



KEMENTERIAN PENGAJIAN TINGGI
JABATAN PENDIDIKAN POLITEKNIK DAN KOLEJ KOMUNITI



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

OLEH

KHAIRUDDIN

08DPB20F2015

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. KHAIRUDDIN | 08DPB20F2015 |
| 2. AMIRUL HAFIZ BIN YOLI USMAN | 08DPB20F2017 |
| 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 : Khairuddin
No Matriks : 08DPB20F2015
Tarikh : 01/ 06/ 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 : Mustazha Hakim bin Abu Tahari
Tarikh : 02/06/2023

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 Amir bin Abdullah, Puan Rozimah Tahir dan 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 Syarikat *3D GENS* serta Maahad Tahfiz Al-I'tissam 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 Kualiti Udara Dalam (IAQ) ruangan dengan menapis gas seperti karbon dioksida (CO_2) dan membuat perbandingan kadar IAQ 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 , seterusnya meningkatkan kualiti udara dalam sesuatu ruangan.

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 carbon dioxide (CO₂) and comparing the IAQ rate before and after the use of X-PAC products. 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 collect 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 X-PAC was rotating and when using fragrances. In conclusion, X-PAC successfully filters air and odors and lowers CO₂ readings, thereby improving air quality in a room.

**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
	1.2 Latar Belakang Kajian	2-3
	1.3 Penyataan Masalah	3
	1.4 Objektif Kajian	4
	1.5 Skop Kajian	4
	1.6 Kepentingan Kajian	4 - 5
	1.7 Takrifan Istilah	5
	1.8 Rumusan Bab	5
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Pendahuluan	6
	2.2 Definisi Penapisan Udara	6
	2.3 Prinsip Penapisan Udara	7
	2.4 Faktor Untuk Menapisan Udara	7-8
	2.5 Proses Penapisan Udara	9
	2.6 Penapis Udara Sedia Ada	10
	2.7 Panduan//Undang-Undang & Peraturan	11-13
	2.8 Jenis Debu	14
	2.9 Penyakit Berpunca dari pencemaran Udara dalam	15
	2.10 Rumusan	15

BAB 3	METODOLOGI	
3.1	Pendahuluan	16
3.2	Perancangan Projek	17
3.3	Reka Bentuk Kajian	17-20
3.4	Kaedah Pengumpulan Data	21
3.5	Instrumen Kajian	22-24
3.6	Teknik Persampelan	25
3.7	Kaedah Analisis Data	25
3.8	Reka Bentuk Produk	26-27
3.9	Bahan-Bahan Produk	28
3.10	Proses Penghasilan Produk	29-33
3.11	Proses Penggunaan Produk	34
3.10	Rumusan	35
BAB 4	HASIL DAPATAN	
4.1	Pengenalan	35
4.2	Lokasi Kajian	36 - 37
4.3	Analisis Data	38-41
4.4	Kesimpulan	42
BAB 5	PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN	
5.1	Pengenalan	43
5.2	Perbincangan	43
5.3	Cadangan	43
5.4	Kesimpulan	44
5.5	Rumusan Bab	44
	A. RUJUKAN	45
	B. LAMPIRAN	45 - 49

SENARAI JADUAL

Jadual 1	Carta Penilaian MERV
Jadual 2	Tahap Kandungan CO ₂ Dalam Bangunan
Jadual 3	Komponen & Bahan X-PAC
Jadual 3	Ujikaji Nilai PPM
Jadual 4	Ujikaji Penurunan CO ₂

SENARAI GRAF

Graf 1	Bacaan semasa menggunakan X-PAC
Graf 2	Bacaan semasa menambah pewangi
Graf 3	Bacaan semasa X-PAC berputar

SENARAI CARTA

Carta 1	Carta Penilaian MERV
Carta 2	Jangka masa zarah-zarah di udara
Carta 23	Carta alir projek

SENARAI SINGKATAN

X-PAC	-	<i>X – Portable Air Cleaner</i>
IAQ	-	<i>Indoor Air Quality</i>
CO ₂	-	<i>Carbon Dioxide</i>
PPM	-	<i>Parts-Per Million(Notation)</i>
VOC	-	<i>Volatile Organic Compound</i>
HEPA	-	<i>High Efficiency Particulate Air(filter)</i>
ULPA	-	<i>Ultra-Low Particulate Air</i>
MERV	-	<i>Minimum Efficiency Reporting Value</i>
WHO	-	<i>World Health Organisation</i>
DOSH	-	<i>Department of Occupational Safety and Health</i>

ICOP - *Industry Code Of Practice*

SENARAI RAJAH

Rajah 1.3	Masalah Yang Dihadapi
Rajah 2.6	Sampel pembersih udara yang menggabungkan pelbagai teknologi
Rajah 2.7.1	<i>Dosh Guidance (First Edition 8th July 2021)</i>
Rajah 2.7.2	<i>Ministry of HR Guidance</i>
Rajah 2.8	<i>Indoor Air Pollution</i>
Rajah 3.5.1	Hasil data dari soal selidik yang dijalankan
Rajah 3.5.2	Temu bual bersama pelajar tahfiz
Rajah 3.5.3	Keadaan bilik kamsis
Rajah 3.6	Link pautan <i>Google Form</i>
Rajah 3.8.1	Lakaran Rekabentuk Pertama
Rajah 3.8.2	Lakaran Rekabentuk Kedua
Rajah 3.8.2.1	Pandangan Atas Reka Bentuk X-PAC
Rajah 3.8.2.2	Pandangan Sisi Reka Bentuk X-PAC
Rajah 3.8.2.3	Pandangan Hadapan Reka Bentuk X-PAC
Rajah 3.10.1	Lakaran Rangka Produk menggunakan <i>AutoCad</i>
Rajah 3.10.2	Lakaran Setiap Rangka Produk menggunakan <i>Fusion 360</i>
Rajah 3.10.3	Temu Janji bersama 3D <i>Gens</i>
Rajah 3.10.5	Proses Percetakan
Rajah 3.10.6	<i>Casing</i> yang telah siap
Rajah 3.10.7	Diagram Litar
Rajah 3.10.8	Proses memateri komponen
Rajah 3.10.9	Komponen yang dipateri
Rajah 3.10.10	Pandangan Hadapan Produk
Rajah 3.10.11	Produk Diaktifkan
Rajah 3.11.1	Butang <i>Touch on/off</i> .
Rajah 3.11.2	Butang <i>Rotate</i>
Rajah 4.2.1	Pangsapuri Jaya
Rajah 4.2.2	Keadaan bilik kajian
Rajah 4.2.3	Lakaran bilik kajian

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

"Kegembiraan terbesar dalam hidup sejauh ini adalah kita masih dapat menghirup udara segar di dunia ini. "

Menghirup udara yang berkualiti amat penting untuk kesihatan yang baik. Masyarakat hari ini, menekankan kepentingan makan secara sihat dan bersenam, tetapi seringkali lupa tentang purata 11,000 liter udara yang kita hirup setiap hari. Memandangkan kebanyakan rakyat Malaysia menghabiskan hingga 89% daripada kehidupan mereka di dalam bangunan dan 69% daripadanya dihabiskan di rumah, cara kita menguruskan kualiti udara di sekeliling kita boleh memberi kesan yang ketara terhadap kualiti hidup kita. Ramai daripada kita menganggap bahawa pencemaran udara seperti asap, ozon atau jerebu ditinggalkan di luar apabila kita masuk ke dalam rumah, tetapi sebenarnya udara di dalam mungkin lebih tercemar. Selain bahan cemar dan zarah yang masuk dari luar, udara di dalam rumah anda mungkin dicemari sebatian organik tidak meruap atau *Volatile Organic Compound* (VOC) yang dibebaskan daripada segala-galanya termasuk cat atau varnis pada perabot hingga campuran berkuasa bahan pencuci kita. Toksin lain seperti radon, kulapuk dan bahan cemar mudah terbakar juga mungkin hadir. Seseengah bahan cemar masuk ke rumah melalui pakaian, kulit, malah tapak kasut anda. Bahan cemar yang lain masuk menerusi perabot baru, pembersih permaidani atau lapisan cat di dinding. Semua ini menyebabkan kualiti udara dalaman biasanya 5 kali lebih buruk daripada di luar

Jadi projek yang ingin dijalankan adalah inovasi ke atas alat penapisan udara. Teknologi penapisan/ penulenan udara merujuk kepada teknologi untuk memulihkan pencemaran udara dalaman. Ia boleh meningkatkan kualiti udara dalaman, memperbaiki keadaan kediaman dan pejabat, dan meningkatkan kesihatan fizikal dan mental. Ia mempunyai kelebihan fungsi komprehensif dan penampilan bergaya. Alat penapis udara biasanya mahal dan tidak mampu untuk dimiliki khususnya kepada pelajar yang menetap di

rumah sewa. Maka kami ingin mereka bentuk sebuah produk penapis udara yang boleh meningkatkan kebersihan *Indoor Air Quality* (IAQ) dan akan membuat perbandingan sebelum dan selepas penggunaan produk.

1.2 Latar Belakang Kajian

Prototaip penapis udara adalah peranti perlindungan pernafasan yang digunakan orang untuk melindungi pernafasan mereka. Menurut rekod, di Rom seawal abad pertama, semua orang menggunakan topeng yang diperbuat daripada ramai untuk melindungi mereka semasa pembersihan merkuri untuk masa yang lama selepas itu. Penapis udara juga telah membuat kemajuan, tetapi kebanyakannya digunakan sebagai perlindungan pernafasan di beberapa industri berbahaya, seperti pengeluaran bahan kimia berbahaya. Pada tahun 1827, Bupon menemui undang-undang pergerakan zarah-zarah kecil, yang membuat orang lebih memahami mekanisme penapisan udara. Pembangunan pesat penapis udara berkait rapat dengan perkembangan industri ketenteraan dan industri elektronik. Pada tahun 1950-an, Amerika Syarikat telah menjalankan kajian mendalam mengenai proses pengeluaran kertas penapis serat kaca, yang bertambah baik dan membangunkan penapis udara. Pada tahun 1960-an, penapis *High Efficiency Particulate Air* (HEPA) keluar; pada tahun 1970-an, penapis HEPA menggunakan kertas penapis serat mikro sebagai media penapis, Kecekapan penapisan zarah dengan diameter 3 mikron setinggi 99.99998. Sejak tahun 1980-an, dengan kemunculan kaedah ujian baru, penilaian penggunaan yang lebih baik, dan peningkatan keperluan untuk prestasi penapisan, didapati penapis HEPA mempunyai masalah yang serius, sehingga menghasilkan penapis *Ultra-Low Particulate Air* (ULPA) yang lebih tinggi. Pada masa ini, negara-negara masih berusaha keras dalam penyelidikan, dan dianggarkan bahawa penapis udara yang lebih maju tidak lama lagi akan tersedia.

Reka bentuk penapis itu sendiri juga telah membuat kemajuan yang ketara, yang paling penting ialah penyingkiran plat partition, iaitu penapis tanpa pembahagian. Tidak ada penapis partisi yang tidak hanya menghilangkan bahaya plat partisi yang merosakkan medium penapis, tetapi juga meningkatkan penapis kawasan secara berkesan, meningkatkan kecekapan yang lebih besar, dan mengurangkan rintangan aliran udara, sehingga mengurangkan penggunaan tenaga. Di samping itu, penapis udara juga telah membuat kemajuan besar dari segi rintangan suhu tinggi, rintangan kakisan, rintangan air, dan

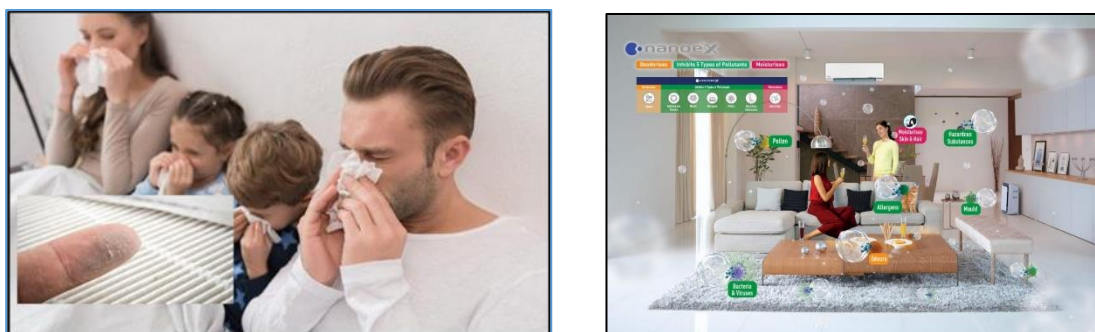
antibakteria, dan lain-lain, dan memenuhi beberapa keperluan khas.

Reka bentuk penapis udara itu sendiri juga telah membuat kemajuan yang ketara, yang paling penting ialah penyingkiran plat partisi, iaitu penapis tanpa partition. Penapis tidak sekata bukan sahaja menghilangkan bahaya plat partisi yang merosakkan medium penapisan, tetapi juga meningkatkan penapis kawasan secara berkesan, meningkatkan kecekapan penyaringan, dan mengurangkan rintangan aliran udara, sehingga mengurangkan penggunaan tenaga. Di samping itu, penapis udara juga telah membuat kemajuan besar dari segi rintangan suhu tinggi, rintangan kakisan, rintangan air, dan antibakteria, dan lain-lain, dan memenuhi beberapa keperluan khas.

1.3 Pernyataan Masalah

Hasil kajian dari *World Health Association* (WHO), sebanyak 3.8 juta kematian direkodkan yang berpunya dari pencemaran udara dalaman.

Kajian juga mendapati bahawa risiko kepada kesihatan seseorang mungkin lebih besar disebabkan pendedahan kepada pencemaran udara di dalam rumah daripada di luar rumah. Perkara ini kerana kebanyakan manusia meluangkan kira-kira 90% masa mereka di dalam rumah, kajian ini turut diterbitkan di dalam journal *Science of the Total Environment*.



Rajah 1.3 Masalah yang dihadapi

1.4 Objektif Kajian

Objektif kajian pada peringkat awalan kajian adalah untuk:

- i. Merekabentuk satu produk yang mampu meningkatkan kadar IAQ dengan menurunkan bacaan CO₂ dalam ruangan.
- ii. Membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC.

Setelah melakukan beberapa kajian yang lebih lanjut, objektif kajian adalah menggunakan produk di 3 kawasan kediaman yang berbeza. Hal ini untuk mendapat dapatan yang berbeza di setiap skop kajian.

1.5 Skop Kajian

Skop kajian projek ini lebih tertumpu kepada parameter perbandingan kadar kebersihan di kawasan-kawasan yang terpilih berdasarkan beberapa pertimbangan. skop kajian yang dipilih ialah kawasan kediaman yang beralamat; 7B-04-50 Pangsapuri Jaya, Jalan Ilham U2/14, Taman TTDI Jaya Sek u2, Shah Alam. Produk ini juga menitik beratkan pengaliran udara yang mencukupi supaya udara dapat ditapis dengan jayanya

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 X-PAC ini merupakan penyelesaian kepada masalah yang dihadapi oleh golongan yang terjejas.

Berdasarkan artikel yang diterbitkan oleh AstroAwani(2020), untuk menghentikan penularan Covid-19 melalui sistem penghawa dingin, pemilik bangunan dan majikan mesti mengambil langkah yang perlu untuk meningkatkan kualiti udara.

Dalam satu kenyataan yang dikeluarkan hari ini, Tan Sri Lee Lam Thye, pengerusi Perikatan Komuniti Selamat, menggesa pemilik bangunan, pejabat dan pusat membeli-belah supaya patuh arahan pihak berkuasa dan mengambil tindakan untuk meningkatkan kualiti udara dalaman apabila tempat kerja dibuka semula selepas lebih daripada 50 hari selepas Perintah Kawalan. Pada 18 Mac, pergerakan (PCO) menjadi wajib.

1.7 Takrifan Istilah

Portable: Istilah ‘Mudah Alih’; Portable adalah pengertian yang berasal dari portātum , istilah Latin. Ini kata sifat merujuk kepada apa yang mudah untuk bergerak dan, oleh itu, boleh diklasifikasikan sebagai mudah alih.

Air: Istilah ‘Udara’; udara, adalah lapisan gas yang tertahan oleh graviti Bumi yang mengelilingi planet dan membentuk atmosfera planetnya.

Cleaner: Istilah “Pembersih”; Alat untuk membersihkan sesuatu.

1.8 Rumusan

Pada masa kini, isu kualiti udara dalam rumah boleh membahayakan kesihatan kita seisi rumah. Malangnya, ramai orang gagal untuk sedar bahawa pencemaran udara bukan hanya terhad pada luar rumah tetapi juga di dalam rumah. Kualiti Udara Dalaman (IAQ) berkait rapat dengan kualiti udara di dalam bangunan seperti rumah anda yang boleh memberi kesan kepada kesihatan dan keselesaan anda. Sepertimana jerebu boleh mempengaruhi kesihatan, tahap IAQ yang tidak baik juga boleh memberi risiko kesihatan kepada anda dan keluarga. Dengan adanya produk yang akan direka, masalah ini boleh diatasi.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Setelah mengenal pasti masalah, kepentingan, objektif, skop dan kaedah kajian, kajian literatur akan dijalankan terlebih dahulu untuk memastikan langkah seterusnya dapat dilaksanakan. Tujuan kajian literatur ialah untuk menjelaskan kajian yang akan dijalankan berdasarkan maklumat dan pengetahuan yang tepat tentang hubung kait isuyang hendak dikaji.

Bab ini membincangkan definisi penapisan udara dan prinsip penulenan/penurasan udara. Definisi dan prinsip amat penting untuk diketahui dan difahami sebelum penerang yang lebih terperinci mengenai projek ini. Selain itu, bab ini juga membincangkan jenis penapis sedia ada yang merupakan komponen penting produk. Di samping itu, bab ini juga membincangkan peraturan-peraturan dan panduan produk penapisan udara yang dikeluarkan oleh pihak berwajib.

2.2 Definisi Penulenan/Penapisan Udara

Teknologi penapisan/ penulenan udara merujuk kepada teknologi untuk memulihkan pencemaran udara dalaman. Pembersih udara juga dipanggil mesin, pembersih udara, pembersih udara segar, merujuk kepada penjerapan dan penguraian atau transformasi pelbagai bahan pencemar udara berkesan meningkatkan kebersihan udara produk, terutamanya dibahagikan kepada kediaman, komersial, perindustrian, bangunan.

Terdapat pelbagai teknologi dan media yang berbeza dalam penulenan udara yang membolehkannya memberikan udara bersih dan selamat kepada pengguna. Teknologi penulenan udara yang biasa digunakan termasuk teknologi penjerapan, teknologi ion negatif (positif), teknologi pemangkin, teknologi fotomangkin, teknologi fotomineralisasi superstruktur, teknologi penapisan cekap HEPA, teknologi pengumpulan habuk

elektrostatik, dll. Teknologi bahan terutamanya termasuk: fotomangkin, karbon diaktifkan, gentian sintetik, bahan cecap HEPA, penjana ion negatif dan sebagainya. Kebanyakan penulen udara sedia ada adalah kompaun, iaitu pelbagai teknologi penulenan dan media bahan digunakan pada masa yang sama.

2.3 Prinsip Penapisan Udara

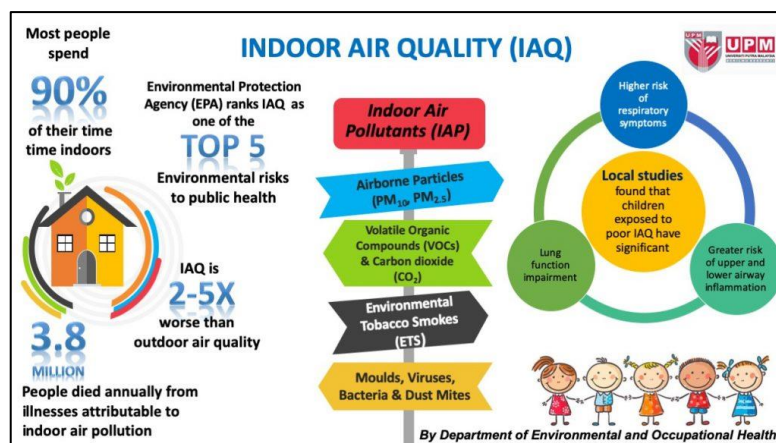
Prinsip penapisan penapis udara secara umumnya dibahagikan kepada prinsip inersia, prinsip penyebaran dan prinsip elektrostatik. Zarah-zarah besar habuk bergerak secara tidak sengaja di aliran udara, aliran udara memintas halangan, dan debu menyimpang dari arah aliran udara akibat inersia dan menyerang penghalang. Semakin besar zarah, semakin besar daya inersia, semakin besar kemungkinan mempengaruhi halangan, dan lebih baik kesan penyaringan. Zarah-zarah kecil digunakan untuk gerakan Brownian rawak. Semakin kecil habuk, semakin kuat pergerakan yang tidak teratur. Lebih banyak peluang untuk memukul halangan, lebih baik kesan penapisan. Jika bahan penapis atau habuk statik, elektrik statik boleh menyebabkan habuk mengubah trajektori dan memukul halangan. Daya elektrostatik menyebabkan habuk melekat pada media dengan lebih tegas, jadi kesan penapisan boleh diperbaiki dengan ketara. Debu yang ditangkap oleh rintangan penapis menghasilkan rintangan tambahan kepada aliran udara dan rintangan penapis secara bertahap meningkat semasa penggunaan. Debu dan media penapis yang ditangkap bergabung untuk membentuk halangan tambahan, jadi penapisan akan dipertingkatkan. Kebanyakan habuk terperangkap mengumpul di bahagian angin dari bahan penapis. Lebih besar kawasan penapis, lebih banyak habuk yang boleh ditahan. Semakin lama hayat penapis, habuk lebih banyak penapis dan semakin besar rintangan.

2.4 Faktor-faktor Untuk Menapis Udara

Penapis udara sudah menjadi keperluan untuk menjamin kesihatan keluarga yang lebih baik. Malah kajian juga menunjukkan pencemaran udara di dalam rumah boleh menyumbang kepada risiko kepada permasalahan kesihatan. Ini sebab utama mengapa perlu penapis udara kerana kesan pencemaran “indoor air” terhadap kesihatan seperti;

- i. Iritasi kepada mata, hidung dan tekak
- ii. Pening kepala dan lesu
- iii. Penyakit berkait dengan pernafasan dan hati,
- iv. Kanser
- v. Strok

Ramai yang berpendapat udara di dalam rumah adalah lebih bersih daripada udara di luar. Namun kajian menunjukkan sebaliknya, di mana udara di dalam rumah, ataupun di ruang yang tertutup boleh lebih tercemar berbanding udara di luar. Sumber pencemaran udara di dalam rumah di antaranya disebabkan pembakaran minyak, gas, *kerosene*, arang, kayu, tembakau, asbestos, karpet, pembersihan. Juga berpunca dari pencemaran luar yang akhirnya terperangkap di dalam rumah seperti radon, *pesticides*, asap kereta dan sebagainya. Pencemaran udara di dalam rumah disebabkan oleh pelbagai gas merbahaya seperti (*radon, volatile organic material, tembakau*) dan pencemaran biologi seperti kulat, bakteria dan virus.



Rajah 2.4 *Indoor air quality (IAQ)* (Sumber: <https://medic.upm.edu.my/>)

Indoor air quality (IAQ) atau kualiti udara di dalam rumah ditentukan oleh jumlah *particulate matter (PM)* bahan zarah yang terampai di dalam udara. Bahan zarah ini di dalam bentuk pepejal atau cecair. Di mana partikel yang bersaiz $< 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀), boleh disedut dan partikel yang lebih kecil $< 2.5 \mu\text{m}$ (PM_{2.5}) boleh memasuki ruang alveoli sekaligus akan memberi kesan buruk terhadap kesihatan (Diette et al., 2008).

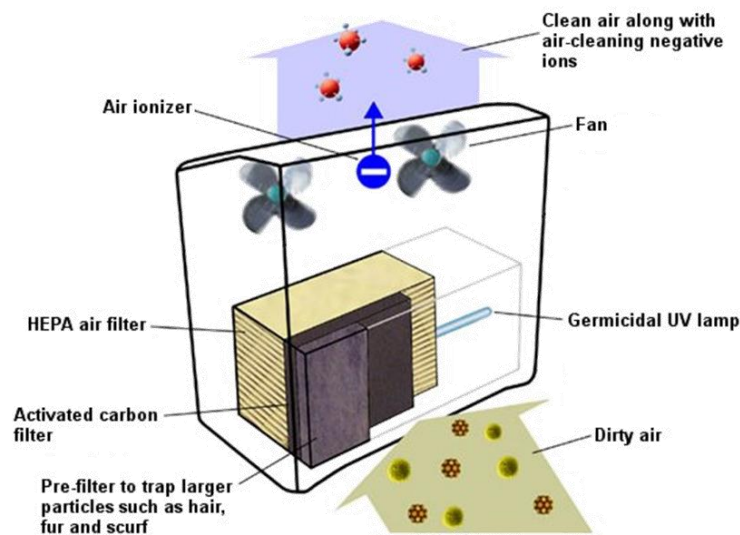
- **PM₁₀**: partikel yang boleh disedut bersaiz di antara 10 *micrometer* atau lebih kecil
- **PM_{2.5}**: partikel yang boleh disedut bersaiz 2.5 *micrometer* atau lebih kecil

2.5 Proses Penapisan/Penulenan Udara

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. Sesetengah jenis penapis udara malah boleh menapis bakteria dan virus dari udara.
- iii. Setiap saat apabila udara melalui medan penapis, bahan cemar terkumpul.
- 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 2.5 Sampel pembersih udara yang menggabungkan pelbagai teknologi

2.6 Jenis Penapis Udara

Penapis HEPA boleh mengambil pelbagai bentuk, menggunakan parameter yang berbeza, seperti gred, kategori, atau penilaian MERV. Mengikut kecekapan penapisan yang berbeza untuk PM 2.5 dan PM10, Penapis HEPA boleh dibahagikan kepada tahap HEPA yang berbeza.

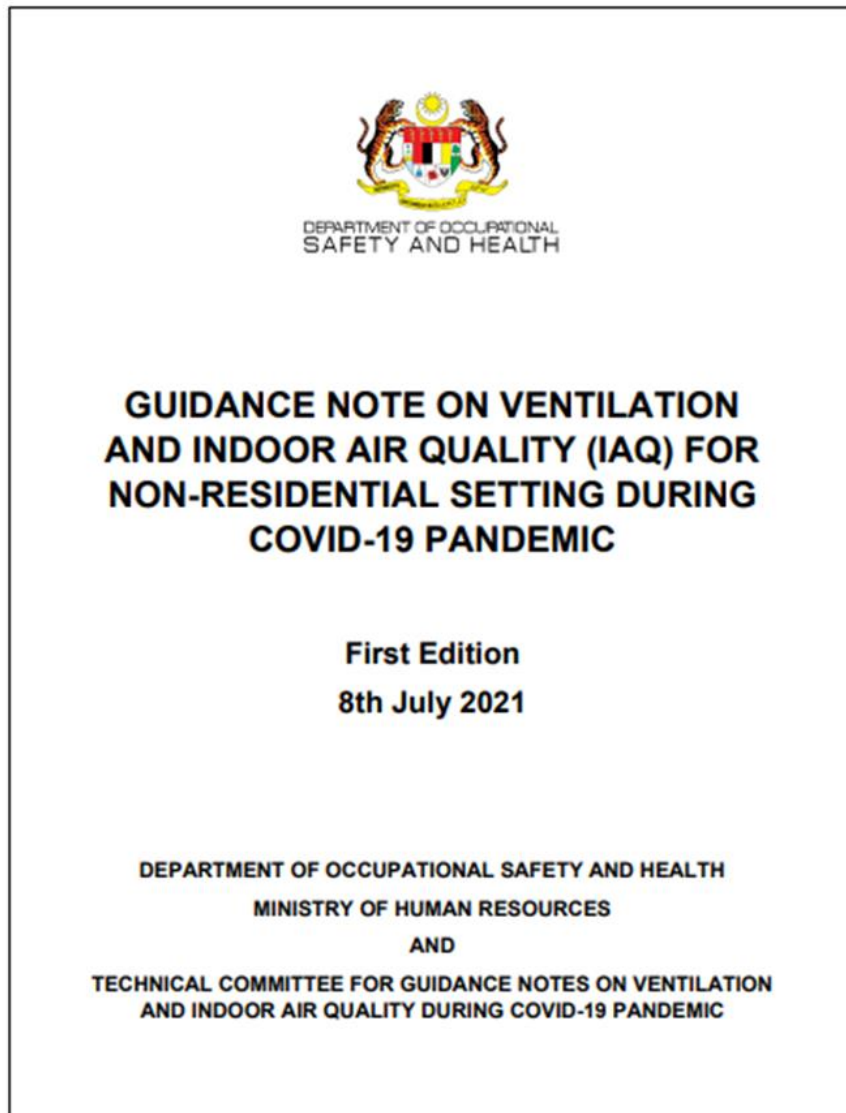
MERV Rating	Air Filter will trap air particles sized 0.3 to 1.0 microns	Air Filter will trap air particles sized 1.0 to 3.0 microns	Air Filter will trap air particles sized 3 to 10 microns	Filter Type ~ Removes These Particles
MERV 1	< 20%	< 20%	< 20%	Fiberglass & Aluminum Mesh ~ Pollen, Dust Mites, 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	
MERV 13	Less Than 75%	90% or Better	90% or Better	
MERV 14	75% - 84%	90% or Better	90% or Better	Superior Commercial Filters ~ Bacteria, Smoke, Sneezes
MERV 15	85% - 94%	95% or Better	90% or Better	
MERV 16	95% or Better	95% or Better	90% or Better	
HEPA & Above	99.97% or Better	99% or Better	99% or Better	HEPA & ULPA ~ Viruses, Carbon Dust, <0.3 microns

Carta 1 Carta penilaian MERV

Kriteria untuk menentukan parameter ini adalah berdasarkan prestasi penapis apabila ia adalah yang paling sukar untuk dihadapi atau saiz zarah yang paling mudah ditembusi (MPPS).

2.7 Panduan, Undang-Undang Dan Peraturan (DOSH)

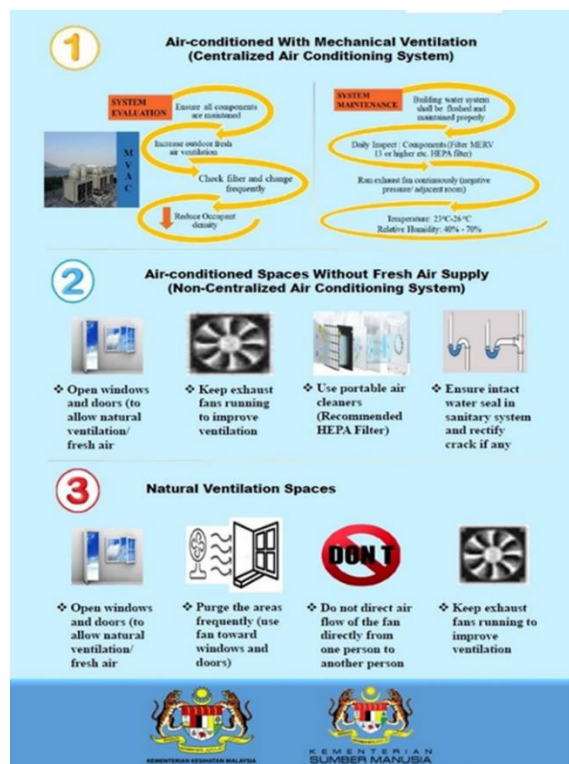
Panduan ini dibangunkan berdasarkan Kod Amalan Industri (ICOP) mengenai Kualiti Udara Dalam 2010 yang diterbitkan oleh Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (DOSH) dan dokumen lain yang ditetapkan yang diterbitkan oleh organisasi antarabangsa masing-masing dan negara lain mengenai pengudaraan dan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



Rajah 2.7 *Guidance Note on Ventilation and Indoor Air Quality (IAQ) for Non-Residential Setting during COVID-19 Pandemic (DOSH, 2021)*

2.7.1 Panduan, Undang-Undang Dan Peraturan (Ministry of Human Resources)

- i. 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.
- ii. Pembersih udara bersendirian atau mudah alih boleh digunakan jika terdapat bukti keberkesanannya dalam mengurangkan kemungkinan pendedahan dengan mengambil kira isu keselamatan.
- iii. 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.
- iv. 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.
- v. Secara amnya, kelajuan kipas yang lebih tinggi dan masa larian yang lebih lama akan meningkatkan jumlah udara yang ditapis.



Rajah 2.7.1 Panduan yang dikeluarkan oleh Kementerian Sumber Manusia

2.7.2 Panduan, Undang-Undang Dan Peraturan (ANSES)

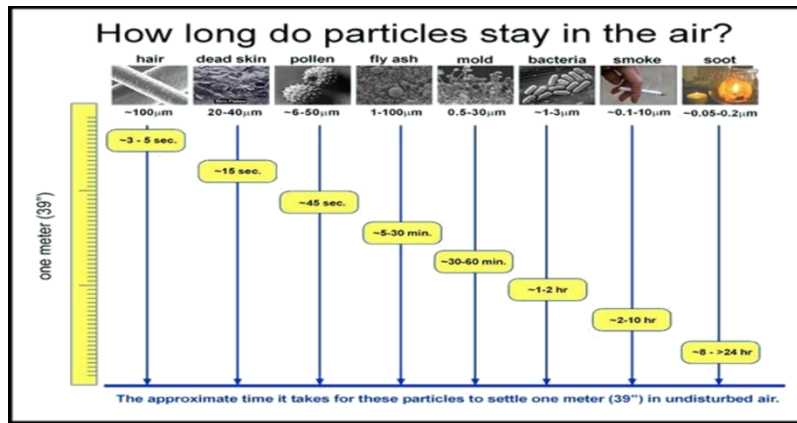
Menurut ANSES, paras karbon dioksida dalam udara dalaman bangunan biasanya antara 350 dan 2500 ppm. ANSES mengesyorkan kepada sekolah dan tempat awam lain, pembaharuan udara yang mencukupi untuk mengelakkan melebihi 1000 ppm (parts per million) yang manakah kepekatan maksimum karbon dioksida yang diterima di udara.

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

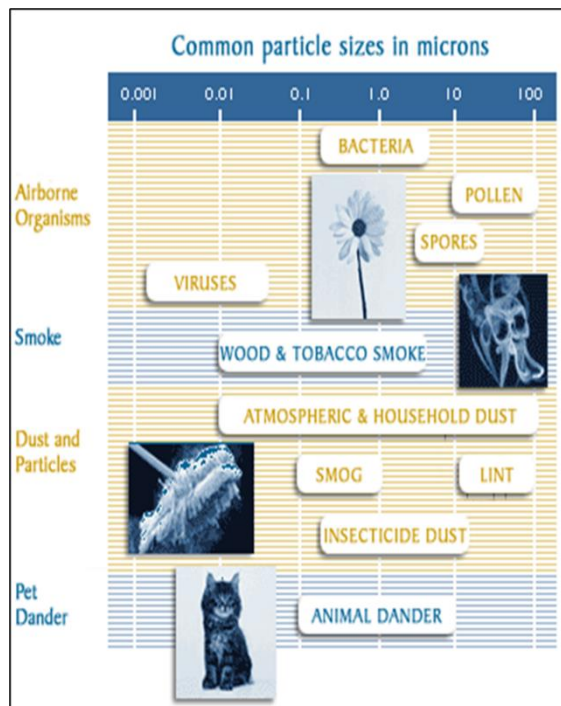
Jadual 2 Tahap Kandungan Co2 Dalam Bangunan

2.8 Jenis Debu Di Udara

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.



Carta 2 Jangka masa zarah-zarah di udara



Rajah 2.8 Zarah-zarah dalam micron.

2.9 Penyakit Berpunca Dari Pencemaran Udara Dalam

Lebih 3 juta orang mati pramatang setiap tahun akibat penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara isi rumah. Daripada kematian ini;

- i. 32% disebabkan oleh penyakit jantung iskemia,
- ii. 21% disebabkan oleh jangkitan pernafasan yang lebih rendah,
- iii. 23% disebabkan oleh strok,
- iv. 19% disebabkan oleh penyakit paru-paru obstruktif kronik (COPD), dan
- v. 6% disebabkan oleh kanser paru-paru.



Rajah 2.9 Data pencemaran udara dalam yang dikeluarkan oleh WHO

2.10 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

3.1 Pengenalan

Metodologi penyelidikan merupakan kaedah dan teknik mereka-bentuk, mengumpul dan menganalisis data supaya dapat menghasilkan bukti yang boleh menyokong sesuatu kajian (merumuskan apa yang dikaji). Metodologi menerangkan cara sesuatu masalah yang dikaji dan sebab sesuatu kaedah dan teknik tertentu digunakan. Tujuan metodologi ialah untuk membantu memahami dengan lebih luas (terperinci) lagi tentang pengaplikasian kaedah dengan membuat huraian tentang proses kajian.

Oleh itu, metodologi kajian dijalankan untuk mencapai peningkatan kebersihan IAQ. Oleh kerana metodologi kajian merupakan teknik kuantitatif atau kualitatif, soal selidik diadakan secara atas talian untuk mengumpul pendapat dari responden. Temu bual juga diadakan dengan Penghuni skop kajian yang telah dipilih. Selain itu, pengujian-pengujian akan dilakukan untuk mengumpul data-data kajian.

3.2 Perancangan Projek

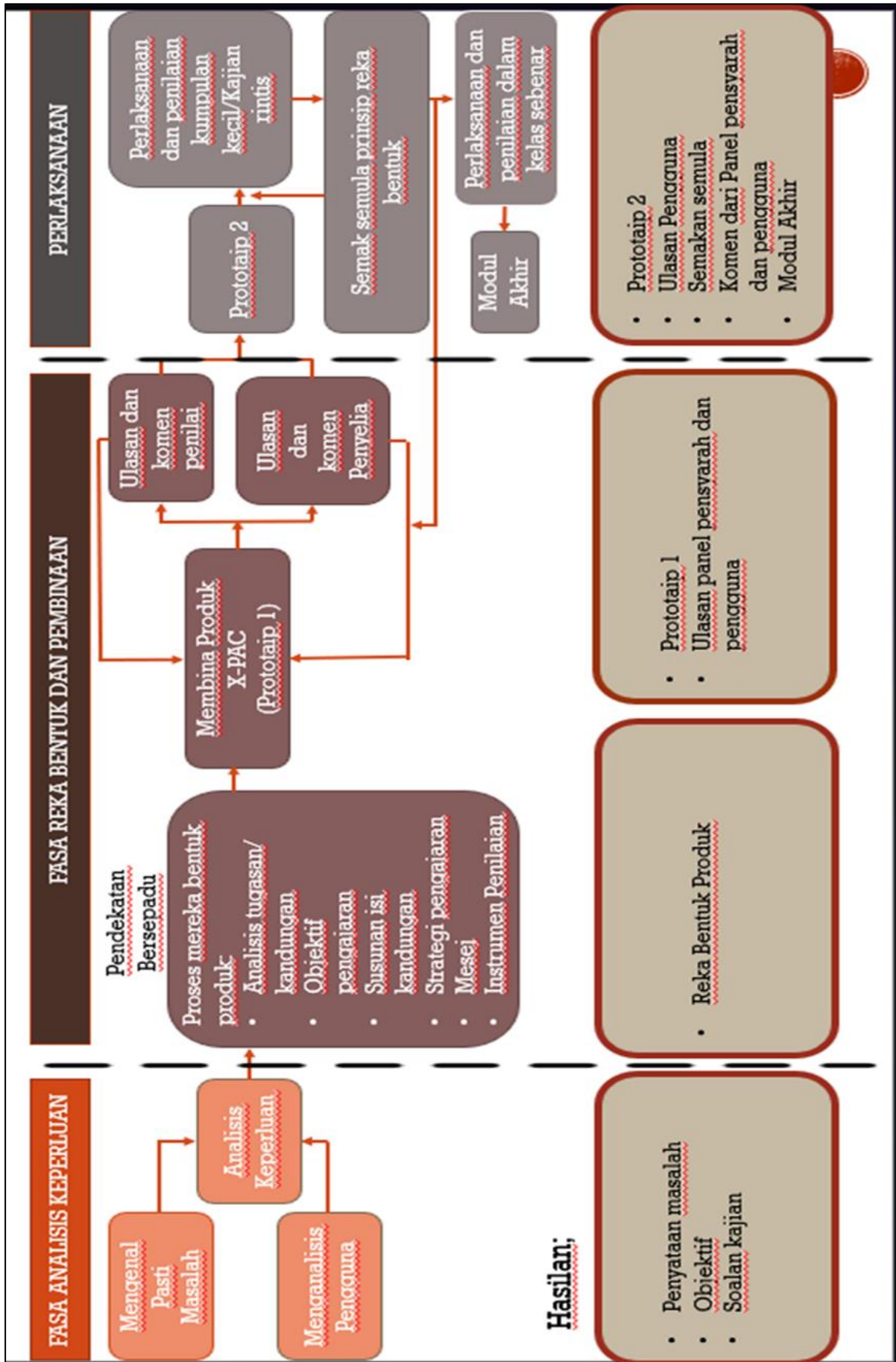
Perancangan boleh ditakrifkan sebagai satu proses pemikiran untuk melaksanakan sesuatu perkara pada masa hadapan. Dalam projek binaan, perancangan ialah suatu proses pemikiran tentang pemilihan kaedah binaan yang sesuai dan urutan kerja-kerja yang akan diikuti bagi pembinaan dan penyiapan projek tersebut. 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 tiga fasa iaitu Fasa analisis keperluan, Fasa reka bentuk dan pembinaan dan Fasa perlaksanaan. Carta alir dipilih untuk menunjukkan proses-proses yang dirancang bersama ahli kumpulan.

3.2.1 Fasa Analisis Keperluan

Fasa analisis keperluan adalah fasa yang memainkan peranan penting sebelum sesebuah intervensi dijalankan. Sebelum memulakan pemilihan projek dilakukan, kajian telah dilaksanakan dan idea projek telah dirancang. Hasil kajian akan digunakan untuk merancang dan mengembangkan model pada fasa seterusnya. 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.

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 untuk melaksanakan Projek 1 (DCB 5171) dan Projek 2 (DCB 6194). Fasa ini adalah untuk mengenal pasti apa yang diperlukan oleh sistem yang ingin dibangunkan supaya keperluan sistem mencapai tujuan dan objektif penyelidikan yang dijalankan.



Carta 3.1 Carta Alir Projek

3.2.2 Fasa Reka Bentuk Dan Pembinaan

Fasa ini bertujuan untuk menentukan bagaimana sistem dibina berdasarkan keperluan atau spesifikasi sistem yang telah dikumpul dan dianalisis semasa fasa kedua. Fasa ini merupakan elemen utama dalam proses pembinaan sistem kerana meliputi segala perancangan reka bentuk sistem. Melalui fasa ini juga satu dokumentasi perancangan pelaksanaan sistem aka nada untuk rujukan semasa sistem ini dibina. Fasa reka bentuk ini penting bagi menentukan keberkesanan dan kecekapan pembinaan sistem. Fasa reka bentuk akan melalui proses penelitian dan penilialian dalam semua aspek. Penilaian ini akan merujuk pada satu senarai semak sebagai instrumen penyelidikan menyemak semua keperluan sistem dipenuhi.

Pada peringkat ini, Lakaran Produk dibuat menggunakan AutoCad dan SketchUp. Lakaran ini dibentangkan kepada penyelia dan Panel pensyarah semasa pembentangan Topik 1 dan 2. 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.

Fasa pembangunan merangkumi:

- i. fasa rancangan proses pembangunan sistem ,
- ii. fasa pengkodan dan pengaturcaraan,
- iii. fasa pengujian.

Fasa ini merupakan fasa sistem dibangunkan untuk memenuhi keperluan pengguna dan spesifikasi sistem. Fasa ini juga akan melalui proses penilaian dan pengujian untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik, memenuhi reka bentuk yang telah dibuat, mencapai objektif yang telah ditetapkan. Proses penghasilan prototaip produk dilakukan bermula dari pemasangan komponen dan pendawaian. Proses yang terakhir iaitu kemasakan dilakukan pada prototaip produk ini.

3.2.3 Fasa Perlaksanaan

Fasa ini adalah setelah sistem melalui ujian teknikal yang bermaksud sistem yang dibangunkan telah sedia untuk diguna pakai dan boleh diaplikasikan kepada situasi sebenar. Fasa ini juga akan melalui kajian kebolegunaan sistem bagi mengumpul maklumat atau ralat sistem yang tidak dapat dikenal pasti semasa proses pengujian teknikal. Fasa ini akan melalui satu ujian sumatif sebelum meneruskan pada fasa terakhir iaitu fasa penyelenggaraan

Setelah menghasilkan produk ini, pengujian juga dilakukan untuk menguji produk adakah mencapai objektif. Setiap data diukur menggunakan IAQ Metering Device. Masa diperlukan untuk penapisan udara, dan kadar IAQ telah dicatatkan. Data-data tersebut juga telah dianalisis untuk menentukan bahawa produk dapat mencapai objektif yang ditetapkan. Akhirnya, laporan akhir projek telah disiapkan dan menghantar kepada penyelia.

3.3 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 bias yang boleh mengganggu dapatan kajian.

Kajian yang menggunakan Kajian Reka Bentuk dan Pembangunan. Matlamat kajian ini ialah bagi menginovasikan satu produk penapis udara yang mampu meningkatkan kadar kebersihan IAQ dalam satu ruangan. Kajian yang menggunakan kaedah kuantitatif dan kualitatif juga akan dilaksanakan. Soal selidik yang berkenaan dengan Kadar kebersihan udara dalam diadakan secara atas talian. Selain itu, ahli-ahli kumpulan juga membuat lawatan di skop kajian masing-masing.

3.4 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 dengan beberapa fakta projek.

i. Mengadakan Perbincangan dengan penyelia.

Kami mengadakan perbincangan bersama penyelia, Pn. Roizimah setiap minggu untuk memperoleh idea tentang projek seperti reka bentuk produk dan bahan produk .

ii. Menjelajahi internet

Pada masa kini, semua maklumat ilmiah boleh diakses hanya di hujung jari. Dengan adanya perisian seperti Mendeley, Google Book, dan Laman Web seperti Wikipedia yang boleh menjadi satu sumber maklumat.

iii. Buku Ilmiah

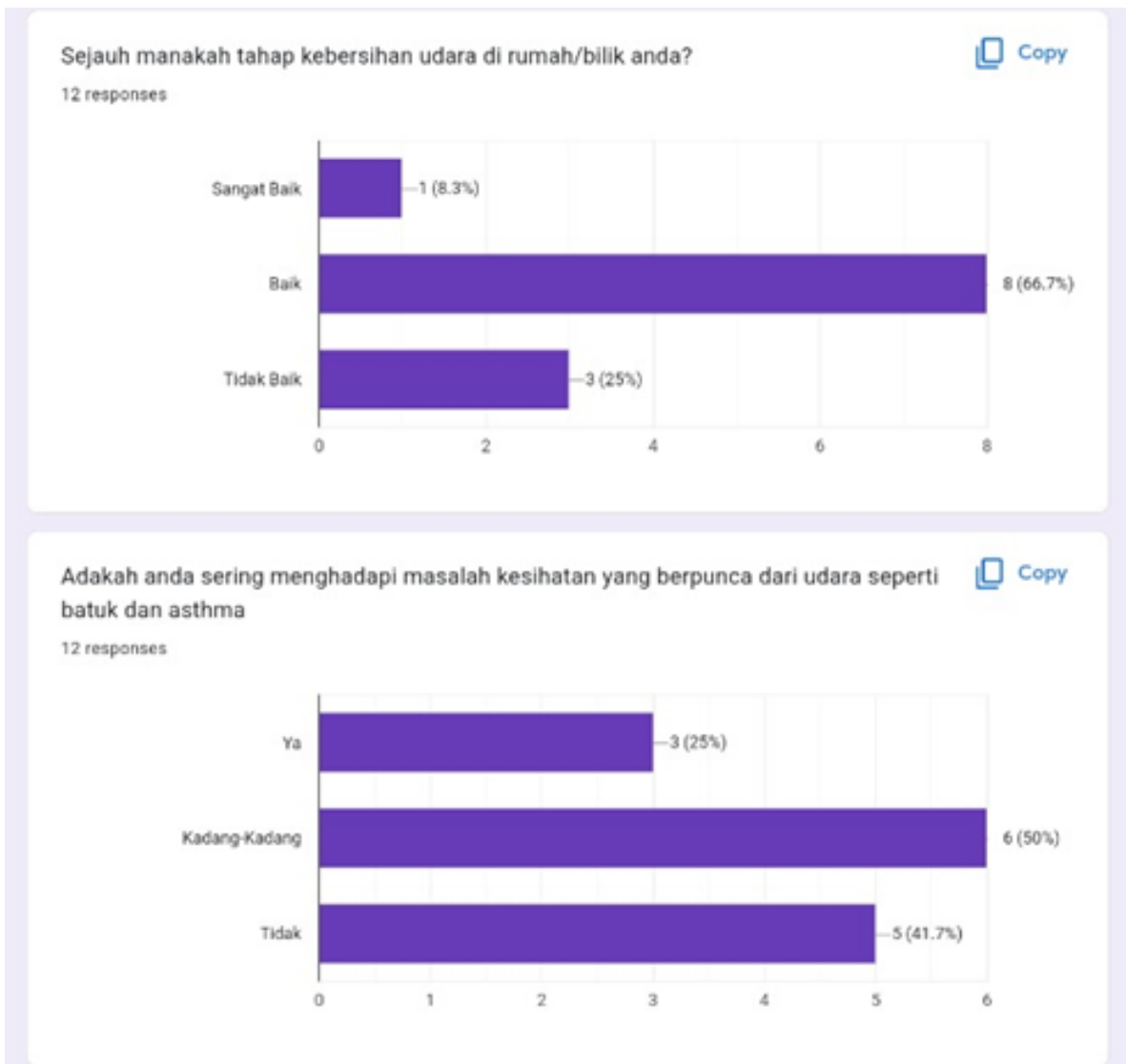
Mendapatkan maklumat tentang prinsip dan teori yang perlu digunakan dalam produk tersebut daripada buku-buku ilmiah. Maklumat daripada buku ilmiah biasanya tepat dan akan dibandingkan dengan maklumat yang dapat dari internet.

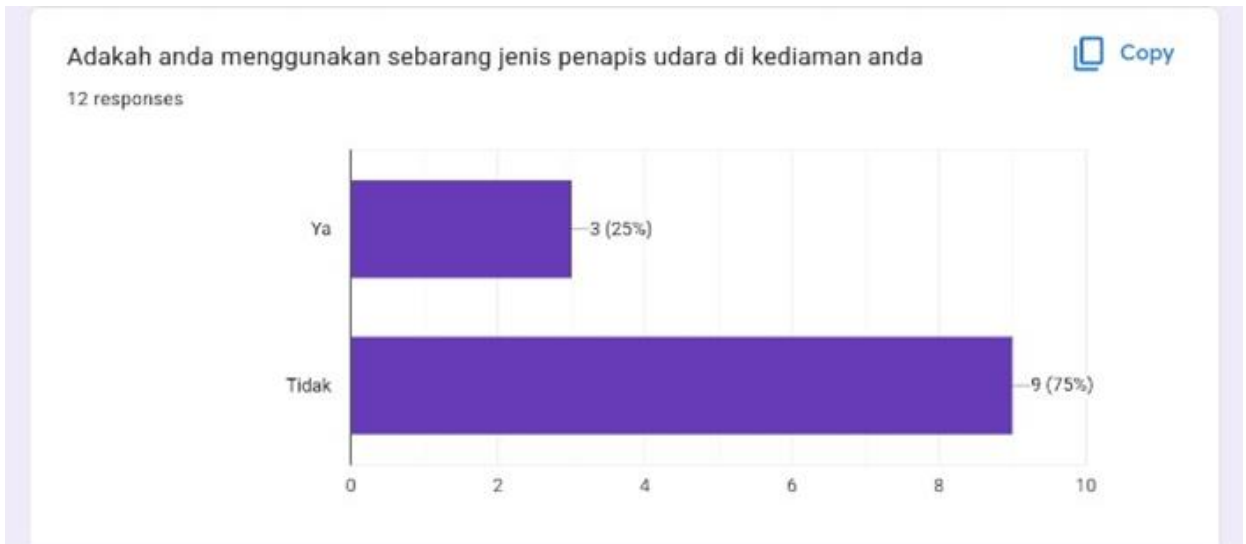
3.5 Instrumen Kajian

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 diperlukan.

3.5.1 Soal Selidik

Soal selidik yang berkenaan dengan kualiti udara dalam 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 makanan kering.





Rajah 3.5 Hasil data dari soal selidik yang dijalankan.

3.5.2 Tema bual

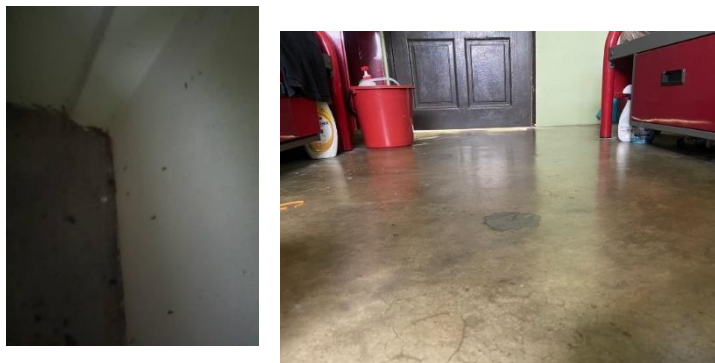
Ahli kumpulan mengadakan satu tema bual dengan Maahad Tahfiz Al-I'tisam untuk mengenal pasti kualiti udara di dalam dorm pelajar tahfiz.



Rajah 3.5.2 Temubual bersama para pelajar tahfiz

3.5.3 Pemerhatian

Ahli kumpulan juga membuat pemerhatian terhadap kualiti udara di skop berlainan



Rajah 3.4: Keadaan bilik kamsis

i. Analisis dokumen

Berita yang dapat daripada sinar harian telah dianalisis. Berita tersebut berkaitan dengan alat penapis udara sedia ada yang sangat mahal.

ii. Kaedah pengujian

Pengujian diadakan terhadap produk untuk memastikan produk ini berfungsi dengan baik dan menguji produk ini bahawa dapat mencapai objektif yang ditetapkan. Kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk akan direkod.

3.6 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 taliandi *Google Form*. Soal selidik tersebut mempunyai 5 soalan yang berkenaan dengan kualiti udara di rumah. Seramai 12 orang responden telah menjawab soal selidik tersebut. Sebanyak 9 orang responden (75%) tidak mempunyai penapis udara di ruma

Kajian tentang tahap kebersihan IAQ (Indoor Air Quality) di kediaman

Form description

https://docs.google.com/forms/d/176Y-XuEROmXiitA514Lho8LA75LjJPGdke9_DgDD79I/closedform

Rajah 3.6 Link pautan *Google Form*

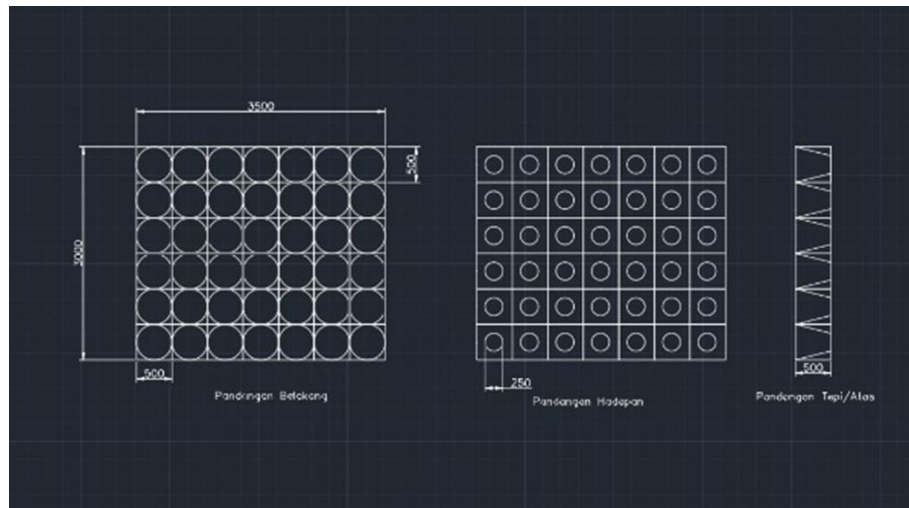
3.6 Kaedah Analisis Data

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.

3.7 Reka Bentuk Produk

Rekaan pertama bentuk 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.



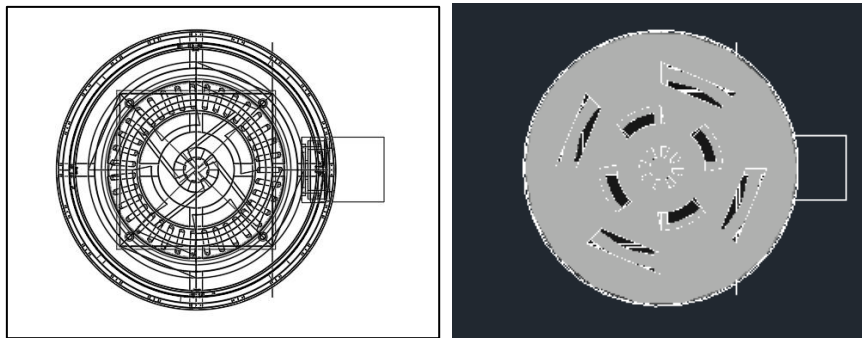
Rajah 3.6: Lakaran Pertama

Reka kedua bentuk 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.

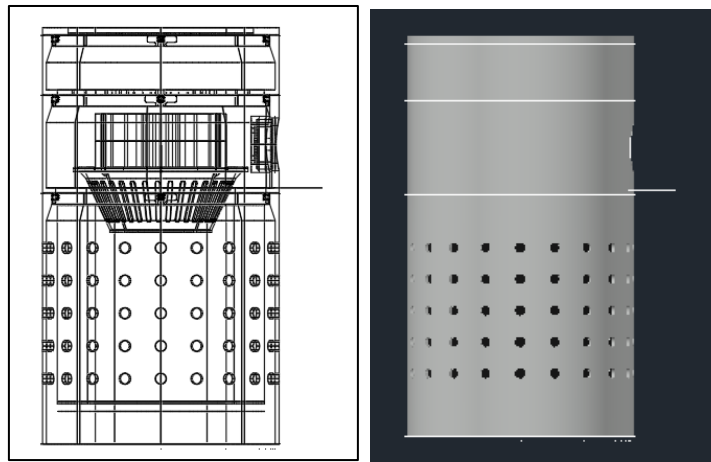


Rajah 3.7: Lakaran Kedua

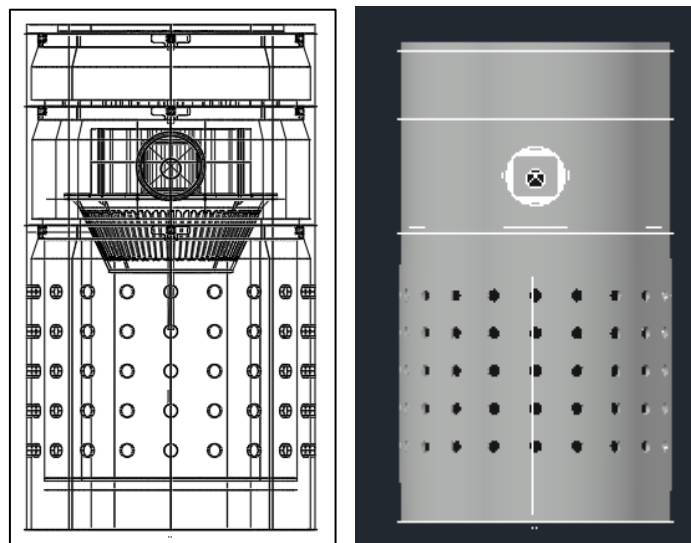
3.8 Lakaran Akhir Produk



Rajah 3.8: Pandangan Atas Reka Bentuk X-PAC



Rajah 3.9: Pandangan Sisi Reka Bentuk X-PAC



Rajah 3.10: Pandangan Hadapan Reka Bentuk X-PAC

3.9 Bahan-Bahan Produk

No.	Nama	Gambar	Fungsi
1.	Casing (Cetakan 3D)		bekas atau penutup yang mengelilingi sesuatu untuk memegangnya komponen dalam atau melindunginya
2.	Penapis Hepa		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.
3.	Kipas blower motor		Motor Blower Fan merupakan Alat yang membantu menyalurkan udara yang bersih sehingga penghuni rumah dapat menghirup udara segar dan terhindar dari udara kotor.
4.	Rotating Plate		Berfungsi untuk memutar atau memusingkan produk 360 darjah
5.	Battery (Lithium 750mAh)		Sumber Tenaga Produk

6.	Pewangi		Mengeluarkan haruman wangian untuk menambah keselesaan pengguna
----	---------	---	---

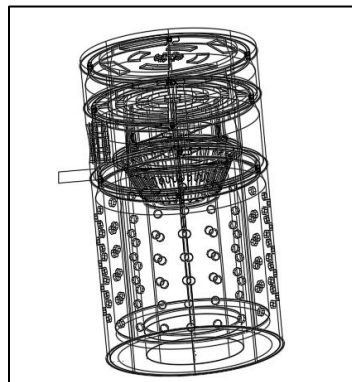
Jadual 3 Komponen dan bahan-bahan X-PAC

3.10 Proses Menghasilkan Produk

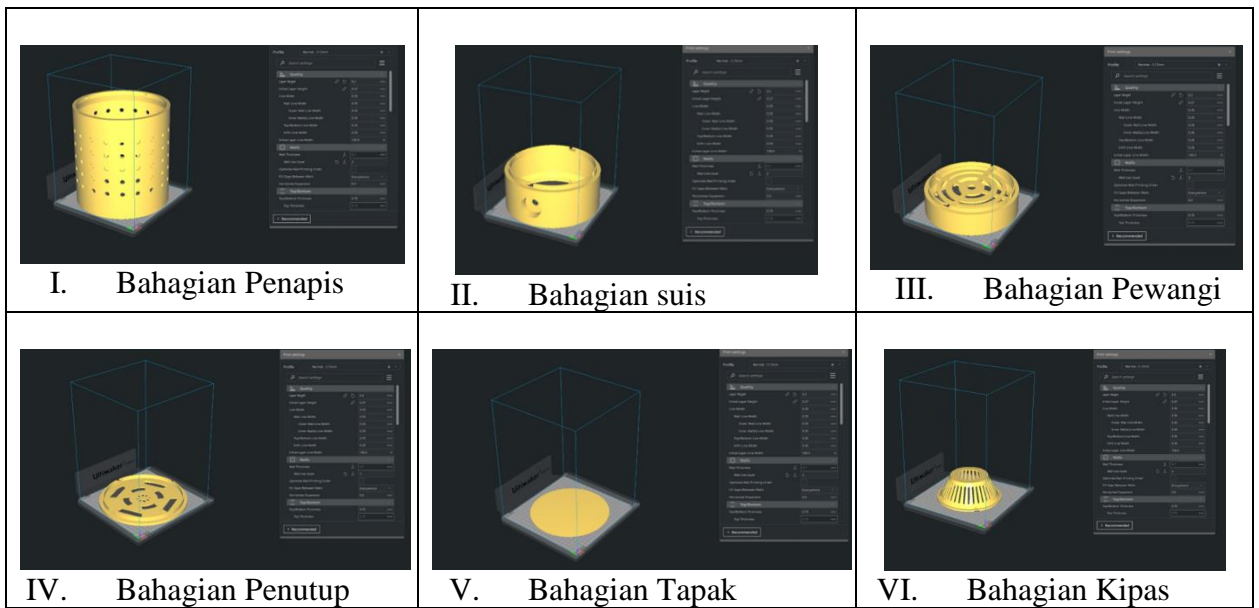
Berikut adalah Proses-proses menghasilkan produk.

3.10.1 Proses Menghasilkan *Casing*/Badan Produk

- i. *Casing* X-PAC dibuat menggunakan pencetak 3D. Bahan yang digunakan ada bahan jenis PLA(*Polylatic Acid*). Perkara pertama yang ialah membuat rekaan berbentuk 3D.

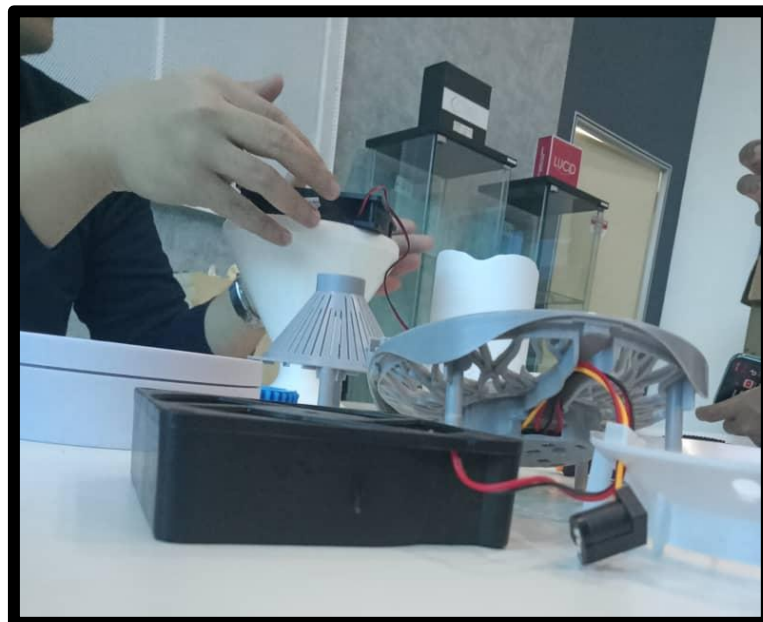


Rajah 3.11: Lakaran Rangka Produk menggunakan *AutoCad*



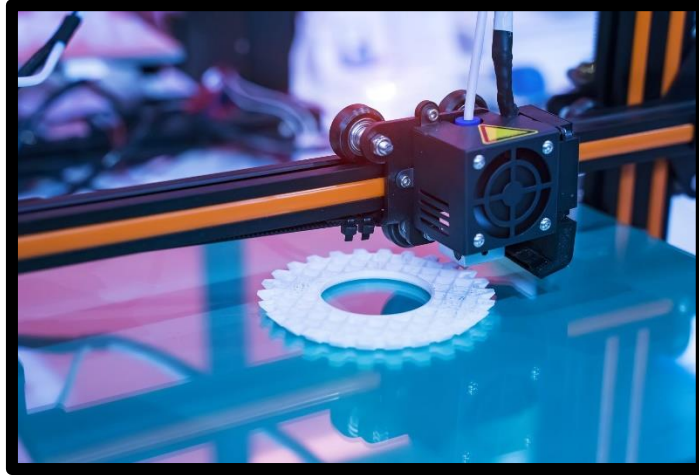
Rajah 3.12 :Lakaran setiap rangka produk menggunakan *Fusion 360*

Setelah itu, fail reka bentuk dihantar ke 3D Gens Bukit jelutong untuk pemrosesan percetakan 3D.



Rajah 3.13 Temu janji bersama 3D Gens

- ii. Seterusnya, Proses percetakan 3D dijalankan. Tempoh masa yang diambil untuk menyiapkan keenam bahagian casing adalah 2 minggu.



Rajah 3.14: Proses Ppcretakan

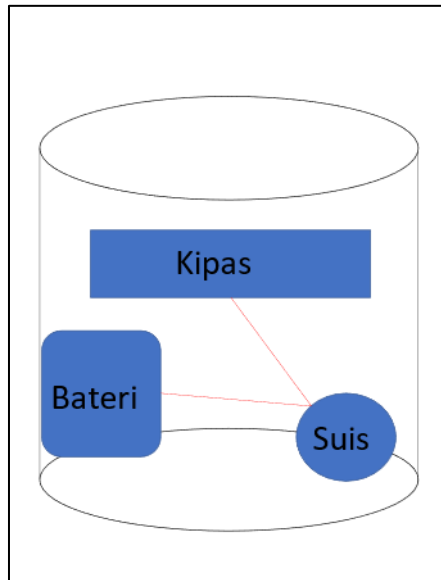
Setelah 2 minggu, *casings* yang telah siap dicetak boleh diambil.



Rajah 3.15 *Casings* yang telah siap

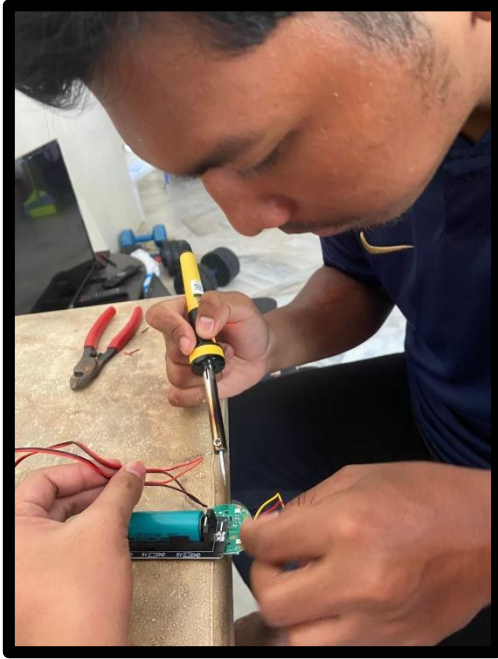
3.10.2 Proses Pendawaian / Wiring

- i. Proses wiring hanya melibatkan bahagian kipas, bateri dan suis sahaja.



Rajah 3.16: Diagram Litar

- ii. Pertama, wayar berukuran 15cm yang terdapat pada kipas dipateri ke suis, .
- iii. Seterusnya, wayar yang terdapat pada bateri dipasang ke suis.
- iv. Langkah seterusnya, komponen yang telah siap di pasang ke dalam X-PAC.
- v. Setelah komponen dipasang, bahagian suis akan diselaraskan dengan butang *touch* supaya fungsih 'sentuh' dapat berfungsi.



Rajah 3.17 Proses memateri komponen



Rajah 3.18 Komponen yang dipateri

3.10.3 Gambar Produk

Rajah 3.9.12 merupakan pandangan hadapan produk setelah semua proses penghasilan disiapkan. Rajah 3.9.13 menunjukkan lampu dan kipas berfungsi dengan baik.



Rajah 3.10.10 Pandangan Hadapan Produk



Rajah 3.10.11 Produk Diaktifkan

3.11 Proses Menggunakan Produk

'X-PAC' mempunyai kaedah penggunaan yang ringkas.

Langkah 1: Sediakan X-PAC.

Langkah 2: Pastikan X-PAC telah di cas.

Langkah 3: Letakkan pewangi ke slot yang disediakan.

Langkah 4: Tekan *touch switch*.

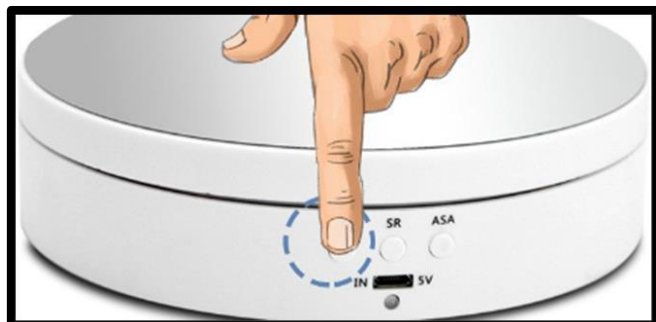
Langkah 5: Kipas di dalam X-PAC akan berputar untuk dan menyedut udara sekeliling lalu mengeluarkannya.

Langkah 6: X-PAC akan memerangkap habuk di sekelilingnya dan sekaligus merendahkan kadar CO₂ sekeliling.

Langkah 7: Tekan butang di bahagian bawah X-PAC untuk memutarakan X-PAC 360° untuk meningkatkan kadar sedutan udara.



Rajah 3.11.1 Butang *Touch on/off*



Rajah 3.11.2 Butang *Rotate*

3.12 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 Lokasi Kajian

PANGSAPURI JAYA

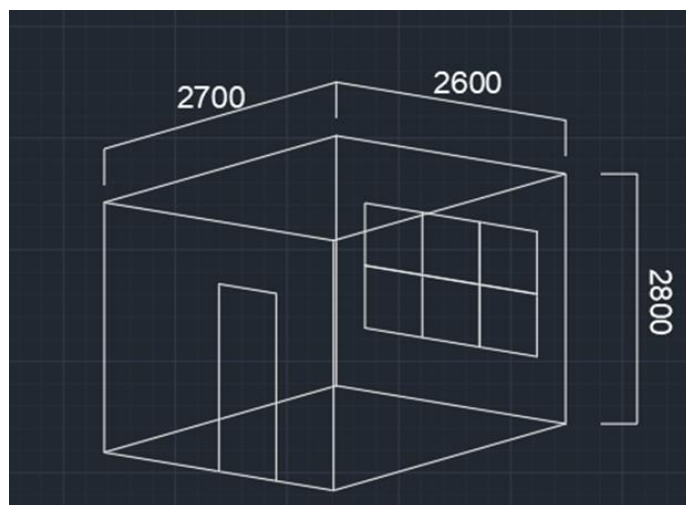
Skop kajian yang dipilih ialah Kawasan kediaman iaitu di Pangsapuri Jaya, TTDI Jaya Shah Alam. Pangsapuri Jaya adalah jenis kediaman Apartment yang berstatus kepemilikan tanah Pegangan bebas di Shah Alam, Selangor. Bangunan ini mempunyai 5 tingkat. Keluasan binaan adalah 900m² Jenis status tanah adalah Kediaman Strata. Kajian dan pengambilan data dilakukan di dalam sebuah bilik berkeluasan 2.6m x 2.7m dan berketinggian 2.8m(h). Blok ini dihuni oleh 2 orang pelajar. Bilik ini juga mempunyai tingkap berukuran 3.6m x 1.2m.



Rajah 4.2.1 Pangsapuri Jaya



Rajah 4.2.2 Keadaan bilik kajian



Rajah 4.2.3 Lakaran bilik kajian

4.2 Analisis Data

4.2.1 UJIKAJI X-PAC 1

- i. Keadaan Bilik : Terbuka
 Tarikh Kajian : 01/05/2023
 Masa : 2.00p.m
 Cuaca : Cerah

ii. Data

MASA SITUASI	Bacaan Awal			5 Minit Pertama			5 Minit Kedua		
	CO ₂ (PPM)	Temp °C	Humd RH%	CO ₂ (PPM)	Temp °C	Humd RH%	CO ₂ (PPM)	Temp °C	Humd RH%
Menggunakan X-Pac	721ppm	32°C	48%	695ppm	32°C	48%	690ppm	32°C	48%
+ Pewangi	685ppm	31°C	49%	680ppm	31°C	49%	680ppm	31°C	49%
+ X-PAC Berputar	695ppm	31°C	50%	685ppm	31°C	50%	680ppm	31°C	50%

Jadual 3: Jadual nilai ppm

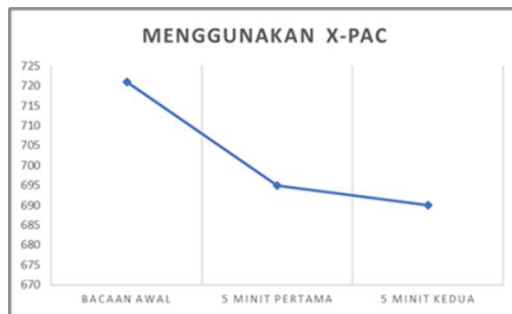
iii. Peratus

Masa Situasi	Bacaan Awal	5 Minit Pertama	5 Minit Kedua
Menggunakan X-PAC	721ppm	695ppm	690ppm
Peratus penurunan(%)	-	4%	5%
+ Pewangi	685ppm	680ppm	680ppm
Peratus penurunan(%)	-	1%	1%
Produk Berputar	695ppm	685ppm	680ppm
Peratus penurunan(%)	-	2%	3%

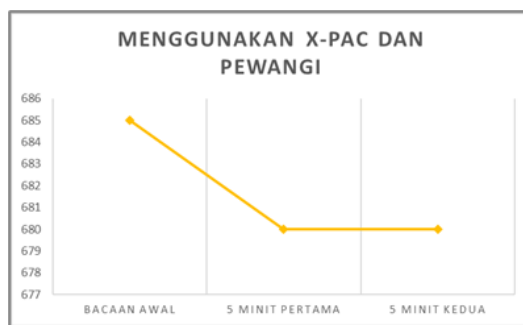
Jadual 4 : Peratus Penurunan CO₂

iv. graf

a. **Graf 1** Bacaan semasa menggunakan X-PAC



b. **Graf 2** Bacaan semasa menambah pewangi



c. **Graf 3** Bacaan semasa X-PAC berputar



v. Rumusan

- Bacaan semasa menggunakan X-PAC menunjukkan trend menurun dari 721ppm ke 695ppm di 5 minit pertama dan 690ppm di 5 minit kedua.
- Bacaan setelah meletakkan alat pewangi juga menunjukkan trend menurun dari 685ppm ke 680ppm di 5 minit pertama dan mendatar 5 minit kedua
- Bacaan semasa X-PAC berputar 360° menunjukkan trend menurun dari 695ppm di 5 minit pertama dan menurun di 5 minit kedua dengan bacaan 680ppm

4.2.2 UJIKAJI X-PAC 2

- vi. Keadaan Bilik : Terbuka
 Tarikh Kajian : 04/05/2023
 Masa : 10.00a.m
 Cuaca : Cerah

vii. Data

Situasi \ Masa	Bacaan Awal			5 Minit Pertama			5 Minit Kedua		
	CO ₂	°C	H%	CO ₂	°C	H%	CO ₂	°C	H%
X-PAC	886ppm	29 °C	59%	772ppm	29 °C	59%	701ppm	29 °C	59%
Pewangi	695ppm	29 °C	59%	685ppm	29 °C	59%	680ppm	29 °C	59%
Berputar	665ppm	29 °C	58%	640ppm	29 °C	58%	606ppm	29 °C	58%

Jadual 4 Jadual nilai ppm

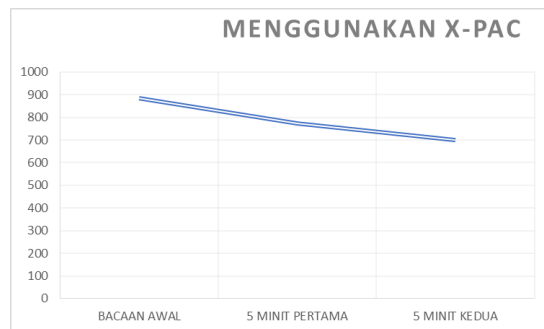
viii. Peratus

Situasi \ Masa	Bacaan Awal	5 Minit Pertama	5 Minit Kedua
Menggunakan X-PAC	886ppm	772ppm	701ppm
Peratus penurunan(%)	-	13%	21%
+ Pewangi	695ppm	685ppm	680ppm
Peratus penurunan(%)	-	2%	3%
Produk Berputar	665ppm	640ppm	606ppm
Peratus penurunan(%)	-	4%	9%

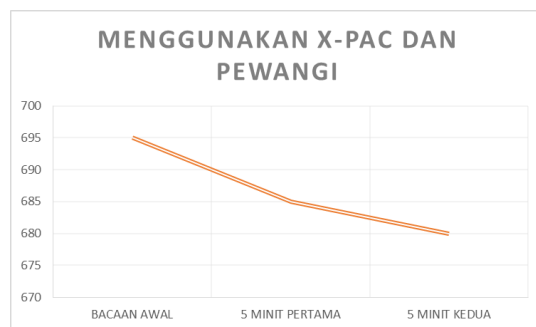
Jadual 5 Peratus Penurunan CO₂

ix. Graf

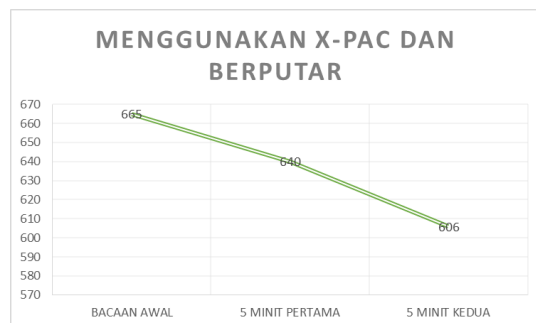
d. **Graf 1** Bacaan semasa menggunakan X-PAC



e. **Graf 2** Bacaan semasa menambah pewangi



f. **Graf 3** Bacaan semasa X-PAC berputar



x. Rumusan

- Bacaan semasa menggunakan X-PAC menunjukkan trend menurun dari 886ppm ke 772ppm di 5 minit pertama dan 701ppm di 5 minit kedua.
- Bacaan setelah meletakkan alat pewangi juga menunjukkan trend menurun dari 685ppm ke 680ppm di 5 minit pertama dan 5 minit kedua
- Bacaan semasa X-PAC berputar 360° menunjukkan trend menurun dari 640ppm di 5 minit pertama dan menurun di 5 minit kedua dengan bacaan 606ppm.

4.4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, kami dapat simpulkan bahawa hasil bacaan semasa menggunakan X-PAC telah pun mencapai objektif kami. Bacaan CO₂ juga menurun semasa menggunakan X-PAC dan sekaligus dapat meningkatkan kualiti udara dalaman ruang.

BAB 5

CADANGAN DAN KESIMPULAN

5.1 PENGENALAN

X-PAC yang telah siap dibina oleh kami secara keseluruhannya mampu untuk menapis CO₂. Selain itu, kami juga telah berjaya mencapai objektif kami iaitu Merekabentuk satu produk yang mampu meningkatkan kadar IAQ dengan menurunkan bacaan CO₂ dalam ruangan dan membuat perbandingan kadar IAQ sebelum dan selepas penggunaan produk X-PAC. Namun begitu, terdapat beberapa permasalahan yang baru telah kami dapati daripada rekabentuk terakhir Projek X-PAC kami.

5.2 PERBINCANGAN

Melalui perbincangan antara ahli kumpulan dan juga penyelia kami, beberapa masalah baharu telah kami dapati daripada hasil rekabentuk X-PAC kami ini. Antaranya ialah bacaan CO₂ meningkat semasa ujikaji kerana pertambahan bilangan orang ketika ujikaji dijalankan. Selain itu sumber kuasa bagi kipas dan *rotating plate* adalah berlainan.

1.3 CADANGAN

Setelah melakukan sedikit kajian, dan soal selidik, beberapa cadangan telah diutarakan bagi menambahbaik X-PAC ini. Antaranya, Suis kipas dan suis *rotate* perlu diletak dalam satu litar. Selain itu, penapis Hepa perlu muat dengan tepat didalam *casing* dan tidak meninggalkan ruang untuk mengelakkan habuk terkumpul di lubang pada *casing*. Akhir sekali, mencari satu kaedah dimana pengguna tahu tahap kapasiti dan penggunaan bateri.

5.4 KESIMPULAN

Kesimpulannya, beberapa penambahbaikan perlu dilakukan pada X-PAC ini bagi memastikan produk tersebut boleh digunakan dalam tempoh masa yang lama ataupun mudah untuk melakukan kerja-kerja penyelenggaraan. Selain itu, melalui rekabentuk yang sempurna secara tidak langsung dapat menyumbang dalam menghasilkan data seperti yang telah dinyatakan oleh Jabatan Alam Sekitar. Di samping itu, dapat memberi impak positif terhadap persekitaran di dalam kediaman kerana mempunyai satu alat yang mampu menapis effluens yang dihasilkan sebelum dilepaskan secara terus ke longkang/sungai yang terdekudara dan meningkatkan tahap IAQ ruang.

5.5 RUMUSAN BAB

Secara rumusnya, Produk 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, pengkaji mendapati bahawa produk ini berjaya mencapai objektifnya iaitu meningkatkan kualiti udara dalaman dengan menapis CO₂, serta membuat perbandingan sebelum dan selepas penggunaan X-PAC.

RUJUKAN

1. 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>
2. 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/>
3. AMWAY (MALAYSIA) SDN. BHD.(2021); Kepentingan Kualiti Udara.
<https://amwaynow.my/ms/articles/quality-air-matters-atmosphere-sky-amway-malaysia>
4. Zhuowei air(2022):Sistem Penulenan/Penurasan Udara.
<https://ms.zhuowei air.com/news/what-are-the-common-air-purification-technologies-in-purification-projects>
5. Xinxiang Zhongyue Filter Co(2019): Prinsip Penapis dan Penyelenggaraan Penapis Udara.
<http://my.zhongyuefilter.com/news/filter-principle-and-maintenance-of-air-filter-24673100.html>
6. . 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>
7. 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/>
8. . Climate Works(2019): What is House Dust?
<https://www.climateworks.ca/house-dust/>
<https://www.climateworks.ca/tag/dust/>

9. 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>
10. 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>
11. 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>
12. 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>
13. Smart Air Filters(2022); Kuala Lumpur Annual PM2.5
<https://smartairfilters.com/en/blog/kuala-lumpur-air-pollution/>
14. 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>
15. 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
16. 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/>

LAMPIRAN B



AHLI KUMPULAN

<p>KETUA KUMPULAN</p> <p>Nama: Khairuddin No. Matric: 08DPB20F2015 No. IC: 020114-12-1539 E-mail: askhairuddin34@gmail.com</p>	<p>PENYELIA PROJEK</p> <p>Nama: Mustaza Hakim Bin Abu Tabari No. IC: 810630-10-5291 E-mail: mustaza.hakim@psk.edu.my</p>
<p>AHLI</p> <p>Nama: Muhamad Aif Putra Bin Reza Hasbee No. Matric: 08DPB20F2024 No. IC: 020324-16-0069 E-mail: aifputra191@gmail.com</p>	<p>AHLI</p> <p>Nama: Amrul Hafiz Bin Yuli Usman No. Matric: 08DPB20F2017 No. IC: 000119-06-0335 E-mail: Amrulhafiz2119@gmail.com</p>

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, 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 IAQ 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 pengwangi. 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

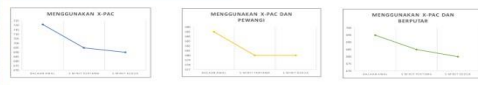
ANALISIS DATA

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
Keadaan Bilik : Terbuka

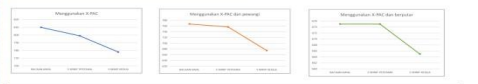
Masa	Sebelum Analisa			1 Udarah Pernafasan			1 Udarah Skalar		
	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)
08.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.15	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.30	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.45	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
09.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm



2. Kamsis

Lokasi : Kamsis PSA
Tarikh : 03/05/2023
Masa : 2.00p.m
Cuaca : Cerah
Keadaan Bilik : Terbuka

Masa	Sebelum Analisa			1 Udarah Pernafasan			1 Udarah Skalar		
	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)
08.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.15	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.30	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.45	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
09.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm



3. Tahfiz

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

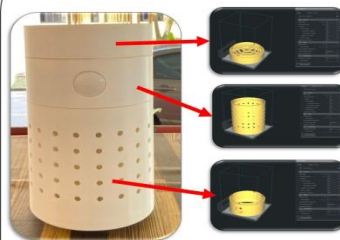
Masa	Sebelum Analisa			1 Udarah Pernafasan			1 Udarah Skalar		
	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)	Temp (°C)	Kelembapan (%)	CO ₂ (ppm)
08.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.15	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.30	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
08.45	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm
09.00	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm	27°C	82%	485ppm



HASIL ANALISA DATA

- Kelebihan X-PAC ialah penurunan CO₂ berlaku selepas X-PAC dihidupkan selama 5 minit.
- Kelemahan yang terdapat pada X-PAC ialah bacaan CO₂ meningkat semasa ujikaji kerana pertambahan bilangan orang Ketika ujikaji dijalankan.

PRODUK



Dimension	
Diameter, m	220mm
Height, m	400mm

OBJEKTIF

- Mereka bentuk satu alat 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 boleh mengalami sesak nafas.
- Meneutralkan bau yang tidak menyenangkan.

KESIMPULAN

Produk 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, pengkaji mendapati bahawa produk ini berjaya mencapai objektifnya iaitu meningkatkan kualiti udara dalaman dengan menapis CO₂, serta membuat perbandingan sebelum dan selepas penggunaan X-PAC.