada pengguna domestik yang menggunakan tenaga elektrik kurang daripada 300 kWj sebulan.
- iv. Bermula bulan April 2015, pihak TNB telah mengenakan cukai barangan dan perkhidmatan (*Goods and Services Tax – GST*) sebanyak 6% kepada bil elektrik pengguna. Walaubagaimanapun, pengecualian kepada caj GST ini hanya diberikan kepada pengguna domestik yang menggunakan tenaga elektrik kurang daripada 300 kWj sebulan.
- v. Pelepasan Imbangan Kos Penjanaan (*Imbalance Cost Pass Through - ICPT*) adalah mekanisme yang diluluskan oleh kerajaan dan dilaksanakan oleh Suruhanjaya Tenaga (ST) sejak 1 Januari 2014 sebagai sebahagian daripada pembaharuan kawal selia yang lebih luas yang dikenali sebagai Peraturan Berasaskan Insentif (IBR). Mekanisme ICPT

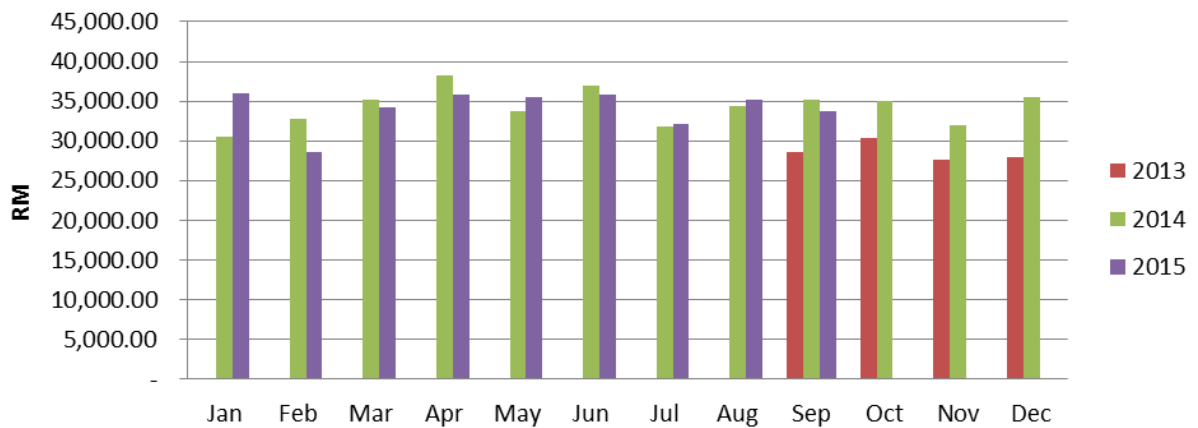
membolehkan TNB untuk membuat perubahan (sama ada peningkatan atau pengurangan caj elektrik) disebabkan oleh turun naik harga dalam bahan api bagi penjanaan elektrik di mana kos tarif elektrik akan dikaji setiap enam (6) bulan, tertakluk kepada keputusan dan kelulusan Kerajaan. Buat masa sekarang caj ICPT yang dikenakan adalah (- RM0.0225) yang bermaksud pengguna mendapat rebat sebanyak RM0.0225 per kWj.

- vi. Variasi penggunaan tenaga elektrik bulanan (kWj) dari September 2013 sehingga September 2015 di Bangunan JKR Perak ini seperti di **Rajah 2**. Didapati, penggunaan tenaga paling tinggi berlaku pada bulan April 2014 (71,990 kWj) dan yang paling rendah pula pada bulan Februari 2015 (55,360 kWj). Purata penggunaan tenaga sebulan di Bangunan JKR Perak adalah sebanyak 65,838 kWj berdasarkan bil 2014. Maklumat terperinci bagi penggunaan tenaga di Bangunan JKR Perak boleh di rujuk pada Lampiran 1.



Rajah 2: Variasi Penggunaan Tenaga Elektrik Di Bangunan JKR Perak Dari September 2013 Sehingga September 2015.

- vii. Variasi caj keseluruhan bil elektrik bagi Bangunan JKR Perak yang merangkumi Caj Penggunaan Tenaga Bulanan (kWj), Kumpulan Wang Tenaga Boleh Baharu (KWTBB) dari bulan September 2013 sehingga September 2015 dan caj *Goods and Services Tax* (GST) yang dikenakan bermula April 2015 seperti di **Rajah 3**. Didapati, kos penggunaan yang tertinggi adalah pada bulan April 2014 (RM 38,313.00) manakala kos penggunaan yang terendah adalah pada bulan Februari 2015 (RM 28,614.10). Purata caj penggunaan elektrik sebulan di Bangunan JKR Perak adalah sebanyak RM 34,282.40 berdasarkan bil 2014. Maklumat terperinci bagi caj elektrik di Bangunan JKR Perak boleh di rujuk pada Lampiran 1.



Rajah 3: Variasi Caj Penggunaan Tenaga Elektrik Di Bangunan JKR Perak Dari September 2013 sehingga September 2015

5.2 IMBANGAN TENAGA

Analisa imbalan tenaga dilakukan bagi mengetahui dan mengesahkan kadar penggunaan semasa tenaga elektrik yang diperolehi semasa audit di jalankan menggunakan peralatan pengukuran (*power logger* dan *clamp meter*) dan membuat perbandingan dengan bil elektrik TNB. Analisa imbalan tenaga ini mendapati terdapat perbezaan penggunaan tenaga yang ketara diantara bil elektrik bulanan yang dicaj oleh pihak TNB dan data penggunaan tenaga yang direkod oleh peralatan pengukuran (*power logger* dan *clamp meter*) semasa kerja audit dijalankan. Berikut adalah ringkasan penemuan tersebut.

Komponen	Penggunaan Tenaga (kWj/bulan)**
Sistem Penyaman Udara & Pengalihudaraan	56,107.71
Sistem Lif	1,100.00
Sistem Bekalan Air Domestik	272.25
Sistem Pencahayaan (Dalaman)	17,313.56
Sistem Pencahayaan (Luaran)	1,855.92
Sistem Peralatan Pejabat & Domestik	6,971.80
Lain-lain (luar waktu pejabat)	6,742.56
Jumlah	83,621.24

****Data yang diperolehi dari audit tenaga bagi hari bekerja**

Jadual 5 : Pecahan Penggunaan Tenaga Bagi Sistem Elektrik dan Mekanikal

Anggaran penggunaan tenaga elektrik bagi hari bercuti (sabtu dan ahad) yang direkod oleh power logger adalah sebanyak 6,128.32 kWj (Rujuk **Jadual 5.2 B**).

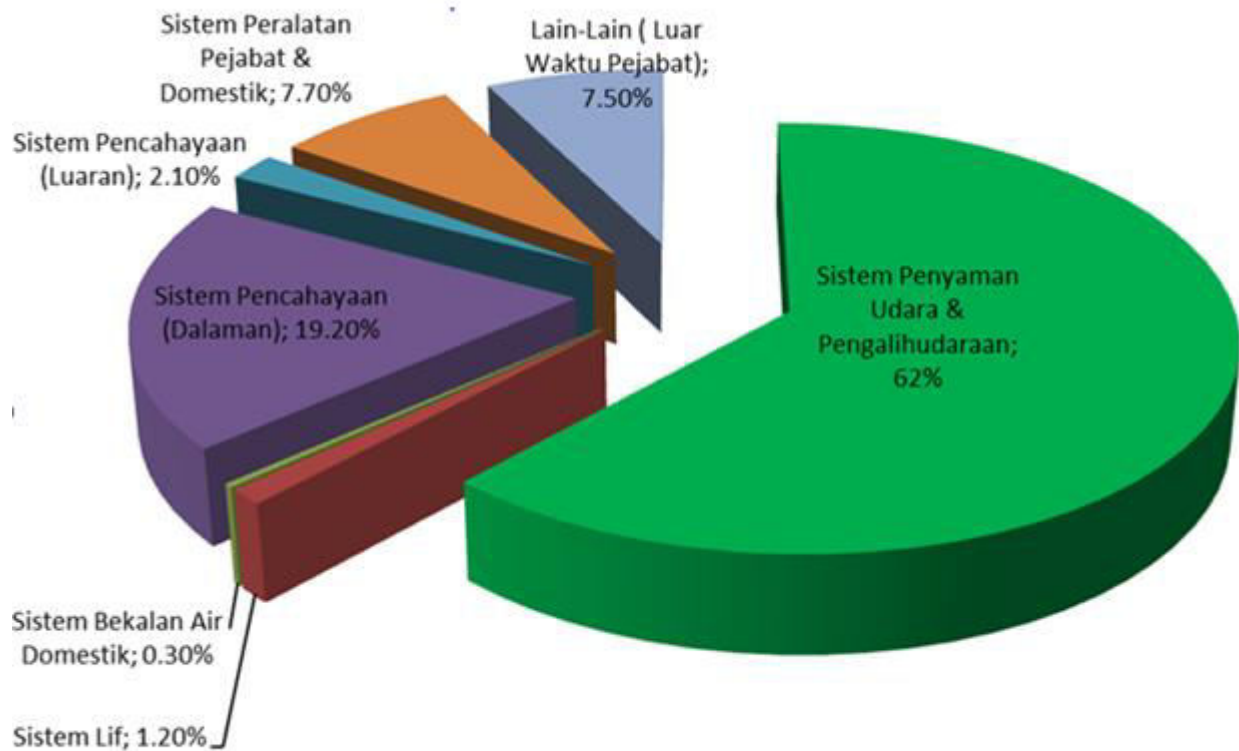
Anggaran jumlah penggunaan tenaga elektrik sebulan bagi sistem elektrik dan mekanikal termasuk penggunaan tenaga pada hari bercuti = **89,749.56 kWj**

Purata Penggunaan Tenaga Elektrik Sebulan (Berdasarkan Bil Elektrik TNB tahun 2014) = **65,838.00 kWj**

Perbezaan data penggunaan tenaga sebulan (Bil Elektrik TNB – Data audit tenaga) =

Peratus perbezaan data = - **36.32 %**

Berdasarkan keputusan perbezaan data penggunaan tenaga sebulan (berdasarkan audit & Bil Elektrik TNB), peratus perbezaan adalah sebanyak 36.32%. Nilai perbezaan yang tinggi ini menunjukkan bahawa terdapat masalah didalam sistem perbilan TNB yang memerlukan siasatan lebih lanjut oleh pihak TNB.



Rajah 4: Pecahan Penggunaan Tenaga Keseluruhan Bangunan

Berdasarkan analisa ini, jelas menunjukkan sekiranya Bangunan JKR Perak ingin mendapat penjimatan yang besar dalam penggunaan tenaga keseluruhan bangunan, langkah-langkah penjimatan pada sistem penyejukan udara dan pengalihan udara dan juga sistem pencahayaan dalaman perlu diberi perhatian.

5.3 PECAHAN TENAGA DAN PROFIL BEBAN

Bagi mengenalpasti maklumat terperinci mengenai beban sistem elektrik yang digunakan di Bangunan JKR Perak ini, pecahan tenaga bagi sistem pencahayaan dan peralatan pejabat serta domestik dianalisa. **Jadual 6** dan **Jadual 7** di bawah menunjukkan anggaran jumlah peratusan penggunaan tenaga sistem elektrik di Bangunan JKR Perak pada hari bekerja dan cuti (sabtu dan ahad).

Beban Hari Bekerja

Sistem	Kuasa (kW)	Tempoh Operasi (Jam)	Anggaran Penggunaan Tenaga Bulanan (kWj)	Peratus Penggunaan Tenaga (%)
Beban Hari Bekerja				
Pencahayaan (Dalam)	78.70	10	17,314.00	52.65%
Peralatan Pejabat & Domestik	31.69		6,971.80	21.20%
Pencahayaan (Luaran: 7ptg - 7pg)	7.03	12	1,855.92	5.64%
Lain-lain (luar waktu pejabat)	25.54	12	6,742.56	20.50%
Jumlah	117.42		32,884.28	

* Bagi tempoh 22 hari bekerja.

Jadual 6: Penggunaan Tenaga Sistem Elektrik Pada Hari Bekerja di Bangunan JKR Perak

Beban Hari Cuti (Sabtu dan Ahad)

Sistem	Kuasa (kW)	Tempoh Operasi	Anggaran Penggunaan Tenaga Bulanan (kWj)	Peratus Penggunaan Tenaga (%)
Beban Sabtu dan Ahad				
(7 pagi - 6 petang)	47.51	11	4,180.88	68.22%
(6 petang - 7 pagi)	22.13	13	1,947.44	31.78%
Jumlah	69.64		6,128.32	

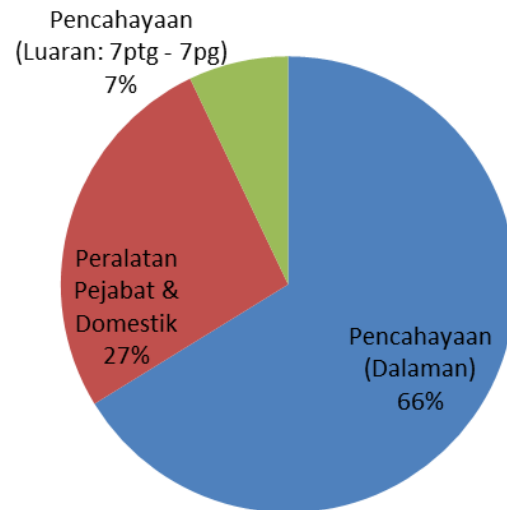
* Bagi tempoh 8 hari bercuti (sabtu dan ahad).

Jadual 7: Penggunaan Tenaga Sistem Elektrik Pada Cuti Sabtu dan Ahad di Bangunan JKR Perak

Peratusan pecahan penggunaan tenaga sistem elektrik bagi Bangunan JKR Elektrik ditunjukkan pada **Rajah 5** di bawah.

Didapati penggunaan tenaga tertinggi adalah dari Sistem Pencahayaan (Dalam) sebanyak 66 % diikuti oleh Peralatan Pejabat dan Domestik sebanyak 27 % dan Pencahayaan Luar sebanyak 7 %.

Pecahan Penggunaan Tenaga Sistem Elektrik



Rajah 5 : Pecahan Penggunaan Tenaga Sistem di Bangunan JKR Perak

Berdasarkan analisa ini, jelas menunjukkan sekiranya Bangunan JKR Perak ingin mendapat penjimatan yang besar dalam sistem elektrik, langkah-langkah penjimatan pada Sistem Pencahayaannya Dalaman perlu diberi perhatian.

5.4 INDEKS PENGGUNAAN TENAGA

Bangunan JKR Perak mempunyai anggaran keluasan keseluruhan berpenyaman udara 7,826.13 m². Berdasarkan bil elektrik bagi tahun 2014, Intensiti Penggunaan Tenaga bagi Bangunan JKR Perak seperti berikut dikira:

- i. *Building Energy Intensity (BEI)*.
- ii. *Building Energy Cost (BEC)*
- iii. *Air Conditioning Energy Intensity Intensity (ACEII)*.
- iv. *Air Conditioning Power Intensity (ACPI)*.
- v. *Lighting Power Intensity (LPI)*.
- vi. *Lighting Energy Intensity (LEI)*
- vii. *Lighting Cost Intensity (LCI)*

Pengiraan terperinci bagi setiap indeks tenaga yang dinyatakan di atas adalah seperti **perkara 5.4.1 sehingga 5.4.8**.

5.4.1 BUILDING ENERGY INTENSITY (BEI)

BUILDING ENERGY INTENSITY (BEI)

- i. Berdasarkan Bil Elektrik

Merujuk kepada **Rajah 3**, BEI 2014 yang dicatatkan berdasarkan bil elektrik bulanan adalah sebanyak 100.95 kWj/m²/tahun. Nilai yang dicatatkan terlalu rendah jika dibandingkan dengan bangunan cekap tenaga di Malaysia yang mencatatkan BEI 150 kWj/m²/tahun.

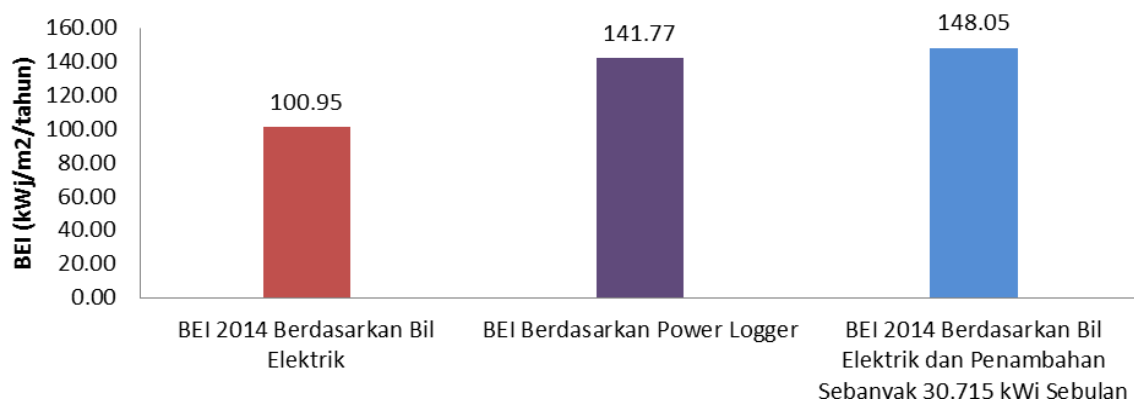
- ii. Berdasarkan *power logger*

Analisa ke atas penggunaan tenaga yang direkod menggunakan power logger selama 7 hari (termasuk sabtu dan ahad), anggaran penggunaan tenaga adalah sebanyak 23,115 kWj dan anggaran purata penggunaan tenaga sebulan adalah sebanyak 92,460 kWj (purata penggunaan selama 7 hari didarab dengan 4 minggu). Oleh yang demikian, anggaran BEI yang dicatatkan jika berdasarkan data yang direkod oleh power logger adalah sebanyak 141.77 kWj/m²/tahun.

- iii. Berdasarkan bil bulanan dan penambahan sebanyak 30,715 kWj setiap bulan

Analisa terperinci ke atas penggunaan tenaga yang direkod menggunakan *power logger* menunjukkan terdapat anggaran purata pengurangan tenaga yang tidak dicaj di dalam bil elektrik bulanan sebanyak 30,715 kWj. Siasatan yang dijalankan mendapati meter TNB tidak menunjukkan bacaan pada fasa kuning (*yellow phase*). Dikhuatiri, masalah ini yang menyebabkan pengurangan tenaga yang tidak dicaj di dalam bil elektrik bulanan. Merujuk kepada **Rajah 6**, Bangunan JKR Perak pada tahun 2014 telah merekodkan BEI 148.05 kWj/m²/tahun. Data penggunaan tenaga bagi tempoh setahun

ini menggunakan data dari bil TNB serta purata penambahan penggunaan tenaga sebanyak 30,715 kWh bagi setiap bulan. Purata penambahan tenaga sebanyak 30,715 kWh ini adalah berdasarkan pada penggunaan tenaga yang direkod menggunakan power logger selama 7 hari pada fasa kuning (*yellow phase*) yang dikhuatiri tidak dicaj di dalam bil elektrik TNB. Data penggunaan tenaga selama 7 hari ini kemudian didarabkan dengan 4 minggu untuk mendapatkan jumlah penggunaan tenaga selama sebulan bagi fasa kuning. Oleh itu, anggaran BEI sebenar bagi Bangunan JKR Perak tidak dapat ditentukan dengan tepat



Rajah 6: Perbandingan BEI Berdasarkan Bil Elektrik Bulanan Dan Rekod Power Logger

Merujuk kepada perbandingan BEI seperti **Rajah 6**, pihak pasukan audit berpandangan nilai BEI yang dianalisa adalah tidak munasabah. Ini adalah kerana, kami merasakan melalui pemerhatian semasa penggunaan tenaga elektrik yang diguna di bangunan ini (dalam tempoh audit dijalankan selama 5 hari) adalah tidak munasabah untuk mendapat nilai BEI di bawah 150 kWh/m²/year. Besar kemungkinan ia adalah disebabkan oleh kesilapan data penggunaan tenaga yang direkod di dalam bil elektrik bulanan yang berpunca daripada fasa kuning seperti yang dinyatakan di dalam ulasan iii dia atas.

5.4.2 BUILDING ENERGY COST (BEC)

Kos Tenaga Bangunan (BEC) tidak dapat dikira kerana penggunaan tenaga (kWh) bangunan yang tidak tepat (seperti ulasan 5.4.1) mempengaruhi caj penggunaan elektrik bangunan yang menjadi asas pengiraan BEC

5.4.3 Air-Conditioning Energy Intensity Index (ACEII)

Secara asasnya, *Air Conditioning Energy Intensity Index (ACEII)* adalah penunjuk prestasi tenaga bagi mengukur tahap kecekapan penggunaan tenaga peralatan sistem penyaman udara di dalam sesebuah bangunan. Pengiraan *ACEII* adalah seperti dalam persamaan (1):

$$ACEII = \frac{\text{Jumlah penggunaan tenaga tahunan sistem penyaman udara (kWh/year)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \dots (1)$$

Berikut adalah pengiraan bagi menganggar kadar guna tenaga bagi peralatan sistem penyaman udara yang terlibat.

- i. *Condenser Water Pump* (2 unit beroperasi dan 2 unit *standby*)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penggunaan kuasa (kW) sehari} &= 20.2 \text{ kW} \\ \text{Jumlah penggunaan tenaga (kWh) sehari} &= 20.2 \text{ kW} \times 9 \text{ jam} \\ &= \mathbf{181.90 \text{ kWh/hari}}\end{aligned}$$

- ii. *Cooling Tower Fan* (2 unit beroperasi)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penggunaan kuasa (kW) sehari} &= 6.6 \text{ kW} \\ \text{Jumlah penggunaan tenaga (kWh) sehari} &= 6.6 \text{ kW} \times 9 \text{ jam} \\ &= \mathbf{59.44 \text{ kWh/hari}}\end{aligned}$$

- iii. *Air Cooled Split Unit(ACSU)*(92 unit)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penggunaan kuasa (kW) sehari} &= 175.5 \text{ kW} \\ \text{Jumlah penggunaan tenaga (kWh) sehari} &= 175.5 \text{ kW} \times 5 \text{ jam} \times 0.5(\text{load factor}) \\ &= \mathbf{438.75 \text{ kWh/hari}}\end{aligned}$$

Nota: Load factor 0.5 dipilih kerana penggunaan tenaga sistem ACSU adalah bergantung kepada keperluan semasa dan ianya tidak konsisten sepanjang masa.

- iv. *Water Cooled Packaged Unit (WCPU)*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penggunaan kuasa (kW) sehari} &= \mathbf{206.83 \text{ kW}} \\ \text{Jumlah penggunaan tenaga (kWh) sehari} &= (206.83 \text{ kW} \times 9 \text{ jam}) \\ &= \mathbf{1,861.46 \text{ kWh}}\end{aligned}$$

- v. *Exhaust Fan*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penggunaan kuasa (kW) sehari} &= \mathbf{1.77 \text{ kW}} \text{ (36 unit)} \\ \text{Jumlah penggunaan tenaga (kWh) sehari} &= (1.77 \text{ kW} \times 5 \text{ jam}) \\ &= \mathbf{8.85 \text{ kWh}}\end{aligned}$$

- vi. Jumlah penggunaan tenaga (kWh/hari) bagi keseluruhan sistem penyaman udara yang boleh dianggarkan dengan ditambah jumlah penggunaan tenaga (kWh/hari) bagi semua komponen sistem penyaman udara yang terlibat seperti di 5.4 (ii), (iii), (iv) dan (v) di atas dimana :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tenaga sistem penyaman udara} &= 181.90 + 59.44 + 438.75 + 1,861.46 + \\ &8.85 \\ &\text{(kWh/hari)} \\ &= 2,550.4 \text{ kWh/hari}\end{aligned}$$

Berdasarkan kepada penganalisaan jumlah penggunaan tenaga bagi sistem penyaman udara, *Air Conditioning Energy Intensity Index (ACEII)* bagi bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak ialah:

$$\begin{aligned}ACEII &= \frac{\text{Jumlah penggunaan tenaga tahunan sistem penyaman udara (kWh/year)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{2,550.4 \text{ kWh} \times 5 \text{ day/wk} \times 52 \text{ week/yr}}{7,826.13 \text{ m}^2} \\ &= \frac{663,104 \text{ kWh/year}}{7,826.13 \text{ m}^2} \\ &= 84.73 \text{ kWh/m}^2\text{/year}\end{aligned}$$

5.4.4 Air-Conditioning Power Index (ACPI)

Air Conditioning Power Index (ACPI) adalah penunjuk prestasi penggunaan kuasa elektrik bagi sistem penyaman udara yang terlibat bagi setiap meter persegi sesebuah bangunan. Pengiraan *ACPI* adalah seperti dalam persamaan (2):

$$ACPI = \frac{\text{Jumlah penggunaan kuasa harian sistem penyaman udara (W)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \dots (2)$$

Berdasarkan kepada penganalisaan jumlah penggunaan kuasa bagi sistem penyaman udara, *Air Conditioning Power Index (ACPI)* bagi bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak ialah:

$$\begin{aligned}
 ACPI &= \frac{\text{Jumlah penggunaan kuasa harian sistem penyaman udara (W)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \\
 &= \frac{(206,830 + 87,740 + 20,200 + 6,600 + 1,770) \text{ W}}{7,826.13 \text{ m}^2} \\
 &= \frac{323,140 \text{ W}}{7,826.13 \text{ m}^2} \\
 &= 41.29 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

5.4.5 Air-Conditioning Cost Index (ACCI)

Air Conditioning Cost Index (ACCI) adalah kaedah penganalisaan jumlah kos bagi sistem penyaman udara yang terlibat dan juga dapat menentukan kos penggunaan tenaga tahunan bagi setiap meter persegi sesebuah bangunan. Pengiraan *ACCI* adalah seperti dalam persamaan (3):

$$\begin{aligned}
 ACCI &= \frac{\text{Jumlah kos penggunaan tenaga tahunan sistem penyaman udara (RM/year)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \dots (3)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kepada penganalisaan jumlah penggunaan tenaga bagi sistem penyaman udara, *Air Conditioning Cost Index (ACCI)* bagi bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak ialah:

$$\begin{aligned}
 ACCI &= \frac{\text{Jumlah kos penggunaan tenaga tahunan sistem penyaman udara (RM/year)}}{\text{Luas lantai berpenyaman udara (m}^2\text{)}} \\
 &= \frac{(2,550.4 \text{ kWh} \times 5 \text{ day/wk} \times 52 \text{ week/yr}) \times \text{RM}0.43}{7,826.13 \text{ m}^2} \\
 &= \frac{663,104 \text{ kWh/year} \times \text{RM}0.43}{7,826.13 \text{ m}^2} \\
 &= \frac{285,134.72 \text{ RM/year}}{7,826.13 \text{ m}^2} \\
 &= 36.43 \text{ RM/m}^2\text{/year}
 \end{aligned}$$

nota – kos penggunaan tahunan berdasarkan tarif TNB iaitu 43 sen/kWh (Tarif B – Low Voltage Commercial Tariff)

5.4.6 LIGHTING POWER INTENSITY (LPI)

LPI adalah kaedah penganalisan jumlah kuasa pencahayaan bagi setiap meter persegi sesebuah bangunan.

$LPI = \text{Jumlah Kuasa Pencahayaan (kW)} / \text{Luas Lantai Berpenyaman Udara (m}^2\text{)}$

Tahun	2014
Kuasa Pencahayaan (kW)	78.7
Luas Lantai Berpenyaman Udara (m ²)	7,826.13
LPI (W/m ²)	10.06

5.4.7 LIGHTING ENERGY INTENSITY (LEI)

LEI adalah kaedah penganalisan jumlah tenaga pencahayaan bagi setiap meter persegi sesebuah bangunan.

LEI =

$\text{Jumlah Penggunaan Tenaga Pencahayaan Tahunan (kWj)} / \text{Luas Lantai Berpenyaman Udara (m}^2\text{)}$

Tahun	2014
Kuasa Pencahayaan (kWj)	207,762.72
Luas Lantai Berpenyaman Udara (m ²)	7,826.13
LEI (kWj/m ² /tahun)	26.55

5.4.8 LIGHTING COST INTENSITY (LCI)

LCI adalah kaedah penganalisan jumlah kos tenaga pencahayaan bagi setiap meter persegi sesebuah bangunan.

LCI =

Jumlah Kos Penggunaan Tenaga Pencahayaan Tahunan (RM) / Luas lantai Berpenyaman Udara (m²)

Tahun	2014
Kos Penggunaan Tenaga Pencahayaan Tahunan (RM)	105,751.22
Luas Lantai Berpenyaman Udara (m ²)	7,826.13
LCI (RM/m ² /tahun)	13.51

5.5 PRESTASI SISTEM AKTIF (ELEKTRIK)

5.5.1 Pengenalan Sistem Elektrik

Bangunan JKR Perak menerima bekalan masuk 415 Volt daripada TNB di bawah Tarif B di mana hanya penggunaan tenaga sahaja dikenakan di dalam bil elektrik.

Bangunan JKR Perak mempunyai satu (1) Papan Suis Utama Voltan Rendah bagi mengawal bekalan kuasa (Sistem Penyaman Udara, Sistem Pencahayaan Dalaman, Peralatan Domestik & Pejabat serta Lif).

Suis gear masukan bagi *incoming* papan suis utama ini adalah daripada jenis ACB yang berkapasiti 1000 Amp. Bangunan ini juga dilengkapi dengan satu (1) janakuasa tunggu sedia berkapasiti 750 kVA dan akan memberikan bekalan berterusan kepada bekalan *essential* apabila bekalan daripada TNB terputus.

Sistem pencahayaan bagi bangunan ini menggunakan lampu *fluorescent*, *compact fluorescent light (downlight)* dan *SON* untuk sistem pencahayaan di dalam dan di luar bangunan.

Lampiran 2 menunjukkan jenis-jenis lampu yang digunakan di dalam bangunan.

5.5.2 Penemuan Teknikal Sistem Elektrik

- i) Semasa analisa penggunaan tenaga dijalankan, terdapat perbezaan penggunaan tenaga bulanan yang direkod di dalam bil elektrik dengan penggunaan tenaga bulanan yang dianggarkan melalui penggunaan tenaga yang direkod dengan menggunakan *power logger*. Setelah siasatan lanjut dijalankan didapati meter TNB yang merekodkan penggunaan tenaga di Bangunan JKR Perak tidak menunjukkan bacaan pada fasa kuning seperti dalam **Gambar 5.4A**. Siasatan lanjut oleh pihak TNB perlu dijalankan bagi mengetahui punca masalah yang dinyatakan.

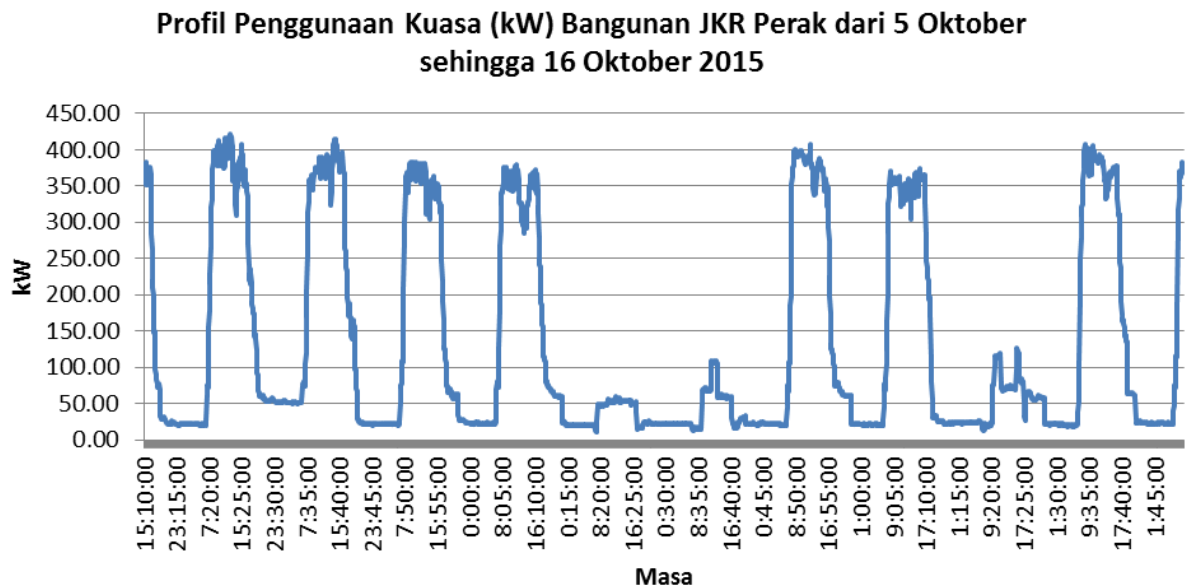


Gambar 8: Tiada Bacaan Pada Meter TNB Bagi Fasa Kuning

- ii) **Rajah 8** di bawah menunjukkan Profil Penggunaan Tenaga di Bangunan JKR Perak dari 5 Oktober 2015 sehingga 16 Oktober 2015 yang telah direkodkan menggunakan *Power Logger* bagi setiap selang masa 5 minit.

Anggaran purata penggunaan harian pada waktu pejabat adalah sekitar 375 kW atau 32 kWh (selang masa 5 minit). Didapati purata penggunaan kuasa elektrik di luar waktu pejabat pula adalah sekitar 32.57 kW atau 2.37 kWh (selang masa 5 minit). Jumlah penggunaan kuasa elektrik di luar waktu pejabat ini merangkumi 8.9% daripada jumlah penggunaan tenaga.

Terdapat pengurangan beban elektrik sekitar 30 kW atau 2.50 kWh (selang masa 5 minit) dicatatkan pada waktu rehat (1.00pm-2.00pm). Ini menunjukkan terdapat kesedaran untuk menjimatkan penggunaan elektrik di kalangan pengguna. Nilai pengurangan ini adalah agak rendah jika dibandingkan dengan bangunan kerajaan lain yang mana purata pengurangan adalah sekitar 5 kWh..

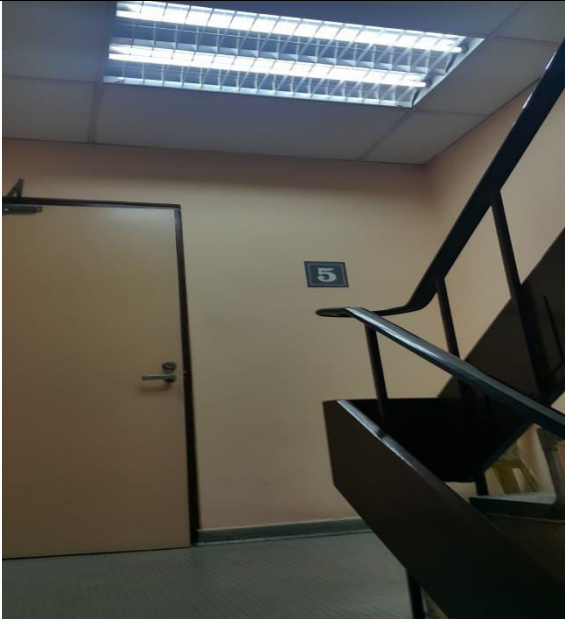


Rajah 7: Profil Penggunaan Kuasa (kW) di Bangunan JKR Perak dari 5 Oktober sehingga 16 Oktober 2015

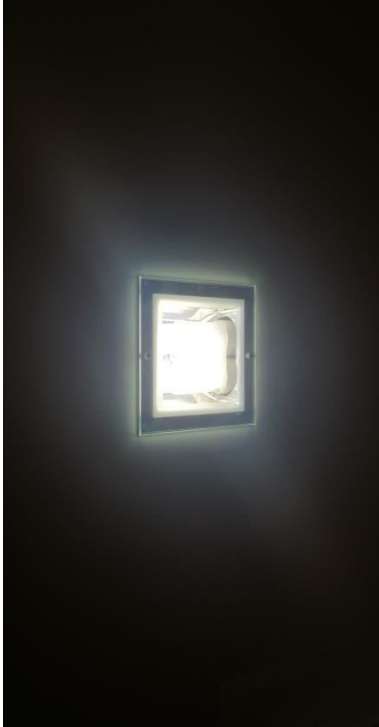
- iii) Daripada audit yang telah dijalankan pada setiap tingkat, didapati tahap kecerahan (*lux level*) di kebanyakan ruang adalah mengikut garis panduan yang telah ditetapkan di dalam **MS 1525:2014**. Walaubagaimanapun, terdapat juga sedikit ruang yang melebihi tahap kecerahan yang telah ditetapkan (Rujuk **Lampiran 3**).

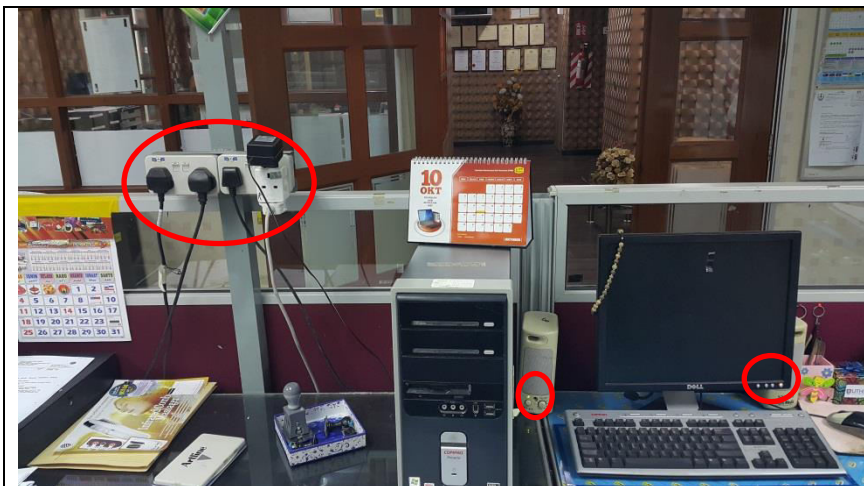
iv). Penemuan Bergambar Sistem Elektrik

Gambar/Penemuan	Keterangan
	Aras: Di beberapa aras Ulasan: lampu terpasang walaupun tiada pegawai di dalam bilik Penambahbaikan: Menutup lampu atau meletakkan <i>motion sensor</i> untuk mengelakkan lampu sentiasa terpasang walaupun tiada pegawai
 	Aras: Dikebanyakan aras Ulasan: Lampu di kebanyakan bilik fail tidak ditutup walaupun tiada pegawai atau aktiviti dijalankan. Penambahbaikan: Menutup lampu atau meletakkan motion sensor untuk mengelakkan lampu sentiasa terpasang walaupun tiada pegawai.

	Aras: Setiap aras Ulasan: Lampu tangga dipasang 24 jam. Keperluan UBBL bagi lampu tangga sentiasa dipasang. Penambahbaikan: Menukar lampu sediaada kepada lampu yang lebih cekap tenaga, T5 atau LED.
 	Aras: 6 Ulasan: Lampu dibiarkan terpasang walaupun tiada pegawai ataupun aktiviti dijalankan. Penambahbaikan: Menutup suis lampu ketika tiada pegawai atau aktiviti dijalankan. Meletakkan <i>motion sensor</i> pada ruang yang jarang digunakan bagi mengawal penutupan serta pembukaan lampu.
	Aras: Kebanyakan ruang pantry Ulasan: Ruang pantry yang mendapat pencahayaan semulajadi yang cukup tidak memerlukan pencahayaan tambahan dengan memasang lampu. Penambahbaikan: Menutup suis lampu atau meletakkan daylight sensor bagi mengawal penutupan serta pembukaan lampu.

	Aras: 4 Ulasan: Berkongsi lampu di bilik pegawai dan bilik fail. Tiada suis kawalan lampu di bilik fail. Penambahbaikan: Mengalihkan lampu serta meletakkan suis kawalan lampu pada bilik fail.
	Aras: 1 Ulasan: Penggunaan satu suis bagi mengawal 10 unit lampu (downlight) Penambahbaikan: Menggunakan sekurang-kurangnya 2 suis bagi mengawal lampu tersebut dengan kaedah <i>alternate switching</i> agar pengguna tenaga dapat dikurangkan serta memanjangkan hayat lampu tersebut.
	Aras: 1 Ulasan: Penggunaan satu suis bagi mengawal 10 unit lampu (downlight) Penambahbaikan: Menggunakan sekurang-kurangnya 2 suis bagi mengawal lampu tersebut dengan kaedah <i>alternate switching</i> agar pengguna tenaga dapat dikurangkan serta memanjangkan hayat lampu tersebut.

		Aras: 1 Ulasan: <i>Lux level</i> melebihi 400 lux bagi ruang yang tidak selalu digunakan. Penambahbaikan: Mengeluarkan satu tiub lampu, <i>delamping</i>.
		Aras: Bawah Ulasan: Ruang yang tidak berpenghuni atau jarang digunakan tidak memerlukan pencahayaan yang terang. Penambahbaikan: Menutup suis lampu ketika tiada penghuni atau mengurangkan jumlah pencahayaan dengan mengeluarkan beberapa tiub lampu (<i>delamping</i>)
		Aras: 3 Ulasan: Lampu pantry tidak ditutup semasa lawatan pada waktu malam dijalankan Penambahbaikan: Menutup lampu atau meletakkan <i>motion sensor</i> untuk mengelakkan lampu sentiasa terpasang walaupun tiada pegawai.

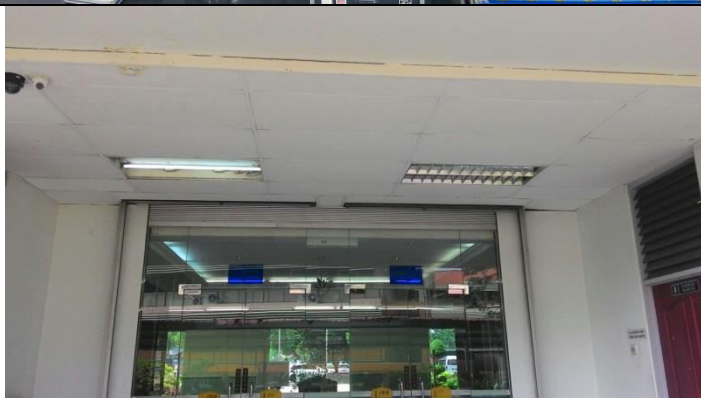


Aras: 3

Ulasan: Terdapat beberapa peralatan pejabat tidak ditutup dengan sempurna

Penambahbaikan:

Mematikan semua peralatan pejabat dengan menutup suis pada soket.



Aras: Bawah

Ulasan: Lampu di ruang belakang pintu masuk terpasang pada waktu siang.

Penambahbaikan:

Menutup lampu atau meletakkan *motion sensor* untuk mengelakkan lampu sentiasa terpasang



Ulasan: Lampu kawasan dan lampu limbah terpasang pada waktu siang

Penambahbaikan:

Memeriksa semula suis pemasa (*timer switch*).



5.6 Prestasi Sistem Aktif (Mekanikal)

5.6.1 Pengenalan Sistem Mekanikal

Bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak, Ipoh, Perak adalah bangunan pejabat tujuh (7) tingkat dengan keluasan kasar (*Gross Floor Area, GFA*) sebanyak 9003m² dan ruang berpenyaman udara seluas 7,826m². Terdapat 3 sistem mekanikal yang digunakan di dalam bangunan ini iaitu:

- a. Sistem Penyaman Udara dan Pengalihudaraan
- b. Sistem Lif
- c. Sistem Bekalan Air Domestik

a. Sistem Penyaman Udara dan Pengalihudaraan

Sistem penyaman udara yang terdapat di bangunan ini adalah daripada jenis, i). *Water-Cooled Packaged Unit (WCPU)* dan ii). *Air-Cooled Split Unit (ACSU)*. Sistem *ACSU* bertindak sebagai sokongan kepada sistem *WCPU* dan digunakan di Bilik-bilik pegawai, Bilik Mesyuarat, Bilik Bincang, Lobi Utama dan beberapa buah bilik yang lain. Terdapat sejumlah tiga belas (13) unit *WCPU* yang mana dua (2) unit di Tingkat 1,2,4,5 dan 6 manakala tiga (3) unit di Tingkat 3. Bilangan *ACSU* diseluruh bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak, ini adalah sebanyak sembilan puluh dua (92) unit. Kuantiti dan kapasiti bagi setiap jenis sistem penyaman udara adalah seperti di **Jadual 8**.

BIL	KOMPONEN	KUANTITI	KAPASITI/SAIZ
1	<i>Water Cooled Packaged Unit–327.3RT</i>	13	206.8 kW*
2	<i>Air Cooled Split Unit–50RT</i>	92	175.48 kW
3	<i>Cooling Tower - 250 HRT</i>	2	6.6 kW*
4	<i>Condenser Water Pump - 500USGPM</i>	4	20.2 kW*
5	<i>Exhaust Fan</i>	36	1.77 kW

Jadual 8 : Sistem Penyaman Udara di bangunan JKR Negeri Perak

Nota: * Kapasiti keseluruhan unit (bacaan sebenar diperolehi melalui alat *power logger & clamp meter*).

Disebabkan tempoh pelaksanaan audit yang singkat, Lima (5) unit *WCPU* daripada tiga belas (13) unit telah dipilih secara rawak untuk diaudit. Unit berkenaan adalah seperti di **Jadual 9**.

BIL	KOMPONEN WCPU / LOKASI	KAPASITI Btu/Hr	TINGKAT	UNIT/BILIK
1	WCPU-P1	300,000	1	Unit Ukur Bahan
2	WCPU-P2	300,000	2	Bahagian Jalan
3	WCPU-K4	330,000	4	Bahagian Arkitek
4	WCPU-P5	300,000	5	Bahagian Pentadbiran & Kewangan
5	WCPU-P6	355,000	6	Bahagian Kejuruteraan Jalan, Struktur

Jadual 9: *Water Cooled Packaged Unit* yang diaudit.

Operasi sistem *ACSU* di Bilik Mesyuarat dan Bilik Bincang adalah hanya pada ketika penggunaan bilik berkenaan, manakala operasi sistem *ACSU* di ruang-ruang lain bergantung kepada keadaan suhu dan jadual operasi ruang-ruang tersebut.

b. Sistem Lif

Bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak mempunyai empat (4) buah unit lif penumpang dan satu (1) lif servis yang beroperasi dari Tingkat Bawah hingga Tingkat 6. *Rated Power* yang dinyatakan bagi satu motor lif adalah 15 kW. Berdasarkan kepada maklumat *data logger*, penggunaan tenaga bagi lif ialah 50 kWh/sehari.

c. Sistem Bekalan Air Domestik

Bangunan Jabatan Kerja Raya Perak ini berketinggian tujuh tingkat dan menggunakan pam penggalak (*Booster Pump*) untuk menghantar air daripada paip syarikat pembekal air kepada tangki air yang berada di bumbung bangunan berkenaan. *Rated Power* yang dinyatakan bagi satu pam adalah 2.75 kW

5.6.2 Penemuan Teknikal Sistem Mekanikal

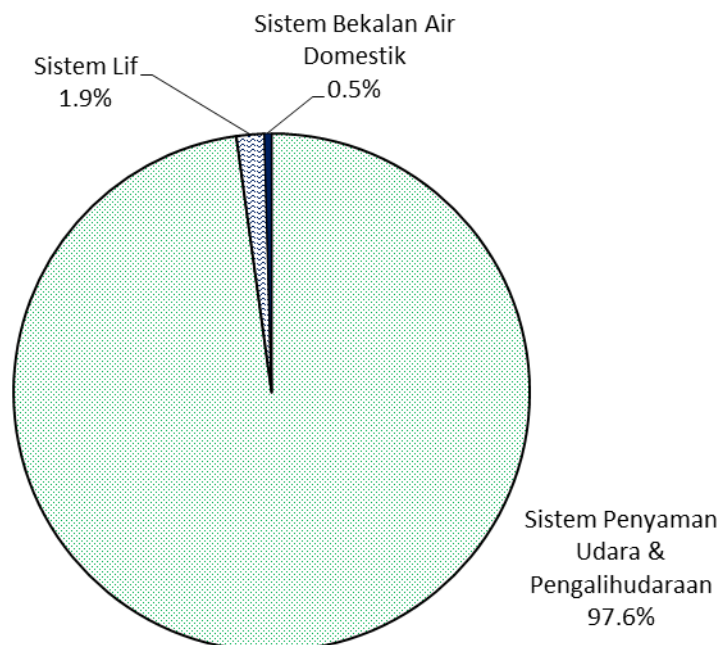
i) Penggunaan Tenaga Sistem Mekanikal

Bahagian ini memberi perincian terhadap penggunaan tenaga untuk sistem mekanikal bagi bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak. Penggunaan tenaga oleh sistem mekanikal di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak dapat dirumuskan seperti di dalam **Jadual 10** dan **Rajah 8**.

Komponen	Penggunaan tenaga harian (kWh/day)	Peratus Penggunaan (%)
Sistem Penyaman Udara	2,550.4	97.6
Sistem Lif	50.0	1.9
Sistem Bekalan Air Domestik	12.4	0.5
Jumlah	2,612.7	100

Jadual 10: Penggunaan tenaga harian sistem penyaman udara bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak

Jadual 10 menunjukkan bahawa jumlah penggunaan tenaga harian yang digunakan oleh sistem Mekanikal di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak ialah 2,612.7 kWh dengan penggunaan tenaga tertinggi dicatatkan oleh komponen Sistem Penyaman Udara iaitu 2,550.4 kWh.



Rajah 8: Penggunaan tenaga sistem mekanikal bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak

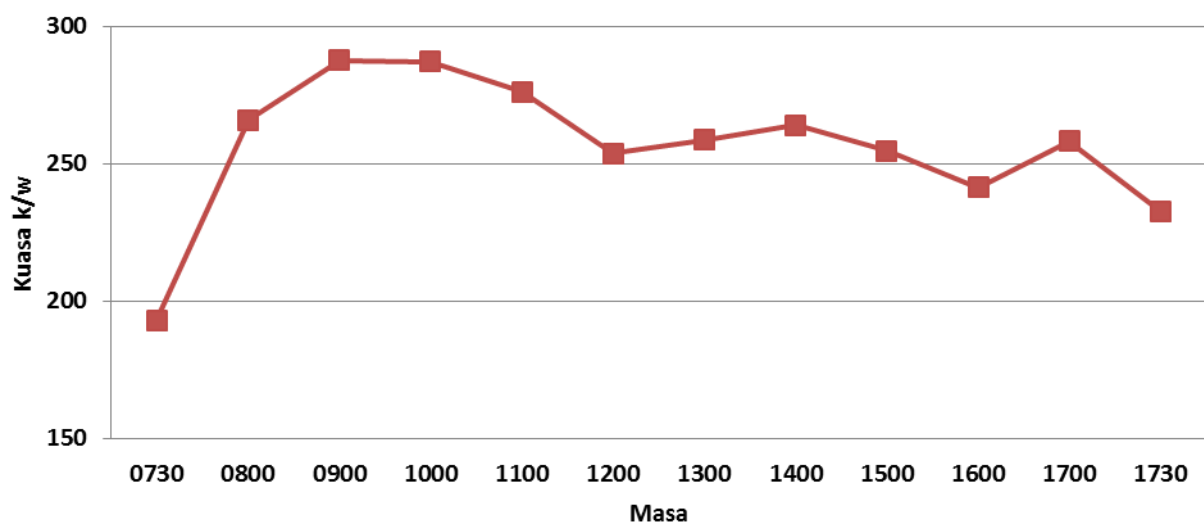
Penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara adalah yang tertinggi berbanding sistem-sistem mekanikal yang lain iaitu sebanyak 97.6%. Perkara ini berlaku kerana iklim (*climate*) di Malaysia mempunyai suhu luaran (*ambient temperature*) yang tinggi, iaitu pada purata 33°C. Ini menyebabkan perbezaan suhu (ΔT) yang tinggi di antara kawasan di luar dan suhu di dalam bangunan yang dikehendaki (iaitu pada 24°C) sebanyak 9 °C. Perbezaan ini mengakibatkan kadar pemindahan haba ke dalam bangunan yang tinggi, sekaligus memerlukan penggunaan tenaga yang banyak oleh sistem penyaman udara untuk mengeluarkan haba daripada

bangunan. Selain itu, waktu operasi sistem yang panjang dari jam 7.30 pagi hingga 5.30 petang adalah merupakan satu faktor penggunaan tenaga yang tinggi.

Sasaran utama Audit tenaga sistem mekanikal ini ditumpukan pada kapasiti beban sistem penyaman udara yang merupakan penyumbang terbesar kepada bil utiliti elektrik sesebuah bangunan (*significant energy user*), seterusnya membuat cadangan bagi mengurangkan beban tersebut.

Profil Beban Sistem Penyaman Udara

Beban elektrik sistem penyaman udara jenis *WCPU* bagi bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak direkodkan selama satu (1) hari untuk mengenalpasti profil penggunaan tenaga berkenaan. Bacaan selama sehari adalah cukup konsisten untuk mendapatkan profil beban sistem penyaman udara secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**.

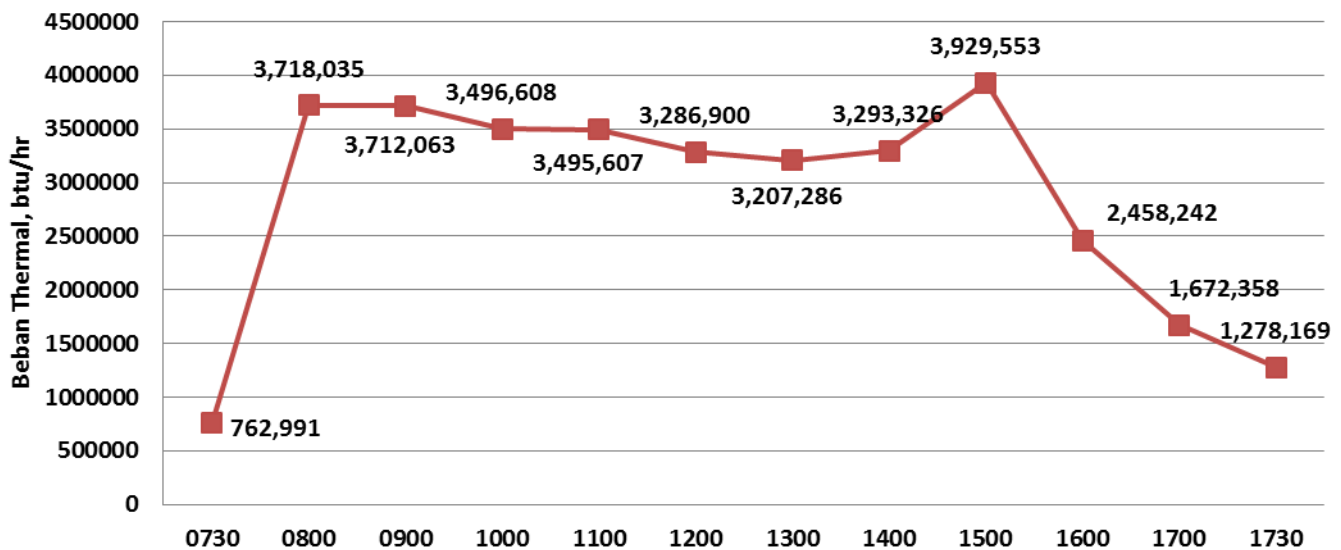


Rajah 9: Beban elektrik sistem *WCPU* bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak

Jika dilihat pada rajah ini, beban elektrik meningkat bermula jam 7.30 pagi ke 8.00 pagi secara mendadak adalah disebabkan oleh kesemua sistem *WCPU* telah beroperasi secara konsisten antara jam 8.00 pagi hingga 11.00 pagi. Terdapat penurunan beban elektrik bermula jam 11.00 pagi yang mungkin disebabkan oleh pergerakan pegawai untuk keluar berehat dan terdapat penutupan sistem penyaman udara di beberapa bahagian pada waktu rehat. Selain itu, perubahan suhu di luar bangunan turut mempengaruhi penurunan beban elektrik pada waktu ini. Penurunan beban elektrik yang lebih ketara dapat dilihat bermula jam 5.00 petang di mana berakhirnya waktu operasi bangunan dan sistem penyaman udara dimatikan.

Beban termal (*thermal load*) merupakan suhu atau perubahan suhu yang memberikan kesan kepada penggunaan tenaga bangunan. Contohnya suhu udara luar (*outdoor air temperature*),

radiasi matahari (*solar radiation*), suhu bawah tanah, suhu dalam bangunan dan suhu daripada peralatan yang terdapat di dalam bangunan. Beban termal dikira dengan mendapatkan tenaga yang diperlukan untuk menyejukkan sesebuah ruang di dalam bangunan. **Rajah 10** menunjukkan anggaran profil beban thermal bagi sistem penyaman udara bangunan.



Rajah 10: Profil beban termal bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak

Rajah 10 menunjukkan beban termal tertinggi yang dicatatkan oleh sistem *WCPU* ialah 3,929,553 Btu/hr pada jam 3.00 petang manakala beban termal yang terendah ialah 762,991 Btu/hr pada jam 7.30 pagi. Beban termal adalah rendah pada jam 7.30 pagi kerana a) kakitangan belum memulakan kerja, b) peralatan di dalam bangunan belum digunakan dan c) suhu luar yang rendah. Beban termal tertinggi pada jam 3.00 petang adalah disebabkan oleh peningkatan suhu luar, penggunaan bilik mesyuarat dan bilik bincang dan lain-lain lagi. Beban termal menurun selepas itu kerana kakitangan mula pulang bermula jam 4.30 petang.

Pecahan Tenaga Sistem Penyaman Udara

Bagi mengenalpasti maklumat terperinci mengenai beban sistem penyaman udara, pengumpulan data telah dilakukan dengan merekod bacaan tenaga melalui *data logger*. Data-data elektrik iaitu penggunaan kuasa (kW) dan tenaga (kWh) oleh sistem penyaman udara direkodkan.

Selain itu, data-data penggunaan tenaga termal turut diperolehi melalui pengambilan data suhu dan kelembapan relatif (*relative humidity, RH*) bagi *on-coil* dan *off-coil Water Cooled Package* yang berkenaan. Bacaan bagi *on-coil* dan *off-coil* ini diperolehi dengan meletakkan *data logger*

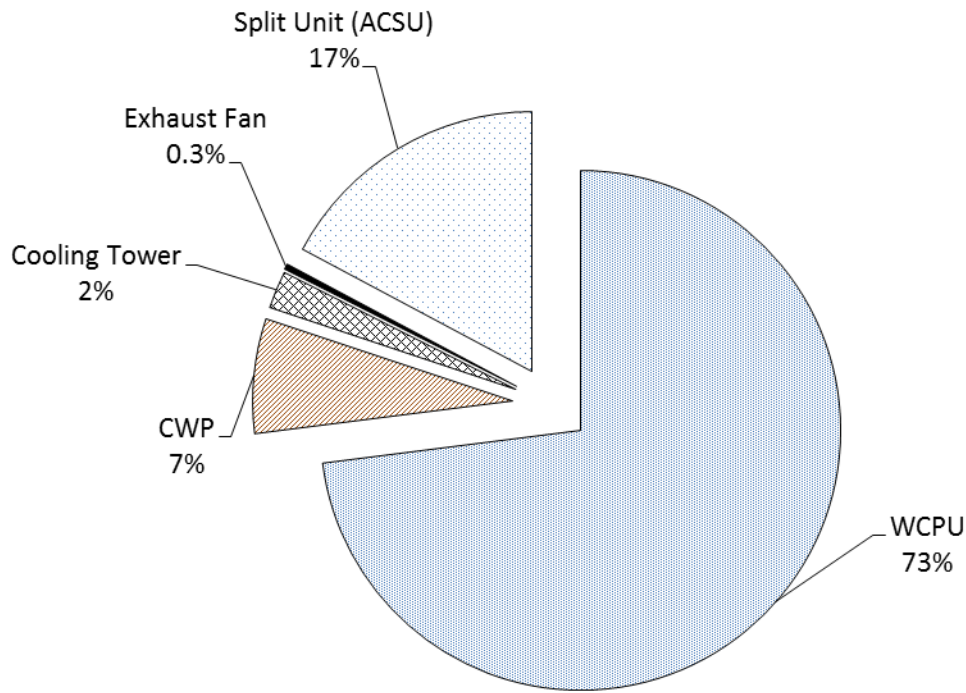
di *WCPU*. **Jadual 11** menunjukkan jumlah penggunaan tenaga harian oleh sistem penyaman udara.

Komponen	Kuasa (kW)	Penggunaan tenaga harian (kWh/day)	Peratus Penggunaan (%)
Water-Cooled Package Unit (WCPU)	206.8	1,861.4	73.0
Condenser Water Pump	20.2	181.9	7.1
Cooling Tower Fan	6.6	59.4	2.3
Exhaust Fan	1.8	8.9	0.3
Air-Cooled Split Unit*	87.7	438.7	17.2
Jumlah	323.2	2,550.4	100

* Nota: load factor 0.5 dan waktu operasi purata 5 jam dipilih kerana penggunaan tenaga ACSU adalah bergantung kepada keperluan semasa dan ianya tidak konsisten sepanjang masa.

Jadual 11: Penggunaan tenaga harian sistem penyaman udara bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak

Jadual 11 menunjukkan bahawa jumlah penggunaan tenaga harian yang digunakan oleh sistem penyaman udara bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak ialah 2,786.7 kWh dengan penggunaan tenaga tertinggi dicatatkan oleh komponen *WCPU* iaitu 1,904.8 kWh.



Rajah 11: Peratus penggunaan tenaga oleh komponen sistem penyaman udara

Coefficient of Performance (COP)

Coefficient of Performance (COP) merupakan satu kuantiti tanpa unit, atau nisbah, antara beban penyejukan ke atas sesuatu ruang, dan tenaga elektrik yang diperlukan oleh sistem penyaman udara untuk menyejukkan ruang itu. Ianya merupakan salah satu kaedah yang digunakan untuk mengukur tahap kecekapan sistem penyaman udara.

Nilai COP yang semakin tinggi menunjukkan sesebuah sistem penyaman udara itu lebih cekap dalam operasinya, dan lebih berupaya menyejukkan sesuatu ruang dengan penggunaan tenaga yang rendah.

Secara amnya,
$$COP = \frac{\text{Beban penyejukan sesuatu ruang}}{\text{Kuasa digunakan untuk menyejukkan ruang}}$$

$$COP = \frac{\text{Refrigerant ion load (kW}_{rt})}{\text{Electrical power input to the system/cycle (kW)}}$$

Nilai COP bagi lima (5) unit Sistem *WCPU* yang telah diaudit adalah seperti di dalam **Jadual 12** hingga **16**.

Time	Total AHU Power (kW)	Cooling load		Efficiency	
		RT	kW _{rt}	COP	kW/RT
7.30 am	15.445	4.794	16.860	1.092	3.222
8.00 am	20.913	16.568	58.268	2.786	1.262
9.00 am	20.791	14.417	50.705	2.439	1.442
10.00 am	20.669	12.937	45.499	2.201	1.598
11.00 am	20.455	11.809	41.531	2.030	1.732
12.00 pm	20.669	9.412	33.101	1.601	2.196
1.00 pm	21.097	12.197	42.895	2.033	1.730
2.00 pm	20.974	14.417	50.705	2.417	1.455
3.00 pm	21.219	17.978	63.227	2.980	1.180
4.00 pm	20.669	7.121	25.043	1.212	2.903
5.00 pm	15.445	7.790	27.398	1.774	1.983
5.30 pm	15.445	5.217	18.348	1.188	2.961
Average	19.483	11.221	39.465	1.979	1.972

Jadual 12: Prestasi kecekapan *WCPU*-1F-P1, Tingkat 1

Purata *COP* yang dicatatkan bagi *WCPU*-1F-P1 adalah **2.0**

Time	Total AHU Power (kW)	Cooling load		Efficiency	
		RT	kW _{rt}	COP	kW/RT
7.30 am	13.142	6.486	22.811	1.736	2.026
8.00 am	15.891	20.269	71.285	4.486	0.784
9.00 am	15.219	20.833	73.269	4.814	0.731
10.00 am	15.341	21.009	73.889	4.816	0.730
11.00 am	15.555	20.480	72.029	4.631	0.760
12.00 pm	15.219	20.022	70.417	4.627	0.760
1.00 pm	17.596	20.269	71.285	4.051	0.868
2.00 pm	15.677	19.916	70.045	4.468	0.787
3.00 pm	15.311	20.798	73.145	4.777	0.736
4.00 pm	20.870	21.291	74.880	3.588	0.980
5.00 pm	12.531	2.468	8.678	0.693	5.078
5.30 pm	12.531	2.045	7.191	0.574	6.129
Average	15.407	16.324	57.410	3.605	1.697

Jadual 13: Prestasi kecekapan *WCPU*-2F-P2, Tingkat 2

Purata *COP* yang dicatatkan bagi *WCPU*-2F-P2 adalah **3.6**

Time	Total AHU Power (kW)	Cooling load		Efficiency	
		RT	kW _{rt}	COP	kW/RT
7.30 am	24.744	3.645	12.819	0.518	6.788
8.00 am	24.744	31.428	110.532	4.467	0.787
9.00 am	28.532	32.360	113.808	3.989	0.882
10.00 am	28.532	32.724	115.090	4.034	0.872
11.00 am	28.715	31.469	110.675	3.854	0.913
12.00 pm	27.988	30.132	105.974	3.786	0.929
1.00 pm	28.654	31.226	109.820	3.833	0.918
2.00 pm	28.422	30.618	107.683	3.789	0.928
3.00 pm	29.577	32.967	115.945	3.920	0.897
4.00 pm	28.165	12.677	44.583	1.583	2.222
5.00 pm	13.136	1.499	5.270	0.401	8.766
5.30 pm	13.136	0.729	2.564	0.195	18.019
Average	25.362	22.623	79.564	2.864	3.577

Jadual 14: Prestasi kecekapan WCPU-4F-K4, Tingkat 4

Purata *COP* yang dicatatkan bagi WCPU-4F-K4 adalah **2.9**

Time	Total AHU Power (kW)	Cooling load		Efficiency	
		RT	kW _{rt}	COP	kW/RT
7.30 am	13.484	9.193	32.334	2.398	1.467
8.00 am	18.903	23.490	82.614	4.370	0.805
9.00 am	18.647	25.920	91.161	4.889	0.719
10.00 am	19.172	23.166	81.475	4.250	0.828
11.00 am	19.117	24.543	86.318	4.515	0.779
12.00 pm	18.543	22.478	79.053	4.263	0.825
1.00 pm	19.086	21.911	77.059	4.037	0.871
2.00 pm	18.983	22.437	78.911	4.157	0.846
3.00 pm	19.270	29.444	103.553	5.374	0.654
4.00 pm	18.848	21.749	76.489	4.058	0.867
5.00 pm	18.818	9.558	33.615	1.786	1.969
5.30 pm	18.818	8.748	30.767	1.635	2.151
Average	18.474	20.220	71.112	3.811	1.065

Jadual 15: Prestasi kecekapan WCPU-5F-P5, Tingkat 5

Purata *COP* yang dicatatkan bagi WCPU-5F-P5 adalah **3.8**

Time	Total AHU Power (kW)	Cooling load		Efficiency	
		RT	kW _{rt}	COP	kW/RT
7.30 am	18.983	8.309	29.221	1.539	2.285
8.00 am	28.666	35.583	125.145	4.366	0.806
9.00 am	29.198	35.148	123.615	4.234	0.831
10.00 am	27.872	29.711	104.492	3.749	0.938
11.00 am	27.933	34.017	119.638	4.283	0.821
12.00 pm	28.330	33.669	118.414	4.180	0.841
1.00 pm	29.198	33.887	119.179	4.082	0.862
2.00 pm	28.544	34.409	121.015	4.240	0.830
3.00 pm	28.899	34.844	122.545	4.241	0.829
4.00 pm	27.872	32.712	115.048	4.128	0.852
5.00 pm	27.872	34.365	120.862	4.336	0.811
5.30 pm	24.500	29.841	104.951	4.284	0.821
Average	27.322	31.374	110.344	3.972	0.961

Jadual 16: Prestasi kecekapan WCPU-6F-P6, Tingkat 6

Purata *COP* yang dicatatkan bagi WCPU-6F-P6 adalah **4.0**

Sebagai pemerhatian, **Jadual 12** hingga **16** mempunyai persamaan di mana terdapat peningkatan penggunaan kuasa elektrik oleh Unit Kawalan Udara (*Air Handling Unit, AHU*) yang ketara antara jam 7.30 pagi hingga jam 8.00 pagi. Ianya berlaku disebabkan sistem penyaman udara yang beroperasi pada tahap yang tinggi untuk menyejukkan sesuatu ruang dengan kadar yang cepat. Selain itu, sistem penyaman udara bangunan menggunakan kuasa elektrik yang lebih tinggi bagi menyingkirkan haba yang terkumpul di dalam bangunan sepanjang malam dan sekaligus menyebabkan peningkatan beban termal.

Sebagai perbandingan, data daripada “*MS 1525:2014 Code of Practice on Energy Efficiency and Renewable Energy for Non-Residential Building*” ditunjukkan dalam **Jadual 17** untuk *COP* minimum yang dicadangkan untuk *water chilling packages, electrically driven*.

Equipment	Size	Sub-category	Minimum COP
Air conditioners: Air cooled with condenser	< 19 kW _r	Single Split/Package	2.8
		Multi-split	2.8
	≥ 19 kW _r and < 35 kW _r	Split or Package	2.8
	≥ 35 kW _r	Split or Package	2.7
Air conditioners: Water and evaporatively cooled	< 19 kW _r	Split or Package	3.6
	≥ 19 kW _r and < 35 kW _r	Split or Package	3.7
	≥ 35 kW _r	Split or Package	3.8

Jadual 17 :Unitary air conditioners, electrically driven: Minimum COP – cooling [MS1525:2014]

Bil.	Lokasi	Unit WCP	COP Sebenar	Minimum COP (MS1525:2014)
1	Tingkat 1	WCPU-P1	2.0	3.8
2	Tingkat 2	WCPU-P2	3.6	3.8
3	Tingkat 4	WCPU-K4	2.9	3.8
4	Tingkat 5	WCPU-P5	3.8	3.8
5	Tingkat 6	WCPU-P6	4.0	3.8
Purata			3.3	3.8

Jadual 18: Perbandingan data COP sebenar dan COP minimum

Berdasarkan kepada **Jadual 18**, tiga (3) daripada lima (5) unit *WCP* yang diaudit tidak mematuhi kecekapan minimum yang ditetapkan oleh MS1525:2014 iaitu nilai *COP* 3.8. Tahap kecekapan *WCP* yang dicatatkan sepanjang audit tenaga adalah antara *COP* 2 hingga 4. Memandangkan unit AHU di Jabatan Kerja Raya Perak baru saja diganti, *COP* 2 hingga 4 boleh dianggap sangat rendah walaupun tidak mengambilkira keperluan kecekapan tenaga dalam rekabentuk penggantian AHU ini.

COP yang rendah ini mungkin disebabkan oleh beban termal di tingkat berkenaan yang rendah manakala saiz AHU pula terlalu besar. Pengiraan semula beban termal sepatutnya dibuat sebelum kerja-kerja penggantian AHU dilaksanakan.

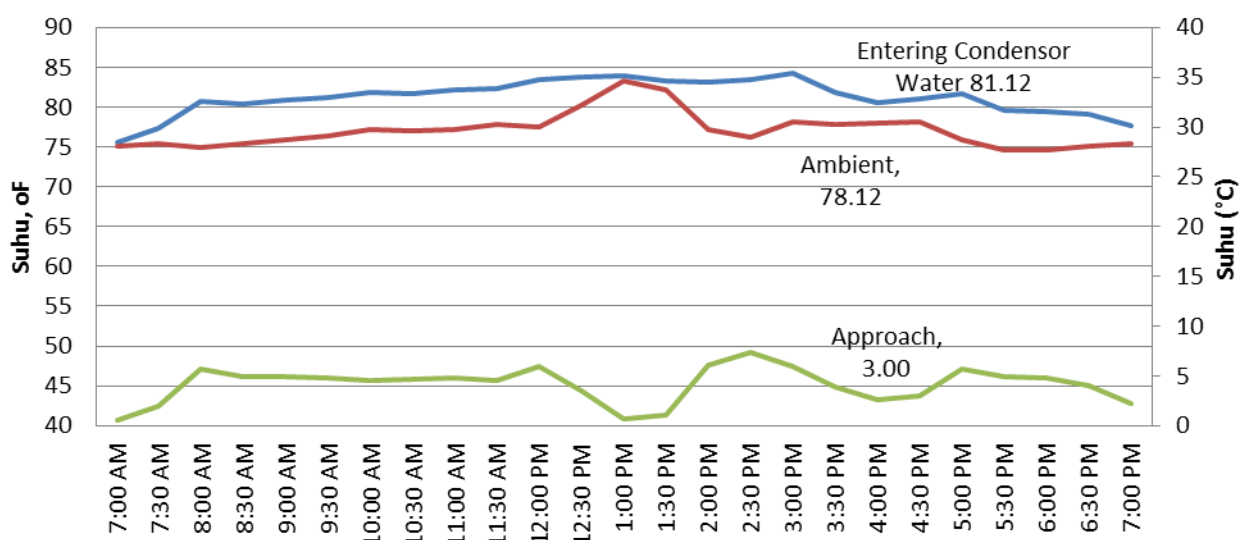
Condenser Approach

Menara Penyejuk (*Cooling Tower*) merupakan salah satu komponen dalam Sistem Penyaman Udara WCP. Ia berfungsi sebagai alat untuk menyingkirkan haba daripada AHU. Haba ini dibebaskan ke persekitaran dan air yang telah disejukkan di hantar kembali kepada AHU.

Saiz Menara Penyejuk adalah berdasarkan kepada kapasiti penyejukan yang diperlukan. Walaubagaimanapun, antara faktor lain yang diambilkira dalam rekabentuk Menara Penyejuk adalah apa yang dinamakan *condenser approach*. *Condenser approach* ialah perbezaan antara suhu air yang keluar daripada Menara Penyejuk dengan udara persekitaran (*wet bulb ambient temperature*). Sistem operasi yang optimum memerlukan *condenser approach* yang tidak melebihi 3°C. Sebagai contoh, sekiranya suhu persekitaran (*ambient temperature*) adalah 29 °C, maka suhu air yang keluar daripada Menara Penyejuk tidak boleh melebihi 32 °C bagi memastikan sistem penyaman udara bangunan beroperasi pada tahap optimum.

Hasil pemeriksaan di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak, suhu purata bagi *condenser approach* adalah 3°C iaitu pada nilai had maksimum yang disarankan. Suhu tertinggi yang dicatatkan adalah pada 8°C iaitu jauh melebihi nilai had maksimum yang disarankan.

Condenser approach yang tinggi menyebabkan sistem penyaman udara bangunan tidak dapat berfungsi secara optimum dan melibatkan penggunaan tenaga yang tinggi. **Rajah 12** di bawah menunjukkan suhu bagi *condenser water*, suhu persekitaran dan *condenser approach*.



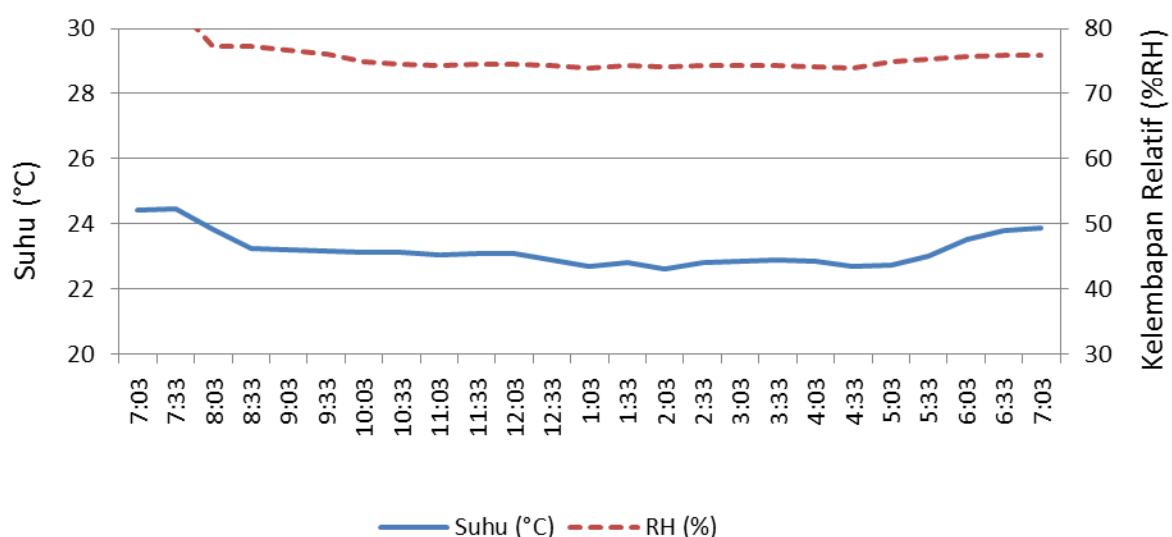
Rajah 12: Suhu Masuk *Condenser Water*, Suhu Persekitaran dan *Condenser Approach*

Antara penyebab kepada peningkatan nilai *condenser approach* ialah keadaan Menara Penyejuk yang tidak bersih dan tidak berupaya untuk menyingkirkan haba dengan berkesan dan seterusnya tidak berjaya mengurangkan kadar *condenser approach*.

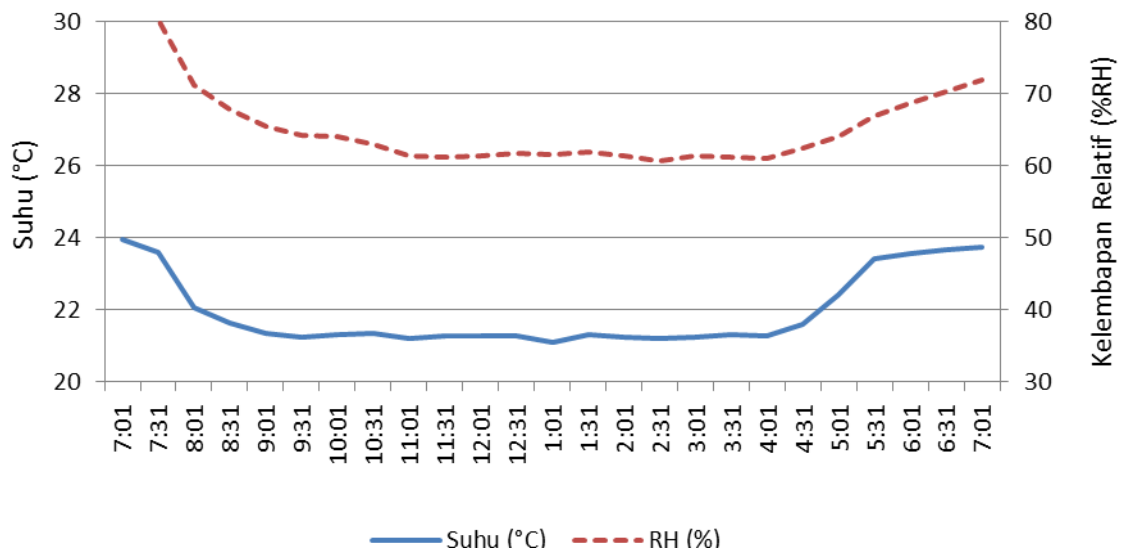
KUALITI UDARA DALAMAN (*Indoor Air Quality, IAQ*)

Kualiti udara dalaman (*IAQ*) adalah merujuk kepada kualiti udara di dalam dan di sekeliling bangunan yang berkait rapat dengan keselesaan dan kesihatan pengguna bangunan, dan merangkumi aspek suhu persekitaran ruang, kelembapan relatif (*relative humidity-RH*) dan tahap CO₂ di dalam bangunan. Bacaan suhu, *RH* dan CO₂ bagi beberapa buah bilik dan ruang yang direkodkan secara manual dan *data logger*.

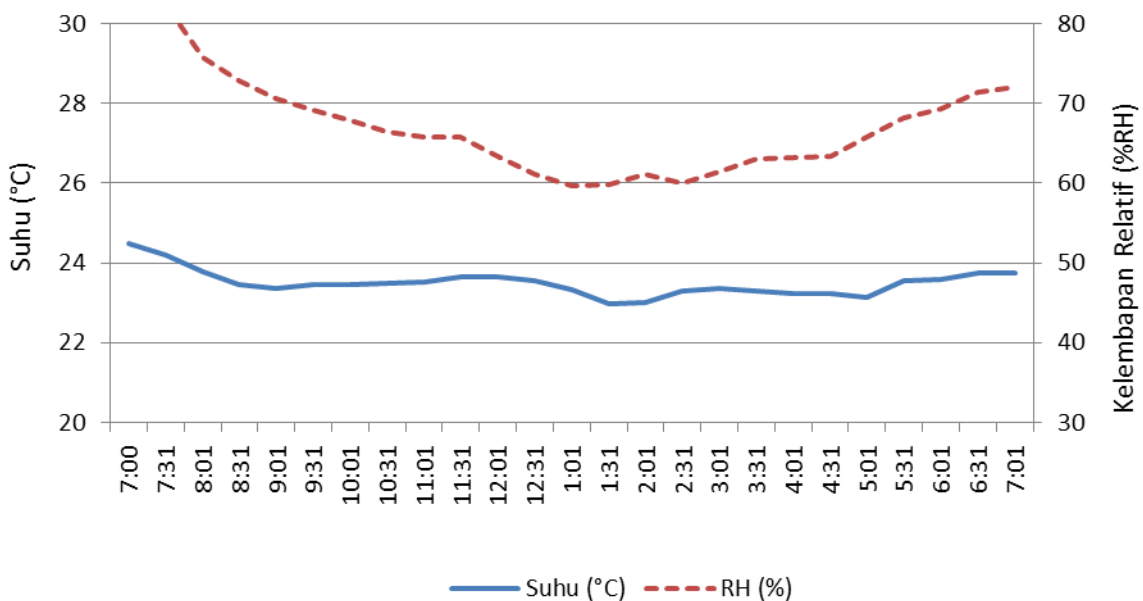
Bacaan bagi suhu dan peratus kelembapan relatif bagi Unit Korporat di Tingkat 3, Bahagian Arkitek di Tingkat 4 dan Bahagian Pentadbiran & Kewangan di Tingkat 5 adalah seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah 13**, **Rajah 14** dan **Rajah 15**. Suhu purata bagi ruang Bahagian Korporat di Tingkat Tiga semasa waktu pengoperasiannya ialah 22.5°C dan *RH* pula ialah 73%. Suhu maksimum yang dicatatkan di ruang berkenaan pula ialah 24.3°C dengan *RH* 80% pada permulaan tempoh operasi sistem penyaman udara yang bermula jam 7.30 pagi dan suhu mula konsisten bermula jam 9.00 pagi. Sementara itu, ruang pejabat Bahagian Arkitek di Tingkat 4 mencatatkan suhu purata iaitu 21.5°C dan *RH* ialah 62.2% di mana suhu maksimum yang direkod mencecah 24.8°C dengan *RH* 80.0% pada jam 7.00 pagi di mana sistem penyaman udara mula beroperasi. Ruang pejabat Pentadbiran & Kewangan di Tingkat Lima mencatatkan suhu purata iaitu 23.5°C dan *RH* ialah 74.2% di mana suhu maksimum yang direkod mencecah 24.8°C dengan *RH* 80.0% pada jam 7.00 pagi di mana sistem penyaman udara mula beroperasi.



Rajah 13: Suhu dan *relative humidity* bagi Bahagian Korporat di Tingkat 3



Rajah 14: Suhu dan *relative humidity* bagi Bahagian Arkitek di Tingkat 4



Rajah 15: Suhu dan *relative humidity* bagi Bahagian Pentadbiran & Kewangan di Tingkat 5

Secara keseluruhannya, bacaan suhu dan *RH* bangunan ini tidak memuaskan memandangkan terdapat sesetengah bilik atau ruang mempunyai suhu dan *RH* yang rendah dan tinggi berbanding Piawaian Malaysia MS1525:2014 yang mencadangkan suhu bilik hendaklah berada dalam lingkungan 24°C hingga 26 °C manakala *RH* adalah 50% hingga 70%. Selain itu, melalui Garis Panduan Penjimatan Tenaga Melalui Penetapan Suhu Pada Tahap Minimum 24°C di Bangunan Kerajaan yang telah dikeluarkan oleh Kementerian Tenaga, Teknologi Hijau dan Air, suhu minimum bagi semua bangunan kerajaan hendaklah ditetapkan pada 24°C.

Tahap bacaan purata bagi tahap CO₂ di bangunan ini adalah rendah dan memenuhi piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP) – *Code of Practice on Indoor Air Quality, 2005*(ISBN: 983-2014-51-4) iaitu tidak melebihi 1,000 *parts per million* (ppm). Kadar CO₂ yang rendah menunjukkan terdapat banyak kandungan udara segar di dalam bangunan dan ini memberikan ruang untuk meningkatkan kecekapan penggunaan tenaga melalui penutupan *fresh air damper* di bilik AHU.

Jadual 19 di bawah menunjukkan bacaan suhu, RH dan kadar CO₂ di dalam ruang yang telah dipilih semasa audit tenaga dijalankan.

UNIT/BAHAGIAN	TINGKAT	Zon Pengukuran	SUHU (°C)	RH (%)	CO ₂ (ppm)
Unit Ukur Bahan (Kantin)	1	1	23.0	55	354
		2	21.5	60	333
		3	24.0	50	314
Unit Ukur Bahan (Parking)		1	22.0	60	261
		2	23.0	62	240
Bahagian Jalan (Parking)	2	1	23.0	58	240
		2	23.0	68	226
Bahagian Jalan (Kantin)		1	20.5	62	301
Bahagian Senggara Persekutuan Negeri (Kantin)		1	21.0	59	290
Bilik Mesyuarat Gerakan, Korporat (Kantin)	3	1	22.0	74	301
Unit Korporat (Parking)		1	22.5	58	310
		2	22.5	61	301
Bahagian Arkitek (Kantin)	4	1	21.0	70	319
Bahagian Arkitek (Parking)		1	23.5	66	311
		2	23.0	63	306
Bahagian Pentadbiran & Kewangan (Parking)	5	1	21.0	68	280
		2	22.0	60	272
Pejabat Pengarah (Kantin)		1	21.0	68	234
		2	23.0	54	280
Bahagian Bangunan (Kantin)	6	1	22.0	54	260
		2	23.0	55	278
Bahagian Kejuruteraan Jalan, Struktur (Parking)		1	22.0	60	247
		2	22.0	60	245

Jadual 19: Purata bacaan kualiti udara dalaman di Jabatan Kerja Raya Negeri Perak (ketika pengoperasian sistem penyaman udara)

5.7 Prestasi Sistem Aktif (Mekanikal – Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi)

5.7.1 Pengenalan Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi

Sehingga kini, Malaysia masih tidak mempunyai standard atau piawai berkaitan kekedapan udara dan kadar penyusupan udara luar bagi sesebuah bangunan. Standard MS 1525 hanya memperuntukkan cadangan bagi mengawal kekedapan udara sesebuah bangunan kerana ianya telah dikenalpasti sebagai salah satu penyumbang utama dalam penggunaan tenaga sesebuah bangunan. Walaubagaimanapun, di dalam standard berkenaan tidak dinyatakan sasaran kadar penyusupan udara luar kerana sehingga kini pangkalan data untuk kekedapan udara di dalam bangunan di Malaysia masih belum wujud.

Oleh itu, rujukan terhadap standard American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Ashrae-62 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality telah dibuat bagi membandingkan keputusan yang telah diperolehi dari ujian yang dilakukan. Standard ini menyatakan kadar ventilasi minimum dan kualiti udara dalam bangunan yang boleh diterima pakai untuk keselesaan pengguna bangunan dan juga mengurangkan potensi ancaman kesihatan.

a) Metodologi untuk pengukuran tahap infiltrasi udara luar ke dalam bangunan melalui pengukuran kadar kondensasi dari AHU

Kadar infiltrasi udara ke dalam bangunan dianggarkan melalui kadar wap air yang terkondensasi dari AHU.

Data seperti dibawah adalah diperlukan bagi mengira kadar infiltrasi udara ke dalam bangunan dalam unit air-changes per hour (ACH):

1. Keluasan lantai dalam meter persegi (m^2) yang disejukkan oleh sesebuah AHU.
2. Jarak Siling dari lantai.
3. Bilangan pengguna dalam bilik yang disejukkan oleh sesebuah AHU (bagi mengira haba yang dibebaskan).
4. Suhu dan kelembapan udara luar – bagi mengira jumlah wap air yang terkandung dalam udara luar (g/kg).

5. Suhu dan kelembapan udara dalam bangunan – bagi mengira jumlah wap air yang terkandung dalam udara dalam bangunan (g/kg).
6. Kadar wap air terkondensasi dari AHU (g/s).

$$FA = \frac{C.W - Occ.W}{(Om - Im)\rho_{air}} \times 60 \times 60$$

where,

FA = Fresh Air Intake (m^3_{air}/h)

$C.W$ = Rate of Condensation collected (g_{water}/sec)

$Occ.W$ = Rate of Moisture from Occupant (g_{water}/sec)

Om = Outdoor Moisture Content (g_{water}/kg_{air})

Im = Indoor Moisture Content (g_{water}/kg_{air})

ρ_{air} = Outdoor Air Density (kg/m^3)

b) Pengiraan Kadar Wap Air Yang Dibebaskan Oleh Pengguna Sesebuah Bangunan (Occ.W)

Dengan merujuk kepada Jurnal Personal factors in Thermal Comfort Assessment: Clothing Properties and Metabolic Heat Production oleh George Havenith, Ingvar Holmer dan Ken Parsons, Department of Human Sciences, Human Thermal Environments Laboratory, Loughborough University Leicester ; dan laman web http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html (jadual seperti di Lampiran A),

Haba pendam air (water latent heat) bagi pemeluwapan (evaporation) adalah;

2270 kJ/kg = 2270 Wsec/gram air.

Oleh itu, 1 orang pada 60 W haba pendam $\div$ 2270 Wsec/g = 0.02643 g/sec air yang dihasilkan seorang.

Berdasarkan bilangan orang yang berada di dalam bilik yang disejukkan oleh sesebuah AHU, wap air keseluruhan yang dihasilkan semua orang ini boleh dikira seperti formula berikut:

Kadar wap air oleh orang secara keseluruhan (g/sec) = 0.02643 g/sec/orang x bil. orang.

c) Pengiraan Kadar Kondensasi (C.W)

Jumlah keseluruhan kadar kondensasi diukur dengan mengumpul wap air yang terkondensasi dari AHU untuk 30 saat dan berat air berkenaan ditimbang dalam gram. Ini seterusnya akan menghasilkan keputusan kadar wap air yang terkondensasi. (gram/sec).



Air dikumpul dalam masa tertentu dari paip kondensasi yang terdapat di AHU



Air yang dikumpul kemudian ditimbang.

d) Pengukuran kandungan wap air dalam udara luar dan udara dalam bangunan.

Data bagi kandungan wap air dalam udara luar dan dalam bangunan diambil menggunakan alat hobo loggers yang diletakkan di luar bangunan dan dalam kawasan pejabat yang disejukkan oleh AHU.



Hobo logger diletakkan di luar (berdekatan dengan lobi) bangunan bagi mengukur wap air dalam udara luar



Hobo logger diletakkan di dalam pejabat untuk mengukur wap air dalam udara ketika ujian infiltrasi sedang dibuat.

Dari bacaan suhu dan kelembapan yang telah diambil, wap air dalam udara dapat dikira atau diperolehi melalui carta psychometric. Ketumpatan udara luar juga boleh dikira

dengan menggunakan data suhu dan kelembapan dan merujuk kepada carta psychometrics udara.

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality menyarankan kadar minimum udara segar di dalam bangunan seperti berikut untuk mengekalkan kualiti udara yang baik:

Kadar Aliran Udara (flow rate) Minimum untuk $1 \text{ m}^2 = 0.3 \text{ l/s/m}^2$

Kadar Aliran Udara (flow rate) Minimum untuk 1 orang = 2.5 l/s/person

ASHRAE juga menyarankan jumlah minimum udara segar yang diperlukan di dalam bangunan untuk mengekalkan kualiti udara yang baik adalah hasil tambah Kadar Aliran Udara Minimum untuk 1 m^2 dan Kadar Aliran Udara Minimum untuk 1 orang.

5.7.2 Penemuan Teknikal Ujian Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi

- i. Jumlah wap air terkondensasi yang diukur dari AHU boleh di kategorikan mengikut Wing Kanan (Kantin) dan Wing Kiri (Parking). Secara puratanya bacaan keseluruhan bangunan menunjukkan kemasukan udara luar adalah hampir 4 kali ganda lebih tinggi dari yang sepatutnya. Kadar purata air-change per hour (ACH) yang sebanyak 2.0 menunjukkan terdapatnya kebocoran udara bagi bangunan yang berpenhawa dingin jika dibandingkan dengan nilai bacaan yang disarankan oleh ASHRAE iaitu sebanyak 0.43.
- ii. Wing Kanan(Kantin) merekodkan bacaan lebih tinggi berbanding Wing Kiri (Parking). Bacaan menunjukkan kemasukan udara luar adalah lebih dari empat kali ganda lebih tinggi dari yang sepatutnya. Kadar purata air-change per hour (ACH) bagi Wing Kanan adalah sebanyak 2.26 menunjukkan terdapatnya kebocoran bagi blok tersebut jika dibandingkan dengan nilai bacaan yang disarankan oleh ASHRAE iaitu sebanyak 0.45.
- iii. Bacaan Wing Kiri pula menunjukkan kemasukan udara luar adalah lebih dari tiga kali ganda lebih tinggi dari yang sepatutnya. Kadar purata air-change per hour (ACH) bagi Blok A adalah sebanyak 1.74 menunjukkan terdapatnya kebocoran bagi blok tersebut jika dibandingkan dengan nilai bacaan yang disarankan oleh ASHRAE iaitu sebanyak 0.41.
- iv. Infiltrasi udara luar yang berlebihan dikira melalui Jumlah Keseluruhan Udara Luar – Udara Luar Minimum yang diperlukan mengikut ASHRAE untuk kualiti udara yang baik. Pihak Berkuasa Bangunan UK menyarankan Indeks Kebocoran Udara (Air Leakage

Index) mengikut CIBSE-T23 bagi bangunan pejabat adalah 0.6 ACH dan 0.3 ACH bagi bangunan yang berkecekapan tenaga (merujuk kepada suhu Malaysia). Kadar infiltrasi di kompleks ini adalah 3 kali ganda lebih tinggi dari kadar infiltrasi bangunan biasa dan hampir 6 kali lebih tinggi dari kadar infiltrasi bangunan yang berkecekapan tenaga.

- v. Adalah didapati kebocoran udara dalam ruang berpenyaman udara yang disebabkan oleh sikap seperti pintu dan tingkap terbuka banyak berlaku di ruang gunasama seperti lobi, koridor, pantry dan sebagainya (rujuk Gambar Penemuan 1).
- vi. Menerusi tinjauan yang dilaksanakan ke atas tingkat teratas (tingkat 6), terdapat bukaan pada siling di beberapa tempat berkemungkinan disebabkan oleh kerja – kerja penyenggaraan yang tidak disempurnakan sebaiknya. Selain itu, faktor usia (siling meleding) menyumbang kepada keadaan tersebut (rujuk Gambar Penemuan 2).
- vii. Tinjauan kami juga mendapati masih terdapat bilik – bilik termasuk bilik individu yang dilengkapi dengan ‘exhaust fan’ dan beroperasi dalam ruang berpenyaman udara menyebabkan udara terawat disedut keluar. (rujuk Gambar Penemuan 3)
- viii. Penemuan ketara dalam tinjauan kami adalah tingkap terbuka pada 90% pantry. Siasatan ringkas kami mendapati kedudukan pantry adalah di penghujung bangunan dan hanya dilengkapi dengan satu ‘air supply diffuser’ tanpa ‘return grill’ menyebabkan pantry tersebut panas. Walau bagaimana pun tindakan membuka tingkap yang merupakan penyelesaian setempat (local solution) sebenarnya mengganggu sistem penyaman udara di ruang tersebut dan menyumbang kepada penggunaan tenaga yang tidak cekap. (rujuk Gambar Penemuan 4)

Description of Areas	Fresh Air Measured (ACH)	Min Fresh Air Required by ASHRAE (ACH)	Exceed by
Kedudukan AHU	ACH Sebenar	ACH yang dicadangan	Peratus Perbezaan
Purata Wing Kanan	2.26	0.45	400%
Purata Wing Kiri	1.74	0.41	326%
Purata Keseluruhan Bangunan	2.00	0.43	365%

Jadual 20: Kadar ACH mengikut kedudukan AHU bersama kadar ACH dan kadar ACH yang dicadangkan ASHRAE.

5.7.2.1(i) Penemuan Bergambar Ujian Penyusupan Udara Luar / Infiltrasi di JKR Negeri Perak

Kawasan	Deskripsi
 Gambar Penemuan 1	Pintu keluar dan antara tingkap yang terbuka dalam keadaan ruang berpenghawa dingin
 Gambar Penemuan 2	Terdapat bukaan pada siling di tingkat 6 memerlukan kerja pembaikan/ penggantian memberi faedah kepada penggunaan tenaga yang lebih baik.
	Udara terawat disedut keluar oleh 'Exhaust fan' di beberapa bilik termasuk bilik individu. Adalah dicadangkan supaya kawalan 'exhaust fan' diwujudkan supaya

 Gambar Penemuan 3	ia tidak boleh berfungsi dalam keadaan ruang bernyaman udara.
 Gambar Penemuan 4	Tingkap terbuka di pantry (hampir keseluruhan). Dicapangkan ruang tersebut diasingkan dari ruang berpenyaman udara secara kekal dan dipastikan pintu pantry sentiasa tertutup (memerlukan kajian lanjut)

5.8 PRESTASI SISTEM PASIF

[Tiada Input]

5.9 Hasil Penilaian Sistem Pengurusan Tenaga

[Tiada Input]

5.10 KAJI SELIDIK KESELESAAN PENGGUNA

[Tiada Input]

6.0 CADANGAN LANGKAH PENJIMATAN TENAGA DAN KIRAAN TEMPOH BAYARAN BALIK MUDAH PELABURAN

6.1 Sistem Elektrik

6.1.1 Tanpa Kos

- Matikan suis lampu apabila penghuni keluar daripada bilik.
- Penggunaan pencahayaan semulajadi di laluan pejalan kaki yang berhampiran gelas tingkap.
- Pastikan peralatan pejabat (cth: komputer, mesin fotokopi di dalam *energy savings mode* apabila tidak digunakan).
- Laksanakan *Energy Management Program* yang lebih teratur (cth: program kesedaran dll).
- Memeriksa semula suis pemasa (*timer switch*) pada lampu kawasan yang masih terpasang pada waktu siang.
- Selain daripada kaedah penjimatan yang dicadangkan di atas, kaedah *delamping* juga boleh dilaksanakan.

Daripada audit yang telah dijalankan didapati terdapat sebahagian kawasan yang mempunyai tahap kecerahan (*lux level*) adalah melebihi had yang telah ditetapkan di dalam garis panduan **MS 1525:2014** (Rujuk **Lampiran 2**) dan ulasan di dalam **5.4.2 (iv)**. Bagi mengurangkan tahap kecerahan tersebut, dicadangkan agar langkah *delamping* untuk setiap satu tiub lampu bagi lampu *compact fluorescent* dijalankan. Anggaran penjimatan yang boleh dicapai bagi Blok E adalah seperti berikut:

Anggaran bilangan lampu 2 x 18W <i>compact fluorescent</i>	6 unit = 12 tiub
Anggaran 1 tiub lampu yang boleh dikeluarkan	6 tiub lampu
Anggaran penjimatan kuasa (kW)	6 x 24W (18W + 6W ballast loss) = 0.144 kW
Anggaran penjimatan setahun (kWj)	0.144 kW x 10 jam x 22 hari x 12 bulan = 380.16 kWj
Anggaran penjimatan setahun (RM)	(380.16 kWj x 0.509 RM/kWj) = <u>RM 193.50 /Setahun</u> ≈ <u>RM 16.13 / Sebulan</u>
Tempoh bayaran balik (tahun)	<u>Serta merta</u>

6.1.2 Dengan Kos

i. **Retrofit** lampu sedia ada kepada lampu yang lebih cekap tenaga.

Lampu Dalam Bangunan

Dicadangkan penukaran lampu sedia ada (T8, 36 watt bersama *magnetic ballast*) kepada lampu yang lebih cekap tenaga (T8 28 watt bersama *electronic ballast*). Anggaran penjimatan dan tempoh bayaran balik adalah seperti berikut:

Penggantian lampu 2 x 36W(F) recess kepada 2 x 28W(F) recess:

Anggaran bilangan lampu 2 x 36W <i>recess fluorescent</i>	712 unit = 1,424 tiub
Anggaran penjimatan kuasa (kW)	1,424 x 12W (42W - 30W ^{#1} ballast loss) = 17.09 kW
Anggaran penjimatan setahun (kWj)	17.09 kW x 10 jam x 22 hari x 12 bulan = 45,112.32 kWj
Anggaran penjimatan setahun (RM)	(45,112.32 kWj x 0.509 RM/kWj) = RM 22,962.17 /Setahun ≈ RM 1,913.51 / Sebulan
Anggaran Kos Penukaran (RM)	1,424 tiub = 712 set lampu x RM 150.00 = RM 106,800.00 Anggaran pecahan kos: i. 1 Electronic Ballast : RM 100 ii. 2 Tiub 28 Watt : RM 40 iii. Kerja-kerja penggantian : RM 10
Tempoh bayaran balik (tahun)	Jumlah Kos Penukaran / Kos penjimatan setahun RM 106,800.00 / RM 22,962.17 ≈ 4.7 tahun

#1 : (28 W + 2 W (Ballast Loss)) = 30 W

ii. **Meletakkan pengesan pergerakan (*motion sensor*) di dalam bilik pegawai dan bilik fail**

Daripada pemeriksaan yang dijalankan, didapati terdapat lampu yang terpasang pada beberapa bilik pegawai dan bilik fail semasa tiada pegawai di dalam bilik tersebut seperti ulasan di dalam **5.4.2 (iv)**. Adalah dicadangkan bilik-bilik tersebut diletakkan pengesan pergerakan agar lampu-lampu tersebut tertutup secara automatik semasa ketiadaan pegawai di dalam bilik tersebut. Anggaran kos dan penjimatan bagi meletakkan suis kawalan lampu pada setiap bilik adalah seperti berikut:

Anggaran bilangan bilik dan kuasa lampu yang terlibat	12 unit lampu x (2x42Watt ^{#2}) x 5 bilik fail; 2 unit lampu x (2x42Watt ^{#2}) x 15 bilik pegawai Jumlah kuasa yang terlibat = 7.56 kW
Anggaran jam penutupan suis sehari	2 jam
Anggaran penjimatan setahun (kWj)	7.56 kW x 2 jam x 22 hari x 12 bulan = 3,991.68 kWj
Anggaran penjimatan setahun (RM)	(3,991.68 kWj x 0.509 RM/kWj) = <u>RM 2,031.77 /Setahun</u> ≈ <u>RM 169.31 / Sebulan</u>
Anggaran Kos Pemasangan Pengesan Pergerakan (RM)	RM250 per unit pengesan pergerakan x 20 bilik = RM5,000.00
Tempoh bayaran balik (tahun)	Jumlah Kos Pemasangan / Kos penjimatan setahun RM 5,000.00 / RM 2,031.77 ≈ <u>2.5 tahun</u>

#2 : termasuk *Ballast Loss*

iii. ***Retrofit* lampu sedia ada kepada lampu yang lebih cekap tenaga di kawasan tangga kecemasan yang dibuka selama 24 jam.**

Lampu Dalam Bangunan di Kawasan Tangga Kecemasan

Dicadangkan penukaran lampu sedia ada (T8, 36 watt bersama *magnetic ballast*) kepada lampu yang lebih cekap tenaga (T5 18 watt bersama *electronic ballast*). Anggaran penjimatan dan tempoh bayaran balik adalah seperti berikut:

Penggantian lampu 2 x 36W(F) recess kepada 2 x 18W(F) recess:

Anggaran bilangan lampu 2 x 36W <i>recess fluorescent</i>	28 unit = 56 tiub
Anggaran penjimatan kuasa (kW)	56 x 22W (42W - 20W ^{#3} ballast loss) = 1.232 kW
Anggaran penjimatan setahun (kWj)	1.232 kW x 24 jam x 30 hari x 12 bulan = 10,644.48 kWj
Anggaran penjimatan setahun (RM)	(10,644.48 kWj x 0.509 RM/kWj) = RM 5,418.04 /Setahun ≈ RM 451.50 / Sebulan
Anggaran Kos Penukaran (RM)	56 tiub = 28 set lampu x RM 250.00 = RM 14,000.00
Tempoh bayaran balik (tahun)	Jumlah Kos Penukaran / Kos penjimatan setahun RM 14,000.00 / RM 5,418.04 ≈ <u>2.6 tahun</u>

#3 : (18 W + 2 W (Ballast Loss)) = 20 W

6.2 Sistem Mekanikal

Strategi penjimatan tenaga ini merangkumi penemuan yang diperolehi dalam sistem mekanikal bangunan berdasarkan penganalisan data audit yang dilakukan dan seterusnya mencadangkan langkah penjimatan tenaga bagi operasi sistem mekanikal di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak.

Penemuan Penjimatan Tenaga

Berdasarkan kepada penganalisan data yang dilakukan, berikut adalah ringkasan penemuan yang diperolehi iaitu:

Suhu ruang di dalam bangunan rendah dan tidak seragam

Melalui pemeriksaan suhu ruang yang dilakukan, didapati bahawa terdapat beberapa ruang yang mempunyai suhu yang rendah. Pemeriksaan mendapati bahawa suhu di Bahagian Jalan, Bahagian Ukur Bahan, Bahagian Senggara, Bahagian Arkitek dan Bahagian Pentadbiran & Kewangan adalah antara 20.5°C hingga 22.4°C dengan purata suhu 22.2 °C. Suhu ini lebih rendah daripada suhu yang dicadangkan oleh Piawaian Malaysia, *MS1525:2014 Code of Practice on Energy Efficiency and Use of Renewable Energy for Non-Residential Buildings* iaitu

antara 24 °C hingga 26°C dan dasar kerajaan yang menetapkan suhu minimum di bangunan kerajaan adalah 24°C.

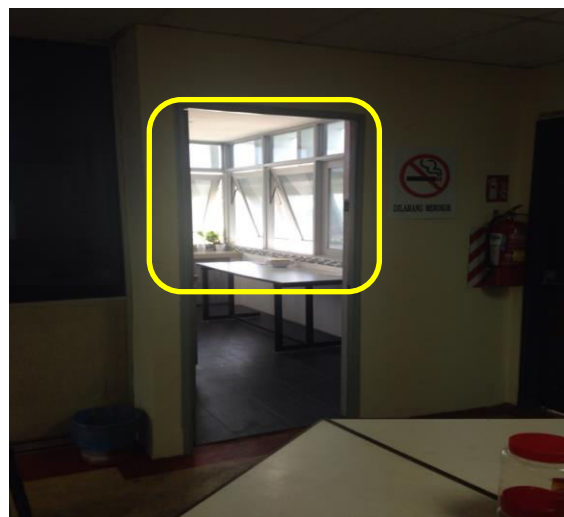
Udara sejuk terlepas keluar (*exfiltration*) ke ruang yang mempunyai *natural ventilation* melalui bukaan pintu dan tingkap

Bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak direkabentuk untuk mempunyai kolaborasi ruang di antara ruang berpenyaman udara dan menggunakan *natural ventilation*. Ia bertujuan untuk mengurangkan penggunaan tenaga bangunan dengan mengaplikasi konsep *natural ventilation* pada ruang yang tidak kritikal (*non-critical area*) seperti ruang tangga, bilik stor dan pantri. Walaubagaimanapun, rekabentuk ini tidak dapat dimanfaatkan sepenuhnya, di mana pintu-pintu dan tingkap-tingkap yang memisahkan ruang-ruang berkenaan tidak ditutup dengan baik. Perkara ini mengakibatkan udara sejuk yang dibekalkan untuk ruang berpenyaman udara terlepas keluar ke ruang yang mempunyai *natural ventilation* sehinggakan ruang berkenaan menjadi sejuk dan mempunyai suhu serendah 24.7°C. Ini menyebabkan sistem penyaman udara beroperasi pada beban termal yang lebih tinggi untuk menyejukkan ruang berkenaan dan seterusnya meningkatkan penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara. **Rajah 20** menunjukkan keadaan tersebut.

a)



b)



Rajah 20:(a) Pintu yang sentiasa terbuka, dan **(b)** cermin yang sentiasa terbuka mengakibatkan udara sejuk terlepas keluar (*exfiltration*) ke ruang *natural ventilation*.

Masa operasi sistem penyaman udara melebihi waktu operasi bangunan

Operasi sistem penyaman udara di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak biasanya bermula antara jam 7.30 pagi – 5.00 petang pada hari Isnin – Jumaat. Walaubagaimanapun,

terdapat sistem *WCPU* yang masih beroperasi selepas jam 5.00 petang. Perkara ini menyebabkan pembaziran kepada penggunaan tenaga elektrik.

Tahap CO₂ Rendah Di Ruang Pejabat

Kerja audit tenaga juga menemukan bacaan CO₂ yang terlalu rendah di beberapa bilik dan ruang di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak iaitu pada purata 283 ppm. Bacaan CO₂ yang terlalu rendah merupakan satu tanda bahawa kemungkinan terdapatnya udara luar yang masuk secara berlebihan ke dalam ruang pejabat. Kadar CO₂ dengan purata 283 ppm ini adalah menepati garispanduan yang telah ditetapkan oleh JKKP iaitu *Tataamalan Industri Kualiti Udara dalaman 2010 (JKKP DP (S) 127/379/4-39)* agar tidak melebihi bacaan 1000ppm namun kemasukan udara luar yang berlebihan ini akan meningkatkan bebanan penyejukan kepada sistem penyaman udara dan terpaksa menggunakan lebih tenaga untuk menurunkan kadar kelembapan dan suhu dari udara luar.

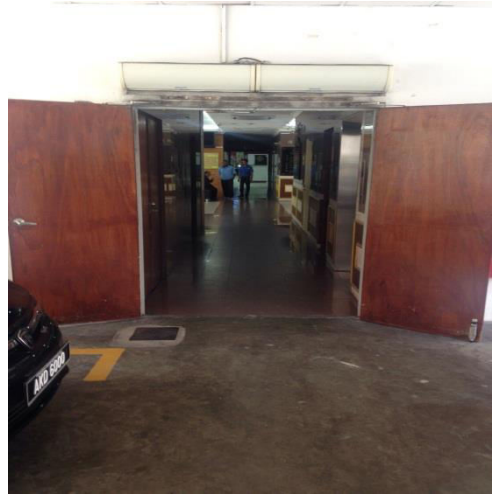
Penggunaan *Air Curtain* yang tidak praktikal

Berdasarkan pemerhatian visual, terdapat *air curtain* yang dipasang di antara ruang kafe dan ruang lobi. Peranan *air curtain* adalah untuk menghalang udara di dalam ruang berpenyaman udara daripada keluar ke ruang tidak berpenyaman udara. Walau bagaimanapun, dalam kes ini ruang kafe dan ruang lobi adalah ruang berpenyaman udara. Sehubungan dengan itu penggunaan *air curtain* adalah tidak praktikal dan hanya menyumbang kepada peningkatan penggunaan tenaga. Adalah dicadangkan agar *air curtain* ini tidak digunakan.

Selain itu, terdapat *air curtain* dipasang diantara ruang lobi dan parkir kereta. Walaupun pemasangan ini betul, penjimatan boleh dicapai dengan mematikan *air curtain* dan memastikan pintu sentiasa ditutup.

a)

b)



Rajah 17:(a) *Air Curtain* diantara Lobi dan Kafe & (b) *Air curtain* diantara lobi dan parkir.

Penggunaan *Window Unit* yang tidak praktikal

Terdapat beberapa sistem penyaman udara jenis *Window Unit* yang berusia lebih dari 15 tahun dan sudah tidak cekap untuk digunakan lagi. Adalah dicadangkan agar kesemua *window unit* ini dilupuskan memandangkan sistem penyaman udara berpusat (*centralised air conditioning*) sedia ada adalah mencukupi untuk menyejukkan ruang yang berkenaan.



Rajah 18: *Window Unit*

Langkah Penjimatan Tenaga

Bagi menjimatkan penggunaan tenaga oleh sistem mekanikal di dalam bangunan, beberapa langkah penambahbaikan adalah dicadangkan. Cadangan ini dibahagikan kepada 2 kategori, iaitu **(i)** cadangan tanpa kos, dan **(ii)** cadangan dengan kos.

6.2.1 Tanpa Kos

- a. Melakukan pengimbangan semula (*re-balancing*) kadar bekalan udara sejuk mengikut keperluan dan pelarasan semula suhu *set-point* mengikut cadangan MS1525:2014;
- b. Menutup pintu dan tingkap bagi mengelakkan penyusupan udara luar ke ruang berpenyaman udara;
- c. Melupuskan penggunaan *Air Curtain* bagi ruang yang berpenyaman udara;
- d. Melupuskan penggunaan Sistem Penyaman Udara Jenis *Window Unit*;
- e. Mewujud dan melaksanakan Sistem Pengurusan Tenaga (SPT).

6.2.2 Dengan Kos

- a. Melaksanakan penyenggaraan sistem penyaman udara, terutama komponen Menara Penyejuk (*Cooling Tower*), secara teratur dan berkala.
- b. Melaksanakan penjadualan semula waktu operasi sistem penyaman udara *WCPU* melalui pemasangan *timer*.

6.2.1 Tanpa Kos

- a. **Pengimbangan semula kadar bekalan udara sejuk mengikut keperluan ruang dan pelarasan semula suhu *set-point* mengikut MS1525:2014**

Terdapat beberapa ruang pejabat yang mempunyai suhu yang rendah iaitu 21.5°C dan tidak mematuhi *energy efficient code of practice* yang disarankan oleh Malaysian Standard iaitu diantara 24°C hingga 26°C yang mengakibatkan peningkatan tenaga sistem penyaman udara. Suhu ruang yang tidak seragam akibat daripada bekalan udara sejuk yang tidak seimbang merupakan satu faktor suhu di tetapkan pada nilai yang rendah bagi menyejukkan ruang yang menerima bekalan udara sejuk yang kurang.

Penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara dapat dikurangkan sekiranya pelaksanaan pengimbangan semula kadar bekalan udara sejuk dan perlarasan suhu mengikut cadangan MS1525:2014 (*Code of Practice on Energy Efficiency for Non-Residential Buildings*) dapat dilakukan. Pengimbangan semula kadar bekalan udara sejuk dilakukan dengan mendapatkan data suhu di setiap *diffuser* yang ada di dalam sesebuah ruang. Bagi *diffuser* yang mencatatkan bacaan suhu yang rendah, *damper* yang berada pada *diffuser* berkenaan perlu ditutup sedikit demi sedikit sehingga suhu yang sesuai dicapai. Manakala bagi *diffuser* yang mencatatkan bacaan suhu yang tinggi pula, *damper* dibuka sedikit demi sedikit sehingga suhu pada *diffuser* berkenaan turun kepada suhu yang sesuai.

Berdasarkan kepada ujian simulasi dengan menggunakan perisian IES-VE , untuk bangunan pejabat yang tipikal, pengurangan penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara adalah berkadar langsung dengan peningkatan suhu dalam bangunan. Ini bermakna, sekiranya suhu dinaikkan daripada 22°C kepada 23°C iaitu peningkatan suhu sebanyak 1°C, anggaran pengurangan penggunaan tenaga sebanyak 1% akan dicapai. Pengiraan pengurangan penggunaan tenaga adalah seperti berikut:

$$\text{Penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara bangunan} = 1,861.5 \text{ kWj/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengurangan penggunaan tenaga (1\%)} &= 0.01 \times 1,861.5 \text{ kWj/hari} \\ &= 18.62 \text{ kWj/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengurangan penggunaan tenaga setahun} &= 18.62 \text{ kWj/hari} \times 5 \text{ hari} \times 52 \text{ minggu} \\ &= \mathbf{4,841.2 \text{ kWh/thn}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengurangan kos tahunan} &= 4,841.2 \text{ kWj/thn} \times 0.43 \text{ RM/kWj} \\ &= \mathbf{2,081.72 \text{ RM/thn}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pengurangan ACEII} &= 4,841.2 \text{ kWj/ thn} / 7826.13 \text{ m}^2 \\ &= \mathbf{0.62 \text{ kWj/m}^2/\text{thn}}\end{aligned}$$

b. Penutupan pintu dan tingkap bagi mengelakkan penyusupan udara luar ke ruang berpenyaman udara.

Terdapat udara luar terlepas masuk ke ruang berpenyaman udara disebabkan oleh pintu dan tingkap yang tidak ditutup sehingga udara luar yang tidak dirawat memasuki ruang pejabat yang berpenyaman udara. Ini akan meningkatkan kadar penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara bagi menyejukkan dan mengeluarkan wap air yang terdapat dalam udara

tersebut. Anggaran penjimatan penggunaan tenaga bagi sistem penyaman udara dapat diperolehi seperti pengiraan berikut:

Penggunaan tenaga oleh sistem penyaman udara bangunan = 1,861.5 kWj/hari

Pengurangan penggunaan tenaga (1%) = 0.01 x 1,861.5 kWj/hari
= 18.62 kWj/hari

Pengurangan penggunaan tenaga setahun = 18.62 kWj/hari x 5 hari x 52minggu
= 4,841.2 kWj/thn

Pengurangan kos tahunan = 4,841.2 kWj/thn x 0.43 RM/kWj
= 2,081.72 RM/thn

Pengurangan ACEII = 4,841.2 kWj/thn / 7826.13 m²
= 0.62 kWj/m²/thn

c. Melupakan Penggunaan Air Curtain

Anggaran penjimatan penggunaan tenaga sekiranya penggunaan *air curtain* dilupakan adalah seperti pengiraan berikut:

Bilangan (Air Curtain) = 4 unit

Penggunaan tenaga harian oleh air curtain = 0.089 kW x 4 unit x 9 jam
= 3.204 kWj/hari

Pengurangan penggunaan tenaga setahun = 3.204 kWj/hari x 5 hari x 52 bulan
= 833.04 kWj/thn

Pengurangan kos tahunan = 833.04 kWj/thn x 0.43 RM/kWj
= 358.21 RM/thn

Pengurangan ACEII = 833.04 kWj/thn / 7826.13 m²
= 0.11 kWj/m²/thn

d. Melupakan Penggunaan Sistem Penyaman Udara Jenis Window Unit

Adalah dicadangkan supaya semua penyaman udara jenis *Window Unit* tidak digunakan lagi. Pengoperasian sistem jenis ini adalah tidak cekap tenaga dan menyumbang kepada penggunaan tenaga yang banyak. Anggaran penjimatan penggunaan tenaga dapat diperolehi seperti pengiraan berikut:

*Penggunaan tenaga harian oleh sistem penyaman udara = 47.2 kWj/hari
(Window Unit)*

*Pengurangan penggunaan tenaga setahun = 47.2 kWj/hari x 5 hari x 52 bulan
= 12,272 kWj/tahun*

*Pengurangan kos tahunan = 12,272 kWj/hari x 0.43 RM/kWj
= 5,276.96 RM/tahun*

*Pengurangan ACEI = 12,272 kWj/thn / 7826.13 m²
= 1.56 kWj/m²/thn*

e. Mewujudkan dan melaksanakan Sistem Pengurusan Tenaga (SPT).

Adalah dicadangkan supaya SPT diwujudkan dan dilaksanakan di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak bagi mengurus penggunaan tenaga elektrik dengan lebih cekap dan sistematik. Selepas SPT diwujudkan dan dilaksanakan, pihak Jabatan Kerja Raya Negeri Perak boleh menimbangkan untuk berusaha ke arah mendapatkan pensijilan **ISO 50001** di masa hadapan. Adalah dimaklumkan bahawa JKR Ibu Pejabat telah pun membangunkan Garis Panduan Mewujudkan dan Melaksanakan Sistem Pengurusan Tenaga di Bangunan-bangunan Kerajaan.

6.2.2 Dengan Kos

a. Kerja-kerja mencuci dan menyenggara komponen sistem penyaman udara terutama komponen menara penyejuk (*cooling tower*)

Kerja-kerja mencuci dan menyenggara Menara Penyejuk adalah dicadangkan bagi meningkatkan *COP* sistem penyaman udara. Daripada pengiraan yang dilakukan, kadar

tertinggi *COP* sistem penyaman udara yang telah diaudit adalah 3.3, tetapi kadar minimum bagi *COP* menurut Piawaian Malaysia, MS1525:2014 adalah *COP* 3.8.

Sehubungan dengan itu, penyenggaraan yang komprehensif secara berkala ke atas sistem penyaman udara dijangka dapat meningkatkan *COP* sekarang kepada sekurang-kurangnya *COP* minimum yang dinyatakan oleh MS1525:2014. Anggaran penjimatan adalah seperti berikut:

Pada *COP* 3.3, penggunaan tenaga sistem penyaman udara adalah pada 1,861.5 kWj/hari.

$$COP = \frac{\text{Cooling load (kW}_r\text{h)}}{\text{Energy Input}}$$

$$3.3 = \frac{\text{Cooling Load}}{1,861.5 \text{ kWh}}$$

pada beban penyejukan 6,142.95 kW_rh dengan keperluan minimum *COP* pada 3.8,

$$3.8 = \frac{6,142.95 \text{ kW}_r\text{h}}{\text{Energy Input}}$$

$$\text{Energy Input} = \frac{6,142.95 \text{ kW}_r\text{h}}{3.8} = 1,616.57 \text{ kWh/day}$$

$$\begin{aligned} \text{Anggaran pengurangan penggunaan tenaga setahun} &= (1,861.5 - 1,616.57) \text{ kWj/hari} \times \\ &\quad 5 \text{ hari} \times 52 \text{ minggu} \\ &= \mathbf{63,681.8 \text{ kWj/thn}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan kos tahunan} &= 63,681.8 \text{ kWj/thn} \times 0.43 \text{ RM/kWj} \\ &= \mathbf{27,383.17 \text{ RM/thn}} \end{aligned}$$

$$\text{Anggaran kos kerja-kerja mencuci Menara Penyejuk} = \text{RM } 17,000.00$$

$$\begin{aligned} \text{Tempoh pulangan mudah} &= \text{kos kerja} / \text{pengurangan kos tahunan} \\ &= \text{RM } 17,000 / \text{RM } 27,383.17 \\ &= 0.62 \text{ tahun} \approx \mathbf{8 \text{ bulan}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan ACEII} &= 63,681.8 \text{ kWj/thn} / 7,826.13 \text{ m}^2 \\ &= \mathbf{8.13 \text{ kWj/m}^2\text{/thn}} \end{aligned}$$

b. Penjadualan semula waktu operasi sistem WCPU dengan Pemasangan Timer

Operasi sistem penyaman udara di bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak biasanya bermula antara jam 7.30 pagi hingga 5.00 petang pada hari Isnin hingga Jumaat dan di buka secara manual oleh mana-mana pegawai yang sampai awal dan ditutup oleh pegawai yang keluar lewat. Ini menunjukkan pengoperasian sistem *WCPU* tidak mempunyai waktu yang tetap. Ia secara tidak langsung akan membawa kepada pembaziran tenaga yang banyak.

Terdapat waktu di mana sistem penyaman udara yang dimulakan lebih awal dari 7.30 pagi dan ada juga yang beroperasi selepas jam 5.30 petang. Terdapat peluang untuk penjimatan di sini kerana tempoh operasi sebenar bagi bangunan ini bermula dari jam 8.00 pagi hingga 5.00 petang.

Berdasarkan pemerhatian, sistem *WCPU* (*WCP-4F-P4* & *WCP-6F-P6*) dikenalpasti masih beroperasi selepas waktu pejabat; kemungkinan terdapat pegawai yang masih bekerja. Penggunaan keseluruhan sistem penyaman udara berpusat untuk keselesaan hanya beberapa orang pegawai merupakan satu pembaziran tenaga.

Sehubungan dengan itu, penjadualan semula waktu operasi sistem *WCPU* akan memberikan penjimatan terhadap penggunaan tenaga. Adalah dicadangkan pemasangan *timer* bagi kesemua *WCPU* (K1, K2, K3, K4, K5, K6, P1, P2, P3, P4, P5 & P6) kecuali K7 dan waktu operasi yang dicadangkan ialah mulai jam 7.45 pagi hingga jam 5.00 petang.

Dengan menggunakan data penggunaan tenaga sistem penyaman udara yang telah direkodkan melalui *power logger*, anggaran penjimatan adalah seperti berikut:

Perbezaan Penggunaan Tenaga sekiranya operasi Sistem Penyaman Udara ditetapkan dari jam 7.45 pagi hingga 5.00 petang = **51.71 kWh**

** Anggaran penjimatan 15minit waktu operasi untuk setiap WCP*

Pengurangan penggunaan tenaga setahun = 51.71 kWh x 5 hari x 52 minggu
= 13,444.6 kWh/yr

Pengurangan kos tahunan = 13,444.6 kWh/yr x 0.43 RM/yr
= 5,781.18 RM/yr

Pengurangan ACEII = 5,781.18 kWh/yr / 7826.13 m²
= 0.74 kWh/m²/yr

Anggaran kos pemasangan Timer = RM 10,000.00

Tempoh pulangan mudah = kos pemasangan / pengurangan kos tahunan
= RM 10,000 / RM 5,781.18
*= 1.73 tahun ≈ **1 tahun 8 bulan***

6.3 Sistem Mekanikal (Penyusupan Udara Luar/Infiltrasi)

6.3.1 Tanpa Kos

Terdapat empat kaedah yang boleh dijalankan bagi mengurangkan kadar inflasi di bangunan ini.

A) Program kesedaran kepada pengguna bangunan

Pengguna bangunan akan diberi penerangan berkenaan kesan infiltrasi dalam bangunan dan pada masa yang sama pengguna akan diingatkan untuk memastikan tingkap dan pintu antara ruang berhawa dingin dan ruang tidak berhawa dingin sentiasa ditutup

B) Memastikan tingkap dan pintu di ruang berpendingin udara sentiasa ditutup.

C) Menghentikan operasi 'exhaust fan' dalam keadaan ruang berpenyaman udara.

6.3.2 Dengan Kos

Terdapat dua kaedah yang boleh dijalankan bagi mengurangkan kadar inflasi di bangunan ini walau bagaimanapun cadangan ini memerlukan pemeriksaan terperinci bagi mengenalpasti kerosakan/impak sebenar

1) Membaiki siling di ruang pejabat dalam usaha untuk mengurangkan kebocoran udara.

Ini kerana Blok ini menggunakan sistem pengudaraan 'free return'.

2) Mengasingkan pantry dari sistem penyaman udara dan memastikan pintu bilik tersebut sentiasa tertutup

7.0 KESIMPULAN

7.1 Skop Elektrik

Merujuk kepada perbandingan BEI seperti **Rajah 6**, pihak pasukan audit berpandangan nilai BEI yang dianalisa adalah tidak munasabah. Oleh yang demikian, analisa terhadap Intensiti Tenaga Bangunan (BEI) yang dikira berdasarkan bil elektrik bulanan tidak dapat dikeluarkan. Adalah dicadangkan agar pihak pengurusan bangunan menghubungi pihak TNB untuk siasatan lebih lanjut untuk mengetahui punca sebenar masalah seperti yang dinyatakan dalam Bahagian **5.4.2**.

Program kesedaran perlu sentiasa dilaksanakan dengan kerjasama daripada penghuni agar langkah-langkah penjimatan yang lebih efisien dapat diperolehi. Terdapat beberapa kaedah penjimatan yang boleh dijalankan seperti di tunjukkan di Bahagian 6. Satu cadangan penjimatan bagi kategori Kos Tinggi yang dicadangkan di dalam laporan ini iaitu penukaran lampu sedia ada kepada lampu yang lebih cekap tenaga jenis T8 (28 watt) boleh dibuat memandangkan tempoh pulangan balik pelaburan (*Simple Payback Period*) adalah singkat (Rujuk **Jadual 2,3 dan 4**). Penukaran lampu sedia ada kepada lampu yang lebih cekap tenaga jenis T5 (28 watt) tidak dicadangkan di dalam laporan ini kerana tempoh pulangan balik pelaburan yang panjang. Pada pandangan kami penukaran lampu sedia ada kepada jenis T8 (28 watt) adalah lebih sesuai memandangkan penukaran tersebut tidak memerlukan *adapter* dan tempoh pulangan balik pelaburan yang lebih singkat.

Penglibatan pihak penyelenggaraan bangunan juga amat penting bagi mencapai sasaran penjimatan yang ditetapkan. Lukisan pengagihan bekalan elektrik ke bangunan dan kawasan kerja amat penting disediakan oleh pihak penyelenggaraan bangunan bagi memastikan program audit tenaga dan penjimatan tenaga dapat dijalankan dengan lebih berkesan dan sistematik. Antara kekangan yang dihadapi ketika menjalankan program audit tenaga di Bangunan JKR Perak ialah tiada lukisan pengagihan elektrik secara terperinci ke setiap blok. Setiap bangunan seharusnya mempunyai lukisan pengagihan elektrik secara terperinci untuk memastikan kerja-kerja penyelenggaraan dapat di jalankan segera dan berkesan.

Untuk mendapatkan anggaran penjimatan tenaga secara menyeluruh, elemen pasif serta elemen aktif yang lain perlu diambilkira. Kaedah penjimatan di atas hanya fokus kepada beban lampu. Penggunaan beban penghawa dingin juga harus diambil kira kerana penggunaan tersebut menyumbang peratusan yang tinggi dalam penggunaan tenaga di bangunan. Bagi merealisasikan program penjimatan yang dirancang, kajian terperinci dan penglibatan penghuni adalah amat diperlukan agar usaha penjimatan tenaga tersebut dapat dicapai

7.2 Skop Mekanikal

Pelaksanaan cadangan penjimatan ini boleh mengurangkan penggunaan tenaga tahunan oleh sistem penyaman udara, *ACEII* sehingga **11.78 kWj/m²/tahun** dan pengurangan bil sehingga **RM42,962.95** setahun. Namun, ia harus dilaksanakan dengan terperinci bagi merealisasikan penjimatan berkenaan. Penglibatan pihak pengguna bangunan dalam pelaksanaannya memudahkan penjimatan berkenaan untuk dicapai. Cadangan strategi penjimatan dalam seperti di dalam **Jadual 21**.

Bil.	Penemuan	Strategi Penjimatan	Penjimatan Tenaga dan Kos	Pengurangan ACEII dan Tempoh Pulangan (Kos Pelaksanaan)
1.	Suhu ruang adalah rendah dan tidak seragam.	Pengimbangan semula kadar bekalan udara sejuk mengikut keperluan dan perlarasan semula suhu <i>set-point</i> mengikut cadangan MS1525:2014 .	4,841.2 kWj/tahun RM 2,081.72 setahun	0.62 kWj/m ² /tahun Serta merta (Tanpa Kos)
2.	Udara luar memasuki ruang berpenyaman udara	Penutupan pintu dan tingkap bagi mengelakkan penyusupan udara luar ke ruang berpenyaman udara.	4,841.2 kWj/tahun RM 2,081.72 setahun	0.62 kWj/m ² /tahun Serta merta (Tanpa Kos)
3.	Penggunaan <i>Air Curtain</i> yang tidak praktikal	Melupakan Penggunaan <i>Air Curtain</i>	833.04 kWj/tahun RM 358.21 setahun	0.11 kWj/m ² /tahun Serta merta (Tanpa Kos)
4.	Penggunaan <i>Window Unit</i> yang telah uzur dan membazir tenaga	Melupakan Penggunaan Sistem Penyaman Udara Jenis <i>Window Unit</i>	12,272 kWj/tahun RM 5,276.96 setahun	1.56 kWj/m ² /tahun Serta merta (Tanpa Kos)
5.	Suhu air yang masuk ke dalam <i>WCPU</i> terlalu tinggi dari suhu <i>wet bulb</i> persekitaran (<i>ambient temperature</i>).	Penyenggaraan Menara Penyejuk (<i>Cooling Tower Fan</i>)	63,681.8 kWj/tahun RM 27,383.17 setahun	8.13 kWj/m ² /tahun 8 bulan (RM 17,000.00)
6.	Operasi Sistem Penyaman Udara tidak tetap	Penjadualan semula waktu operasi Sistem Penyaman Udara dengan memasang <i>Timer</i>	13,444.6 kWj/tahun RM 5,781.18 setahun	0.74 kWj/m ² /tahun 1 tahun 8 bulan (RM 10,000.00)
Jumlah			99,913.84 kWj/tahun RM 42,962.95 setahun	11.78 kWj/m²/tahun 2 tahun 4 bulan (RM 27,000.00)

Jadual 21: Ringkasan strategi penjimatan tenaga bangunan Jabatan Kerja Raya Negeri Perak skop Mekanikal

LAMPIRAN

8.0 LAMPIRAN 1: Ringkasan Bil Elektrik

Bulan	Penggunaan Tenaga kWH	RM/kWh	Penggunaan Tenaga Bagi 200 kWh Pertama	RM/kWh (1-200kWh)	Jumlah Penggunaan Tenaga kWH (RM)	KWTBB	GST	ICPT	Penalti Faktor Kuasa (RM)	Jumlah Perlu Dibayar
Sep-13	63,830.00	0.430	0.000	0.000	27,446.90	274.47	0.00	0.00	823.41	28,544.78
Oct-13	67,730.00	0.430	0.000	0.000	29,123.90	291.24	0.00	0.00	873.72	30,288.86
Nov-13	61,686.00	0.430	0.000	0.000	26,524.98	265.25	0.00	0.00	795.75	27,585.98
Dec-13	63,412.00	0.430	0.000	0.000	27,267.16	272.67	0.00	0.00	409.01	27,948.84
Jan-14	58,010.00	0.509	200	0.435	29,614.09	473.83	0.00	0.00	444.21	30,532.13
Feb-14	61,494.00	0.509	200	0.435	31,387.45	502.20	0.00	0.00	941.62	32,831.27
Mar-14	66,922.00	0.509	200	0.435	34,150.30	546.40	0.00	0.00	512.25	35,208.95
Apr-14	71,790.00	0.509	200	0.435	36,628.11	586.05	0.00	0.00	1,098.84	38,313.00
May-14	64,952.00	0.509	200	0.435	33,147.57	530.36	0.00	0.00	0.00	33,677.93
Jun-14	71,196.00	0.509	200	0.435	36,325.76	581.21	0.00	0.00	0.00	36,906.98
Jul-14	61,412.00	0.509	200	0.435	31,345.71	501.53	0.00	0.00	0.00	31,847.24
Aug-14	66,426.00	0.509	200	0.435	33,897.83	542.37	0.00	0.00	0.00	34,440.20
Sep-14	67,748.00	0.509	200	0.435	34,570.73	553.13	0.00	0.00	0.00	35,123.86
Oct-14	67,568.00	0.509	200	0.435	34,479.11	551.67	0.00	0.00	0.00	35,030.78
Nov-14	61,524.00	0.509	200	0.435	31,402.72	502.44	0.00	0.00	0.00	31,905.16
Dec-14	68,614.00	0.509	200	0.435	35,011.53	560.18	0.00	0.00	0.00	35,571.71
Jan-15	69,262.00	0.509	200	0.435	35,341.36	565.46	0.00	0.00	0.00	35,906.82
Feb-15	55,160.00	0.509	200	0.435	28,163.44	450.62	0.00	0.00	0.00	28,614.06
Mar-15	69,138.00	0.509	200	0.435	35,278.24	564.45	0.00	1,560.11	0.00	34,282.59
Apr-15	68,348.00	0.509	200	0.435	34,876.13	558.02	2,000.03	1,542.33	0.00	35,891.85
May-15	67,710.00	0.509	200	0.435	34,551.39	552.82	1,981.40	1,527.98	0.00	35,557.64
Jun-15	68,358.00	0.509	200	0.435	34,881.22	558.10	2,000.32	1,542.56	0.00	35,897.09
Jul-15	61,196.00	0.509	200	0.435	31,235.76	499.77	1,791.26	1,381.41	0.00	32,145.39
Aug-15	67,082.00	0.509	200	0.435	34,231.74	547.71	1,963.07	1,513.85	0.00	35,228.67
Sep-15	64,100.00	0.509	200	0.435	32,713.90	523.42	1,876.03	1,446.75	0.00	33,666.60

Lampiran 2: Jenis- Jenis Lampu

Senarai Kelengkapan Lampu Blok E

Aras	Jenis-Jenis Lampu					
	Flourecent Tube (1x36W)	Flourecent Tube (2x36W)	Down Light (2x13W)	Down Light (2x18W)	Down Light (1x18W)	Down Light (1x13W)
Bawah	25	70	19	49	4	6
1	2	164	35	-	1	42
2	16	128	40	119	88	47
3	27	103	-	6	-	92
4	-	131	-	-	-	50
5	28	116	-	1	5	97
Jumlah	98	712	94	168	93	334

Lampiran 3: Rekod bacaan tahap pencahayaan (Lux Level) di lokasi yang terlibat dan perbandingan dengan spesifikasi Malaysia Standard (MS 1525:2014)

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Ground Floor						
	Kafetaria						
1	Ruang Makan	272	247				200
2	Ruang Kedai/Gerai	253	244				300
3	Ruang Legar	190	206				100
4	Lift Lobi	205	150				100
5	Kaunter Pembayaran	111	85				300
6	Tangga	190	188				100
7	Tandas `L'	133	254				150
8	Tandas `P'	387	480				150
9	Bilik Pemandu	316	369				300

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 1						
	Bah. Kontrak & Ukur Bahan						
1	Lift Lobi	172	179				100
2	Koridor	186	115	211	150		50
3	Unit Teknikal						
	i. Ruang Menunggu	75	91				100
	ii. Work Station	305	275	306	200		300
	Kipas Angin Berdiri - 3 nos.						
	iii. Bilik Pegawai	135	325	380			300
	iv. Pantry	226	222				200
	Water Dispenser - 1 no.						
	Pemanas air - 1 no.						
4	Unit Admintration						
	i. Kaunter	237	233				300
	ii. Work Station	111	263	261	275		300
	Kipas Angin Berdiri - 3 nos.						
	iii. Bilik Pegawai	301	300				300
	Kipas Angin Berdiri - 1 no.						
	iv. Surau	162	166				200
	Kipas Angin Berdiri - 1 no.						
	T.V - 1 no.						
	v. Bilik Fail	115	230				200
	vi. Pantry	202	190				200
	Water Dispenser - 1 no.						
	Blender - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Cerek Air - 2 nos.						
	Rice Cooker - 1 no.						
	Oven - 1 no.						
	Stimer - 1 no.						
5	Bilik Mesyuarat	206	301				300
	Tangga Kecemasan	176	166				100
	Tandas `L'	102	201				150
	Tandas `P'	112	456				150

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 2						
1	Lift Lobi	155	178				100
2	Koridor	95	110	126	125		50
3	Work Station	555	131	206			300
	Unit Senggara						
4	Bilik Pegawai	515					300
	Water Dispenser - 1 no.						
5	Bilik Fail	76	85				200
6	Bilik Fotostat	214					200
7	Ruang Menunggu (CPAB)	612					200
8	Work Station (CPAB)	311	338				300
9	Bilik Pegawai	411	940	1004			300
	Kipas Angin Berdiri - 1 no.						
10	Bilik Mesyuarat	154	163				300
11	Pantry	300					200
	Water Dispenser - 1 no.						
	Cerek Air - 1 no.						
	Rice Cooker - 1 no.						
12	Surau	310					200
	Unit Jalan						
1	Kaunter	173					300
2	Ruang Perbincangan	278					300
3	Bilik Pegawai	232					300
4	Work Station	230	170	245	247		300
	Kipas Angin Berdiri - 2 nos.						
5	Bilik Pegawai	212	245				300
6	Bilik Mesyuarat	214	259				300
7	Tangga Kecemasan	191					100
	Tandas `L'	200	194				150
	Tandas `P'	100	205				150

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 3						
1	Lift Lobi	155	163				100
2	Koridor	48	59	85	94		50
3	Bilik Rehat Pegawai	113	142				200
4	Bilik Gerakan	-	-				-
5	Kaunter	80					
6	Ruang Menunggu	76					200
7	Work Station	250	256	392	335		300
8	Bilik Pegawai	393	348	470	512	340	300
9	Pantry	215					200
	Water Dispenser - 1 no.						
	Blender - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Cerek Air - 2 nos.						
	Rice Cooker - 1 no.						
	Pembakar Roti - 1 no.						
	Pemanas Air - 1 no.						
	Kipas Angin Berdiri - 1 no.						
10	Perpustakaan	280	173				300
11	Bilik Fail	311	310				200
12	Bilik Mesyuarat	386	500				300
13	Bilik KPP (Korporat)	315	190				
	Tangga Kecemasan	150					100
	Tandas `L'	190	230				150
	Tandas `P'	208	405				150

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 4						
1	Surau						
	Koridor	345	347	397			50
	Surau Lelaki	174	185				200
	Kipas Angin Berdiri - 2 nos.						
	Surau Wanita	158	203				200
	Kipas Angin Berdiri - 2 nos.						
	Lift Lobi	368	376				100
2	Bahagian Arkitek						
	Work Station	308	105	304	400	395/326	300
	Ruang Menunggu	101					200
	Bilik Pegawai	388	394				300
3	Pantry	196					200
	Oven - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Rice Cooker - 1 no.						
	Pemanas Air - 1 no.						
	Bilik Sumber	136	172				300
	Bilik Mesyuarat	190	134				300
	Work Station (Zon B)	321	390	231			300
	Bilik Fail/Plan	211	200				200
4	Tangga	91					100
5	Tandas						
	Tandas `L'	636	400				150
	Tandas `P'	182	602				150

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 5						
1	Ruang Lift	120	240	148			100
2	Koridor	64	76	73			50
3	Bahagian Pentadbiran (Kaunter)	138					300
	Work Station	229	220	266	346	300	300
	Pantry	231	167				200
	Oven - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Blender - 1 no.						
	Water Dispenser - 1 no.						
	Bilik Fail	160	311				200
	Bilik Pegawai	433	382				300
	Bilik Mesyuarat	100	125	106			300
	Ruang Menunggu (Pengarah)	90	101	194			200
	Bilik Pengarah	91	102	110			300
4	Bahagian Kewangan						
	Ruang Menunggu	285	220				200
	Kaunter	230					200
	Work Station	509	240	354	263		300
	Kipas Angin Berdiri - 5 nos.						
	Stor/Bilik Fail	254	364	373			200
	Surau	389					200
	Kipas Angin Berdiri - 1 no.						
	Seterika - 1 no.						
	Pantry	291					200
	Induction Cooker - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Rice Cooker - 1 no.						
	Water Dispenser - 1 no.						
	Microwave - 1 no.						
	Pemanas Air - 1 no.						
	Bilik Pegawai	272	220				300
	Bilik Mesyuarat	364	330				300
	Bilik Mesyuarat (Pengarah)	89	136	63			300
	Tangga Kecemasan	295					100
	Tandas `L'	258	300				150
	Tandas `P'	302	380				150

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 6						
1	Bahagian Bangunan						
	Ruang Menunggu	180	94				200
	Work Station	210	408	188			300
	Pantry	550	1183				200
	Microwave - 1 no.						
	Peti Ais - 1 no.						
	Water Dispenser - 1 no.						
	Bilik Fail	176	200				200
	Bilik Pegawai (Rekabentuk)	374	269				300
	Bilik Perbincangan	-	-				-
	Bilik Pegawai	388	280				300
	Koridor	133	214	250	24		50
	Bilik Pegawai	217	298	154			300
2	Bah. Jln. & Struktur/Perolehan						
	Pintu Masuk Utama	258	247				150
	Unit Perolehan & Bekalan						
	Kaunter	234					200
	Work Station	240	225				300
	Pantry	255					200
	Water Dispenser - 1 no.						
	Stor Peralatan	194	182	225			200
	Unit Jln. & Struktur						
	Kaunter	212					200
	Work Station	340	120	152			300
	Pantry	261					200
	Peti Ais - 1 no.						
	Pemanas Air - 1 no.						
	Water Dispenser - 1 no.						
	Pembakar Roti - 1 no.						
	Bilik Bincang	250	230				300
	Bilik Ketua Bahagian	130	166				300
	Bilik Pegawai	205					300

	Bilik Plotter (Cetak Lukisan)	169					300
3	Ruang Lift	367	370				100
4	Tandas						
	Tandas `L'	780	740				
	Tandas `P'	381	215				150
	Tangga Kecemasan	273					100

Bil.	Lokasi	Lux Level					
		P1	P2	P3	P1	P2	MS1525
	Bangunan JKR Perak Ipoh						
	Tkt. 7						
	I.T (Bah. Teknologi Maklumat)						
1	Bilik Hand Ons	184	113	293	205		300
2	Ruang Makan	476	820				200
	Tandas `L'	140	104				150
	Tandas `P'	77	120				150
	Koridor	484	396				50

Lampiran 4: Keputusan Ujian Infiltrasi

Kadar Infiltrasi Wing Kanan

	Water Collected (grams)	Sec	Total Condensation Rate (g/sec)	Cond - Occ (g/sec)	Infil (kg air/sec)	Infil (m3 air/hour)	ACH infiltration	ACH Ashrae	Exceeded by
1	878	15	58.53	55.36	8.53	26642.71	2.27	0.45	402%
2	855	15	57.00	53.83	8.30	25904.79	2.21	0.45	388%
3	888	15	59.20	56.03	8.64	26963.54	2.30	0.45	408%
Purata	873.67	15.0	58.24	55.07	8.49	26503.68	2.26	0.45	400%

Kadar Infiltrasi Wing Kiri

	Water Collected (grams)	Sec	Total Condensation Rate (g/sec)	Cond - Occ (g/sec)	Infil (kg air/sec)	Infil (m3 air/hour)	ACH infiltration	ACH Ashrae	Exceeded by
1	610	15	40.67	39.03	6.38	19916.48	1.70	0.41	316%
2	630	15	42.00	40.36	6.60	20596.9	1.75	0.41	331%
3	631	15	42.07	40.43	6.61	20630.92	1.76	0.41	331%
Purata	623.67	15.0	41.58	39.94	6.53	20381.43	1.74	0.41	326%

Purata Kadar Infiltrasi Wing Kiri & Kanan

Wing	Water Collected (grams)	Sec	Total Condensation Rate (g/sec)	Cond - Occ (g/sec)	Infil (kg air/sec)	Infil (m3 air/hour)	ACH infiltration	ACH Ashrae	Exceeded by
Kanan	874	15	58.24	55.07	8.49	26503.68	2.26	0.45	400%
Kiri	624	15	41.58	39.94	6.53	20381.43	1.74	0.41	326%
Purata	749	15.0	49.91	47.51	7.51	23442.56	2.00	0.43	365%

