



KEMENTERIAN PENGAJIAN TINGGI
JABATAN PENDIDIKAN POLITEKNIK DAN KOLEJ KOMUNITI



LAPORAN PROJEK AKHIR
X-PAC (X-PORTABLE AIR CLEANER)

OLEH

AMIRUL HAFIZ BIN YOLI USMAN

08DPB20F2017

PROGRAM DIPLOMA KEJURUTERAAN PERKHIDMATAN BANGUNAN
JABATAN KEJURUTERAAN AWAM
POLITEKNIK PREMIER SULTAN SALAHUDDIN ABDUL AZIZ SHAH
SHAH ALAM, SELANGOR

SESI 2 2022/2023



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI
JABATAN PENDIDIKAN POLITEKNIK DAN KOLEJ KOMUNITI



LAPORAN PROJEK AKHIR

SESI II 2022/2023

AHLI KUMPULAN :

- | | |
|--|---------------------|
| 1. AMIRUL HAFIZ BIN YOLI USMAN | 08DPB20F2017 |
| 2. KHAIRUDDIN | 08DPB20F2015 |
| 3. MUHAMAD ALIF PUTRA BIN REZA HASBEE | 08DPB20F2024 |

PENYELIA:

ENCIK MUSTAZHA HAKIM BIN ABU TAHARI

**DIPLOMA KEJURUTERAAN PERKHIDMATAN BANGUNAN JABATAN
KEJURUTERAAN AWAM**

PERAKUAN KEASLIAN DAN HAK MILIK

“Kami akui karya ini adalah hasil kerja kami sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah kami jelaskan sumbernya”

Tandatangan :

Nama Penulis : Amirul Hafiz Bin Yoli Usman

No Matriks : 08DPB20F2017

Tarikh : 9 Jun 2023

PENGESAHAN PENYELIA

“Saya akui bahawa saya telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk penganugerahan Diploma Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan”

Tandatangan :

Nama : Encik Mustazha Hakim Bin Abu Tahari

Tarikh :

PENGHARGAAN

Alhamdulillah segala puji bagi Allah S.W.T kerana dengan limpah kurnianNya telah memberi kekuatan kepada kami dalam menyiapkan projek ini. Terlebih dahulu kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada Encik Mustazha Hakim Bin Abu Tahari selaku penyelia di atas segala bimbingan, teguran dan nasihat yang diberikan sepanjang kami menyempurnakan tugas dan laporan ini.

Selain itu, setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih juga dirakamkan kepada beliau atas segala dorongan, bantuan dan keprihatinan semasa menyempurnakan laporan ini. Bimbingan, pandangan dan tunjuk ajar yang dihulurkan telah banyak membantu kepada kejayaan laporan ini. Kami amat menghargai keprihatinan beliau yang sedia berkongsi maklumat dan kepakaran, senang dihubungi dan cepat dalam tindakan semasa sesi penyeliaan sepanjang pengajian ini. Semangat kesabaran, pembacaan yang teliti, minat terhadap kajian ini serta maklum balas daripada beliau yang meyakinkan amat membantu untuk menyempurnakan laporan ini.

Setinggi-tinggi penghargaan juga diberi kepada semua pensyarah Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan yang sentiasa memberi bantuan dan kerjasama sepanjang tempoh pengajian kami di Politeknik Sultan Salahuddin Abdul Aziz Shah. Ucapan terima kasih juga kepada keluarga dan rakan-rakan yang menjadi pembakar semangat dan tidak jemu memberi pendapat dan kritikan sepanjang projek ini dijalankan. Tidak dilupakan juga kepada pihak-pihak yang terlibat seperti pengusaha Syarikat 3D Gens dan Pusat Tahfiz Al-I'tisam dalam memberikan kerjasama dan melancarkan perjalanan projek kami di dalam urusan penulisan kajian kami. Dorongan dan sokongan dari semua pihak menjadi tulang belakang kepada kami untuk menyiapkan projek ini dengan jayanya. Semoga projek yang dibangunkan ini dapat memberi manfaat kepada orang awam.

Sekali lagi kami memanjatkan doa kesyukuran ke hadrat Ilahi, agar segala usaha yang disumbangkan diberkati oleh Allah S.W.T di dunia dan akhirat. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

X-PAC (X-Portable Air Cleaner) merupakan alat penapis udara mudah alih yang berfungsi sebagai perangkap habuk dan partikel-partikel halus yang terdapat dalam udara, dan seterusnya mengeluarkan udara yang bersih. Prinsip kerja X-PAC ini ialah udara disedut oleh kipas ke dalam mesin, kemudian ditapis melalui penapis terbina dalam yang boleh menapis habuk, dan bau. Objektif projek ini bertujuan untuk mereka bentuk alat penapis udara yang mampu meningkatkan Indoor Air Quality (IAQ) ruangan dengan menapis gas seperti CO₂ dan membuat perbandingan kadar IQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC. Reka bentuk dan pembangunan X-PAC ini melibatkan 3 fasa metodologi iaitu fasa analisis keperluan, fasa reka bentuk dan pembinaan, serta fasa pelaksanaan dan penilaian. Oleh itu, kajian dijalankan dengan mengukur bacaan CO₂, sebelum dan selepas penggunaan X-PAC. Teknik kuantitatif melalui agihan soal selidik dijalankan secara atas talian untuk mengumpul pendapat daripada responden. Manakala teknik kualitatif melalui kaedah temu bual turut diadakan dengan kumpulan pelajar yang terpilih. Analisa data mendapati secara keseluruhannya, bacaan CO₂, menunjukkan trend menurun, sama ada ketika X-PAC berputar dan ketika menggunakan pewangi. Kesimpulannya, X-PAC berjaya menapis udara dan bau serta menurunkan nilai bacaan CO₂, seterusnya meningkatkan kualiti udara dalam sesuatu ruangan.

Kata Kunci : Alat penapis udara, Mudah alih, Perangkap habuk, CO₂, Indoor Air Quality

ABSTRACT

X-PAC (X-Portable Air Cleaner) is a portable air filter device that functions as a dust trap and fine particles in the air, and then releases clean air. The working principle of this X-PAC is that air is sucked in by a fan into the machine, then filtered through a built-in filter that can filter dust, and odors. The objective of this project is to design an air filter device capable of improving the Indoor Air Quality (IAQ) of the room by filtering gases such as CO₂ and comparing the IQ rate and after using the X-PAC product. The design and development of this X-PAC involves 3 methodological phases, namely the requirements analysis phase, the design and construction phase, and the implementation and evaluation phase. Therefore, the study was conducted by measuring CO₂ readings, before and after the use of X-PAC. Quantitative techniques through the distribution of questionnaires are conducted online to gather opinions from respondents. While the qualitative technique through the interview method was also held with a selected group of students. Data analysis found that overall, CO₂ readings, showed a downward trend, both when the X-PAC was rotating and when using the fragrance. In conclusion, X-PAC successfully filters air and odors and lowers CO₂ readings, thereby improving air quality in a room.

Keywords : Air filter, Portable, Dust trap, Co2, Indoor Air Quality

**SENARAI KANDUNGAN LAPORAN AKHIR PROJEK DIPLOMA
PERKHIDMATAN BANGUNAN**

BAB	KANDUNGAN	HALAMAN
	PERAKUAN KEASLIAN DAN HAK MILIK	I - II
	PENGHARGAAN	III
	ABSTRAK	IV – V
	SENARAI JADUAL	
	SENARAI GRAF	
	SENARAI CARTA	
BAB 1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1-2
	1.2 Latar Belakang Kajian	2-3
	1.3 Penyataan Masalah	3-5
	1.4 Objektif Kajian	5
	1.5 Skop Kajian	6
	1.6 Kepentingan Kajian	6-7
	1.7 Takrifkan Istilah	7-8
	1.8 Rumusan Bab	8
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Pengenalan	9
	2.2 Pengenalan Kualiti Udara Di Dalam	9-10
	2.3 Jenis Kualiti Udara Dalam (IAQ)	10
	2.4 Faktor – Faktor Pencemaran Udara	11
	2.5 Faedah Pengendalian Pengudaraan Yang Baik	12
	2.5.1 Jenis Sistem Pengudaraan	12-13
	2.6 Pencemaran Utama Dalam Persekitaran Udara Dalam	13
	2.6.1 Jenis Pencemaran Udara Dalam	13-21

2.6.2	Bahan Pencemaran Dalam	22-23
2.6.3	Jenis Debu	23-24
2.6.4	Mengenal Pasti Jenis Debu Dan Pengendaliannya	25
2.6.5	Klarifikasi Debu	26-27
2.6.6	Jenis-jenis debu rumah yang berbahaya	27
2.6.7	Kawasan temuan Tungau Debu	28
2.7	Indeks Kadar IAQ di Malaysia	28
2.7.1	Definisi Penapis Udara	29
2.7.2	Fungsi Penapis Udara	29
2.7.3	Jenis-Jenis Penapis Udara	30
2.7.4	Kesan-kesan Menggunakan Penapis Udara	30-31
2.7.5	Kelebihan Penapis Udara	31
2.7.6	Bagaimana Penapis Udara Berfungsi	31-32
2.7.7	Jenis Penapis Udara Sedia Ada	32-33
2.8	Peraturan/ katalog/ UBBL	34-36
2.9	Rumusan	36

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	37
3.2	Perancangan Projek	38
3.2.1	Fasa Analisi Keperluan(Peringkat Pertama)	38-39
3.2.2	Fasa Reka Bentuk(Peringkat Kedua)	40
3.2.3	Fasa Perlaksanaan(Peringkat Ketiga)	40-41
3.2.4	Reka Bentuk Kajian	41-42
3.3	Kaedah Pengumpulan Data	42-43
3.4	Instrumen Kajian	43-45
3.5	Teknik Persampelan	45
3.6	Kaedah Analisis Data	46
3.7	Reka Bentuk Produk	47-49
3.8	Bahan-Bahan Produk	49-53
3.9	Lakaran Akhir	53-54
3.9.1	Proses Penghasilan Produk X-PAC	55-57
3.9.2	Proses Pendawaian / Wiring	57-58
3.9.3	Gambar Produk	59
3.9.4	Proses Menggunakan Produk X-PAC	60
3.9.5	Rumusan Bab	60

BAB 4 HASIL DAPATAN

4.1	Pengenalan	61
4.2	Analisa Data Projek	61-62
4.3	Skop Kajian	62
4.3.1	Pengenalan	62-64
4.4	Data Kajian	64
4.4.1	Graf Data Kajian	65-67
4.5	Tafsiran Graf	67
4.6	Keterangan Data	67-68

4.7	Pengujian Ketahanan dan peratusan Bateri	68-69
4.8	Pengujian Pertambahan Peratusan Bateri	70-71
4.9	Kesimpulan	71

BAB 5 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

5.1	Pengenalan	72
5.2	Perbincangan	72
5.3	Cadangan	73
5.4	Kesimpulan	73
5.5	Rumusan Bab	74
	RUJUKAN	75-80
	A. LAMPIRAN	81-83
	B. LAMPIRAN	84

SENARAI JADUAL

Jadual 1	Carta keberkesanan penapis udara mengikut MERV <i>rating</i>
Jadual 2	Gred dan peratusan PM _{2.5}
Jadual 3	Jadual data yang diperolehi daripada pengujian di Pusat Tahfiz

SENARAI GRAF

Graf 1	2022 Smart Air. Made freely available under CC BY-NC-SA-4.0
Graf 2	Graf daripada <i>Google Form</i>
Graf 3	Graf penurunan kadar CO ₂ pada 5 Minit Pertama
Graf 4	Graf bacaan meningkat 5 minit yang kedua
Graf 5	Graf penurunan selepas 5 minit seterusnya

SENARAI CARTA

Carta 1	Carta alir projek
Carta 2	Carta reka bentuk kajian produk

SENARAI RAJAH

Rajah 2	Peraturan kematian pencemaran udara
Rajah 3	Masalah yang dihadapi
Rajah 4	Jenis-jenis debu dan saiz micron
Rajah 5	Berapa lama zarah tinggal di udara mengikut masa yang dikira
Rajah 7	Penapis jenis anti-selsema HEPA
Rajah 8	Cara penapis udara berfungsi
Rajah 9	Jenis-jenis penapis udara yang ada di pasaran
Rajah 11	Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Kementerian Sumber Manusia
Rajah 12	Peraturan dan tatacara sistem pengudaraan sesebuah bangunan
Rajah 16	Temu bual dengan pelajar Maahad Tahfiz
Rajah 17	Lawatan ke bilik D1-L0-04
Rajah 19	Lakaran pertama menggunakan AutoCad
Rajah 20	Pandangan luar
Rajah 21	Pandangan atas reka bentuk ketiga
Rajah 22	Pandangan atas
Rajah 23	Bentuk silinder untuk badan produk
Rajah 24	Penapis HEPA
Rajah 25	Motor blower fan
Rajah 26	“Rotating plate”
Rajah 27	Pewangi
Rajah 28	Bateri dan bekas bateri
Rajah 29	Pandangan atas produk X-PAC
Rajah 30	Pandangan hadapan produk X-PAC
Rajah 31	Lakaran produk X-PAC menggunakan “Fusion 360”
Rajah 32	Produk yang direka di Syarikat 3D Gens
Rajah 33	Penerangan tentang Produk X-PAC
Rajah 34	Penerangan tentang penghasilan produk
Rajah 35	Lakaran 3D bahagian dalaman produk X-PAC

Rajah 36	Lakaran 3D bahagian luaran produk X-PAC
Rajah 37	Proses percetakkan 3D
Rajah 38	Produk X-PAC yang telah siap
Rajah 39	Proses memateri wayar bateri pada suis
Rajah 40	Proses memateri wayar kipas pada suis
Rajah 41	Pandangan hadapan produk X-PAC
Rajah 42	Produk berfungsi
Rajah 43	Indoor CO ₂ Levels
Rajah 44	CO ₂ Digital Detector
Rajah 45	Maahad TahfizAl-I'tisam
Rajah 46	Keadaan bilik atau ruangan tidur
Rajah 47	Lakaran bilik menggunakan AutoCad
Rajah 52	Pengambilan data di Pusat Tahfiz sedang diambil
Rajah 53	Kajian semasa data diambil
Rajah 54	Keadaan bateri (100%)
Rajah 55	Pengurangan bateri
Rajah 56	Pengurangan selepas 1 jam 30 minit penggunaan
Rajah 57	Pengurangan selepas 1 jam 30 minit penggunaan
Rajah 58	Pertambahan bateri
Rajah 59	Pertambahan peratusan bateri

SENARAI SINGKATAN

IAQ	-	<i>Indoor Air Quality</i>
X-PAC	-	<i>X-Portable Air Cleaner</i>
CO ₂	-	<i>Carbon Dioxide</i>
PPM	-	<i>Parts Per Million</i>
SBS	-	Sindrom Bangunan Sakit
WHO	-	<i>World Health Organization</i>
IARC	-	<i>International Agency For Research On Cancer</i>
EPA	-	<i>Environmental Protection Agency</i>
NO ₂	-	<i>Nitrogen Dioksida</i>
SO ₂	-	<i>Sulfur Dioxida</i>
PM	-	<i>Particulate Matters</i>
TDR	-	Tungau debu rumah
HEPA	-	<i>High Efficiency Particulate Air</i>

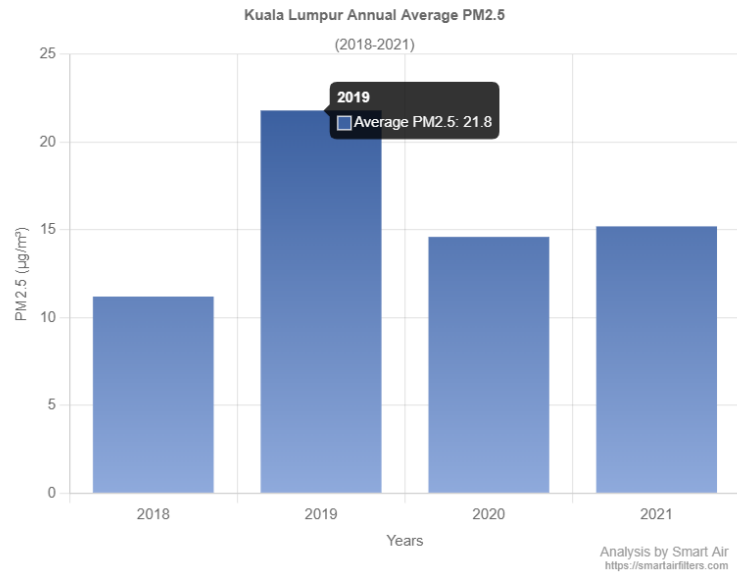
BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Impak pembangunan telah menimbulkan pelbagai isu alam sekitar termasuklah isu kualiti udara dalaman yang hangat dibincangkan pada abad ke-21. Ini adalah disebabkan kualiti udara dalaman sama penting dengan kualiti udara luaran. Pencemaran udara dalam bangunan yang disebabkan oleh bahan pencemar biologi seperti bakteria dan kulat adalah dipengaruhi oleh faktor persekitaran seperti suhu dan kelembapan relatif (Rh). Kebanyakan individu menghabiskan masa hampir 80-90% di dalam bangunan mahupun di dalam rumah (Herberger et al., 2010). Oleh itu, jika persekitaran di dalam sesebuah bangunan adalah dalam keadaan tidak sihat dan tidak bersih, setiap orang berpotensi tinggi untuk mendapat pelbagai masalah kesihatan dan penyakit yang sering dilaporkan seperti asma, gejala Sindrom Bangunan Sakit (SBS) (Erdmann et al., 2002), aspergillosis (CDC, 2012) dan juga penyakit legionnaires (Squier et al., 2005).

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kualiti udara dalaman di Pusat Tahfiz di lokasi Maahad Al-I'tisam, Jalan Sastera U2/1, Taman TTDI Jaya, 40150 Shah Alam, Selangor daripada segi kepekatan karbon dioksida, suhu dan kelembapan relatif yang terdapat di dalam udara serta mengkaji pandangan pengguna tentang kualiti udara dalaman di dalam Pusat Tahfiz tersebut.



Rajah 1.1 : Purata tahunan PM2.5

1.2 Latar belakang kajian

Ketika negara berdepan isu pencemaran udara sejak beberapa tahun lalu, ramai yang tidak menyedari kuliti udara di dalam rumah juga tidak terlepas daripada pencemaran. Kesejahteraan ruangan dalaman adalah suatu elemen yang tidak kelihatan, namun boleh mendatangkan bahaya jika tidak diberi perhatian. Jadi udara dalaman adalah pendedahan yang dominan untuk manusia. Lebih separuh daripada pengambilan seumur hidup badan adalah udara yang disedut di dalam rumah. Oleh itu, kebanyakan penyakit berkaitan dengan pendedahan alam sekitar yang terhasil daripada pendedahan udara dalaman. Udara dalaman dipercayai menjadi faktor persekitaran utama selama lebih daripada seratus tahun, dari permulaan revolusi kebersihan, sekitar tahun 1850, sehingga isu alam sekitar luaran memasuki tempat kejadian, dan menjadi dominan sekitar tahun 1960. Utama Isu alam sekitar hari ini ialah kualiti udara luar, penggunaan tenaga dan kemampuan bangunan, tetapi bukan kualiti udara dalaman (IAQ). Tetapi, terdapat bukti yang semakin meningkat bahawa

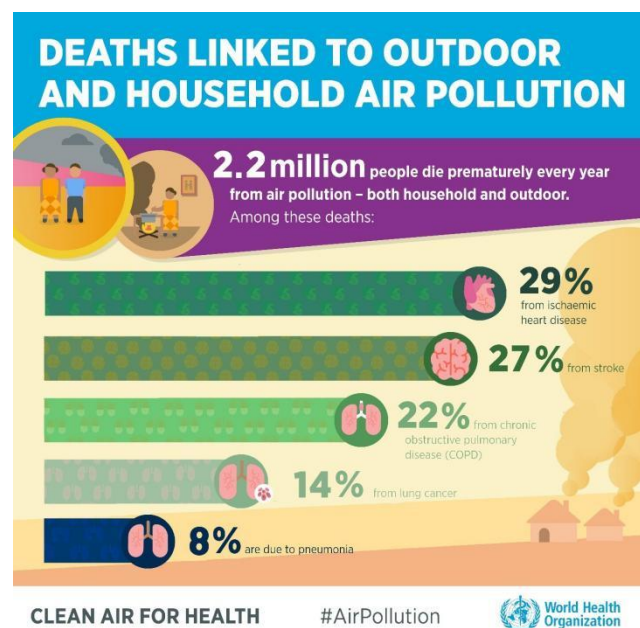
pendedahan kepada IAQ adalah punca morbiditi dan kematian yang berlebihan. Dalam membangun kawasan pembakaran biojisim dalaman yang tidak dibuang untuk memasak sekurang-kurangnya puncanya 2,000,000 kematian setiap tahun (terutamanya wanita dan kanak-kanak), dan di negara maju. IAQ adalah punca utama alahan, tindak balas hipersensitiviti lain, saluran pernafasan jangkitan, dan kanser. Oleh itu, pada masa kini Penapis Udara sudah menjadi barangan rumah yang penting bagi memastikan udara yang dihirup bersih daripada zarah-zarah kotor.

1.3 Pernyataan masalah

Hasil kajian dari *World Health Association* (WHO), sebanyak 3.8 juta kematian direkodkan yang berpunca daripada pencemaran udara dalaman. Penyelidikan lain juga menunjukkan manusia menghabiskan kira-kira 90 peratus masa di dalam rumah mereka. Oleh itu, bagi kebanyakan orang, risiko kepada kesihatan mungkin lebih besar disebabkan pendedahan kepada pencemaran udara di dalam rumah daripada di luar. Terdapat banyak punca yang menyumbang kepada masalah pencemaran udara di dalam rumah seperti yang dijelaskan dalam jadual di bawah.

Punca masalah pencemaran udara di dalam rumah	Keterangan
Mencuci rumah dengan bahan pencuci kimia	Kandungan bahan pencuci kimia seperti formaldehid (<i>formaldehyde</i>) boleh mencetus gejala seperti mata berair, batuk, kerengsaan kulit dan loya. Formaldehid juga dikelaskan sebagai karsinogen manusia (<i>human carcinogenic</i>) oleh Agensi Kajian Barah Antarabangsa (IARC).
Merokok	Asap rokok memberi kesan kepada perokok dan orang lain yang juga berada di dalam rumah/bangunan.

Kelembapan udara yang berlebihan yang menyebabkan pertumbuhan kulat di dalam bangunan	Pertumbuhan kulat di dalam rumah/bangunan boleh menyebabkan masalah pernafasan dan masalah-masalah kesihatan lain.
Aktiviti mengawal serangga dengan penggunaan racun perosak (<i>pesticide</i>)	Pembebasan bahan kimia berbahaya di udara di dalam rumah yang boleh menyebabkan pelbagai masalah kesihatan, sebagai contoh masalah berkaitan dengan sistem saraf.
Bahan-bahan yang digunakan semasa membina bangunan	Bahan seperti asbestos boleh menyebabkan barah paru-paru dan penyakit mesotelioma (<i>mesothelioma</i>).
Pencemaran udara daripada luar	Seperti asap kenderaan yang mengandungi beberapa bahan kimia seperti sebatian organik yang mudah meruap (<i>volatile organic compound</i>) yang menyebabkan kerengsaan mata, hidung, tekak dan lain-lain gejala.
Haiwan kesayangan	Kucing membebaskan zarah halus (<i>pet dander</i>) yang merupakan sejenis bahan alergen (<i>allergen</i>) yang memberi kesan kepada kesihatan sistem respirasi.



Rajah 1.2 : Peratusan kematian pencemaran udara

Kematian yang berpunca daripada pencemaran di dalam dan di luar bangunan. Terdapat 3.8 juta kematian berpunca daripada penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara di dalam rumah pada setiap tahun sumber daripada *World Health Organisation (WHO)*, 2022.



Rajah 1.3 : Masalah yang dihadapi

1.4 Objektif kajian

Melalui kajian yang kami lakukan, kami telah menetapkan beberapa objektif yang harus kami capai dalam memastikan keberkesanan dan kesesuaian dalam menghasilkan produk kami dan boleh diterima pakai dalam kehidupan seharian. Antara objektif yang ditetapkan ialah :

- i. MerekaBentuk satu produk penapis udara yang mampu meningkatkan IAQ ruang dengan mengurangkan CO₂
- ii. Membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC

1.5 Skop Kajian

Skop kajian ini adalah tertumpu di kawasan perumahan iaitu di Pusat Tahfiz Maahad Al-I'tisam di Jalan Sastera U2/1, Taman TTDI Jaya, 40150 Shah Alam, Selangor. Di kawasan perumahan Pusat Tahfiz tersebut terdapat pelbagai pencemaran udara yang ada kerana di kawasan tersebut terdapat pelbagai soktor industri seperti kilang, bengkel kereta yang akan mencemarkan udara serta restoran yang menghasilkan asap atau udara yang kotor hasil daripada aktiviti memasak. Oleh itu, pelajar yang berada di Pusat Tahfiz tersebut akan terkesan dengan pencemaran tersebut seterusnya boleh menyebabkan kawasan di dalam rumah itu mendapat kualiti udara dalaman yang kotor dan buruk.

1.6 Kepentingan Kajian

Sejak kebelakangan ini, Banyak pencemaran udara dalaman berlaku kerana pembangunan yang semakin pesat, perubahan iklim cuaca, dan pencemaran udara seperti jerebu. Hal ini menjejaskan golongan seperti pelajar yang tidak mampu untuk mempunyai sebuah penapis udara yang mampu menyediakan udara yang bersih dan selesa. Inovasi Produk X-PAC ini merupakan penyelesaian kepada masalah yang dihadapi oleh golongan yang terjejas. Terdapat pelbagai kepentingan yang diperoleh hasil daripada kajian, hal ini banyak kes pencemaran udara dalaman berlaku kerana pembangunan yang semakin pesat, perubahan iklim cuaca, dan pencemaran udara seperti jerebu. Jadi hal ini mendatangkan kesan yang buruk terutamanya pada kesihatan manusia yang berada di kawasan IAQ udara yang kotor. Di pasaran pula, produk yang dihasilkan untuk menapis udara yang kotor sangat mahal, jadi hal ini menjejaskan golongan seperti pelajar yang tidak mampu untuk mempunyai sebuah penapis udara yang mampu menyediakan udara yang bersih dan selesa. Akhirnya, telah tercipta satu inovasi Produk X-PAC yang mampu menyelesaikan masalah yang dihadapi oleh golongan yang kurang berkemampuan.

1.7 Takrifkan istilah

X-PAC

X: Istilah “**X**” adalah tidak bermaksudkan apa-apa bunyi, ianya hanya digunakan bagi tujuan untuk menyedapkan nama produk tersebut.

P: Istilah “**Portable**” adalah perkataan daripada Bahasa Inggeris. Portable adalah pengertian yang berasal dari portātum iaitu istilah Latin. Ini adalah kata sifat merujuk kepada apa yang mudah untuk bergerak dan oleh itu boleh diklasifikasikan sebagai produk yang mudah alih.

A: Istilah “**Air**” adalah perkataan daripada Bahasa Inggeris. Dalam Bahasa Melayu dipanggil sebagai Udara. Udara adalah lapisan gas yang tertahan oleh graviti Bumi yang mengelilingi planet dan membentuk atmosfera planetnya. Atmosfera Bumi melindungi hidupan di Bumi dengan mewujudkan tekanan yang membolehkan air cecair wujud di permukaan Bumi, atmosfera yang melapisi langit akan bertindak balas dengan menyerap sinaran suria ultraungu daripada cahaya matahari dan membentuk suatu bentuk komposisi gas mempunyai haba kemudian haba memanaskan permukaan melalui pengekalan haba (kesan rumah hijau), dan mengurangkan suhu yang melampau antara siang dan malam. Kemudian akan membentuk kandungan di dalam udara ialah campuran beberapa jenis gas. Udara bukanlah sebatian kerana gas-gas di dalamnya tidak berpadu secara kimia dan boleh dipisahkan secara fizikal.

C: Istilah “**Cleaner**” adalah perkataan daripada Bahasa Inggeris. Di dalam Bahasa Melayu ianya bermaksud Bersih. Istilah “Cleaner” digunakan untuk menggambarkan kebersihan produk ataupun alat untuk membersihkan sesuatu kekotoran.

1.8 Rumusan

Pada masa kini, kehidupan manusia, haiwan dan alam sekitar semakin lama semakin terancam kerana salah satu puncanya adalah disebabkan pencemaran udara yang semakin meningkat dari tahun ketahun. Pencemaran udara yang sering diperkatakan adalah pencemaran udara di luar rumah, tetapi pencemaran udara di dalam rumah juga adalah antara penyumbang utama kesihatan manusia berada pada tahap yang rendah. Hal ini dapat dilihat dari statistik kes pencemaran udara di dalam rumah yang meningkat antaranya adalah daripada asap dapur, asap rokok dan struktur bangunan tersebut yang terdedah pada udara kotor di luar rumah. Oleh itu dengan adanya produk ini (X-PAC), masalah-masalah yang berlaku dapat atasi dengan baik.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Bab ini membincangkan definisi kualiti udara IAQ dan prinsip penggunaan produk . Definisi dan prinsip amat peting untuk diketahui dan difahami sebelum penerang yang lebih terperinci mengenai projek ini. Selain itu, bab ini juga membincangkan tentang jenis-jenis debu dan cara-cara untuk meningkatkan kualiti udara sebelum dan selepas penggunaan produk ini. Hal ini merupakan perkara yang penting terhadap projek untuk mencapai objektif.

Di samping itu, bab ini juga membincangkan tentang penyakit yang berpunca daripada pencemaran di dalam rumah. Kajian tersebut dilakukan untuk mengetahui punca-punca peratusan penyakit yang berlaku di dalam rumah yang semakin meningkat serta membandingkan jenis penapis udara yang sedia ada.

2.2 Pengenalan kualiti udara di dalaman

Kesejahteraan atau kelangsungan hidup bukan sekadar menjaga makan dan minum atau bersenam, sebaliknya menghirup udara nyaman dalam persekitaran bersih juga perlu diberi perhatian. Ketika negara berdepan isu pencemaran udara sejak beberapa tahun lalu, ramai yang tidak menyedari kualiti udara dalam rumah juga tidak terlepas daripada pencemaran. Kesejahteraan ruang dalaman adalah suatu elemen yang tidak kelihatan, namun boleh mendatangkan bahaya jika tidak diberi perhatian. Tanpa disedari pencemaran dalam rumah akan sentiasa wujud dan menjadi lebih buruk daripada pencemaran luar sekitar dua hingga lima kali ganda. Kebanyakan orang cenderung menghabiskan masa di dalam rumah kerana menganggap ia lebih selamat daripada terdedah kepada udara tercemar di luar. Menurut Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat, pada tahun kebelakangan ini, bukti saintifik menunjukkan

udara dalam rumah dan bangunan lain boleh menjadi lebih tercemar daripada udara luar terutama di kota besar serta maju. Penyelidikan lain juga menunjukkan manusia menghabiskan kira-kira 90 peratus masa di dalam rumah mereka. Oleh itu, bagi kebanyakan orang, risiko kepada kesihatan mungkin lebih besar disebabkan pendedahan kepada pencemaran udara di dalam rumah daripada di luar.

2.3 Jenis kualiti udara dalaman (IAQ) dan pencemaran udara dalaman (IAP)

Menurut definisi EPA, IAQ ialah kualiti udara di dalam dan di sekitar bangunan dan struktur, terutamanya yang berkaitan dengan kesihatan dan keselesaan penghuni bangunan. IAP pula, merujuk kepada kewujudan bahan pencemar, seperti sebatian organik meruap (VOC), bahan zarah (PM), sebatian tak organik, kimia fizikal dan faktor biologi, semuanya berada pada tahap tinggi kepekatan dalam udara dalaman bangunan bukan perindustrian, dan kesemuanya boleh memberi kesan negatif pada tubuh manusia. Untuk melindungi orang ramai daripada bahan pencemar tersebut, IAQ telah muncul dan telah dibangunkan sebagai bidang penyelidikan. Parameter utama untuk penilaian IAQ termasuk bahan pencemar kepekatan, keadaan terma (suhu, aliran udara, kelembapan relatif), cahaya, dan bunyi. Terma syarat adalah aspek penting IAQ, atas dua sebab asas iaitu:

- i. Beberapa masalah yang berkaitan dengan IAQ yang lemah boleh diselesaikan hanya dengan melaraskan kelembapan atau suhu relatif.
- ii. Bahan bangunan dalam bangunan bersuhu tinggi boleh dilepaskan dengan tinggi.

Hal ini telah ditunjukkan bahawa IAQ di kawasan kediaman atau bangunan terjejas dengan ketara oleh tiga faktor utama.

- i. Kualiti udara luar
- ii. aktiviti manusia dalam bangunan.
- iii. bangunan dan bahan binaan, peralatan, dan perabot.

2.4 Faktor – faktor Pencemaran Udara

Diketahui bahawa kepekatan bahan cemar luar dan kepad udara bangunan mempunyai pengaruh yang besar pada IAQ, disebabkan oleh kemungkinan pengangkutan bahan cemar dari luar ke dalam rumah. Apabila kepekatan bahan pencemar luar meningkat, mereka diangkut dari luar ke persekitaran dalaman melalui pengudaraan. Oleh itu, korelasi bagi pencemaran udara luar dengan IAQ sangat bergantung kepada kadar pengudaraan tambahan kepada jangka hayat dan nisbah pencampuran bahan pencemar tersebut. Aktiviti harian manusia biasanya menyebabkan IAP oleh pelepasan gas buangan, asap tembakau, racun perosak, pelarut, agen pembersih, zarah, habuk, acuan, gentian dan alergen. Manusia juga mencipta keadaan yang menggalakkan untuk pembangunan berjuta-juta acuan, kulat, debunga, spora, bakteria, virus, dan serangga, seperti hama habuk dan lipas. Pembakaran sumber dan memasak mengaktifkan menyumbang kepada karbon dioksida (CO_2), sulfur dioksida (SO_2), CO, nitrogen dioksida (NO_2), dan bahan zarah (PM) pelepasan ke dalam persekitaran udara dalaman. Sebagai tambahan, peralatan, seperti komputer, mesin fotostat, pencetak, dan mesin pejabat lain, mengeluarkan ozon (O_3) dan sebatian meruap. Bahan binaan biasa, seperti lantai PVC poli(vinil klorida), penutup, parket, linoleum, permaidani getah, pelekat, lakuer, cat, pengedap dan papan partikel, tin menumpahkan sebatian toksik (iaitu, alkana, sebatian aromatik, 2-etilheksanol, asetofenon, teralkilasi sebatian aromatik, stirena, toluena, glikol, glikolester, teksanol, keton, ester, siloksan, dan formaldehid).

2.5 Faedah pengendalian pengudaraan yang baik

Yang penting, reka bentuk dan operasi sistem pengudaraan juga mempunyai pengaruh yang ketara pada IAQ. Disebabkan menggantikan udara dalaman yang basi dengan udara luar yang segar, pengudaraan mencipta yang sesuai IAQ dan persekitaran dalaman yang sihat. Terdapat beberapa faedah untuk pengendalian pengudaraan dalam bangunan, termasuk:

- i. Menyediakan oksigen dan udara segar untuk pernafasan manusia.
- ii. Mencairkan bahan pencemar udara dalaman untuk mencapai had pendedahan jangka pendek bahan cemar berbahaya serta bau dan wap.
- iii. Menggunakan udara luar dengan kepekatan aerosol yang rendah untuk mengawal aerosol di dalam bangunan.
- iv. Mengawal kelembapan dalaman.
- v. Mewujudkan pengedaran dan promosi udara yang betul serta persekitaran yang sihat dan selesa.

2.5.1 Jenis sistem pengudaraan

Sistem pengudaraan boleh dikelaskan kepada dua jenis, termasuk:

- i. Sistem pengudaraan mekanikal yang menggunakan peralatan mekanikal, seperti kipas atau *blower*.
- ii. Sistem pengudaraan semula jadi, yang merupakan proses pertukaran antara udara dalam dan luar dalaman tanpa menggunakan peralatan mekanikal.

Walaupun sistem pengudaraan semula jadi mungkin baik diterima pakai oleh penghuni, mereka tidak mencukupi di beberapa bangunan atau iklim. Hari ini, mekanikal sistem pengudaraan telah biasa digunakan dalam bangunan, yang meningkatkan tenaga dengan ketara penggunaan. Oleh itu, sistem pengudaraan hibrid direka bentuk untuk memanfaatkan kedua-dua mekanikal dan sistem pengudaraan semula jadi, untuk mengurangkan penggunaan tenaga dan meningkatkan penggunaan teknologi mampan. Dalam sistem pengudaraan hibrid, kekurangan pengudaraan semula jadi akan diberi pampasan oleh komponen mekanikal.

Ringkasnya, dalam pemanasan, pengudaraan, dan air sistem penyaman udara (HVAC) bangunan, pengudaraan memainkan peranan penting dalam mewujudkan IAQ yang sesuai, tetapi ia juga bertanggungjawab untuk penggunaan tenaga. Oleh itu, menambah baik sistem pengudaraan dalam bangunan adalah isu utama bukan sahaja untuk meningkatkan kecekapan tenaga tetapi juga untuk menyediakan IAQ yang lebih baik kepada penghuni dan meminimumkan kemungkinan masalah kesihatan sebagai akibatnya.

2.6 Pencemaran utama dalam persekitaran udara dalaman

Banyak bahan pencemar udara dalaman telah diiktiraf mempunyai kesan berbahaya ke atas IAQ dan kesihatan manusia. Bahan pencemar udara dalaman utama termasuk *Nitric Oxide* (NO_x), organik meruap dan separa meruap sebatian *Volatile Organic Compounds* (VOC), *Sulfur Oxygen* (SO₂), *Ozon* (O₃), radon, logam toksik dan mikroorganisma. Sumber dan kesan kesihatan beberapa bahan pencemar biasa disenaraikan di bawah. Sebahagian daripadanya boleh terdapat dalam kedua-duanya persekitaran dalaman dan luaran, manakala yang lain berasal dari persekitaran luar.

2.6.1 Jenis pencemaran udara dalaman

Secara umum, pencemar udara dalaman boleh dikelaskan kepada organik, bukan organik, biologi, atau radioaktif.

i. “Particulate Matters”(PM)

PM ditakrifkan sebagai zarah berkarbon yang dikaitkan dengan bahan kimia organik terjerap dan reaktif logam. Komponen utama PM ialah sulfat, nitrat, endotoksin, hidrokarbon aromatik polisiklik, dan logam berat (besi, nikel, kuprum, zink, dan vanadium). Bergantung kepada saiz zarah, PM secara amnya dikelaskan kepada:

- i. zarah kasar, PM₁₀ diameter <10 μm.
- ii. (ii) zarah halus, PM_{2.5} daripada diameter <2.5 μm.
- iii. (iii) zarah ultrahalus, PM_{0.1} diameter <0.1 μm.

PM amat membimbangkan, kerana ia kadangkala boleh dihidu, menjejaskan paru-paru dan jantung dan menyebabkan kesan kesihatan yang serius. Ianya telah ditunjukkan bahawa tahap PM dalaman selalunya melebihi tahap luaran. Sumber PM dalaman termasuk:

- i. zarah yang berhijrah dari persekitaran luar.
- ii. zarah yang dihasilkan oleh aktiviti dalaman.

Memasak, aktiviti pembakaran bahan api fosil, merokok, pengendalian mesin, dan hobi kediaman adalah sebab utama mengapa PM diedarkan di dalam bangunan. Berbanding dengan PM₁₀ dan PM_{2.5}, PM_{0.1} dicipta oleh pembakaran bahan api fosil mewakili ancaman yang lebih besar kepada kesihatan kerana kebolehtembusannya ke dalam saluran udara kecil serta alveoli. Menurut penyelidikan tentang kepekatan dalaman utama bahan pencemar, telah ditunjukkan bahawa memasak dan menghisap rokok adalah sumber terbesar udara dalaman

PM, manakala aktiviti pembersihan selalunya kurang menyumbang kepada PM dalaman. Merokok diketahui sebagai sumber utama PM_{2.5} dalaman, dengan anggaran peningkatan dalam rumah dengan perokok antara 25 hingga 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kepekatan pada musim sejuk lebih besar daripada musim panas. Untuk aktiviti memasak pula menunjukkan bahawa aktiviti memasak membolehkan pelepasan berjuta-juta zarah ($\sim 10^6$ zarah/ cm^3) melalui

pembakaran minyak, kayu, dan makanan dan kebanyakannya adalah zarah ultra-halus. Di samping itu, ini zarah halus boleh mengedarkan bukan sahaja ke dapur tetapi juga merebak ke ruang tamu dan kawasan lain di bangunan, dengan itu menyebabkan kesan buruk kepada kesihatan penghuni. Sementara itu, normal lain aktiviti manusia, seperti berjalan-jalan dan duduk di atas perabot, berkemungkinan menggantung semula habuk rumah dan menyumbang kepada 25% daripada kepekatan PM dalaman.

Secara ringkasnya, didapati bahawa kekuatan sumber untuk aktiviti manusia adalah antara 0.03 hingga 0.5 $\text{mg}\cdot\text{min}^{-1}$ untuk PM_{2.5} dan daripada 0.1 dan 1.4 $\text{mg}\cdot\text{min}^{-1}$ untuk PM₁₀.

- ii. "VOCs"

Sebatian organik meruap (VOC) diiktiraf sebagai gas yang mengandungi pelbagai bahan kimia dipancarkan daripada cecair atau pepejal. Formaldehid, gas tidak berwarna dengan bau busuk dan yang dilepaskan daripada banyak bahan binaan, seperti papan partikel, papan lapis, dan gam, adalah salah satu daripada

VOC yang paling meluas. Kepekatan VOC dalam persekitaran dalaman adalah sekurang-kurangnya 10 kali lebih tinggi daripada itu di luar rumah, tanpa mengira lokasi bangunan.

Secara amnya, VOC dalaman dijana daripada empat

sumber utama:

- i. Aktiviti manusia, termasuk memasak, merokok, dan penggunaan produk pembersihan dan penjagaan diri.
- ii. Penjanaan daripada tindak balas kimia dalaman.
- iii. Penembusan udara luar melalui sistem penyusupan dan pengudaraan.
- iv. Berasal daripada bahan binaan.

VOC kepekatan boleh dipengaruhi oleh kadar pertukaran udara, umur dan saiz rumah, pengubahsuaian bangunan, aras VOC luar, dan pembukaan pintu dan tingkap. Lebih-lebih lagi, ia telah ditunjukkan bahawa kira-kira 50 VOC berbeza dikenal pasti dalam tempoh memasak selama 90 minit. Kerana VOC adalah organik bahan kimia yang mempunyai takat didih (T_b) yang rendah dan mudah meruap walaupun pada suhu bilik. WHO mengelaskannya kepada empat kumpulan iaitu:

- i. Sebatian organik yang sangat meruap (VVOC) dengan $T_b: 50-100\text{ }^\circ\text{C}$.
- ii. sebatian organik meruap (VOC) dengan $100\text{ }^\circ\text{C} < T_b < 240\text{ }^\circ\text{C}$.
- iii. separa meruap sebatian tak organik (SVOCs) dengan $240\text{ }^\circ\text{C} < T_b < 380\text{ }^\circ\text{C}$
- iv. bahan organik zarah (POM) dengan $T_b > 380\text{ }^\circ\text{C}$.

Biasanya, pendedahan kepada VOC yang dikeluarkan daripada produk pengguna ditanggung melalui tiga laluan utama iaitu Penyedutan, pengingesan, atau sentuhan kulit.

Kebanyakan orang tidak serius dipengaruhi oleh pendedahan jangka pendek kepada kepekatan VOC yang rendah, tetapi dalam kes pendedahan jangka panjang, sesetengah VOC dianggap sebagai risiko berbahaya kepada kesihatan manusia, yang berpotensi menyebabkan kanser. Untuk SVOC, pengambilan transdermal terus dari udara mempunyai sumbangan yang lebih tinggi berbanding dengan pengambilan melalui penyedutan.

iii. **NOX**

Dua oksida nitrogen utama ialah oksida nitrik (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), kedua-duanya yang dikaitkan dengan sumber pembakaran, seperti dapur memasak dan pemanas. Ambien kepekatan NO dan NO₂ berbeza-beza bergantung kepada sumber tempatan dan sinki. Rata-rata mereka mempunyai kepekatan dalam bangunan tanpa aktiviti pembakaran adalah separuh daripada di luar, tetapi apabila gas dapur dan pemanas digunakan, paras dalaman selalunya melebihi paras luar. Di bawah keadaan persekitaran, NO adalah cepat teroksida untuk membentuk NO₂. Oleh itu, NO₂ biasanya dianggap sebagai bahan pencemar utama. Reaksinya NO₂ dengan air menghasilkan asid nitrus (HONO), oksidan kuat dan pencemar biasa dalam persekitaran. Telah ditunjukkan bahawa tahap dalaman NO₂ adalah fungsi kedua-dua luaran dan sumber dalaman. Oleh itu, aras dalaman boleh dipengaruhi oleh aras luar yang tinggi yang berasal dari pembakaran atau sumber trafik tempatan. Dilaporkan bahawa jarak antara bangunan dan jalan raya mempunyai pengaruh yang signifikan pada tahap NO₂ dalaman. Selain itu, pertukaran udara antara luar dan di dalam rumah juga mempengaruhi tahap NO₂ dalam bangunan. Selain itu, sumber dalaman utama termasuk merokok dan peralatan kayu, gas, minyak, arang batu, dan minyak tanah, seperti dapur, ruang, ketuhar dan pemanas air dan pendiangan.

iv. **Ozone**

Ozon ialah agen pengoksidaan yang kuat terutamanya dihasilkan oleh tindak balas fotokimia O_2 , NO_x , dan VOC di atmosfera. Walau bagaimanapun, ia tidak boleh digunakan untuk menghapuskan bahan pencemar kimia dalaman yang lain, disebabkan kepada tindak balas perlahan dengan kebanyakan bahan pencemar bawaan udara. Ozon membolehkan tindak balas pantas dengan beberapa pencemar dalaman, tetapi produk tindak balas boleh merengsakan manusia dan merosakkan bahan. Yang utama sumber ozon dalaman terutamanya berasal dari atmosfera luar dan operasi elektrik peranti. Mesin yang biasanya mengeluarkan gas ozon dalaman termasuk mesin fotostat, pembasmian kuman, peranti penulen udara dan peranti pejabat lain.

Mekanisme pelepasan ozon bagi peranti ini boleh dibahagikan kepada dua kategori pelepasan Corona dan mekanisme fotokimia. Ini telah ditunjukkan bahawa paras ozon dalam bangunan bergantung kepada pelbagai faktor:

- i. Paras ozon luar;
- ii. Kadar pelepasan dalaman.
- iii. Kadar pertukaran udara.
- iv. Kadar penyingkiran permukaan.
- v. Tindak balas antara bahan kimia lain dan ozon di udara.

Paras ozon dalaman secara amnya turun naik antara 20% dan 80% daripada paras ozon luar mengikut kadar pertukaran udara. Manusia terdedah kepada ozon terutamanya melalui penyedutan, tetapi pendedahan kulit juga merupakan vektor yang diiktiraf.

Sulfur dioksida (SO_2) ialah gas yang paling biasa di kalangan kumpulan sulfur oksida (SO_x) yang terdapat dalam suasana. SO_2 terutamanya dihasilkan oleh proses pembakaran bahan api fosil, dan bergabung Int. J. Alam Sekitar. Res. Kesihatan Awam 2020, 17, 2927 5 daripada 27 dengan aerosol dan PM untuk membentuk kumpulan kompleks udara yang berbeza. Sumber dalaman pelepasan SO_2 termasuk peralatan gas berventilasi, relau minyak, asap tembakau, pemanas minyak tanah, dan dapur arang atau kayu. Di samping itu, udara luar juga dianggap sebagai sumber utama SO_2 dalaman. Paras SO_2 dalaman selalunya lebih rendah daripada aras luar. Pelepasan SO_2 di dalam rumah biasanya kecil, disebabkan pengaktifannya semula, yang boleh mudah diserap oleh permukaan dalaman. Adalah diketahui bahawa kepekatan SO_2 setiap jam dalam bangunan selalunya di bawah 20 ppb. Pendedahan manusia kepada SO_2 , yang boleh menjejaskan fungsi pernafasan, hanya melalui penyedutan.

vi. **CO_x**

Karbon monoksida (CO) dalam udara dalaman dihasilkan terutamanya melalui proses pembakaran, seperti memasak atau pemanasan. Selain itu, CO juga boleh masuk ke dalam persekitaran dalaman melalui penyusupan dari air luar. Sumber penting pelepasan CO dalam rumah termasuk minyak tanah dan pemanas ruang gas yang tidak berventilasi. Purata kepekatan CO dalam bangunan tanpa sebarang dapur gas adalah kira-kira 0.5–5 ppm, manakala kepekatan dalam kawasan berhampiran dapur gas berkisar antara 5 hingga 15 ppm dan juga 30 ppm atau lebih tinggi. Pendedahan CO boleh menyebabkan kesan buruk kesihatan, seperti:

- i. Pada kepekatan rendah, terdapat kesan pada kardiovaskular dan tingkah laku neuro proses.
- ii. Pada kepekatan tinggi, tidak sedarkan diri atau mati.

Karbon dioksida (CO_2), gas tidak berwarna dan tidak berbau, adalah yang terkenal di bumi atmosfera dan juga metabolit manusia utama. Purata kepekatan CO_2 dalam udara ambien ialah kira-kira 400 ppm, yang terutamanya hasil daripada pembakaran bahan api fosil. Baru-baru ini, Paras CO_2 dalaman telah digunakan sebagai rujukan untuk penilaian IAQ dan juga untuk pengudaraan kawalan. Mengikut piawaian ASHRAE, adalah disyorkan bahawa

kepekatan CO₂ dalaman berada di bawah 700 ppm untuk memastikan kesihatan manusia. Hal ini ditubuhkan untuk pendedahan kepada kepekatan CO₂ sebanyak 3000 ppm meningkatkan intensiti sakit kepala, mengantuk, keletihan, dan kesukaran tumpuan.

vii. ***Toxic metals***

Logam berat dibebaskan ke atmosfera sama ada melalui aktiviti manusia atau semula jadi. IAP oleh logam berat mempunyai pelbagai punca, termasuk penyusupan bahan pencemar luar (habuk dan tanah), merokok, produk penggunaan bahan api, dan bahan binaan. Logam berat masuk habuk dalaman, memasuki tubuh manusia melalui penyedutan, pengambilan, atau sentuhan kulit, boleh mempunyai kesan buruk terhadap kesihatan manusia. Menurut Agensi Antarabangsa untuk Penyelidikan Kanser (IARC). Logam berat dalam udara dalaman dikelaskan kepada dua kumpulan utama berdasarkan kesannya terhadap manusia:

- i. Unsur bukan karsinogenik, termasuk kobalt (Co), aluminium (Al), kuprum (Cu), nikel (Ni), besi (Fe), dan zink (Zn).
- ii. Kedua-dua unsur karsinogenik dan bukan karsinogenik merangkumi arsenik (As), kromium (Cr), kadmium (Cd), dan plumbum (Pb).

Logam berat biasa ini (iaitu, As, Cr, Cd, Pb) berkemungkinan menyebabkan kanser, manakala Cd dan Pb, bersama beberapa yang lain, boleh menyebabkan kesan karsinogenik, seperti penyakit kardiovaskular, perkembangan pertumbuhan yang perlahan, dan kerosakan pada sistem saraf. Telah dilaporkan bahawa paras Pb dalam udara dalaman boleh berubah-ubah dari 5.80 hingga 639.10 µg/g, manakala tahap tertinggi As, Al, Cr, Cd, Co, Cu, Ni, Fe, dan Zn adalah kira-kira 486.80, 7150.00, 254.00, 8.48, 43.40, 513.00, 471.00, 4801.00, dan 2293.56 µg/g, masing-masing.

viii. **Aerosols**

Aerosol dalaman adalah sama ada aerosol primer yang berasal daripada sumber dalaman yang berbeza atau sekunder aerosol yang dibentuk oleh tindak balas gas-ke-zarah dalaman. Lebih-lebih lagi, zarah luar menyusup ke dalam rumah juga berkemungkinan menjadi sumber aerosol dalaman. Aerosol bukan organik sekunder ialah PM yang terdiri daripada unsur tak organik, termasuk sumber antropogenik atau kerak dan ion larut air, manakala sekunder aerosol organik (SOA) terbentuk dalam proses penukaran gas-ke-zarah VOC. Selain itu, aerosol berkarbon, yang terdiri daripada SOA dan karbon unsur yang dilepaskan dalam pembakaran tidak lengkap, adalah spesies yang terkenal dalam PM_{2.5}. Aerosol biologi (bioaerosol) ialah subset PM atmosfera terdiri daripada unit penyebaran (spora kulat dan debunga tumbuhan), mikroorganisma (bakteria dan archaea), atau bahan selular. Oleh kerana kepelbagaiannya dari segi sebatian dan fasa (gas, cecair atau pepejal), aerosol boleh dianggap sebagai sistem dinamik. Oleh itu, taburan saiz zarah mereka berbeza dari mod nukleasi (<30 nm dalam keadaan pembersihan vakum) kepada mod pengumpulan (~100 nm, dalam). Aerosol pembakaran daripada merokok, memasak atau membakar kemenyan), dan kepada mod halus dan kasar (>1 µm, aerosol penggantungan semula). Pendedahan aerosol melalui penyedutan dalam persekitaran dalaman telah dikaitkan dengan pelbagai kesan kesihatan yang buruk, terutamanya dalam paru-paru (pintu masuk ke badan manusia) dan organ sasaran penting lain, seperti jantung dan otak.

ix. **Pesticides (racun perosak)**

Hari ini, racun perosak bukan organik dan organik lazimnya digunakan sebagai pelindung bahan binaan kayu melalui impregnasi atau salutan permukaan. Racun perosak juga digunakan untuk mengawal dan mencegah perosak, termasuk bakteria, kulat, serangga, tikus, dan organisma lain. Di dalam persekitaran dalaman, racun perosak biasanya sebatian separa meruap yang mungkin wujud sama ada dalam gas atau bentuk zarah mengikut sifat, seperti tekanan wap, kelikatan produk, dan air keterlarutan. Di samping itu, ia telah ditunjukkan bahawa permaidani dan tekstil berkemungkinan memainkan peranan takungan jangka panjang untuk racun perosak organoklorin. Ia sepatutnya apabila digunakan dalam permaidani, tekstil, dan perabot berkusyen, racun perosak dalam gentian akan berhijrah ke pad busa poliuretana

dan dengan itu permaidani, tekstil dan perabot berkusyen boleh mencerminkan pendedahan racun perosak bersepadu semasa seumur hidup mereka. Lebih-lebih lagi, racun perosak boleh

memasuki bangunan dari luar. Sebaik sahaja di dalam, mereka boleh bertahan selama berbulan-bulan atau bertahun-tahun kerana perlindungannya terhadap cahaya matahari, suhu yang melampau, hujan, dan faktor lain. Pengambilan kulit, pengambilan dan penyedutan zarah atau sebatian meruap mengandungi racun perosak dipercayai menjadi laluan pendedahan yang berpotensi dalam persekitaran dalaman. Pendedahan racun perosak dikaitkan dengan risiko kesihatan yang buruk, termasuk:

- i. Kulit dan mata jangka pendek kerengsaan, pening, sakit kepala, dan loya.
- ii. Kesan kronik jangka panjang, seperti kanser, asma dan diabetes.

2.6.2 Bahan Pencemaran Dalam Dan Kesan Terhadap Kesehatan Manusia

Bahan pencemar	Sumber	Kesan Kesehatan
PM	Persekitaran luar, memasak, aktiviti pembakaran (membakar lilin, penggunaan pendiangan, pemanas, dapur, pendiangan dan cerobong asap, menghisap rokok), aktiviti pembersihan	Kematian pramatang pada orang yang menghidap penyakit jantung atau paru-paru, serangan jantung yang tidak membawa maut, degupan jantung yang tidak teratur, asma yang memburukkan, fungsi paru-paru menurun, peningkatan simptom pernafasan.
VOCs	Cat, noda, varnis, pelarut, racun perosak, pelekat, pengawet kayu, lilin, pengilat, pembersih, pelincir, pengedap, pewarna, penyegar udara, bahan api, plastik, mesin penyalin, pencetak, produk tembakau, minyak wangi, pakaian kering, bangunan bahan dan kelengkapan.	<ul style="list-style-type: none"> - Kerengsaan mata, hidung dan tekak - Sakit kepala, hilang koordinasi dan loya - Kerosakan hati, buah pinggang dan sistem saraf pusat - Sesetengah bahan organik boleh menyebabkan kanser.
NO ₂	Peralatan memasak dan pemanasan berbahan api gas	<ul style="list-style-type: none"> - Reaksi asma dipertingkatkan. - Kerosakan pernafasan yang membawa kepada gejala pernafasan.
O ₃	Sumber luar, fotokopi, pembersihan udara, alat pembasmi kuman	Kerosakan DNA, kerosakan paru-paru, asma, penurunan fungsi pernafasan.
SO ₂	Dapur memasak; pendiangan; udara luar	<ul style="list-style-type: none"> -Kemerosotan fungsi pernafasan - Asma, penyakit paru-paru obstruktif kronik (COPD), dan penyakit kardiovaskular.
CO _x	Dapur memasak; merokok tembakau; pendiangan; penjana dan peralatan	Keletihan, sakit dada, penglihatan terjejas, fungsi otak berkurangan.

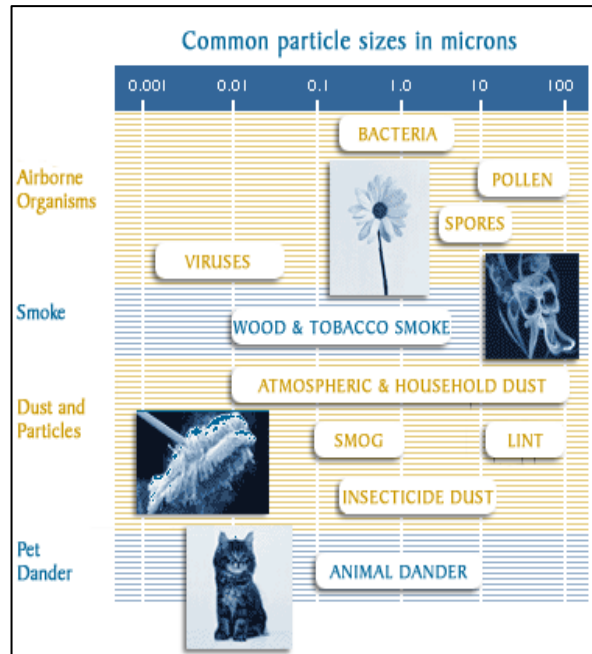
	berkuasa petrol lain; udara luar	
Heavy metals	Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, As, Ni, Hg, Mn, Fe Sumber luar, produk penggunaan bahan api, pembakaran kemenyan, merokok dan bahan binaan.	-Kanser, kerosakan otak - Kesan mutagenik dan karsinogenik: penyakit pernafasan, kematian kardiovaskular
Aerosols	Asap tembakau, bahan binaan, produk pengguna, pembakaran kemenyan, pembersihan dan memasak	Penyakit kardiovaskular, penyakit pernafasan, alahan, kanser paru-paru, kerengsaan dan ketidakselesaan.
Radon (Rn)	Gas tanah, bahan binaan dan air paip Air luar	Kanser paru-paru
Pesticides	- Racun anai-anai, racun serangga, racun tikus, racun kulat, pembasmi kuman dan racun rumpai - Bahan binaan: permaidani, tekstil dan perabot berkusyen - Persekitaran luar	Kerengsaan pada mata, hidung dan tekak; Kerosakan kepada sistem saraf pusat dan buah pinggang; Peningkatan risiko kanser.
Biological allergens	Debu rumah, haiwan peliharaan, lipas, acuan/kelembapan, debunga yang berasal daripada haiwan, serangga, hama dan tumbuhan.	Asma dan alahan Jangkitan pernafasan, pemekaan, penyakit alahan pernafasan dan semput
Microorganism	Bakteria, virus, dan kulat dibawa oleh manusia, haiwan, dan tanah serta tumbuhan	Demam, masalah penghadaman, penyakit berjangkit, penyakit pernafasan kronik.

Jadual 2.1 : Bahan pencemaran

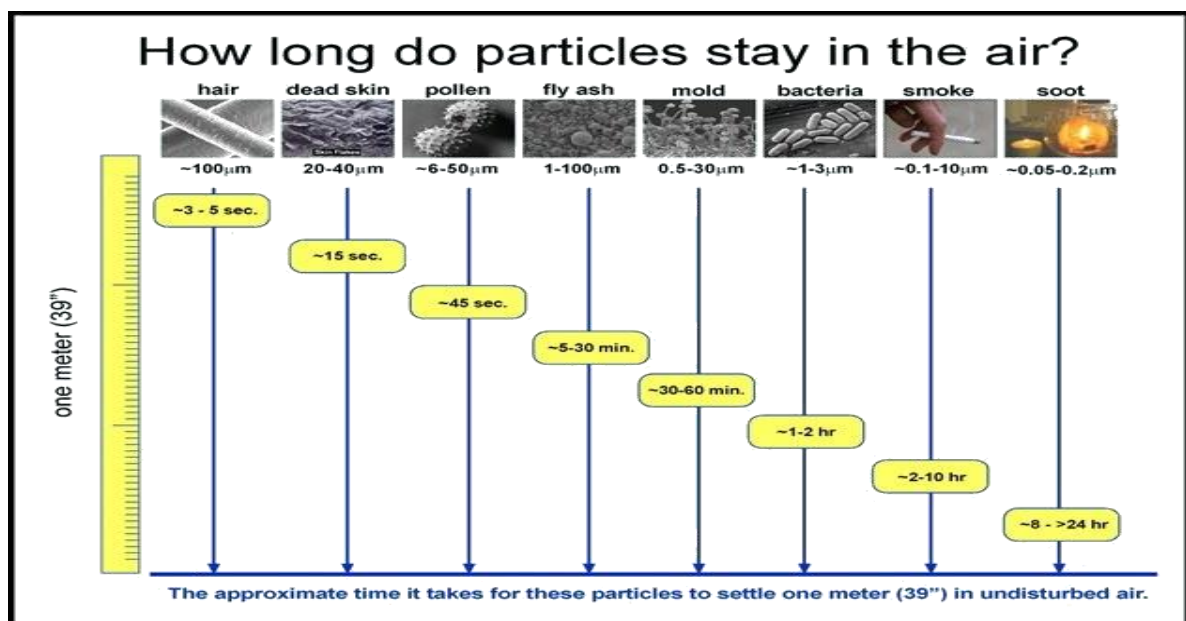
2.6.3 Jenis debu

Bahan pencemar bawaan udara adalah sama ada biologi (kulat, tungau, habuk, debunga, bulu haiwan) atau datang daripada sumber lain (gas atau zarah kimia yang dilepaskan oleh perabot, permaidani, bahan binaan, perkakas yang tidak berventilasi, aktiviti pengubahsuaian termasuk

habuk daripada cat plumbum, kurang- sistem pemanasan, pelembap dan penyahlembapan yang dikekalkan). Ventilator Pemulihan Haba (HRV) berfungsi untuk mengurangkan kepekatan bahan pencemar dalaman.



Rajah 2.1 : Jenis-jenis debu dan saiz micron



Rajah 2.2 : Masa yang diambil oleh zarah tinggal di udara

2.6.4 Mengenal pasti jenis debu dan pengendaliannya

Debu adalah partikel padat yang berukuran sangat kecil yang dibawa oleh udara. Partikel-partikel kecil ini dibentuk oleh suatu proses disintegrasi atau fraktur seperti penggilingan, penghancuran atau pemukulan terhadap benda padat. Mine Safety and Health Administration (MSHA) mendefinisikan debu sebagai padatan halus yang tersuspensi diudara (airbone) yang tidak mengalami perubahan secara kimia ataupun fisika dari bahan padatan aslinya.

Ukuran partikel debu yang dihasilkan dari suatu proses sangatlah bervariasi, mulai dari yang tidak bisa terlihat dengan mata telanjang sampai pada ukuran yang terlihat dengan mata telanjang. Ukuran partikel yang besar akan tertinggal pada permukaan benda atau turun kebawah (menetap sementara diudara) dan ukuran partikel yang kecil akan terbang atau tersuspensi diudara. Debu umumnya dalam ukuran micron, sebagai pembanding ukuran rambut adalah 50-70 micron.

Debu fibrogenic seperti Kristal silica (free crystalline silica – FCS) atau asbestos adalah jenis debu yang sangat beracun dan jika masuk kedalam paru-paru dapat merusak paru-paru dan mempengaruhi fungsi atau kerja paru-paru.

Nuisance dust atau inert dust dapat didefinisikan sebagai debu yang mengandung kurang dari 1% quartz (kuarsa). Kerana kandungan silica yang rendah, nuisance dust hanya sedikit mempengaruhi kesehatan paru-paru dan dapat disembuhkan jika terhirup. Akan tetapi jika konsentrasi nuisance dust sangat tinggi diudara area kerja maka dapat mengurangi penglihatan dan boleh menyebabkan masuk kedalam mata, telinga dan tenggorokan sehingga timbul rasa tidak nyaman dan juga boleh menyebabkan luka pada kulit atau mucous membrane.

2.6.5 Klarifikasi Debu

Dari sisi *occupational health*, debu diklasifikasikan menjadi tiga kategori, iaitu:

- i. Respirable Dust
- ii. Inhalable Dust
- iii. Total Dust

Respirable dust adalah debu atau partikel yang cukup kecil yang dapat masuk kedalam hidung sehingga pada sistem pernapasan bagian atas dan masuk kedalam paru-paru bagian dalam. Partikel yang masuk kebagian paru-paru bagian dalam atau sistem pernafasan bahagian dalam secara umum tidak boleh dikeluarkan oleh sistem mekanisme tubuh secara semula jadi (cilia dan mucous) maka akibatnya partikel tersebut akan tinggal selama-lamanya didalam paru-paru.

Mine Safety and Health Administration (MSHA) mendefinisikan *respirable dust* sebagai fraksi dari airborne dust yang terdiri dari alat saring ukuran partikel dengan karakteristik seperti berikut:

Aerodynamic diameter, Mikron (unit density spheres)	Percent passing selector
2.0	90
2.5	75
3.5	50
5.0	25
10.	0.0

Jadual 2.3 : Jenis mikron dan peratusan

EPA menggambarkan habuk yang boleh dihidu sebagai debu yang boleh masuk kedalam tubuh akan tetapi terperangkap atau tertahan di hidung, tenggorokkan atau sistem pernapasan

bagian atas, ukuran habuk tersebut berdiameter kira-kira 10 mikron. Pelepasan debu secara berlebihan ke udara dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan juga masalah di industri tersebut, beberapa gangguan dan masalah tersebut adalah diantaranya:

- i. Membahayakan kesehatan
- ii. Penyakit pernafasan ditempat kerja
- iii. Sakit pada mata, telinga dan hidung
- iv. Sakit pada kulit
- v. Boleh merosak peralatan
- vi. Mengganggu penglihatan
- vii. Bau yang tidak selesa

2.6.6 Jenis-jenis debu rumah yang berbahaya

Tungau debu rumah (TDR) adalah alergen dalam rumah terbanyak yang tersebar di seluruh dunia yang dikaitkan dengan manifestasi alergi pada saluran pernapasan dan kulit, seperti asma bronkial, rinitis alergi dan dermatitis atopik. TDR yang paling sering ditemukan adalah dari famili Pyroglyphidae, empat di antaranya memiliki hubungan yang erat dengan kejadian alergi seperti *dermatophagoides pteronyssinus*, *dermatophagoides farinae*, *dermatophagoides microceras*, dan *euroglyphus maynei*.

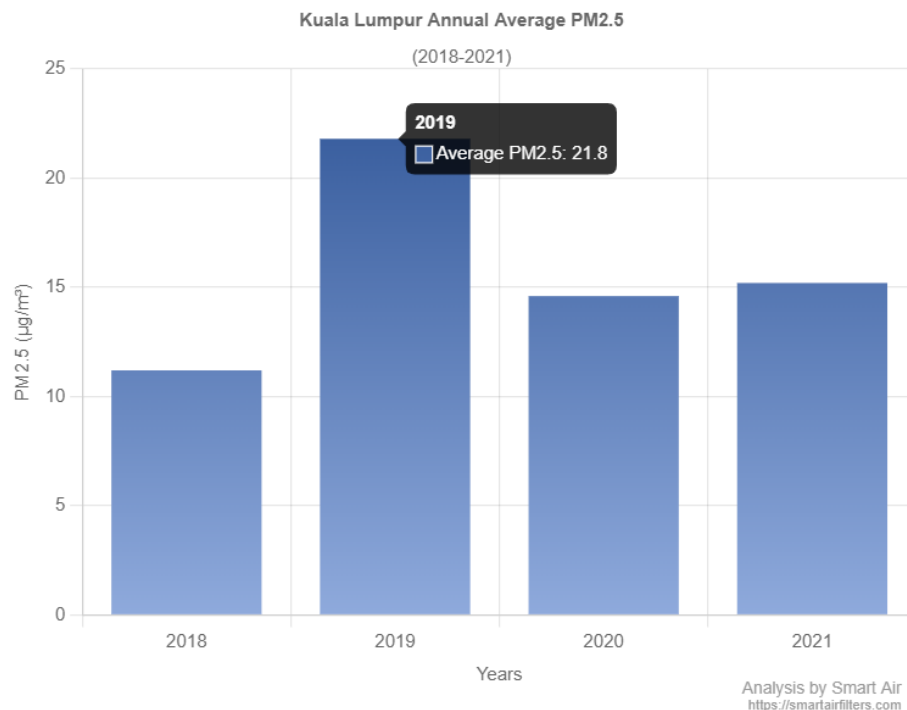
2.6.7 Kawasan temuan tungau debu:

- i. tempat tidur.
- ii. Karpet.
- iii. lantai.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa tungau debu rumah paling banyak ditemui di bilik tidur.

2.7 Indeks kadar IAQ di Malaysia

Kira-kira empat tahun lepas, data menunjukkan sedikit peningkatan dalam kualiti udara Bandaraya Kuala Lumpur. Walaupun 2020 menyaksikan peningkatan hampir 12% daripada 2019, tahap 2021 bertambah buruk daripada tahap 2020. Tahap tahunan pencemaran udara Bandaraya Kuala Lumpur secara konsisten berlegar di sekitar had yang disyorkan WHO.



Rajah 2.4: Indeks kualiti udara

2.7.1 Definisi penapis udara

Penapis udara ni adalah mesin yang menuliskan udara tercemar kepada udara bersih yang bermaksud penapis udara berfungsi sebagai penyedut kekotoran udara dan seterusnya mengeluarkan udara yang bersih dan segar. Penapis udara juga merupakan sebahagian daripada keseluruhan sistem HVAC. Ia berfungsi sebagai barisan pertahanan pertama yang melindungi komponen HVAC daripada bahan cemar.

2.7.2 Fungsi penapis udara

Antara fungsi penting penapis udara ini adalah membasmi kuman, bakteria dan virus dalam udara (untuk mengelakkan sakit seperti demam, selsema, batuk, serta termasuk juga penyakit berbahaya seperti virus Influeza H1N1).

Fungsi penting lain adalah menyerap bau busuk, menapis habuk dan debu, menyerap asap rokok, jerebu, dan sebagainya. Segala bahan-bahan berbahaya dan kurang menyenangkan akan diserap dan udara yang segar akan dikeluarkan melalui penapis udara X-PAC ini.

Penapis udara X-PAC ini menggunakan penapis udara jenis Anti Selsema HEPA yang telah dicipta untuk penyesuaian pelbagai keadaan, mengikut standard kajian IAQ (Indoor Air Quality).

2.7.3 Jenis-jenis penapis udara

Jenis-jenis penapis udara yang digunakan adalah Pre-filter, Medium filter, Customised filter, Deodorisation filter, dan Anti-flu HEPA filter.

- i. Anti-Flu HEPA Filter (Penapis Anti-Selsema):

Filter ini adalah rekaan khas daripada kajian di pusat R&D. Filter ini bukan sahaja menapis debu-debu halus, tetapi juga menghilangkan sehingga 99.99% bakteria berbahaya dan virus, dengan menggunakan sistem sterilization.



Rajah 2.5 : Penapis jenis anti-selsema HEPA

2.7.4 Kesan-kesan menggunakan penapis udara (HEPA)

Dengan menggunakan penapis udara X-PAC, ruang dalaman rumah atau pejabat dijamin lebih segar dan nyaman. Penapis ini amat berkesan mencegah penyakit disebabkan virus dalam udara, terutamanya bagi kanak-kanak kerana sistem immuniti badan yang masih rendah.

Bagi para ibu bapa yang masih memiliki anak kecil, ruang udara yang bebas daripada virus dan kuman berbahaya mampu mencegah bukan sahaja penyakit biasa seperti demam, batuk, selsema namun juga turut mencegah penyakit berbahaya lain seperti virus influenza H1N1, E.Coli dan sebagainya.

Ruang udara dalaman rumah juga lebih segar dan bebas daripada bau-bau yang kurang menyenangkan seperti bau asap rokok, bau busuk, bau makanan yang melekat di dinding rumah, dan sebagainya.

Begitu juga bagi mereka yang memiliki haiwan peliharaan seperti kucing, anjing dan sebagainya, penapis udara ini mampu menghilangkan masalah seperti bau haiwan, bulu-bulu haiwan yang melekat pada sofa, karpet dan sebagainya.

2.7.5 Kelebihan penapis udara

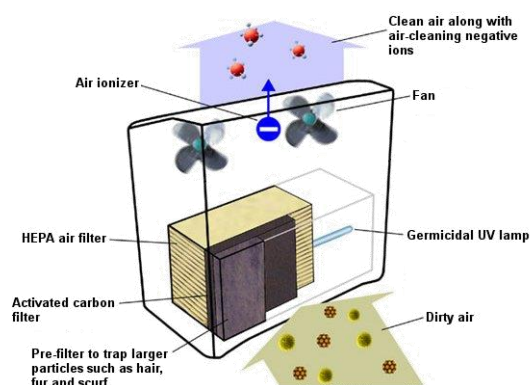
Meningkatkan kualiti udara dalam rumah, mengurangkan alergi dan agen pencetus asma (*asthma triggers*), melegakan gejala berpunca daripada udara tercemar dan menghilangkan bau mencegah sakit.

2.7.6 Bagaimana penapis udara berfungsi...

Semua penapis udara berfungsi dengan cara yang sama:

- i. Udara melalui skrin penapis.
- ii. Semasa udara melaluinya, medan penapis memerangkap zarah seperti debunga, habuk, bulu haiwan peliharaan, kotoran dan alergen. Seseengah jenis penapis udara malah boleh menapis bakteria dan virus dari udara.
- iii. Setiap saat apabila udara melalui medan penapis, bahan cemar terkumpul. Akhirnya, penapis menjadi terlalu tersumbat dan aliran udara berkurangan.
- iv. Akhirnya, penapis menjadi terlalu tersumbat dan aliran udara berkurangan.
- v. Penapis udara kemudian diganti, dan proses diteruskan.

Perbezaan setiap penapis udara biasanya ialah jenis penapis yang digunakan. Kualiti dan kuantiti medan penapis mempengaruhi saiz zarah udara yang boleh ditapis, cara ia ditapis dan aliran udara melalui sistem.



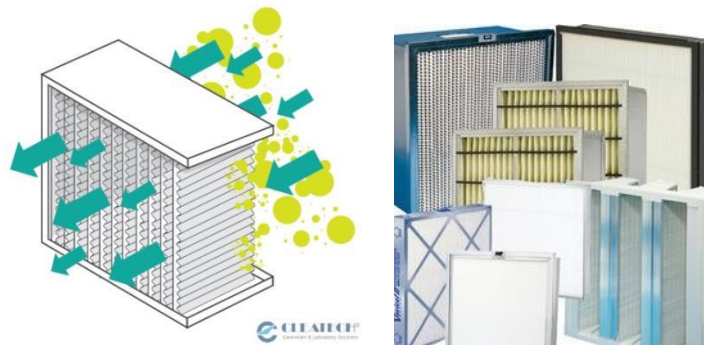
Rajah 2.6: Cara penapis udara berfungsi

2.7.7 Jenis penapis udara sedia ada

Di pasaran kini, pelbagai jenis penapis udara dijual, namun kita perlu tau jenis penapis udara yang berkesan dan efisien yang digunakan bagi menapis udara yang kotor. Terdapat beberapa contoh jenis penapis di pasaran dengan keberkesanan yang berbeza:



Rajah 2.7 : Fiberglass filter dan box filter



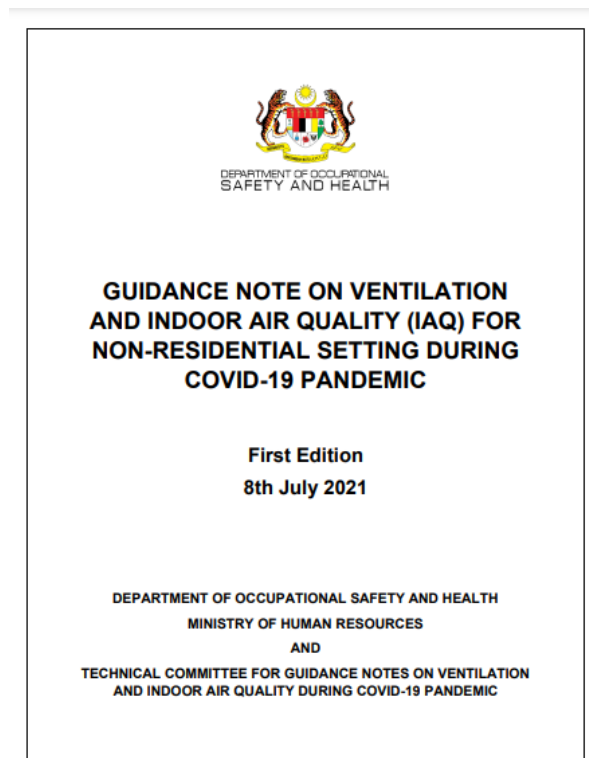
Rajah 2.8 : HEPA dan ULPA filter yang ada di pasaran

Setiap penapis udara yang digunakan mempunyai keberkesanan dan tahap penapis yang baik untuk menghalang segala kekotoran dan habuk. Pada jadual dibawah menunjukkan MERV Rating yang digunakan. Semakin tinggi skala *Minimum Efficiency Reporting Values* (Merv) maka semakin baik penapisan udara yang digunakan.

MERV Rating	Air Filter will trap air particles sized 0.3 to 1.0 microns	Air Filter will trap air particles sized 1.0 to 3.0 microns	Air Filter will trap air particles sized 3 to 10 microns	Filter Type ~ Removes These Particles
MERV 1	< 20%	< 20%	< 20%	Fiberglass & Aluminum Mesh ~ Pollen, Dust Mites, Spray Paint, Carpet Fibers
MERV 2	< 20%	< 20%	< 20%	
MERV 3	< 20%	< 20%	< 20%	
MERV 4	< 20%	< 20%	< 20%	
MERV 5	< 20%	< 20%	20% - 34%	Cheap Disposable Filters ~ Mold Spores, Cooking Dusts, Hair Spray, Furniture Polish
MERV 6	< 20%	< 20%	35% - 49%	
MERV 7	< 20%	< 20%	50% - 69%	
MERV 8	< 20%	< 20%	70% - 85%	Better Home Box Filters ~ Lead Dust, Flour, Auto Fumes Welding Fumes
MERV 9	< 20%	Less Than 50%	85% or Better	
MERV 10	< 20%	50% - 64%	85% or Better	
MERV 11	< 20%	65% - 79%	85% or Better	
MERV 12	< 20%	80% - 90%	90% or Better	Superior Commercial Filters ~ Bacteria, Smoke, Sneezes
MERV 13	Less Than 75%	90% or Better	90% or Better	
MERV 14	75% - 84%	90% or Better	90% or Better	
MERV 15	85% - 94%	95% or Better	90% or Better	
MERV 16	95% or Better	95% or Better	90% or Better	HEPA & ULPA ~ Viruses, Carbon Dust, <0.3 microns
HEPA & Above	99.97% or Better	99% or Better	99% or Better	

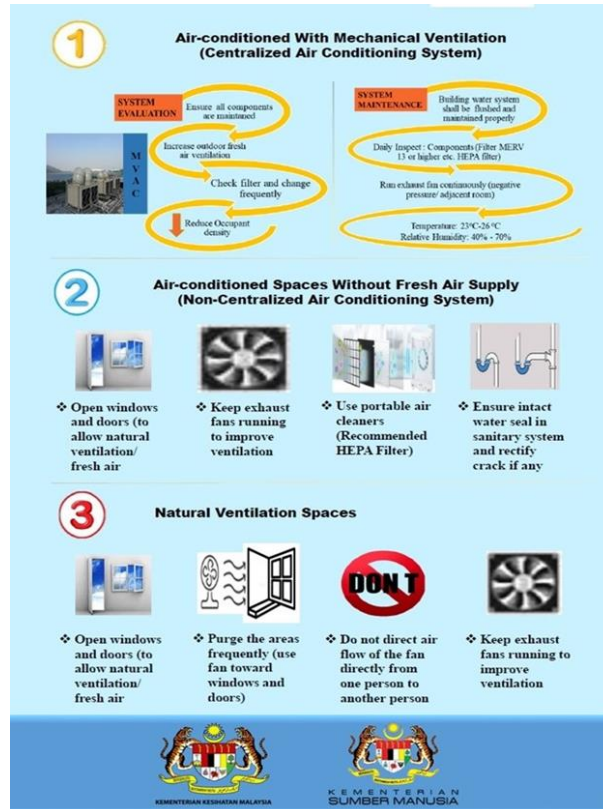
Rajah 2.9 : Carta keberkesanan penapis udara mengikut MERV rating

2.8 Peraturan / katalog



Rajah 2.10 : Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Kementerian Sumber Manusia (edisi pertama Julai 2021)

Panduan ini dibangunkan berdasarkan Kod Amalan Industri (ICOP) mengenai Kualiti Udara Dalam 2010 yang diterbitkan oleh Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (DOSH) dan dokumen lain yang ditetapkan yang diterbitkan oleh organisasi antarabangsa masing-masing dan negara lain mengenai pengudaraan dan kualiti udara dalaman semasa wabak COVID-19.



Rajah 2.11 : Peraturan dan tatacara sistem pengudaraan sesebuah bangunan

Penapisan: Pertimbangkan untuk menggunakan Penapis MERV 13 atau penapis nilai MERV yang lebih tinggi. Menggunakan penapis MERV yang lebih tinggi ini hendaklah mengambil kira keupayaan sistem MVAC

Pembersih udara bersendirian atau mudah alih boleh digunakan jika terdapat bukti keberkesannya dalam mengurangkan kemungkinan pendedahan dengan mengambil kira isu keselamatan.

Pembersih udara mudah alih boleh mengurangkan kebarangkalian jangkitan dengan cara yang sama seperti meningkatkan pengudaraan udara bilik. Jika ada, ia perlu dikendalikan setiap kali terdapat penghuni di dalam premis.

Jika hanya ada satu yang tersedia, ia harus diletakkan di kawasan di mana orang yang paling terdedah dalam premis menghabiskan masa mereka. Jika membeli peranti baharu, pilih peranti yang menggunakan penapis HEPA dan mempunyai kadar penghantaran udara bersih (CADR) yang tinggi.

Secara amnya, kelajuan kipas yang lebih tinggi dan masa larian yang lebih lama akan meningkatkan jumlah udara yang ditapis.

$M_x = 250 \text{ g}$ (AC Fine)	AEC in kWh/y for $ePM_{2.5}$ ($ePM_{2.5}$ and $ePM_{2.5'}_{min} \geq 50\%$)					
	A+	A	B	C	D	E
50 & 55%	700	800	950	1300	1900	>1900
60 & 65%	750	850	1000	1350	1950	>1950
70 & 75%	800	900	1050	1400	2000	>2000
80 & 85%	900	1000	1200	1500	2100	>2100
> 90%	1000	1100	1300	1600	2200	>2200

Rajah 2.12 : Gred dan peratusan $PM_{2.5}$

2.9 Rumusan

Secara keseluruhan yang diperoleh daripada bab ini adalah kajian yang telah dibuat merujuk kepada sumber buku dan internet untuk menyempurnakan kerja-kerja yang akan dilakukan terhadap projek ini. Selain itu, Kajian perlu dilakukan secara terperinci bagi memastikan segala pelaksanaan projek ini dapat berjalan dengan lancar.

BAB 3

KAEDAH METADOLOGI

3.2 Pengenalan

Metodologi ialah analisis teori dan sistematik kaedah yang digunakan untuk bidang pengajian. Ia terdiri daripada analisis teoritis mengenai kaedah dan prinsip yang berkaitan dengan cawangan pengetahuan. Biasanya, ia merangkumi konsep seperti paradigma, model teori, fasa dan teknik kuantitatif atau kualitatif.

Selain itu, Metodologi tidak ditetapkan untuk memberikan penyelesaian-oleh itu, tidaksama dengan kaedah. Sebaliknya, metodologi menawarkan asas teori untuk memahamikaedah, set kaedah, atau amalan terbaik yang boleh digunakan untuk kes tertentu, contohnya, untuk mengira hasil tertentu.

Oleh itu, metodologi kajian dijalankan untuk menambah baik produk yang mampu meningkatkan kadar IAQ dari segi produktiviti dan kos. Oleh kerana metodologi kajian merupakan teknik kuantitatifatau kualitatif, Kaedah penyelidikan kuantitatif dan kualitatif digunakan untuk menentukan pernyataan masalah sebelum mencipta produk. Data kuantitatif dan kualitatif dapat dikumpulkan dalam bentuk soal selidik, temu bual, pemerhatian dan analisis dokumen.

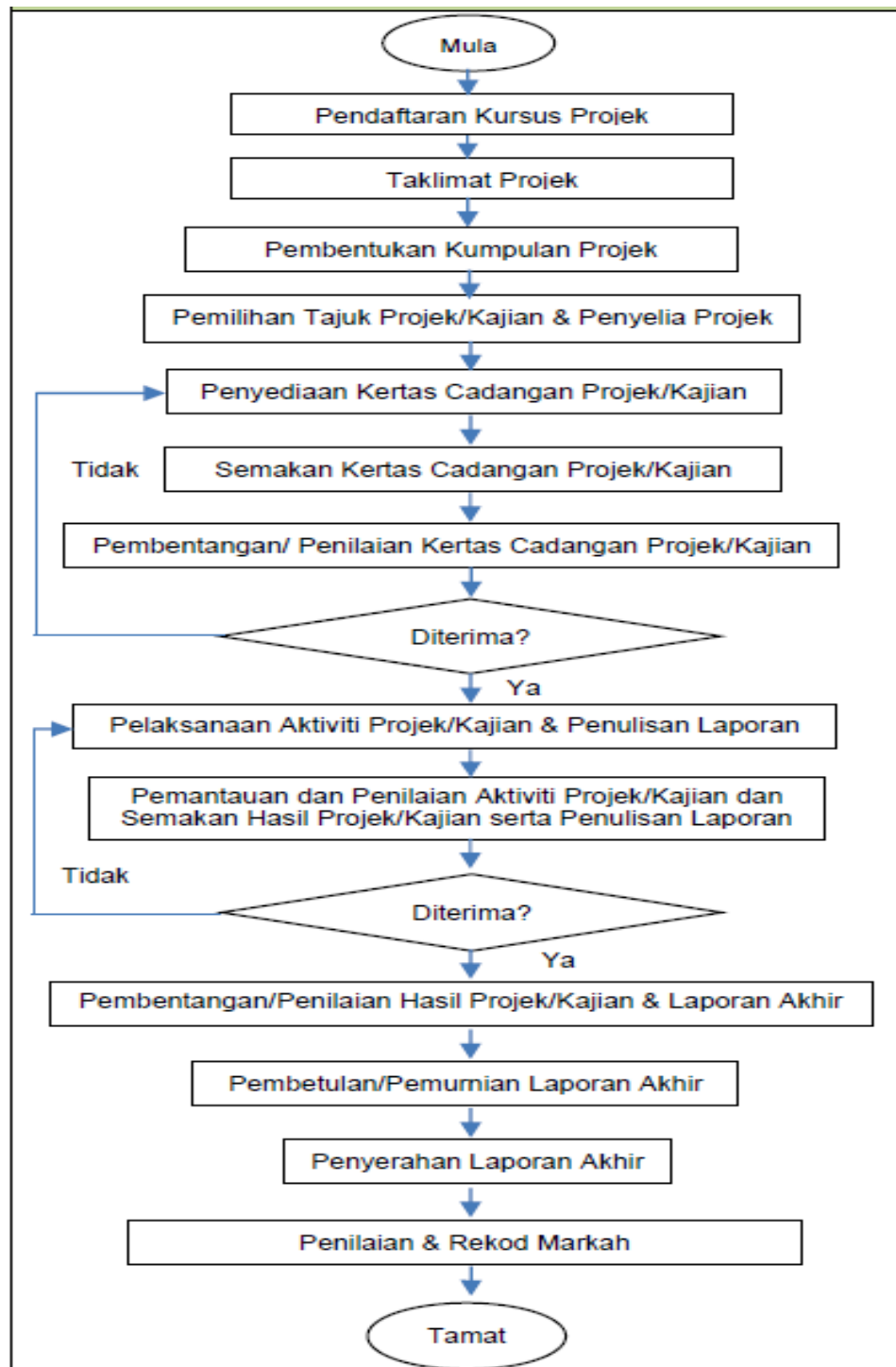
3.2 Perancangan projek

Perancangan boleh ditakrifkan sebagai satu proses pemikiran untuk melaksanakan sesuatu perkara pada masa hadapan. Dalam projek binaan, perancangan ialah suatu proses pemikiran tentang pemilihan kaedah binaan yang sesuai dan urutan kerja-kerja yang akan diikuti bagi pembinaan dan penyiapan projek tersebut. Kesesuaian kaedah dan urutan kerja di pilih bertujuan untuk memastikan supaya projek tersebut dapat disiapkan dengan kos yang paling ekonomik dalam masa yang ditentukan dan memenuhi kehendak penstrukturan teknikal yang dikehendaki.

Perancang projek dibahagi dalam dua peringkat iaitu peringkat pertama dan peringkat kedua (reka bentuk). Carta alir dipilih untuk menunjukan proses-proses yang dirancang bersama ahli kumpulan.

3.2.1 Fasa analisis keperluan (peringkat pertama)

Sebelum memulakan pemilihan projek dilakukan, kajian telah dilaksanakan dan idea projek telah dirancang. Pelbagai aspek perlu dipertimbangkan dari kelebihan projek, kos projek, bahan yang hendak digunakan supaya projek yang akan dihasilkan dapat mencapai objektif yang ditetapkan. Selepas itu, idea projek telah diperkenalkan kepada penyelia. Setelah Penyelia menerima idea projek, kajian telah dilaksanakan dan maklumat yang berkaitan dengan projek ini dikumpulkan daripada buku, internet dan sumber rujukan yang lain. Seterusnya, projek dilakukan dengan mengenal pasti masalah yang berlaku dalam kehidupan. Proposal juga telah disediakan bersama-sama dengan pernyataan masalah, objektif serta skop kajian terhadap produk yang akan dihasilkan kepada penyelia. Akhirnya, tajuk projek “X-PAC” ditetapkan sebagai produk melaksanakan Projek 1 dan Projek 2.



Rajah 3.1 : Carta alir projek

3.2.2 Fasa reka bentuk (peringkat kedua)

Pada peringkat ini, Lakaran Produk telah dilakarkan dengan menggunakan *Google Sketchup* kerana lakaran 3D senang dilihat apabila menghasilkan produk dan menunjukan lakaran projek kepada penyelia.

Selepas itu, kajian terhadap bahan-bahan telah dilakukan untuk mencari bahan-bahan yang sesuai kepada projek. Pelbagai aspek yang telah dikaji dalam pemilihan bahan yang sesuai dari segi kos, ketahanan, kelebihan dan sebagainya. Kos yang diperlukan untuk menghasilkan produk ini juga dianggarkan.

Setelah menyiapkan bahan projek, fasa membina prototaip 1 iaitu produk X-PAC dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan yang terpakai dengan kadar kos yang paling minimum digunakan bagi mempersembahkan rupa rekaan dan fungsi produk ini dijalankan.

Dalam proses menghasilkan produk ini, pelbagai bahan kitar semula digunakan seperti kotak bagi menjadikan sebagai rangka produk. Kemudian kami menggunakan botol air yang terpakai bagi menggambarkan gambaran produk yang bakal dihasilkan nanti. Dalam menghasilkan produk ini, pelbagai pendapat dan pandangan diambil terutamanya idea daripada penyelia dan sumber internet.

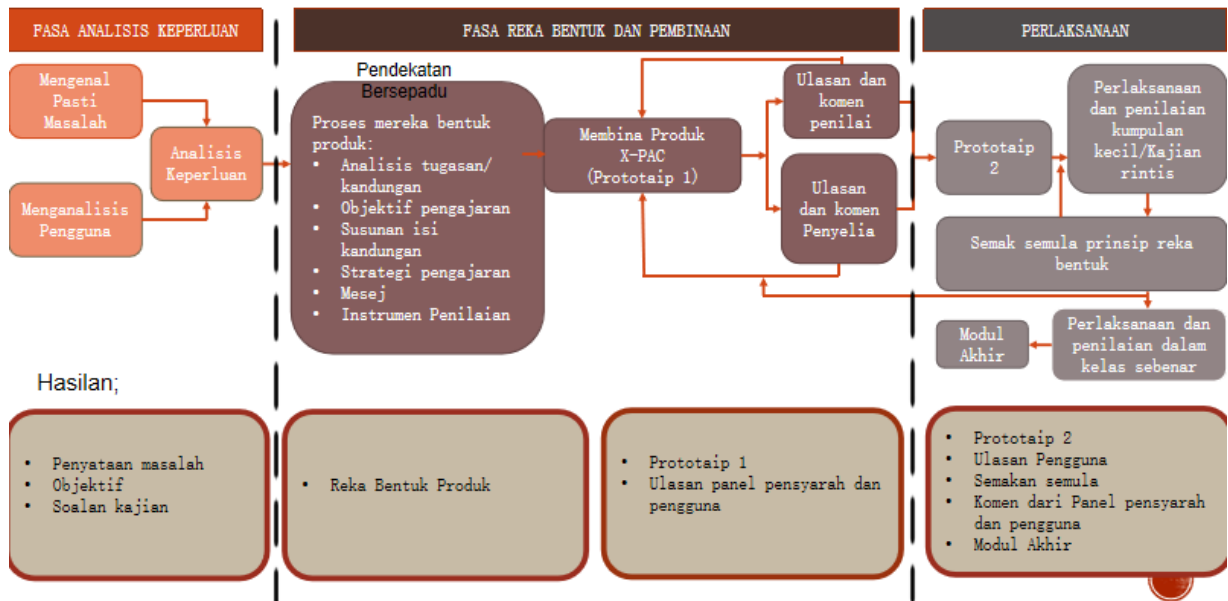
Setelah menghasilkan prototaip ini, prototaip ini kemudiannya dipamerkan kepada panel juri dan Penyelia sama ada produk ini dapat difahami dan di benarkan untuk meneruskan membuat produk yang sebenar.

3.2.3 Fasa pelaksanaan (peringkat ketiga)

Pada peringkat pelaksanaan iaitu peringkat akhir produk. Penghasilan dan mengemaskini prototaip yang kedua dinaik tarafkan dari segi produk yang berfungsi dan difahami reka bentuk yang bakal diciptakan sejurus mendapat pandangan dan persetujuan daripada panel juri serta penyelia.

Selain itu, menyemak semula reka bentuk yang dicipta sama ada mencapai matlamat produk dan akhir sekali membentangkan segala keperluan dan kepentingan produk ini kepada panel juri.

REKA BENTUK KAJIAN



Rajah 3.2 : Menunjukkan reka bentuk kajian produk

3.2.4 Reka bentuk kajian

Reka bentuk kajian merupakan satu tatacara pengolahan data yang dipungut berdasarkan perancangan khusus dan sistematik terhadap konsep pembentukan rangkaian hubungan antara pemboleh-pemboleh ubah yang terlibat dalam sesuatu kajian. Ia juga merujuk kepada cara penyelidik mengendali kajian, dan prosedur atau teknik yang digunakan bagi menjawab soalan kajian. Tujuan reka bentuk kajian adalah untuk mengawal punca-punca yang boleh mengganggu kajian.

kajian yang menggunakan kaedah kuantitatif dan kualitatif akan dilaksanakan. Soal selidik yang berkenaan dengan IAQ udara diadakan di borang selidik yang telah disediakan dengan menggunakan *Google Form*. Tujuan mengedarkan soal selidik tersebut adalah untuk mengumpulkan data-data kajian dan mendapat responden terhadap penapis udara. Selain itu, ahli-ahli kumpulan juga membuat lawatan di tempat masing-masing. Dengan ini, penambahan pengetahuan tentang perbezaan kualiti udara di kawasan yang berlainan dapat direkodkan.

Kajian yang menggunakan kaedah reka bentuk eksperimental juga akan dilaksanakan. Setelah produk dihasilkan, pengujian akan dibuat terhadap produk tersebut. Suhu, keluasan ruangan, kualiti udara yang bersih dikeluarkan, serapan udara kotor dan masa yang digunakan untuk melihat keberkesanan produk ini dicatatkan dan menganalisis data-data tersebut.

3.3 Kaedah pengumpulan data

Kajian-kajian telah dilakukan untuk mendapatkan maklumat-maklumat sebagai sokongan fakta-fakta dan maklumat-maklumat yang dilampirkan. Maklumat-maklumat tersebut tidak melibatkan hasil analisis projek ini, tetapi ia mempunyai hubungan kait berapa fakta projek. Berikut adalah cara-cara yang dilakukan untuk mengumpul maklumat tersebut:

- i. Mengadakan perbincangan dengan penyelia.

Perjumpaan dan perbincangan dengan penyelia diadakan pada setiap minggu untuk memperoleh idea tentang projek seperti reka bentuk produk dan bahan produk. Idea-idea yang diberi oleh penyelia adalah lebih tepat dan kena-mengena.

- ii. Menyelari internet

Pelbagai maklumat di laman web seperti Wikipedia, ResearchGate, Google Scholar, Mendeley dan sebagainya adalah satu sumber dan maklumat tambahan yang berkaitan dengan projek. Melalui internet, maklumat tambahan yang banyak dapat dikumpulkan. Setiap maklumat yang dapat dari laman web juga dibandingkan dengan pendapat sendiri supaya maklumat lebih tepat.

- iii. Buku ilmiah

Mendapatkan maklumat tentang prinsip dan teori yang perlu digunakan dalam produk tersebut daripada buku-buku ilmiah. Maklumat daripada buku ilmiah biasanya tepat dan akan dibandingkan dengan maklumat yang dapat dari internet.

3.4 Instrumen kajian

Kaedah penyelidikan kuantitatif dan kualitatif digunakan untuk menentukan pernyataan masalah sebelum mencipta produk. Data kuantitatif dan kualitatif dapat dikumpulkan dalam bentuk soal selidik, temu bual, pemerhatian dan analisis dokumen. Selain itu, Kaedah pengujian juga digunakan untuk mengumpul data-data yang diperlu.

i. Soal selidik

Soal selidik yang berkenaan dengan produk penapis udara diadakan secara atas talian. Borang soal selidik telah disediakan dengan menggunakan *Google Form*. Tujuan mengedarkan soal selidik tersebut adalah untuk mengumpulkan data-data kajian dan pendapat responden terhadap Produk Penapis Udara.

ii. Tema bual

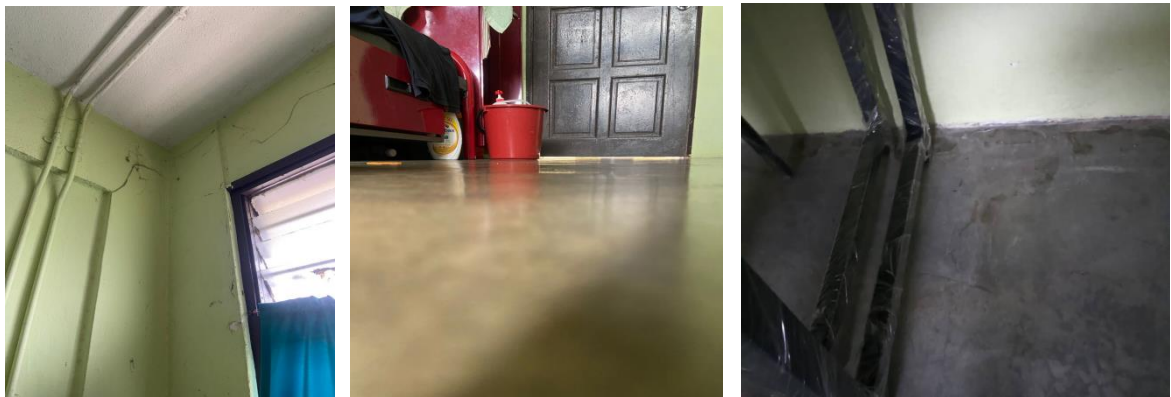
Ahli kumpulan mengadakan satu tema bual dengan salah satu kediaman Pusat Tahfiz di lokasi Maahad Al-I'tisam, Jalan Sastera U2/1, Taman TTDI Jaya, 40150 Shah Alam, Selangor untuk mengenal pasti kualiti udara dalaman dan masalah yang dihadapi apabila tinggal di kawasan yang mempunyai kualiti udara yang kurang memuaskan.



Rajah 3.3: Temu bual dengan pelajar Maahad Tahfiz di Kawasan TTDI, Shah Alam pada hari Ahad 13 November 2022 pada pukul 5 petang untuk mengenal pasti masalah yang dihadapi tentang kualiti udara dalamam Kawasan Tahfiz.

iii. Pemerhatian

Ahli kumpulan telah membuat pemerhatian keatas kualiti udara di kamsis politeknik. Didapati bahawa keadaan bilik yang kami lawati mempunyai banyak habuk dan hama



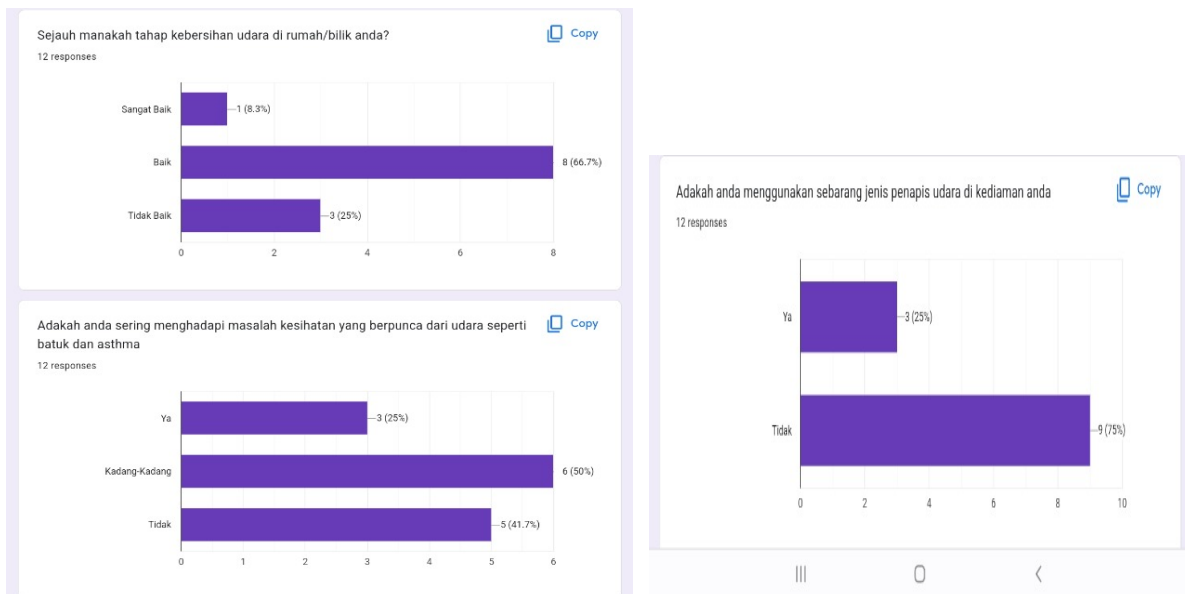
Rajah 3.4 : Lawatan ke bilik D1-L0-04

iv. Kaedah pengujian

Pengujian diadakan terhadap produk untuk memastikan produk ini berfungsi dengan baik dan menguji produk ini bahawa dapat mencapai objektif yang ditetapkan. Penapis Udara digunakan sebagai keberkesanan produk tersebut berfungsi. Masa diperlukan untuk menapis tapisan debu, telah dicatatkan dan data tersebut telah dianalisis untuk sebagai satu sokongan produk ini berjaya mencapai objektif yang ditetapkan.

3.5 Teknik persampelan

Persampelan adalah proses di mana sebilangan kecil dari keseluruhan populasi yang dipilih dan dikaji bagi membuat generalisasi yang berkaitan. Tujuan persampelan adalah untuk meminimumkan kos membuat penyelidikan untuk menjimatkan masa dan tenaga penyelidik, dan untuk mendapatkan ketepatan yang maksimum dan jangkaan yang akan berlaku dalam penyelidikan. Oleh itu, soal selidik diadakan secara atas talian di *Google Form*. Soal selidik tersebut mempunyai 5 soalan yang berkenaan dengan produk penapis udara. Seramai 12 orang responden telah menjawab soal selidik tersebut. Sebanyak 9 orang responden (75%) tidak mempunyai penapis udara di rumah mereka yang mungkin boleh menyebabkan kesihatan mereka meningkat.



Rajah 3.5 : Graf daripada *Google Form*

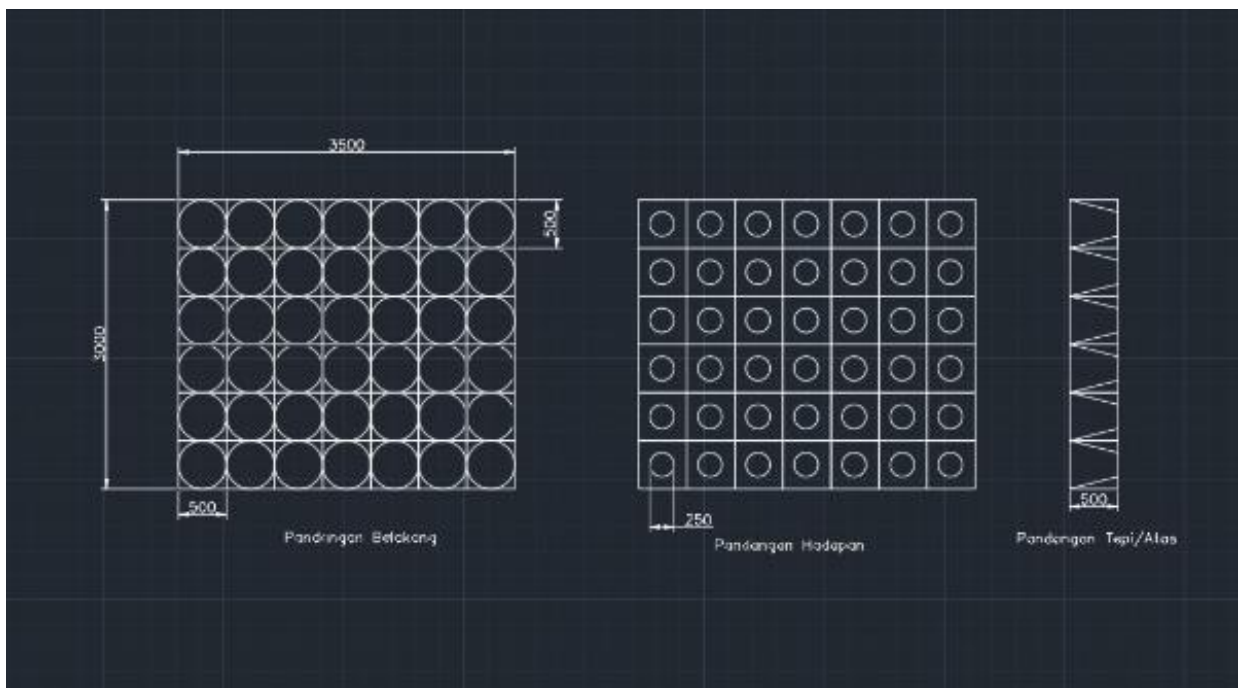
3.6 Kaedah analisis data

Soal selidik diadakan secara *Google Form* dan terbuka kepada semua orang. Data-data yang didapati daripada soal selidik dianalisis dengan menggunakan kaedah diskriptif dalam bentuk peratusan. Analisis tersebut telah dilakukan apabila soal selidik telah dijawab oleh 12 responden. Data yang diperoleh akan ditukarkan dalam bentuk angka dan angka akan dipersembahkan dalam bentuk Carta Pai. Borang soal selidik ini dijawab dengan unit pada skala Likert 4 yang ditetapkan iaitu 1 untuk sangat tidak setuju, 2 untuk tidak setuju, 3 untuk setuju, dan 4 untuk sangat setuju. Bentuk ini dipilih kerana senang ditadbir kepada jumlah yang besar, membantu responden menumpukan kepada subjek yang dikaji dan melicinkan proses penjadualan dan penganalisan data. Selain tu, pengujian diadakan untuk menentukan adakah produk mencapai objektif. Data yang dicatat seperti suhu, kelembapan dan masa digunakan untuk pengeringan makan akan dibuat dalam bentuk jadual dan graf. Graf digunakan untuk menunjukkan data-data supaya lebih mudah dianalisis.

3.7 Reka bentuk produk

- i. Reka bentuk pertama produk berbentuk Segi empat tepat seakan sebuah tingkap dan mempunyai 35 bahagian dimana setiap bahagian mempunyai satu silinder yang mempunyai 2 tapak yang tidak sama saiz. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kadar halaju angin yang masuk dan mampu menyejukkan ruang.

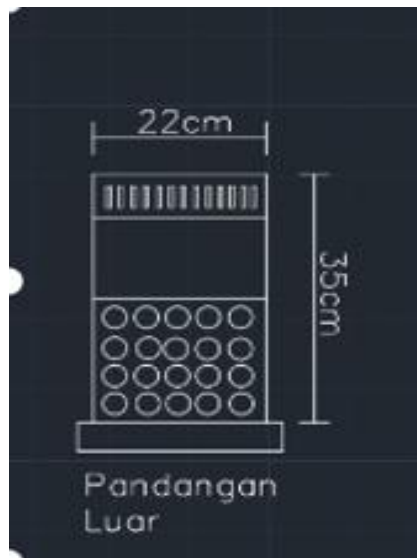
Kelemahan rekaan ini ialah ia tidak mampu menapis keseluruhan ruang dan hanya menggunakan angin semula jadi.



Rajah 3.6 : Lakaran pertama menggunakan AutoCad

- ii. Reka bentuk kedua produk berbentuk silinder dan mempunyai 4 bahagian yang terdiri daripada bahagian Rotating Plate(Bawah, bahagian penapis udara, bahagian Motor Kipas, dan bahagian pewangi(atas) . Bentuk silinder dipilih kerana permukaan yang melengkung mampu untuk menyerap habuk secara 360°.

Selain itu, terdapat lubang-lubang yang kecil berada di bawah produk untuk udara masuk dan lubang di bahagian atas untuk aliran udara keluar.



Rajah 3.7 : Pandangan sisi



Rajah 3.8: Pandangan atas reka bentuk ketiga



Rajah 3.9: Pandangan atas

3.8 Bahan-bahan produk

i. Cylinder Body

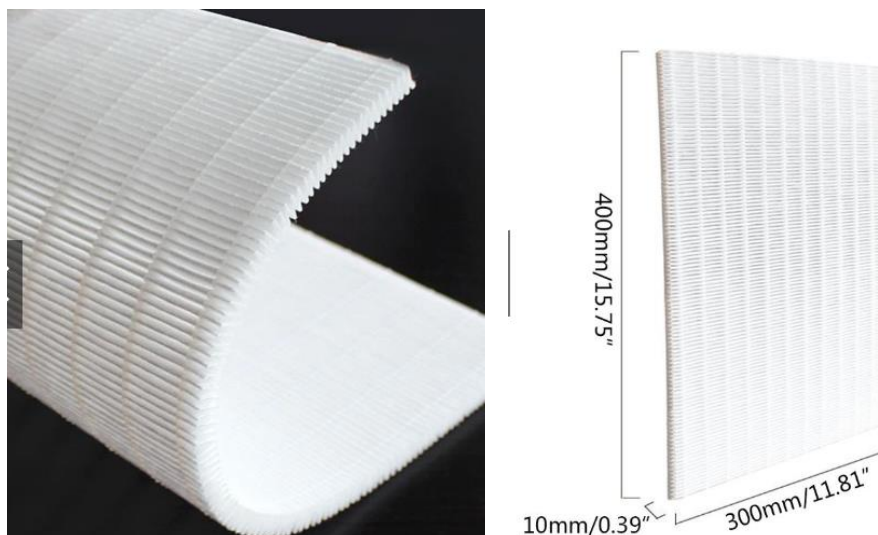
Silinder adalah bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh dua buah lingkaran identik yang selari dan sebuah segi empat tepat yang mengelilingi kedua bulatan itu. Tiub mempunyai 3 sisi dan 2 rusuk. Kedua bulatan disebut sebagai tapak dan tutup tiub dan yang menyelubungi itu disebut sebagai selimut tiub. Bentuk silinder digunakan untuk membuat badan produk ini. Hal ini kerana, bentuk ini sesuai digunakan kerana udara yang diserap akan lebih sekata atau udara dapat masuk melalui pelbagai ruangan tanpa sebarang halangan.



Rajah 3.10 : Bentuk silinder untuk badan produk

ii. Penapis HEPA

HEPA bermaksud *High-Efficiency Particulate Air* atau partikel udara yang mempunyai kecekapan tinggi. Penapis HEPA adalah sejenis penapis udara mekanikal yang berfungsi dengan memaksa udara melalui jaringan halus yang memerangkap zarah-zarah berbahaya seperti debunga, anjing peliharaan, debu hama dan asap tembakau.



Rajah 3.11 : Penapis HEPA

iii. Motor blower fan

Motor blower fan merupakan Alat yang membantu menyalurkan udara yang bersih sehingga penghuni rumah dapat menghirup udara segar dan terhindar dari udara kotor.



Rajah 3.12: *Motor blower fan*

iv. Rotating Plate

Berfungsi untuk memutar atau memusingkan produk 360 derajat mengikut arah jam atau melawan arah jam mengikut fungsi yang tersendiri.”Rotating Plate” ini digunakan bertujuan untuk memusingkan produk X-PAC secara perlahan supaya dapat menyerap secara menyeluruh udara yang kotor di kawasan tersebut.



Rajah 3.13 : *Rotating Plate*

v. Pewangi

Pewangi digunakan bagi tujuan menambahkan bau-bauan yang sedap dan menenangkan. Dalam konteks ini, pewangi digunakan bagi menapis jika udara yang ditapis berbau, jadi pewangi ini berperana menukarkan bau yang tidak harum kepada yang segar.



Rajah 3.14 : Pewangi

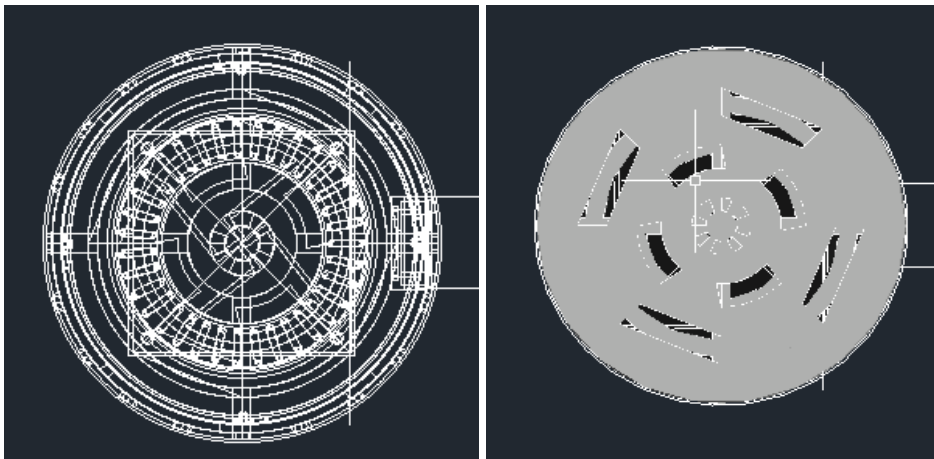
vi. Bateri

Bateri ialah sumber kuasa elektrik yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan sambungan luar untuk menjanakan peranti elektrik seperti lampu suluh, telefon pintar dan kereta. Apabila bateri membekalkan tenaga elektrik, suatu terminalnya berkutub positif lalu bertindak sebagai KATOD manakala terminal negatifnya berkutub lawan atau negatif sebagai ANOD. Tetapi dalam konteks ini, bateri digunakan untuk menggerakkan produk serta menyimpan elektrik ke dalam bateri supaya dapat menjimatkan kos elektrik di rumah.

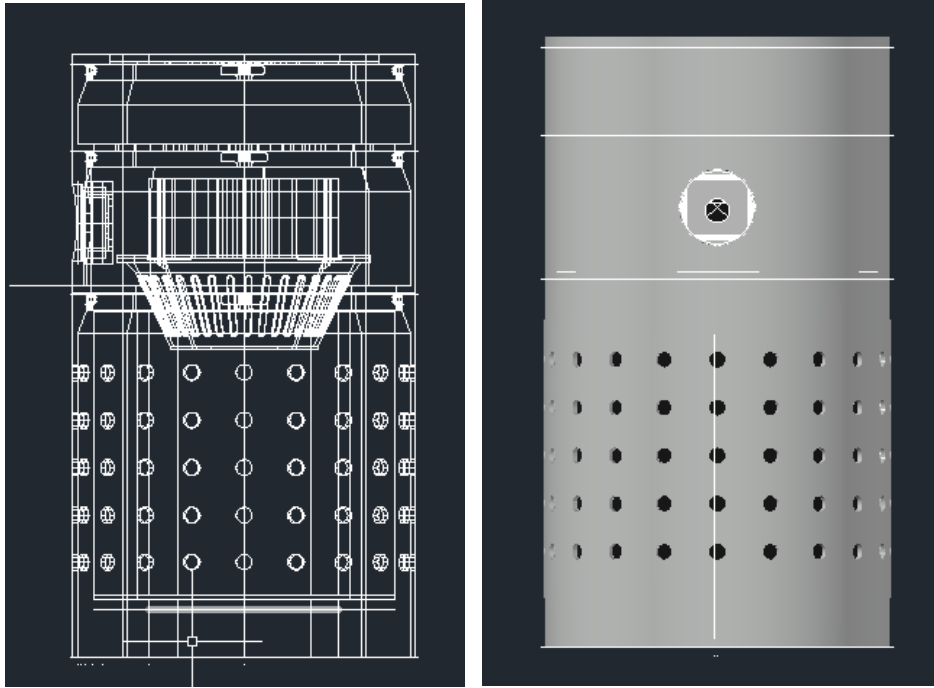


Rajah 3.15 : Bateri dan Bekas Bateri

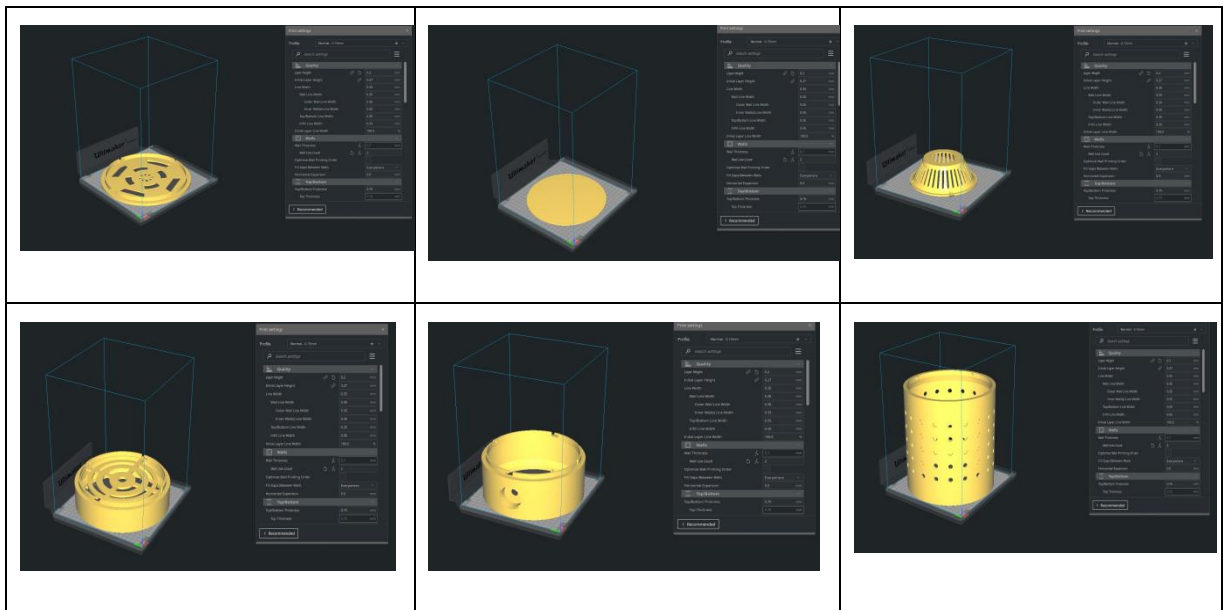
3.9 Lakaran Akhir



Rajah 3.16 : Pandangan atas produk X-PAC



Rajah 3.17 : Pandangan hadapan produk X-PAC



Rajah 3.18 : Lakaran produk X-PAC menggunakan *fusion 360*

3.9.1 Proses penghasilan produk X-PAC

Penghasilan reka bentuk produk X-PAC dimulakan dengan mereka bentuk produk tersebut.

- i. Badan produk X-PAC ini menggunakan bahan seperti PLA (Polylactic Acid) dan direka bentuk menggunakan 3D Printing yang diberi kerjasama oleh syarikat 3D Gens.

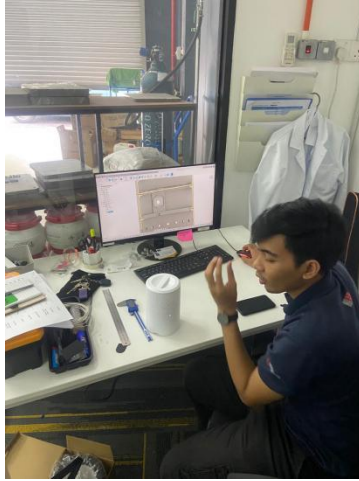


Rajah 3.19 : Produk yang direka di Syarikat 3D Gens

- ii. Kemudian Proses reka bentuk di pameran dan direka bentuk dengan menggunakan aplikasi *Fusion 360*.

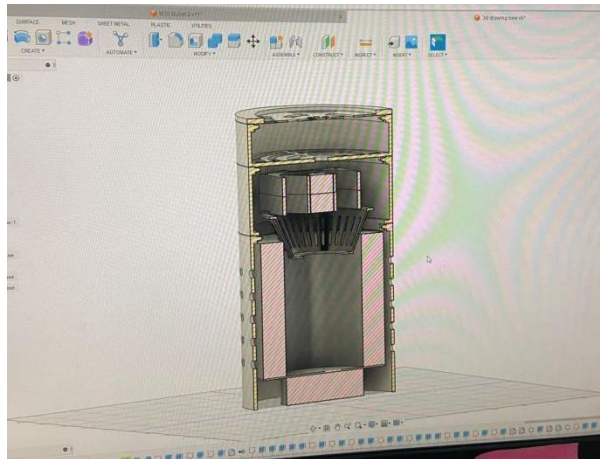


Rajah 3.20 : Penerangan tentang Produk X-PAC

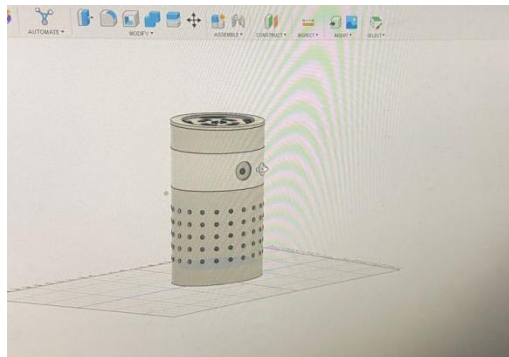


Rajah 3.21 : Penerangan tentang penghasilan produk

iii. Setelah selesai pembincangan, maka proses mencetak produk ini dijalankan.

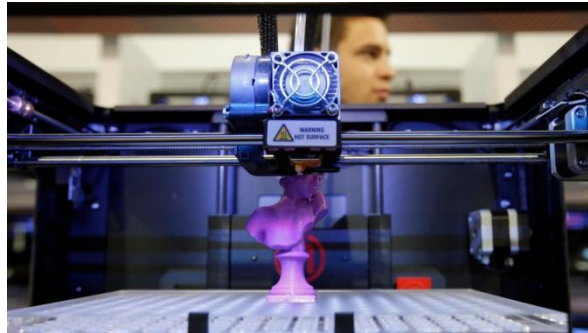


Rajah 3.22 : Lakaran 3D bahagian dalaman produk X-PAC



Rajah 3.23 : Lakaran 3D bahagian luaran produk X-PAC

- iv. Seterusnya, proses percetakan 3D produk X-PAC disiapkan dalam tempoh 2 minggu.



Rajah 3.24 : Proses percetakan 3D

- v. Setelah 2 minggu, produk X-PAC telah disiapkan dengan jayanya.



Rajah 3.25 : Produk X-PAC yang telah siap

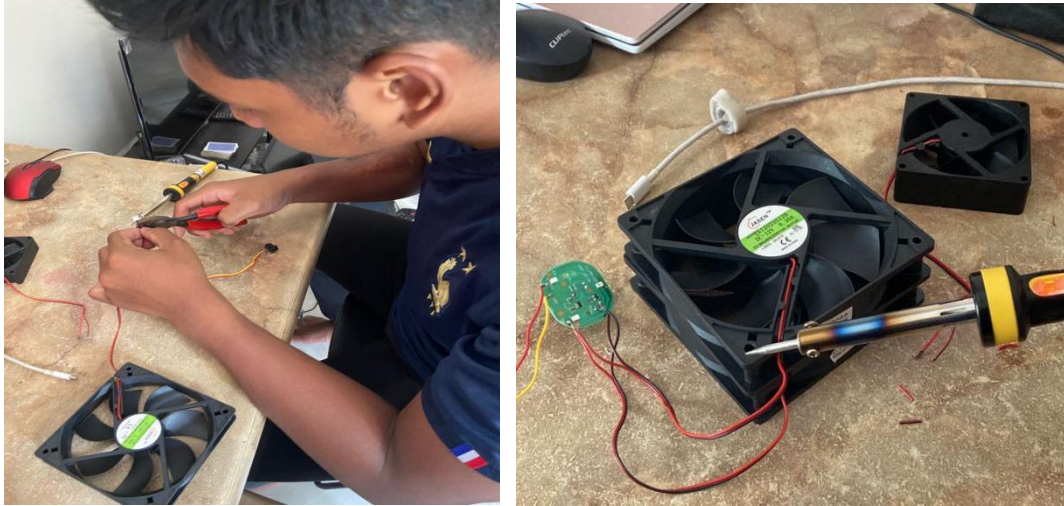
3.9.2 Proses pendawaian

Proses pendawaian hanya melibatkan bahagian kipas, bateri dan suis sahaja.

- i. Langkah yang pertama, wayar yang berukuran 15cm yang terdapat pada kipas akan dicantumkan atau dipateri pada suis.
- ii. Kemudian, wayar yang terdapat pada bateri juga dipasang suis.
- iii. Langkah seterusnya, setelah wayar kipas dan bateri dipasang pada suis, buat pengujian sama ada pendawaian yang dilakukan berjaya atau tidak.
- iv. Jika kesemua komponen tersebut berjaya, akhir sekali masukkan atau pasang komponen tersebut ke dalam produk X-PAC.
- v. Akhir sekali, setelah komponen dipasang, bahagian suis akan diselaraskan dengan butang *Touch* supaya iainya dapat berfungsi.



Rajah 3.26 : Proses memateri wayar bateri pada suis



Rajah 3.27 : Proses memateri wayar kipas pada Suis

3.9.3 Gambar Produk

Rajah menunjukkan produk X-PAC yang telah siap proses pemasangan dan penghasilan dan Rajah menunjukkan komponen lampu dan kipas yang berfungsi dalam keadaan yang baik.



Rajah 3.28 : Pandangan hadapan produk X-PAC



Rajah 3.29 : Produk berfungsi

3.9.4 Proses menggunakan produk X-PAC

Produk X-PAC mempunyai kaedah penggunaan yang mudah dan ringkas.

- i. Langkah 1 : Letakkan X-PAC ke tempat ruangan bilik anda.
- ii. Langkah 2 : Pastikan X-PAC telah di cas sebelum menggunakannya.
- iii. Langkah 3 : Letakkan pewangi ke dalam tempat yang telah disediakan iaitu pada bahagian atas produk.
- iv. Langkah 4 : Tekan *Touch Switch*.
- v. Langkah 5 : Tekan butang di bahagian bawah X-PAC untuk menghidupkan *Rotating PLate 360* untuk meningkatkan kadar sedutan secara menyeluruh.

Cara Produk berfungsi adalah setelah X-PAC dihidupkan, kipas di dalam X-PAC akan berputar untuk menyedut udara sekeliling dan mengeluarkan udara yang segar melalui bahagian atas produk. X-PAC akan memerangkap habuk di sekeliling atau ruangan dan sekaligus akan merendahkan kadar bacaan CO₂ pada ruangan tersebut.

Penapis Udara HEPA ini perlu ditukarkan dalam jangka masa 6 bulan mengikut penggunaan produk dan kekotoran habuk diruangan tersebut.

3.9.5 Rumusan

Bab ini menerangkan secara terperinci tentang kaedah pelaksanaan kajian iaitu melalui kaedah soal selidik, temu bual, pemerhatian dan analisis dokumen. Penggabungan kaedah-kaedah kuantitatif dan kualitatif yang dilakukan dapat menghasilkan dapatan dan data-data yang berkesan dan menyeluruh.

BAB 4

HASIL DAPATAN

4.1 Pengenalan

Bab ini akan menerangkan mengenai analisis dan juga hasil dapatan yang telah diperolehi setelah melakukan beberapa kali percubaan menggunakan alat penapis udara yang telah kami bina. Data yang diperolehi dicatat supaya kami dapat memperbaiki penapis kami supaya dapat memberikan hasil data yang lebih baik untuk kami gunakan. Data yang kami ambil melalui penapis ini adalah nilai PPM atau CO₂ sekeliling.

4.2 Analisa Data Projek

Menurut ANSES, paras karbon dioksida dalam udara dalaman bangunan biasanya antara 350 dan 2500 ppm

ANSES mengesyorkan kepada sekolah dan tempat awam lain, pembaharuan udara yang mencukupi untuk mengelakkan melebihi 1000 ppm(Parts Per Million). Yang manakah kepekatan maksimum karbon dioksida yang diterima di udara.

Untuk mengukur karbon dioksida, sensor CO₂ digunakan. Salah satu jenis yang paling biasa ialah NDIR (non-dispersive infrared sensor). Ia popular kerana jangka hayatnya yang panjang, kelajuan, dan kepekaan silang yang rendah kepada gas lain. Sensor NDIR CO₂ berfungsi dengan mengukur cahaya inframerah dalam sampel udara.

CO ₂ [ppm]	Air Quality
2100	BAD Heavily contaminated indoor air Ventilation required
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	MEDIOCRE Contaminated indoor air Ventilation recommended
1500	
1400	
1300	
1200	
1100	FAIR
1000	
900	GOOD
800	
700	EXCELLENT
600	
500	
400	

Rajah 4.1 : *Indoor CO₂ Levels*



Rajah 4.2 : *CO₂ Digital Detector*

4.3 Skop Kajian

Skop Kajian dilakukan di Pusat Tahfiz (Maahad Al-I'tisam) Jalan Sastera U2/1, TTDI Jaya.

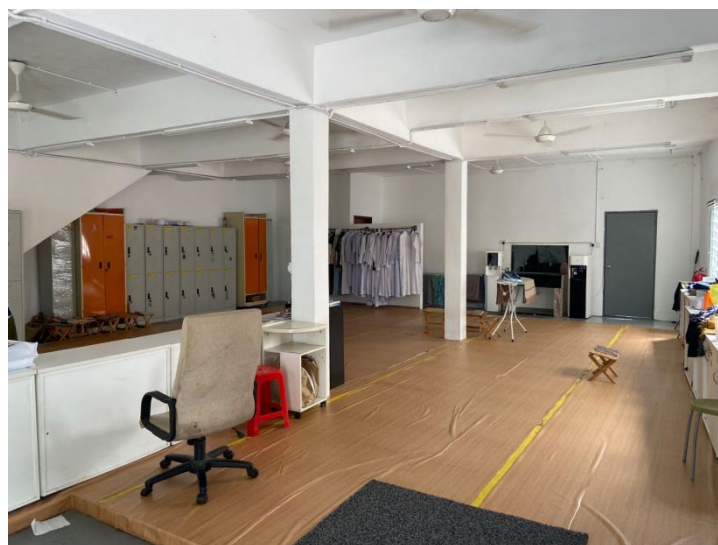
4.3.1 Pengenalan

Skop Kajian yang telah saya lakukan adalah di Pusat Tahfiz (Maahad Al-I'tisam). Pendidikan tahfiz al-Quran merupakan salah satu daripada cabang pendidikan al-Quran. Tahfiz Maahad Al-I'tisam terletak berdekatan di Masjid Al-I'tisam, Jalan Sastera U2/1, TTDI Jaya.

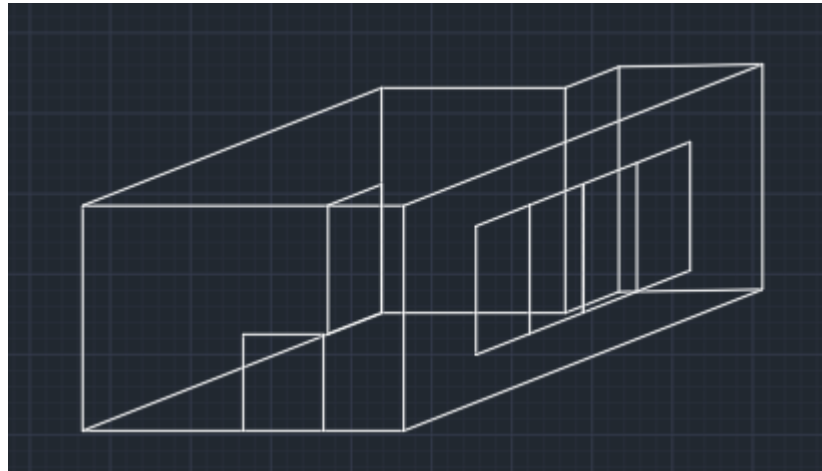
Kajian dan pengambilan data dilakukan di dalam sebuah bilik berkeluasan 3m x 2.7m dan tinggi 3.1m(h).



Rajah 45: Maahad Tahfiz Al-I'tisam



Rajah 46: Keadaan Bilik atau Ruangan Tidur



Rajah 47: Lakaran Bilik menggunakan AutoCad

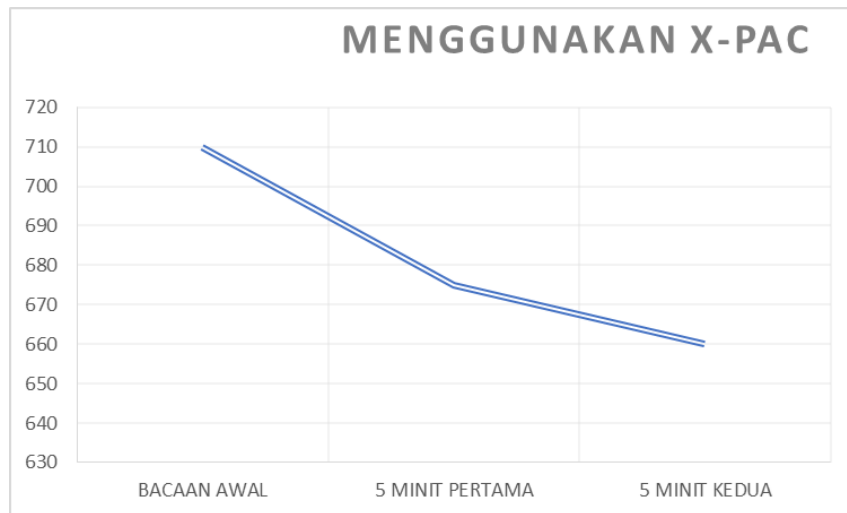
4.4 Data kajian

Lokasi : Maahad Al-I'ttisam
 Tarikh : 14/05/2023
 Masa : 3.00p.m
 Cuaca : Cerah
 Keadaan Bilik : Terbuka

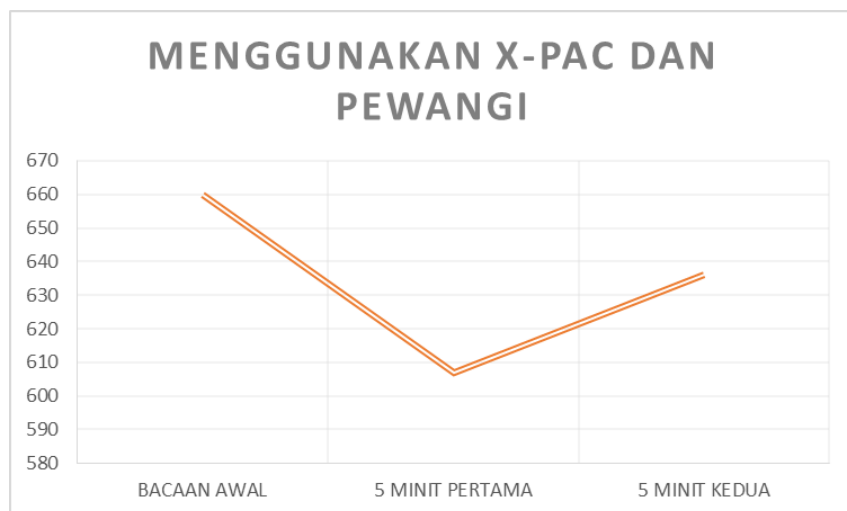
MASA / SITUASI	Bacaan Awal			5 Minit Pertama			5DA Minit Kedua		
	PPM	°C	RH%	PPM	°C	RH%	PPM	°C	RH%
Menggunakan X-Pac	710ppm	32°C	50%	675ppm	32°C	50%	660ppm	32°C	50%
+ Pewangi	660ppm	32°C	50%	607ppm	32°C	50%	636ppm	32°C	50%
+ X-PAC Berputar	636ppm	32°C	50%	636ppm	32°C	50%	616ppm	32°C	50%

Rajah 48: menunjukkan data yang diperolehi daripada pengujian di Pusat Tahfiz

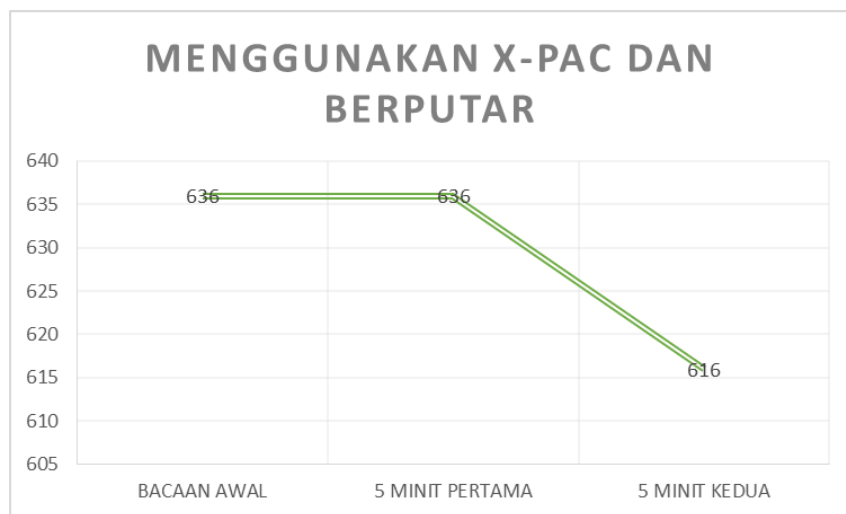
4.4.1 Graf Data Kajian



Rajah 49: menunjukkan penurunan kadar CO₂ pada 5 Minit Pertama



Rajah 50: menunjukkan bacaan meningkat 5 minit yang kedua



Rajah 51: menunjukkan penurunan selepas 5 minit seterusnya



Rajah 52: menunjukka pengambilan data Di Pusat Tahfiz sedang diambil



Rajah 53: menunjukkan kajian semasa data diambil

4.5 Tafsiran Graf

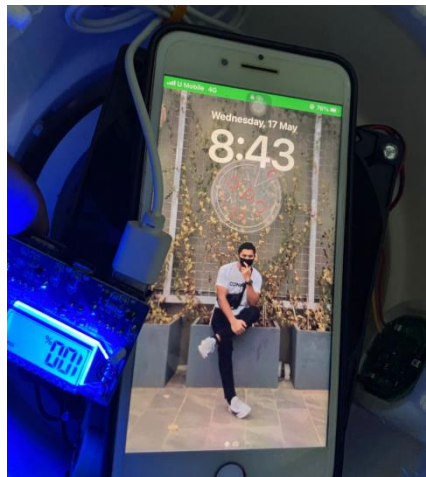
- i. Bacaan semasa menggunakan X-PAC menunjukkan trend menurun dari 710ppm ke 675ppm di 5 minit pertama dan 660ppm di 5 minit kedua.
- ii. Bacaan setelah meletakkan alat pewangi juga menunjukkan penurunan dari 660ppm ke 607ppm di 5 minit pertama dan meningkat di 5 minit kedua dengan bacaan 636ppm.
- iii. Bacaan semasa X-PAC berputar 360° menunjukkan trend menurun dari 636ppm di 5 minit pertama dan menurun di 5 minit kedua dengan bacaan 616ppm.

4.6 Keterangan Data

- i. Beberapa faktor berlakunya penurunan kadar CO₂ adalah disebabkan penggunaan yang lama menggunakan produk X-PAC ini dapat menapis habuk atau menurunkan kadar ppm dalam sesuatu ruangan.

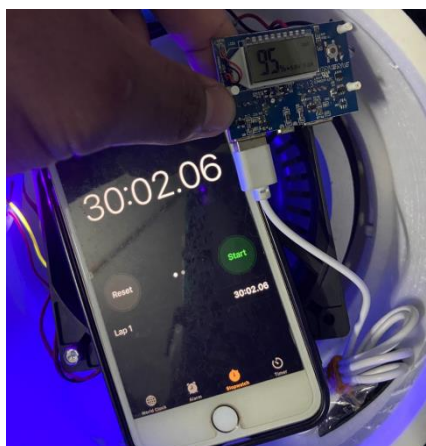
- ii. Faktor berlakunya peningkatan kadar CO₂ dalam sesuatu ruangan ini adalah disebabkan pertambahan orang semasa ujian ini dijalankan.

4.7 Pengujian ketahanan dan peratusan bateri



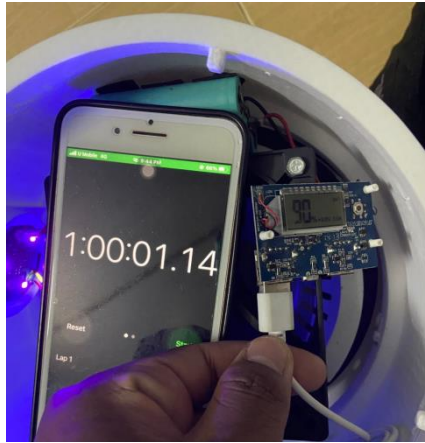
Rajah 54: menunjukkan keadaan bateri (100%)

- I. Bateri menunjukkan berada pada tahap yang penuh iaitu 100%



Rajah 55: menunjukkan pengurangan bateri

- II. Selepas penggunaan bateri selama 30 minit, kadar pengurangan bateri menunjukkan penurunan iaitu daripada 100% kepada 95% iaitu pengurangan sebanyak 5%.



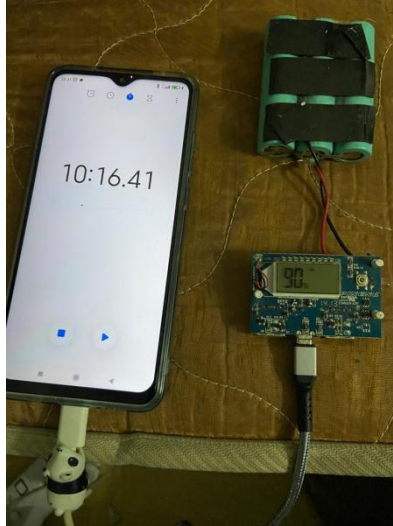
Rajah 56: menunjukkan pengurangan selepas sejam penggunaan



Rajah 57: menunjukkan pengurangan selepas 1 jam 30 minit penggunaan

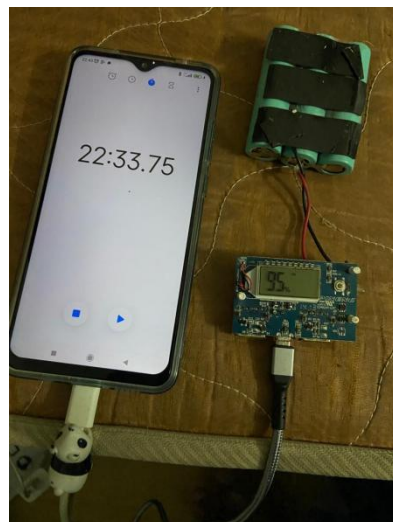
- III. Selepas penggunaan bateri selama sejam, kadar pengurangan bateri menunjukkan penurunan iaitu daripada 95% kepada 90% iaitu pengurangan sebanyak 5% lagi.
- IV. Selepas pengujian bateri selama 1 jam 30 minit menunjukkan pengurangan bateri 90% kepada 85% iaitu juga pengurangan sebanyak 5%
- V. Kesimpulanya, setiap 30 minit penggunaan produk ini menunjukkan pengurangan sebanyak 5%. Ini menunjukkan produk ini mampu untuk bertahan selama 10 jam penggunaan.

4.8 Pengujian pertambahan peratusan bateri



Rajah 58: menunjukkan pertambahan bateri

- Rajah menunjukkan keadaan bateri berada pada 85%. Selepas pengecasan selama 10 minit dapati bateri meningkat sebanyak 5% iaitu menjadi kepada 90%.



Rajah 59: menunjukkan pertambahan peratusan bateri

- Peratusan bateri bertambah daripada 90% menjadi kepada 95% iaitu pertambahan 5% selepas 23 minit pengecasan.

- Kesimpulannya, peratusan bateri bertambah bergantung kepada kepada jenis wayar pengecasan yang digunakan. Semakin tinggi voltan pengecasan wayar yang digunakan, semakin singkat masa pengecasan diambil.

4.9 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, saya dapat simpulkan bahawa hasil penapisan CO₂ (penapis HEPA) daripada produk X-PAC ini telah pun mencapai tahap piawaian yang ditetapkan oleh WHO (World Health Organization) sekaligus telah pun mencapai objektif kami. Hasil ciptaan produk X-PAC ini, kualiti udara dalaman rumah menjadi lebih baik daripada sebelumnya. Kualiti udara yang diukur melalui CO₂ telah pun menunjukkan penurunan semasa menggunakan produk X-PAC dan seterusnya berlaku juga penurunan dari segi nilai Ppm. Di samping itu juga, kami berjaya menginovasi atau menambahbaik produk diluar dengan memudahkan pengguna untuk menggunakannya serta menukarkan penapis udara (HEPA) dengan mengikut panduan yang telah diberikan. Akhir sekali penapis yang mudah diperolehi, mudah untuk dipasang dan diselenggara dan dari segi lampu yang berwarna serta produk yang berpusing dapat mendatangkan susasana yang aman dan seterusnya menepati citarasa para pengguna.

BAB 5

CADANGAN DAN KESIMPULAN

5.1 PENGENALAN

Produk X-PAC yang telah disiapkan oleh kami secara keseluruhannya mampu untuk menapis udara yang mampu meningkatkan IAQ (Indoor Air Quality) ruang dengan mengurangkan CO₂. Selain itu, kami juga telah berjaya mencapai objektif kami iaitu membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC. Namun begitu, terdapat beberapa permasalahan yang baru telah kami dapati daripada rekabentuk terakhir Produk X-PAC ini.

5.2 Perbincangan

Melalui perbincangan antara ahli kumpulan dan juga penyelia kami, beberapa masalah baharu telah kami dapati daripada hasil rekabentuk Produk X-PAC kami ini. Antaranya ialah kelajuan kipas yang digunakan tidak mencukupi, pada produk ini kuasa penyedutan udara agak kurang. Selain itu, sistem wayar yang digunakan pada “rotating plate” tidak bersambung pada “Touch” supaya ianya boleh bergerak serentak dengan kipas. Seterusnya, bateri yang digunakan perlu dicas dulu sebelum menggunakan produk X-PAC ini agar ianya dapat bertahan dengan lebih lama. Di samping itu, produk ini tidak dapat menapis dengan sempurna jika ruangan bilik atau kawasan itu lebih besar kerana produk ini bersaiz sederhana berbanding produk di pasaran.

5.3 Cadangan

Setelah melakukan sedikit kajian, dan soal selidik, beberapa cadangan telah diutarakan bagi menambahbaik produk X-PAC ini. Antaranya, kipas yang digunakan sebelumnya perlulah diganti menggunakan kipas yang mempunyai kuasa putaran yang laju bagi memperkuat kuasa sedutan udara. Selain itu, reka bentuk yang dihasilkan pada masa yang akan datang perlulah lebih besar daripada yang asal agar mempunyai ruang untuk menyembunyikan wayar-wayar yang berada pada dalam produk. Di samping itu, tempat cas perlulah diletakkan di bahagian luar produk atau pada badan produk agar mudah untuk pengguna mengecap produk ini. Akhir sekali, penambahbaikan yang boleh dibuat adalah dengan mempelbagaikan fungsi produk X-PAC ini dengan cara membina alat membunuh nyamuk. Dengan ini produk X-PAC ini bukan sahaja dapat menapis udara dalaman malah membantu dalam mengurangkan nyamuk di dalam sesuatu ruangan. Hal ini dapat memberikan lebih keselesaan pada pengguna yang menggunakannya.

5.4 Kesimpulan

Kesimpulannya, beberapa penambahbaikan perlu dilakukan pada Produk X-PAC kami ini bagi memastikan penapis tersebut boleh digunakan dalam tempoh masa yang lama. Selain itu, melalui rekabentuk yang sempurna dan bahan yang canggih dan bagus secara tidak langsung dapat menyumbang dalam menghasilkan data sempurna. Di samping itu, dapat memberi impak positif terhadap masyarakat dan pengguna kerana mempunyai satu alat yang mampu menapis udara yang kotor di dalam ruangan dan seterusnya memberikan keselesaan dan wangian yang berpanjangan.

5.5 Rumusan bab

Secara rumusannya, Produk X-PAC yang ini dapat meningkatkan IAQ dengan cara mengurangkan kepekatan CO₂ dalam sesuatu ruangan. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa bacaan CO₂ yang meningkat disebabkan oleh faktor aktiviti keluar masuk penghuni ke dalam ruangan tersebut semasa ujikaji dijalankan. Setelah ujikaji yang dilakukan ke atas produk ini selesai, kami mendapati bahawa produk ini berjaya mencapai objektifnya iaitu meningkatkan kualiti udara dalaman dengan menapis CO₂, serta membuat perbandingan sebelum dan selepas penggunaan X-PAC.. Sedikit penambahbaikan perlu dilakukan untuk menambah tahap keberkesanan dan penggunaan produk ini. Akhir kata, hasil perbincangan dan juga cadangan yang diberikan dapat membantu dalam menjadikan Produk X-PAC ini lebih optimis dan mudah digunakan oleh semua orang.

RUJUKAN

1. ASHRAE (2005) Standard 62-1989. Ventilation for acceptable air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, United State.
<http://www.ukm.edu.my/geografia/images/upload/9ok.geografia-jan15-Sytty%20etal-edam1.pdf>
2. Black JG (1996) Principle and applications. Microbiology. Third Edition. Prentice Hall. Upper SaddleRiver, New Jersey. pp.144-148.
3. Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E, Li N, Mason S, Nel A, OulletteJ, Reijula K, Reponen T, Seltzer J, Smith S, Tarlo SM (2008) The health effects of non-industrial indoor air pollution. Journal of Allergy and Clinical Immunology 121 (3), 585-591.
4. Leech, J.A.; Nelson, W.C.; Burnett, R.T.; Aaron, S.; Raizenne, A.M.E. It's about time: A comparison of canadian and american time–activity patterns. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol. 2002, 12, 427–432. [CrossRef] [PubMed]
5. WHO. Household Air Pollution and Health. Available online
<https://www.who.int/en/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health>(accessed on 28 January 2020).
6. USEPA. Introduction to Indoor Air Quality. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/> introduction-indoor-air-quality(accessed on 28 January 2020).
7. USEPA. Fundamentals of Indoor Air Quality in Buildings. Available online: <https://www.epa.gov/indoorair-quality-iaq/fundamentals-indoor-air-quality-buildings> (accessed on 28 January 2020).

8. . OSHA. Technical Manual: Indoor air Quality Investigation. Available online: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html (accessed on 28 January 2020).
9. USEPA. Indoor Particulate Matter. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoorparticulate-matter> (accessed on 28 January 2020).
10. USEPA. Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Available online: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality> (accessed on 28 January 2020).
11. Iersterker, K., deGraaf, H., and Nass, Ch.
A.G. Indoor air pollution in Rotterdam homes. *J. Air Water Pollut.* 9:343 (1965).
<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/epdf/10.1289/ehp.8562259>
12. [1] Mainardi, A. S., & Redlich, C. A. (2018). Indoor Air Quality Problems at Home, School, and Work. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 198(1), pp. 1-2. <https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.1981P1> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
13. US EPA. (n.d.). Indoor Air Quality (IAQ). US EPA, [Online]. Available at: < <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality#health> > [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
14. National Research Council. (1980). Formaldehyde-An Assessment of Its Health Effects. [Online] Available at: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25032442/> > [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
15. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2006). Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, 88, 1. [Online] Available at: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The->

[Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Formaldehyde-2-Butoxyethanol-And-1-Em-Tert-Em-Butoxypropan-2-ol-2006](#)> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].

16. Yusniza Yakimir Abd Talib, Harian Metro(2019); Baiki kualiti udara dalam rumah.<https://www.hmetro.com.my/WM/2019/10/511970/baiki-kualiti-udara-dalam-rumah>.
17. Utusan Malaysia(2021); Tujuh juta rakyat maut akibat pencemaran udara <https://www.utusan.com.my/luar-negara/2021/09/tujuh-juta-rakyat-maut-akibat-pencemaran-udara/>
18. Sarwar, M. (2016). Indoor risks of pesticide uses are significantly linked to hazards of the family members. *Cogent Medicine*, 3(1), 1155373. [Online] Available at: < <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/2331205X.2016.1155373.pdf>> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
19. Marsh, G. M., Riordan, A. S., Keeton, K. A., & Benson, S. M. (2017). Non-occupational exposure to asbestos and risk of pleural mesothelioma: review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(11), 838-846. [Online] Available at: < <https://oem.bmj.com/content/74/11/838.abstract>> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
20. Perry, R., & Gee, I. L. (1994). Vehicle emissions and effects on air quality: indoors and outdoors. *Indoor Environment*, 3(4), 224-236. [Online] Available at: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1420326X9400300409>> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
21. Wentz, P. E., Swanson, M. C., & Reed, C. E. (1990). Variability of cat-allergen shedding. *Journal of allergy and clinical immunology*, 85(1), 94-98. [Online] Available at: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/009167499090228V>> [Diakses pada: 25 Ogos 2020].
22. **Datuk Dr Zulkifli Ismail**, Consultant Paediatrician & Paediatric Cardiologist

November 8, 2017 <https://mypositiveparenting.org/ms/2017/11/08/kualiti-udara-dalam-rumah/>

23. <https://healthsafetyprotection.com/mengenal-debu-dust-dan-pengendaliannya-dust-control/>
24. <https://cowayonlinehelp.com/check-this-out/penapis-udara-coway-sistem-penapisan.>
25. Climate Works(2019): What is House Dust?<https://www.climateworks.ca/house-dust/>
<https://www.climateworks.ca/tag/dust/>
26. World Health Organization(WHO),(2021); Household Air Pollution.
<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/sectoral-interventions/household-air-pollution/health-risks>
27. Josh Palmer, Small Planet Supply,(2021); Type Of Filter
<https://www.smallplanetsupply.com/small-planet-blog/three-types-of-filters-that-help-your-zehnder-keep-indoor-air-clean>
28. Department Occupational Safety And Health and Ministry Of Human Resources, (First Edition 8th July 2021); Indoor Air Quality <https://www.dosh.gov.my/index.php/chemical-management-v/indoor-air-quality>
29. Ministry of Human Resources and Ministry of Health(2021): Guidance note on ventilation and indoor air quality.<https://www.edgeprop.my/content/1875876/guidance-note-ventilation-and-indoor-air-quality-non-residential-properties?wref=edgemarkets>
30. Smart Air Filters(2022); Kuala Lumpur Annual PM2.5
<https://smartairfilters.com/en/blog/kuala-lumpur-air-pollution/>

31. Filter Buy(2020); What is the Purpose of an Air Filter
<https://www.smallplanetsupply.com/small-planet-blog/three-types-of-filters-that-help-your-zehnder-keep-indoor-air-clean>
32. <https://blissair.com/air-purifying-technology-overview.htm>
33. <https://promocoway.com/kelebihan-penapis-udara-coway-berbanding-jenama-x/>
34. <https://ms.theastrologypage.com/project-planning>
35. <https://www.eurolab.net/ms/testler/cevre-testleri/iso-16890-2-genel-havalandirma-icin-hava-filtreleri-bolum-2-kismi-verim-ve-hava-akisi-direncinin-olculmesi/>
36. Rita c Richey, James D Klein,(2014), Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues
https://www.researchgate.net/publication/347493089_Design_and_Development_Research_Methods_Strategies_and_Issues
37. Utusan Malaysia(2021); Tujuh juta rakyat maut akibat pencemaran udara
<https://www.utusan.com.my/luar-negara/2021/09/tujuh-juta-rakyat-maut-akibat-pencemaran-udara/>
38. Bahan-Bahan <https://cleanhero.com.my/ms/penapis-hepa/>
39. <https://shopee.com.my/product/306164414/8073487130?smtt=0.434399621-1668333298.9>

LAMPIRAN A

Gantt Chart

SESI 1 2022/2023

RSK	BIL. SUB-BIL.	PROJAKA / MANSU	PROJEK 1																				
			OAGS 2022	SEP 2022	OCT 2022	NOV 2022	DES 2022	JAN 2023	FEB 2023	MAR 2023	APRIL 2023	MAY 2023	JUN 2023										
1	1.1	Identifikasi & Pembentukan Komplaner Hojok																					
1	1.2	Casey Outcome (KO, MO, AO) berdasarkan dokumen-kontrak yang diuraikan oleh perencana sumber / biaya																					
1	1.3	Penelitian Feas & Persepsi Hojok																					
1	1.4	Penyediaan Kaca Cerdas Hojok / Proposal - Sub 1																					
1	1.5	Sub 1: Pengadaan - Penelitian - Lembar Kerja Hojok - Rincian Biaya - Analisis Hojok - Perencanaan Hojok - Skup Hojok / Struktur Hojok - Spesifikasi Hojok - Model Hojok / Rincian																					
2	2.1	Susunan Kaca Cerdas / Proposal - Sub 1 oleh perencana																					
2	2.2	Penyusunan / Notulen Kaca Cerdas / Proposal - Sub 1																					
2	2.3	Penyusunan alat bantu perencana hojok																					
2	2.5	Penyusunan prototipe (Maketsuk Hojok & Penulisan) - Sub 2																					
2	2.7	Sub 2: Kajian Pengguna - Pengajaran Sub - Contoh / Test - Kajian Pengguna - Kunyasin Sub																					
2	2.8	Susunan Kaca Cerdas / Proposal oleh perencana - Sub 2, 3 & 4																					
2	2.9	Penyusunan / Notulen Kaca Cerdas / Proposal - Sub 2, 3 & 4																					
2	2.10	Penyusunan prototipe (Maketsuk Hojok & Penulisan)																					
3	3.1	Sub 3: Mendefinisikan - Pengajaran Sub - Maketsuk Hojok - Kertas / Pengajaran User - Sistem Hojok - Model / Penulisan - Kertas / Analisis User - Kunyasin Sub																					
3	3.2	Susunan Kaca Cerdas / Proposal oleh perencana - Sub 2, 2, 3 & 3																					
3	3.3	Penyusunan / Notulen Kaca Cerdas / Proposal - Sub 2, 2, 3 & 3																					
3	3.4	Susunan Kaca Cerdas / Proposal untuk perencana prototipe perangkat lunak yang akan digunakan																					
3	3.5	Penyusunan prototipe (Maketsuk Hojok & Penulisan)																					

SESI 2 2022/2023

TAKSONOMI	INDIKATOR	PETA ALIRAN	MATERI												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
DEVELOPMENT	4	4.1	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.1.4	4.1.5	4.1.6	4.1.7	4.1.8	4.1.9	4.1.10	4.1.11	4.1.12	4.1.13
		4.2	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5	4.2.6	4.2.7	4.2.8	4.2.9	4.2.10	4.2.11	4.2.12	4.2.13
		4.3	4.3.1	4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.3.6	4.3.7	4.3.8	4.3.9	4.3.10	4.3.11	4.3.12	4.3.13
		4.4	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.4.4	4.4.5	4.4.6	4.4.7	4.4.8	4.4.9	4.4.10	4.4.11	4.4.12	4.4.13
		4.5	4.5.1	4.5.2	4.5.3	4.5.4	4.5.5	4.5.6	4.5.7	4.5.8	4.5.9	4.5.10	4.5.11	4.5.12	4.5.13
		4.6	4.6.1	4.6.2	4.6.3	4.6.4	4.6.5	4.6.6	4.6.7	4.6.8	4.6.9	4.6.10	4.6.11	4.6.12	4.6.13
		4.7	4.7.1	4.7.2	4.7.3	4.7.4	4.7.5	4.7.6	4.7.7	4.7.8	4.7.9	4.7.10	4.7.11	4.7.12	4.7.13
		4.8	4.8.1	4.8.2	4.8.3	4.8.4	4.8.5	4.8.6	4.8.7	4.8.8	4.8.9	4.8.10	4.8.11	4.8.12	4.8.13
		4.9	4.9.1	4.9.2	4.9.3	4.9.4	4.9.5	4.9.6	4.9.7	4.9.8	4.9.9	4.9.10	4.9.11	4.9.12	4.9.13
		4.10	4.10.1	4.10.2	4.10.3	4.10.4	4.10.5	4.10.6	4.10.7	4.10.8	4.10.9	4.10.10	4.10.11	4.10.12	4.10.13
		4.11	4.11.1	4.11.2	4.11.3	4.11.4	4.11.5	4.11.6	4.11.7	4.11.8	4.11.9	4.11.10	4.11.11	4.11.12	4.11.13
		TECHNICAL WRITING	5	5.1	5.1.1	5.1.2	5.1.3	5.1.4	5.1.5	5.1.6	5.1.7	5.1.8	5.1.9	5.1.10	5.1.11
5.2	5.2.1			5.2.2	5.2.3	5.2.4	5.2.5	5.2.6	5.2.7	5.2.8	5.2.9	5.2.10	5.2.11	5.2.12	5.2.13
5.3	5.3.1			5.3.2	5.3.3	5.3.4	5.3.5	5.3.6	5.3.7	5.3.8	5.3.9	5.3.10	5.3.11	5.3.12	5.3.13
5.4	5.4.1			5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.5	5.4.6	5.4.7	5.4.8	5.4.9	5.4.10	5.4.11	5.4.12	5.4.13
5.5	5.5.1			5.5.2	5.5.3	5.5.4	5.5.5	5.5.6	5.5.7	5.5.8	5.5.9	5.5.10	5.5.11	5.5.12	5.5.13
FINAL	6	6.1	6.1.1	6.1.2	6.1.3	6.1.4	6.1.5	6.1.6	6.1.7	6.1.8	6.1.9	6.1.10	6.1.11	6.1.12	6.1.13
		6.2	6.2.1	6.2.2	6.2.3	6.2.4	6.2.5	6.2.6	6.2.7	6.2.8	6.2.9	6.2.10	6.2.11	6.2.12	6.2.13

LAMPIRAN B

AHLI KUMPULAN

WITSA KEMAMPUAN

Nama: Nur Hafidza

No. ID: 202201020010

Alamat: Jalan Kemuning 1/1, 40100 Seremban, Negeri Sembilan

KEPERLUAN MENYUKAI

Nama: Nur Hafidza

No. ID: 202201020010

Alamat: Jalan Kemuning 1/1, 40100 Seremban, Negeri Sembilan

AKSI

Nama: Nur Hafidza

No. ID: 202201020010

Alamat: Jalan Kemuning 1/1, 40100 Seremban, Negeri Sembilan

AKSI

Nama: Nur Hafidza

No. ID: 202201020010

Alamat: Jalan Kemuning 1/1, 40100 Seremban, Negeri Sembilan

X-PAC (X-PORTABLE AIR CLEANER)

ABSTRAK

X-PAC (X-Portable Air Cleaner) merupakan alat penapis udara mudah alih yang berfungsi sebagai perangkap habuk dan partikel-partikel halus yang terdapat dalam udara yang kita sedut. Kemudian mengeluarkan udara baru yang bersih. Prinsip kerja produk X-PAC ini ialah udara ditiup ke dalam mesin oleh kipas, dan udara dilapisi melalui penapis terbita dalam, yang boleh memisahkan peranan menapis habuk, bau aneh, toksik, gas dan membunuh beberapa bakteria. Objektif produk ini dijalankan bagi Membentuk satu produk penapis udara yang mampu meningkatkan IQ ruangan dengan menapis gas seperti Co2 dan Membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC. Metodologi kajian Reka Bentuk dan Pembangunan produk X-PAC ini melibatkan 3 fasa iaitu **Fasa analisis keperluan, Fasa reka bentuk dan pembinaan, dan Fasa pelaksanaan dan penilaian.** Fasa penilaian formatif dilaksanakan dalam fasa reka bentuk dan pembinaan dan pelaksanaan. Oleh itu, metodologi kajian dijalankan untuk mencapai peningkatan kebersihan IAQ. Oleh kerana metodologi kajian adalah teknik kuantitatif atau kualitatif, soal selidik dijalankan secara atas talian untuk mengumpul pendapat daripada responden. Temu bual turut diadakan dengan warga kumpulan belajar yang terpilih. Dapatan data yang dianalisa melalui statistik deskriptif mendapati, secara keseluruhannya menunjukkan trend menurun sama ada Ketika X-PAC berputar dan juga Ketika menggunakan pewangi. Wabagaimanaapun, masih terdapat beberapa faktor yang boleh ditambah baik dalam pengukuran hasil pembelajaran tersebut dan diharapkan dapat membantu dalam pembaikbaikan program berkenaan.

Kata kunci : Alat penapis udara, mudah alih, Co2, Fasa analisis keperluan, Fasa reka bentuk dan pembinaan, Fasa pelaksanaan dan penilaian.

ANALISIS DATA

Data kajian diambil dari 3 skop kerja yang berbeza iaitu:

- 1. Rumah Kediaman**

Lokasi : Pangsapuri Jaya

Tarikh : 01/05/2023

Masa : 2.00p.m

Cuaca : Cerah

Kedudukan Bilik : Terbuka

Tempat	Sebelum	Sesudah
1	100	100
2	100	100
3	100	100
4	100	100
5	100	100
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	100	100
10	100	100
- 2. Kamsis**

Lokasi : Kamalis PSA

Tarikh : 01/05/2023

Masa : 2.00p.m

Cuaca : Cerah

Kedudukan Bilik : Terbuka

Tempat	Sebelum	Sesudah
1	100	100
2	100	100
3	100	100
4	100	100
5	100	100
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	100	100
10	100	100
- 3. Tante**

Lokasi : Masjid Al-Itisium

Tarikh : 01/05/2023

Masa : 2.00p.m

Cuaca : Cerah

Kedudukan Bilik : Terbuka

Tempat	Sebelum	Sesudah
1	100	100
2	100	100
3	100	100
4	100	100
5	100	100
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	100	100
10	100	100

OBJEKTIF

- Membentuk satu produk penapis udara yang mampu meningkatkan IAQ ruang dengan mengurangkan Co2
- Membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC

IMPAK INOVASI

- Mengurangkan pencemaran udara dalaman
- Mengurangkan kepekatan gas CO2. Jika kepekatan CO2 yang lebih tinggi disedut, manusia dan haiwan juga mungkin mengalami sesak nafas.
- Meneutralkan Bau Yang Tidak Menyeronokkan

KESIMPULAN & CADANGAN

Kesimpulannya, projek ini diterima baik oleh seluruh pengguna. Wabupun terdapat berapakah dimana bacaan Co2 meningkat kerana aktiviti keluar masuk di Kawasan skop kajian semasa ujian dijalankan. Dengan adanya kerjasama yang diberikan oleh setiap ahli pasukan yang dibimbing oleh penyelia projek, projek ini dapat dijalankan dengan jayanya. Setelah pelbagai kajian serta ujian yang telah dilakukan ke atas projek ini, dan produk ini dapat mencapai objektif iaitu dapat meningkatkan kualiti udara dalaman dengan menapis CO2. Objektif kedua iaitu membuat perbandingan sebelum dan selepas penggunaan produk juga telah berjaya dilaksanakan

PRODUK

HASIL ANALISA DATA

Selepas selesai melakukan proses pembuatan dan membuat pengujian keatas projek ini, dapati bahawa X-PAC ini mempunyai beberapa kelebihan dan kelemahan. Kelebihan X-PAC ialah hanya mampu menapis Co2 dengan pantas. Namun kelemahan yang terdapat pada X-PAC ialah bacaan Co2 meningkat semasa ujian serana