PEMANFAATAN *BEEHIVE AIR CONDITIONER* SEBAGAI PENDINGIN ALAMI

KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah

Disusun Oleh:

1. 29855 Claudia Aurelin Santoso XII MIPA 3 / 07
2. 29909 Ferrel Englebert Arkazora XII MIPA 3 / 10
3. 29916 Gabriella Esther Lauwson XII MIPA 3 / 11
4. 30058 Marco Sebastian Purnomo XII MIPA 3 / 23
5. 30093 Mischa Sumargo XII MIPA 3 / 26

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2025

PEMANFAATAN *BEEHIVE AIR CONDITIONER* SEBAGAI PENDINGIN ALAMI

KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah

Disusun Oleh:

Disusun Oleh:

1. 29855 Claudia Aurelin Santoso XII MIPA 3 / 07
2. 29909 Ferrel Englebert Arkazora XII MIPA 3 / 10
3. 29916 Gabriella Esther Lauwson XII MIPA 3 / 11
4. 30058 Marco Sebastian Purnomo XII MIPA 3 / 23
5. 30093 Mischa Sumargo XII MIPA 3 / 26

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH LAPORAN KARYA ILMIAH

Judul	: Pemanfaatan *Beehive Air Conditioner* sebagai Pendingin Alami		
Penyusun	: 1. 29855	Claudia Aurelin	XII MIPA 3 / 07
	2. 29909	Ferrel Englebert Arkazora	XII MIPA 3 / 10
	3. 29916	Gabriella Esther Lauwson	XII MIPA 3 / 11
	4. 30058	Marco Sebastian Purnomo	XII MIPA 3 / 23
	5. 30093	Mischa Sumargo	XII MIPA 3 / 26

Pembimbing I : Irmina Indiyarti, S.Pd.

Pembimbing II : Fransiskus Asisi Subono, S.Si., M.Kes.

Tanggal Presentasi : Selasa, 4 Februari 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Irmina Indiyarti, S.Pd.	Fransiskus Asisi Subono, S.Si., M.Kes.

Mengetahui,

Kepala Sekolah

SMAK ST. LOUIS 1 SURABAYA

Dra. Sri Wahjoeni Hadi S.

ABSTRAK

Santoso, C. A., Arkazora, F. E., Lauwson, G. E., Purnomo, M. S., & Sumargo, M. (2024). *Pemanfaatan Beehive Air Conditioner Sebagai Pendingin Alami.*

Pemanasan global disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida, metana, dan dinitrogen oksida, yang terperangkap di atmosfer. Salah satu faktornya adalah penggunaan *air conditioner* (AC) yang mengkonsumsi energi listrik tinggi dan menggunakan refrigeran seperti CFC dan HCFC. Solusi ramah lingkungan seperti *Beehive Air Conditioner* diperlukan untuk mengatasi masalah ini. *Beehive Air Conditioner* merupakan sistem pendingin alami yang memanfaatkan struktur sarang lebah dan prinsip evaporasi. Teknologi ini menggunakan pot tanah liat berbentuk tabung yang dialiri air untuk menghasilkan udara sejuk tanpa konsumsi energi yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Beehive Air Conditioner* di kehidupan nyata. Metode penelitian melibatkan pembuatan prototipe serta pengujian dengan empat variabel. Data suhu udara diukur selama 15 menit dengan interval 3 menit dan dianalisis secara kuantitatif. Hasilnya, diameter pot tanah liat berbeda dan bak stainless steel yang tertutup bekerja paling optimal. *Beehive Air Conditioner* terbukti hemat energi, ramah lingkungan, dan menjadi alternatif potensial untuk menggantikan AC konvensional.

Kata kunci: *Beehive Air Conditioner*, pendingin alami, hemat energi, tanah liat, ramah lingkungan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat penyertaan-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul "Pemanfaatan *Beehive Air Conditioner* sebagai Pendingin Alami" dapat disusun dan diselesaikan dengan tepat waktu. Karya ilmiah ini bertujuan untuk memenuhi tugas ujian praktek MIPA dalam berbagai mata pelajaran. Ujian praktek MIPA adalah ujian tahunan yang diadakan oleh SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya. Ujian ini dilakukan agar para siswa dapat melakukan penelitian dan berinovasi dalam ranah ilmu pengetahuan alam di kehidupan sehari-hari. Ujian praktek MIPA dilakukan dengan melibatkan para siswa dan guru SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya. Penulis menyadari keterbatasan kemampuan dalam penyusunan karya ini. Dalam penyusunan karya, penulis mendapatkan bimbingan, bantuan, dukungan, dan masukan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S., selaku Kepala Sekolah SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya;
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku Wakil Kepala Sekolah Bidang Kurikulum SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya;
3. Irmina Indiyarti, S.Pd., selaku Wali Kelas XII MIPA 3, Pembimbing 1, dan guru Bidang Studi Fisika;
5. F. Asisi Subono, S.Si.,M.Kes., selaku Pembimbing 2 dan guru Bidang Studi Biologi;
6. Hari Suyanto,S.Pd,M.Si, selaku guru Bidang Studi Matematika;
7. Dra. Maria Viciati,MM, selaku guru Bidang Studi Kimia
8. Orang tua, teman-teman, dan seluruh pihak yang telah memberi dukungan dan membantu kelancaran penulisan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, kami mengharapkan laporan ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 22 November 2024

Penyusun,

Gabriella Esther Lauwson

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL……..i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH LAPORAN KARYA ILMIAH.....ii
ABSTRAK.....iii
KATA PENGANTAR.....iv
DAFTAR ISI..... v
DAFTAR GAMBAR..... vii
DAFTAR TABEL..... viii
DAFTAR SINGKATAN.....ix
DAFTAR SIMBOL..... x
DAFTAR LAMPIRAN..... xi
BAB I PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah..... 2
1.3 Hipotesis.....3
1.4 Tujuan Penelitian.....3
1.5 Manfaat Penelitian.....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 4
2.1 Pengertian Hemat Energi.....4
2.2 Pengertian Pemanasan Global.....5
2.3 Pengertian Pendingin Ruangan..... 6
2.3.1 Pendingin Ruangan Listrik.....6
2.3.2 Pendingin Ruangan Alami..... 7
2.4 Pengertian Tanah Liat dan Jenisnya.....10
2.4.1 Tanah Liat Kaolin.....10
2.4.2 Tanah Liat Earthenware.....11
2.4.3 Tanah Liat Stoneware.....12
2.5 Pengertian Stainless Steel.....12
2.6 Beehive Air Conditioner..... 13
2.6.1 Pengertian Beehive Air Conditioner..... 13
2.6.2 Cara Kerja Beehive Air Conditioner.....14
2.6.3 Manfaat Beehive Air Conditioner.....15
BAB III METODE PENELITIAN.....17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....17
3.2.1 Alat.....17
3.2.2 Bahan.....17
3.3 Tahapan Penelitian..... 18
3.3.1 Diagram Alir Penelitian..... 18
3.3.2 Penjelasan Prototipe..... 19

3.3.2.1 Gambar Prototipe.....19
3.3.2.2 Langkah-Langkah Pembuatan Prototipe.....19
3.3.2.3 Cara Kerja Prototipe.....21
3.3.3 Variabel penelitian.....22
3.4 Metode dan Analisis Data…….23
3.4.1 Metode Penelitian.....23
3.4.2 Teknik Analisis Data.....23
3.4.3 Tabel Pengolahan Data.....23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....25
4.1 Hasil Penelitian.....25
4.2 Pembahasan.....26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....30
5.1 Kesimpulan.....30
5.2 Saran.....31
DAFTAR PUSTAKA.....32
LAMPIRAN.....35

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.2.1	Pemanasan Global	6
2.3.1.1	*Air Conditioner*	6
2.3.2.1	Atap Hijau	8
2.3.2.2	Dinding Ivy	9
2.3.2.3	*Matka*	9
2.4.1.1	Tanah Liat Kaolin	11
2.4.2.1	Tanah Liat *Earthenware*	11
2.4.3.1	Tanah Liat *Stoneware*	12
2.5.1	*Stainless Steel*	13
2.6.1.1	*Beehive Air Conditioner*	14
2.6.2.1	Ilustrasi Cara Kerja *Beehive Air Conditioner*	15
3.3.2.1.1	Prototipe *Beehive Air Conditioner*	19
4.1.1	Grafik Penurunan Suhu Berdasarkan Jenis Bak dan Diameter Pot	25
4.2.1	Sketsa Awal Kerangka	28

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
3.4.3.1	Pengolahan Data Bak Terbuka	23
3.4.3.2	Pengolahan Data Bak Tertutup	24
4.1.1	Data Percobaan Bak Terbuka	25
4.1.2	Data Percobaan Bak Tertutup	25
4.1.3	Hasil Regresi Data	26

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
AC	*air conditioner*
HCFC	hidroklorofluorokarbon
HFC	hidrofluorokarbon
CO_2	karbon dioksida
ClO	klorin monoksida
CFC	klorofluorokarbon
CH4	metana
N_2O	nitrous oksida
O	oksigen
O_2	oksigen
O_3	ozon
°C	derajat celcius
cm	centimeter

DAFTAR SIMBOL

Simbol Diagram Alir Penelitian

Terminator
Menggambarkan awal atau akhir prosedur

Process
Menggambarkan proses operasional

Decision
Menggambarkan keputusan yang harus dibuat dan garis yang terhubung pada simbol ini menunjukkan situasi yang berbeda sesuai dengan hasil keputusan

On-Page Reference / Connector
Menggambarkan penghubung alur dalam halaman yang sama

Flow
Menggambarkan arah alur dalam prosedur

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Lembar Konsultasi Pembuatan Karya Tulis Ujian Praktek	35
2.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 3 menit	36
3.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 6 menit	36
4.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 9 menit	37
5.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 12 menit	37
6.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 15 menit	38
7.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 3 menit	38
8.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 6 menit	39
9.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 9 menit	39
10.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 12 menit	40
11.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 15 menit	40
12.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 3 menit	41
13.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 6 menit	41
14.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 9 menit	42
15.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 12 menit	42
16.	Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 15 menit	43
17.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 3 menit	43
18.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 6 menit	44
19.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 9 menit	44
20.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 12 menit	45

21.	Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 15 menit	45
22.	Proses membuat kerangka 1	46
23.	Proses membuat kerangka 2	46
24.	Proses pemasangan kerangka	47
25.	Proses mengambil data	47
26.	Foto Kelompok Bersama Prototipe Diameter Berbeda dan Bak Terbuka	48

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa ini, bumi telah dihadang perubahan iklim dan pemanasan global yang seiring berjalannya waktu semakin mencemaskan. Masalah ini merupakan akibat dari meningkatnya emisi gas-gas rumah kaca, seperti karbon dioksida, metana, dan dinitrogen oksida. Gas-gas ini terperangkap di atmosfer dan membentuk lapisan yang menghalangi panas yang dipancarkan oleh bumi untuk keluar ke angkasa. Akhirnya, suhu bumi semakin lama semakin meningkat dan menciptakan efek pemanasan global yang berbahaya bagi kehidupan ekosistem dan makhluk hidup. Pemanasan ini memengaruhi ketahanan pangan, ketersediaan sumber air bersih, kesehatan, perekonomian global, dan banyak aspek lainnya. Karena hal ini, manusia yang semakin merasakan dampak panasnya matahari mencari solusi agar tetap bisa merasakan kesejukan. Salah satu benda yang sangat banyak digunakan selama ini adalah pendingin ruangan atau air conditioner.

Pasalnya pendingin ruangan menggunakan zat kimia refrigeran memungkinkan pendinginan udara, namun dapat semakin merusak lapisan ozon atau berperan sebagai gas rumah kaca yang sangat kuat. Klorofluorokarbon (CFC) dan hidroklorofluorokarbon (HCFC), yaitu refrigeran yang paling umum digunakan untuk pendingin ruangan mampu memerangkap panas dalam jangka waktu yang lama dan dapat bertahan di atmosfer hingga 100 tahun. Selain itu, penggunaan pendingin ruangan juga menggunakan listrik yang besar. Berdasarkan Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia pada 2024, 48% masyarakat Indonesia menggunakan AC selama 8-12 jam sehari. Hal ini berarti rata-rata rumah tangga di Indonesia menggunakan 24.000-36.000 watt per hari hanya untuk penggunaan AC. Penggunaan

listrik berlebih menjadi salah satu faktor terbesar yang berkontribusi dalam pemanasan global. Oleh karena itu diperlukan solusi hemat energi untuk mengurangi penggunaan listrik, salah satunya dengan konsep *Beehive Air Conditioner.*

Dalam mencari solusi yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi, konsep *Beehive Air Conditioner* muncul sebagai alternatif. Sistem ini terinspirasi dari konsep struktur sarang lebah yang memungkinkan terciptanya ventilasi udara dan pendingin alami. *Beehive Air Conditioner* memanfaatkan prinsip evaporasi alami di mana pot-pot tanah liat berbentuk kerucut dialiri air untuk menghasilkan udara yang sejuk tanpa menggunakan energi listrik. Pada awalnya teknologi ini berasal dari konsep pendinginan tradisional dalam arsitektur India kuno. Sistem *Beehive Air Conditioner* juga dirancang untuk menyaring udara panas dan mendinginkannya melalui proses evaporasi alami. Dalam pemakaiannya, teknologi ini juga menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti air dan udara. Sistem ini direkomendasikan digunakan sebagai pendingin alami pada pabrik, gudang, maupun area terbuka di rumah maupun restoran. Konsep ini sangat cocok untuk mengganti penggunaan AC yang berbasis listrik, sehingga bisa mengurangi emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi listrik berlebihan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh *Beehive Air Conditioner* terhadap perubahan suhu?
2. Bagaimana pengaruh ukuran diameter komponen tanah liat pada *Beehive Air Conditione*r terhadap perubahan suhu?
3. Bagaimana pengaruh lapisan penampung tertutup *Beehive Air Conditioner* terhadap perubahan suhu udara yang drastis?

1.3 Hipotesis

1. H0: *Beehive Air Conditione*r tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu

   H1: *Beehive Air Conditione*r berpengaruh terhadap perubahan suhu.

2. H0 : Diameter komponen tanah liat pada *Beehive Air Conditioner* tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu.

   H1 : Diameter komponen tanah liat pada *Beehive Air Conditioner* berpengaruh terhadap perubahan suhu

3. H0 : Lapisan penampung tertutup *Beehive Air Conditioner* tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu yang drastis.

   H1 : Lapisan penampung tertutup *Beehive Air Conditioner* berpengaruh terhadap perubahan suhu yang drastis.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh *Beehive Air Conditioner* terhadap perubahan suhu.
2. Mengkaji pengaruh ukuran diameter komponen tanah liat pada *Beehive Air Conditioner* terhadap perubahan suhu.
3. Membandingkan perubahan suhu dari *Beehive Air Conditioner* dengan adanya penampung tertutup.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi pendingin alternatif yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi melalui *Beehive Air Conditioner* untuk menurunkan suhu.
2. Mengetahui keoptimalan *Beehive Air Conditioner* berdasarkan diameter komponen tanah liatnya.
3. Menyajikan perbandingan perubahan suhu dengan adanya penampung tertutup.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Hemat Energi

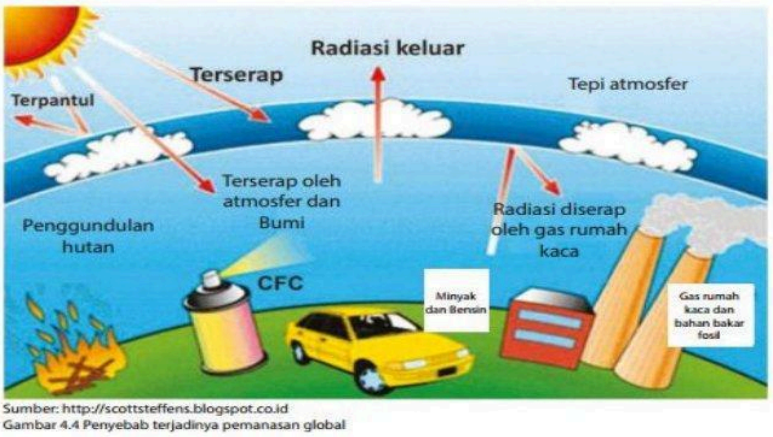
Hemat energi adalah suatu upaya untuk menggunakan energi secara bijak dan efisien demi mengurangi pemborosan dan dampak negatif terhadap lingkungan hidup. Hemat energi merupakan salah satu tindakan yang dapat menjaga kestabilan pasokan sumber daya, mengurangi dampak pemanasan global, dan mendukung stabilitas harga energi dunia. Dalam aspek lingkungan, hemat energi membantu menekan pemanasan global dengan mengurangi gas efek rumah kaca, mengurangi eksploitasi bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi, dan mengurangi pencemaran lingkungan seperti polusi udara.

Hemat energi juga meningkatkan kesejahteraan manusia karena adanya ketersediaan energi yang berkelanjutan dan lebih terjangkau, serta meningkatkan kesadaran ekologis manusia sehingga dapat lebih peduli kepada lingkungan hidup. Untuk perusahaan, membudayakan penghematan energi dapat mengurangi tagihan listrik, bahan bakar, dan biaya operasional. Contoh perilaku penghematan ini dapat dilakukan dengan cara menggunakan inovasi-inovasi yang memanfaatkan sumber energi alami untuk mengoperasikannya, seperti sinar matahari, kotoran hewan, air, angin, makanan sisa, dan masih banyak lagi. Selain itu, hemat energi dapat dilakukan dengan cara menghemat listrik, menghemat air, menghemat bahan bakar minyak, dan bahan lain yang tidak bisa diperbaharui maupun menyebabkan pemanasan global. Adanya teknologi seperti tenaga surya, lampu LED, hidroponik, dan biogas, membuktikan bahwa hemat energi sudah lebih dijunjung di zaman ini. Secara global, hemat energi membantu mencapai target pengurangan emisi gas karbon, sesuai Perjanjian Paris, yaitu perjanjian internasional yang bertujuan untuk mengatasi perubahan iklim.

2.2 Pengertian Pemanasan Global

Pemanasan global atau *global warming* adalah adanya peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di Bumi. Berdasarkan artikel dari Dinas Lingkungan Hidup, suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat 0.74 ± 0.18 °C selama seratus tahun terakhir. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mengatakan bahwa kemungkinan besar penyebab pemanasan global adalah karena meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca.

Gas rumah kaca yang paling utama adalah CO_2 yang berasal dari bahan bakar fosil, CH_4 yang berasal dari peternakan dan tambang gas, dan N_2O yang berasal dari pupuk pertanian. Gas-gas ini dapat memerangkap panas di bumi dengan cara menghalangi panas yang dipantulkan bumi dari atmosfer. Penggunaan listrik juga dinyatakan sebagai salah satu faktor terjadinya pemanasan global. Menurut Badan Standardisasi Nasional, Penggunaan energi listrik dapat menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca seperti CO_2 dan HFC. Pemanasan global juga dapat disebabkan oleh bumi secara alami yaitu karena letusan gunung berapi dan siklus matahari, namun kontribusinya jauh lebih kecil dibandingkan dengan aktivitas manusia. Pemanasan global berdampak sangat besar dalam berbagai aspek dalam kehidupan manusia. Dalam aspek lingkungan, permasalahan ini memicu kenaikan permukaan laut yang menyebabkan pencairan es di kutub, menyebabkan kekeringan atau banjir ekstrem karena perubahan pola cuaca, dan bahkan memusnahkan spesies makhluk hidup karena habitat yang berubah akibat pemanasan global. Dalam bidang ekonomi, pemanasan global menyebabkan penurunan hasil pertanian, kerusakan infrastruktur akibat bencana, dan berbagai masalah lainnya.



Gambar 2.2.1 Pemanasan Global

2.3 Pengertian Pendingin Ruangan

2.3.1 Pendingin Ruangan Listrik

Pendingin ruangan listrik adalah alat pendingin ruangan yang memerlukan listrik untuk pengoperasiannya. Salah satu pemakaian listrik terbesar manusia dalam rumah tangga terdapat pada pendingin ruangan. AC umumnya mengkonsumsi listrik sekitar 9 kWh untuk menurunkan suhu dari 30 °C menjadi 27°C. AC bukan hanya memakan energi listrik yang banyak, namun juga mengeluarkan berbagai zat kimia yang berbahaya bagi bumi. Zat kimia yang paling banyak ditemui pada AC adalah CFC dan HCFC. Kedua zat ini adalah jenis refrigeran yang mampu menjebak panas dan mampu bertahan di atmosfer hingga 100 tahun.

Gambar 2.3.1.1 Air Conditioner

Ketika CFC dilepaskan ke atmosfer, sinar matahari akan memecahnya menjadi atom klorin dan radikal klorosifluorometil. Atom klorin tersebut akan bereaksi dengan ozon dan menghasilkan O dan ClO. Klorin monoksida adalah radikal bebas yang mudah bereaksi dengan fragmen lain, sehingga klorin akan kembali terbebaskan dan bereaksi dengan ozon secara berulang-ulang. Proses pengulangan inilah yang menyebabkan penipisan lapisan ozon sehingga pemancaran radiasi matahari ke bumi lebih banyak menjadi lebih banyak. Refrigeran lain yaitu HCFC mengandung atom klorin dan hidrogen. Ketika terurai di atmosfer, klorin yang terkandung akan memecah molekul O_3 menjadi O_2, sehingga sama seperti CFC, zat ini akan berdampak pada penipisan lapisan ozon. Kedua refrigeran ini memang sudah dilarang sejak beberapa tahun belakangan, namun banyak orang masih menggunakannya. Sebagian AC modern pada masa ini menggunakan refrigeran alternatif yaitu HFC. Meskipun tidak merusak lapisan ozon, ia tetap berperan sebagai gas rumah kaca yang menjebak panas di atmosfer. HFC menyerap radiasi inframerah yang dipancarkan oleh bumi dan memerangkapnya di atmosfer sehingga memperkuat efek rumah kaca.

2.3.2 Pendingin Ruangan Alami

Pendingin ruangan alami adalah cara untuk menyejukkan ruangan tanpa menggunakan alat elektronik seperti AC. Beberapa opsi yang sering digunakan masyarakat, yaitu dengan memberi ventilasi pada ruangan lewat jendela dan pintu, menanam tumbuhan di sekitar rumah, dan mengalirkan air di dinding sebagai dekorasi sekaligus pendingin ruangan. Ini beberapa cara mudah untuk menurunkan penggunaan listrik dan membantu mengurangi dampak pemanasan global. Selain opsi-opsi ini, terdapat alternatif pendingin

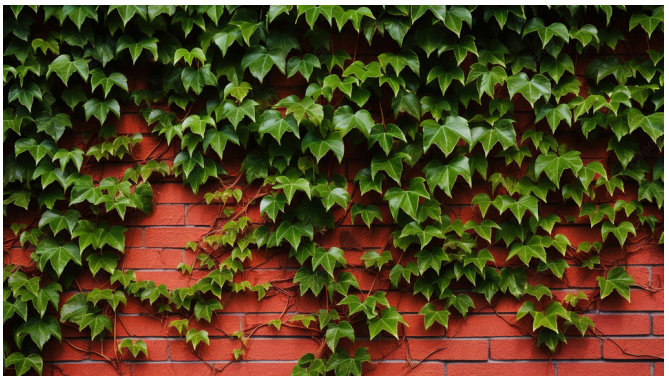
ruangan alami lain yang juga diinstalasikan di rumah-rumah. Contohnya, atap hijau dan dinding ivy.

Atap hijau atau *green roof* adalah sistem atap yang ditanami vegetasi untuk memberikan keteduhan dan mengurangi panas yang masuk ke bangunan lewat proses evapotranspirasi. Tanaman yang diletakkan di atap akan berfungsi sebagai isolator alami, sehingga daun lebar yang banyak akan mengurangi suhu udara dengan menguapnya air di permukaan udara. Evapotranspirasi ini akan menurunkan suhu udara di sekitarnya. Selain itu, atap hijau juga membuat udara yang ada di ruangan lebih bersih karena disaringnya polutan seperti CO_2.

Gambar 2.3.2.1 Atap Hijau

Opsi lain, yaitu dinding ivy yang memiliki sistem yang sama dengan atap hijau. Dinding ivy adalah dinding yang ditumbuhi dengan tanaman merambat seperti ivy (*Hedera helix)* yang berfungsi sebagai isolator alami, sehingga menahan panas dan menjaga kesejukan ruangan. Tanaman ivy pun sering ditanam untuk instalasi ini karena daunnya yang tumbuh lebat dan rapat, sehingga air yang menguap dari permukaan daunnya lebih banyak. Selain itu, tumbuhan ini juga bisa tumbuh secara signifikan dalam hitungan 4 sampai 6 minggu dan memiliki kemampuan menyaring udara dari racun

seperti formaldehid dan benzena. Tanaman ivy juga hanya perlu diletakkan di kondisi cahaya yang cukup dan tidak memerlukan perawatan yang rumit.



Gambar 2.3.2.2 Dinding Ivy

Contoh pendingin alami lain yang sudah ada sejak lama, yaitu *Matka*. *Matka* adalah sistem pendingin air yang umum digunakan oleh masyarakat Harappan yang sudah ada di India sejak 3.000 tahun yang lalu. *Matka* (dari kata tembikar) adalah pendingin air minuman alami yang terbuat dari pot tanah liat. Sistemnya sangat sederhana, yaitu saat ada air yang mengisi pot-pot tanah liat, maka air ini akan masuk ke pori-pori dan lengkungan pot tersebut. Saat air yang masuk ke pori-pori ini mengevaporasi, maka panas dari air tersebut perlahan-lahan terambil dan air di dalam pot akan terasa dingin.

Gambar 2.3.2.3 Matka

Dengan cara mudah ini, maka masyarakat India telah menggunakan tembikar-tembikar untuk mendinginkan air minum mereka di musim panas. *Matka* akhirnya diadaptasi ke bentuk-bentuk pendingin alami lainnya karena penggunaan tanah liat yang bisa mendinginkan air dan udara secara efisien.

2.4 Pengertian Tanah Liat dan Jenisnya

Tanah liat adalah jenis tanah yang memiliki partikel yang sangat kecil dengan ukuran kurang dari 0,002 mm dan bertekstur halus. Tanah liat sendiri terbentuk dari proses pelapukan batuan seperti batuan silika, yaitu feldspar dan kuarsa dengan faktor-faktor seperti asam karbonat dan aktivitas panas bumi. Beberapa karakteristik dari tanah liat, yaitu sifat lengket ketika basah dan kohesivitas tinggi, sehingga sering digunakan sebagai bahan baku tembikar dan kerajinan tangan. Tanah liat juga memiliki kapasitas tinggi untuk menyimpan air, sehingga digunakan untuk tempat penyimpanan air di awal masehi hingga sekarang. Tanah liat sendiri memiliki beberapa jenis dari komposisi mineralnya. Beberapa di antaranya, yaitu tanah liat kaolin, tanah liat *earthenware*, dan tanah liat *stoneware*.

2.4.1 Tanah Liat Kaolin

Tanah liat kaolin atau dikenal sebagai tanah liat Cina adalah tanah liat dengan tekstur halus dan umumnya berwarna putih. Mineral kaolinite yang merupakan silikat aluminium ada di dalam tanah liat ini, sehingga kandungan besinya sangat rendah dan membuatnya memiliki warna putih. Tanah liat ini umumnya dipakai sebagai bahan dasar keramik untuk guci karena kualitasnya yang tinggi dan daya tahan yang baik setelah dibakar pada suhu tinggi. Selain itu, bahan kaolin ini juga banyak digunakan di dunia medis sebagai obat diare karena kemampuannya menyerap zat-zat yang mengiritasi lambung. Dunia

kosmetik juga banyak memakai kaolin sebagai masker wajah karena kemampuannya untuk menyerap minyak berlebih dan mengatasi iritasi kulit.

Gambar 2.4.1.1 Tanah Liat Kaolin

2.4.2 Tanah Liat *Earthenware*

Tanah liat *earthenware* adalah tanah liat dengan kandungan berbagai mineral, seperti besi yang menyebabkannya memiliki warna yang berbeda sesuai dengan kandungan utamanya. Terkadang saat basah, warnanya bisa merah, kuning, oranye, atau abu-abu muda. Selain itu, kandungannya ini membuat tanah liat *earthenware* mudah dibentuk. Tanah liat ini memiliki tekstur lengket dan elastis ketika basah. Setelah dikeringkan dan dibakar, tanah liat *earthenware* menjadi keras dan tahan lama. Tanah liat ini sering digunakan untuk membuat guci, pot tanaman, piring, mangkuk, dan tembikar.

Gambar 2.4.2.1 Tanah Liat Earthenware

2.4.3 Tanah Liat *Stoneware*

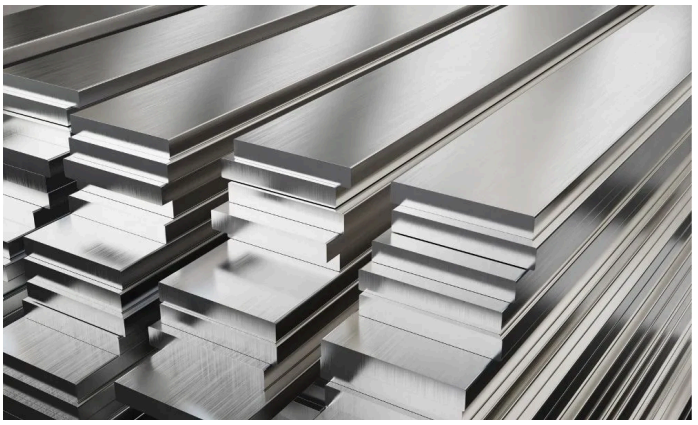
Tanah liat *stoneware* adalah tanah liat yang keras dan tahan lama. Tanah liat ini memiliki titik pembakaran yang tinggi, di antara 1.204°C sampai 1.280°C. *Stoneware* memiliki sedikit pori-pori, sehingga tidak mudah menyerap air dan lebih tahan terhadap kerusakan akibat kelembaban. Warnanya didominasi abu-abu atau cokelat dan bisa berbeda warna setelah dibakar karena adanya teknik *glazing* yang berbeda-beda. *Stoneware* umumnya dipakai untuk membuat produk keramik sehari-hari, seperti piring, mangkuk, dan cangkir.

Gambar 2.4.3.1 Tanah Liat Stoneware

2.5 Pengertian *Stainless Steel*

Stainless steel atau yang dikenal dengan baja tahan karat adalah jenis logam yang dipadukan dari beberapa bahan, sehingga tahan terhadap korosi dan noda. Bahan ini terdiri dari 10,5% kromium, nikel, dan molybdenum. Kromium akan menyebabkan terbentuknya lapisan oksida di permukaan logam yang melindunginya dari proses oksidasi yang dapat menyebabkan karat. Selain itu, *stainless steel* memiliki sifat termal, sehingga bisa menjaga suhu cairan di permukaannya. Contohnya, pada termos, dua lapisan *stainless steel* dengan ruang vakum di tengahnya akan menjadi isolator termal, sehingga mengurangi transfer panas antara isi termos dan lingkungan luar. Ini

menyebabkan suhu barang di dalamnya bisa konstan selama berjam-jam. *Stainless steel* banyak digunakan untuk peralatan dapur dan rumah tangga, seperti panci, wajan, sendok, dan garpu. Selain itu, dipakai sebagai bahan untuk alat bedah karena sifatnya yang tidak reaktif dan mudah disterilkan. Bahan ini juga banyak dilihat di komponen otomotif karena ketahanannya terhadap suhu tinggi.



Gambar 2.5.1 Stainless Steel

2.6 *Beehive Air Conditione*r

2.6.1 Pengertian *Beehive Air Conditione*r

Beehive Air Conditioner adalah salah satu inovasi pendingin ruangan yang dapat mengatasi masalah-masalah yang disebabkan oleh AC biasa seperti pemborosan energi listrik dan pemancaran zat berbahaya. *Beehive Air Conditione*r sendiri datang dari ide seorang arsitek India bernama Monish Siripurapu yang menemukan perusahaan *Ant Studio*. Bersama anggota timnya, beliau membuat desain bernama "*the Beehive*". *Beehive Air Conditione*r ini pertama digunakan di suatu pabrik elektronik berlokasi di Noida, India. Pabrik tersebut memiliki mesin genset (generator diesel) yang berukuran besar, sehingga iklim tropis India semakin terasa parah karena panas yang dikeluarkan oleh mesin itu. Panas pada mesin itu berdampak pada kesehatan dan produktivitas para pekerja pabrik. Para pekerja mulai merasa sakit kepala

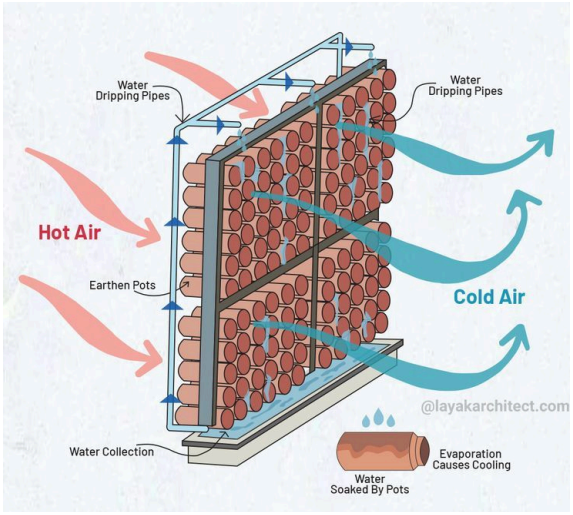
dan kecenderungan untuk mual. Ini mendorong Monish untuk berinovasi membuat sistem pendingin udara alami dengan konsep evaporatif (*evaporative cooling)* yang diadaptasi dari sistem pendinginan tradisional, yaitu *Matka.*

Gambar 2.6.1.1 Beehive Air Conditioner

2.6.2 Cara Kerja *Beehive Air Conditione*r

Beehive Air Conditioner mengambil inspirasi dari *Matka* namun diterapkan dengan prinsip yang terbalik. Apabila pada *Matka,* air di dalam pot tanah liat dibuat semakin dingin karena panas di dalamnya evaporasi, maka pada *Beehive Air Conditioner,* udara di sekitar pot tanah liat didinginkan dengan diserapnya panas oleh air yang mengalir di tanah liat. Pada desain *Beehive Air Conditioner*, Monish menggunakan air yang didaur ulang terus untuk mengaliri pot-pot tanah liat yang dibentuk seperti sarang lebah. Saat tanah liat disusun seperti sarang lebah dan dialiri air dari atas, maka pot-pot tersebut akan basah dan pori-porinya dipenuhi air. Setelah itu, udara panas akan memasuki salah satu lubang dari pot tanah liat dan masuk melalui rongga-rongga tanah liat. Saat udara melewati rongga, maka energi panas dari udara akan dipindahkan ke air di pori-pori tanah liat untuk merubah bentuk zat dari cair ke gas demi melewati proses evaporasi. Ini menyebabkan udara yang keluar dari sisi rongga lainnya dingin. Dengan air yang mengalir

terus-menerus dan evaporasi yang terjadi di dalam pori-pori tanah liat terus berulang, maka udara di sekitar *Beehive Air Conditioner* akan semakin dingin.



Gambar 2.6.2.1 Ilustrasi Cara Kerja Beehive Air Conditioner

2.6.3 Manfaat *Beehive Air Conditione*r

Beehive Air Conditioner dioperasikan dengan listrik untuk menyalakan pompa air saja agar air bisa mengalir secara otomatis. Hal ini berarti *Beehive Air Conditioner* dapat digunakan sebagai pendingin ruangan yang lebih hemat energi dibandingkan dengan pendingin ruangan biasanya. Berdasarkan situs *Clean Energy Challenge,* sistem pendingin udara *Beehive* mengkonsumsi listrik sebesar 3 kWh saja, yang berarti 40% lebih sedikit dibandingkan dengan sistem udara lainnya.

Ant Studio, tim dibalik design inovasi ini mengatakan bahwa inovasi ini dapat mengurangi suhu udara yang saat itu 42°C menjadi 36°C, membuat perbedaan sebesar 6°C pada hari yang panas. Aliran udara di sekitar lokasi instalasi juga berkurang dari 10 meter per detik menjadi 4 meter per detik, sehingga dapat memberikan kenyamanan termal. Selain hemat listrik, *Beehive*

Air Conditioner dibuat dengan bahan yang ramah lingkungan yaitu tanah liat dan dioperasikan menggunakan air yang juga ramah lingkungan. Inovasi ini tidak memancarkan gas atau zat yang berbahaya bagi bumi, justru sebaliknya akan mengurangi beredarnya zat berbahaya di udara jika mampu menggantikan AC biasa.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini berada di rumah Gabriella Lawson yang berlokasi di Jalan Rungkut Mejoyo Utara VII AD-6, Kelurahan Kali Rungkut, Kecamatan Rungkut, Surabaya, Jawa Timur, 60293, berkoordinat sekitar 7°18' LS, 112°46' BT. Lokasi ini berada di kawasan suburban, di mana sebagian besar berupa area permukiman dengan akses yang relatif dekat ke kawasan industri Rungkut dan pusat kota Surabaya. Rata-rata ketinggian Rungkut Mejoyo adalah sekitar 3–7 meter di atas permukaan laut. Dominasi lahan digunakan untuk perumahan kelas menengah ke atas di wilayah Rungkut Mejoyo, area sekitar memiliki pusat perbelanjaan, restoran, dan toko lokal, dekat dengan kawasan industri Rungkut (Rungkut Industri).

Penelitian ini akan mulai dilakukan di minggu kedua Desember 2024 hingga minggu kedua Januari 2025. Di waktu pelaksanaan ini, curah hujan cenderung tinggi karena berada di musim hujan dengan 20-50 mm hujan per hari dan kelembaban 81%. Di musim ini, suhu rata-rata berada di 27,8°C dan durasi matahari 43%.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

1. Gergaji
2. Pompa air submersible 100W
3. Solder
4. Palu

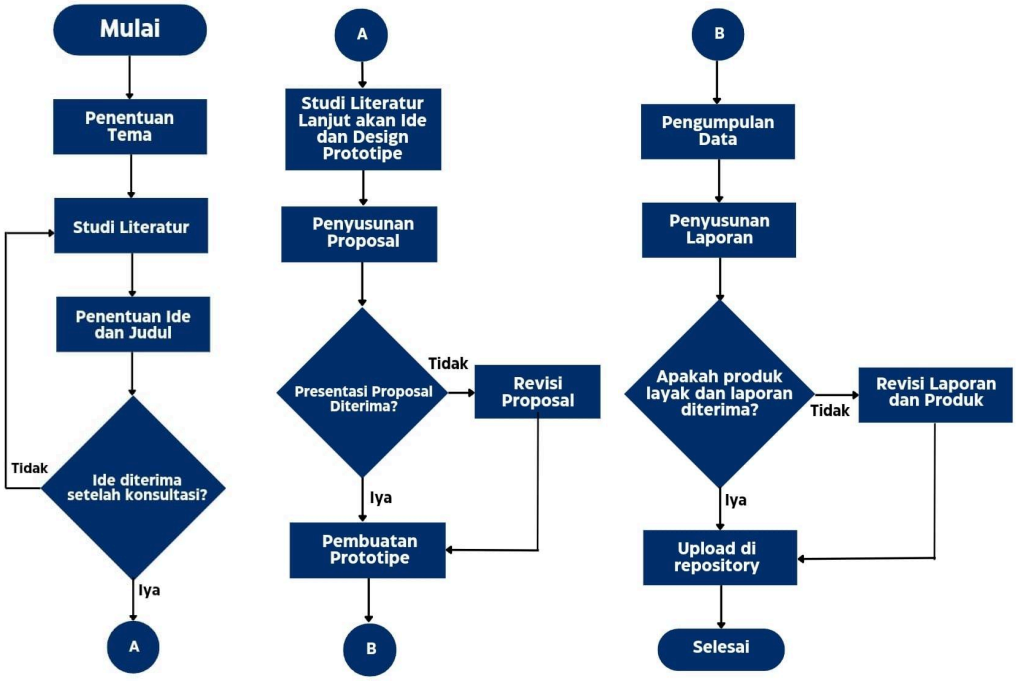
3.2.2 Bahan

1. Pot tanah liat (diameter dalam 5 cm dan 8 cm)
2. Kawat 2 meter
3. Bak diameter 70 cm
4. Bak diameter 50 cm

5. Pipa paralon 1,5 m
6. Stainless steel
7. Kawat Galvanis
8. Kayu
9. Paku

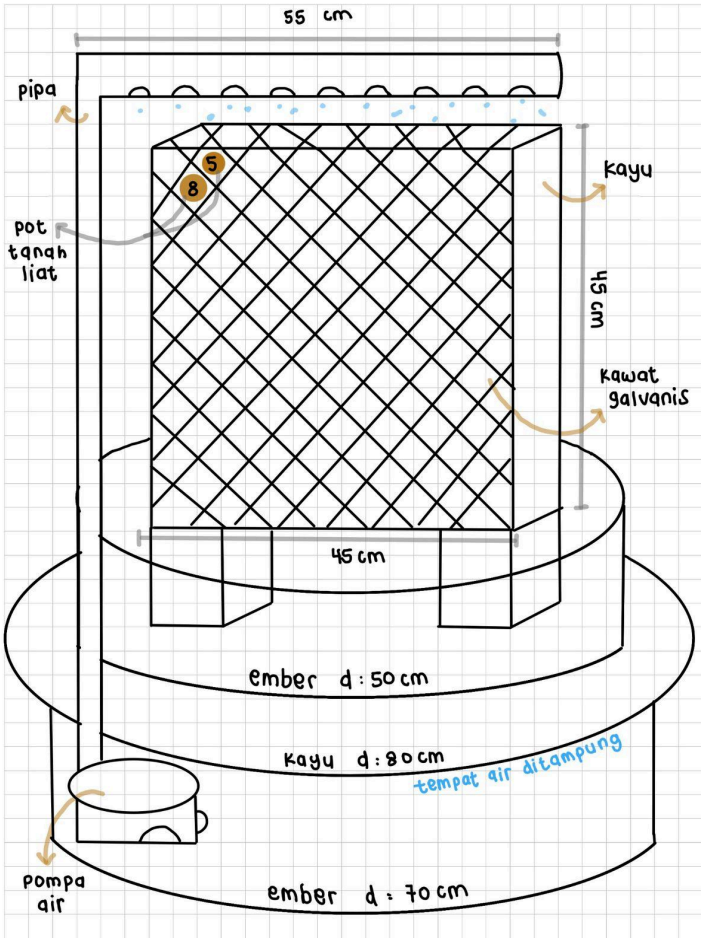
3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian



3.3.2 Penjelasan Prototipe

3.3.2.1 Gambar Prototipe



Gambar 3.3.2.1.1 Prototipe Beehive Air Conditioner

3.3.2.2 Langkah-Langkah Pembuatan Prototipe

1. Potonglah papan kayu dengan panjang dan lebar 45 x 5 cm sebanyak 8 buah (jadi total membutuhkan papan kayu 45 x 40 cm).
2. Ambilah 4 potongan papan kayu tersebut dan buatlah jadi bentuk persegi dengan menyambungkan menggunakan paku dan palu. Buatlah total 2 persegi untuk sisi depan dan belakang dengan 4 kayu per persegi.
3. Pasanglah paku menggunakan palu untuk mengaitkan kawat di sisi dalam persegi kayu, pastikan paku tidak masuk sampai dalam dan diberi

sisa jarak untuk melilitkan kawat. Tiap sisi kayu dipasang 5 paku dengan jarak 9 cm per paku.

4. Pakai kawat galvanis, lilitkan secara diagonal mulai dari pojok kiri atas disambungkan ke pojok kanan bawah, lalu paku kedua dari kiri sisi atas kayu disambungkan ke paku kedua dari bawah sisi kanan kayu, dan seterusnya lalu dibalik. Ujung pojok kanan atas disambungkan ke ujung pojok kiri bawah dan seterusnya.
5. Buatlah rangkaian tersebut sebanyak 2 kali karena ada 2 persegi.
6. Setelah 2 rangkaian tersebut jadi, siapkan pipa paralon sepanjang 155 cm, lalu potong pipa jadi 2 (1 meter dan 55 cm) dan disambung menggunakan fitting PVC Knee (penyambung pipa ke samping) untuk dibuat berbentuk huruf L terbalik.
7. Berilah bolongan kecil pada pipa 55 cm dengan solder sebanyak 9 bolongan dengan jarak 5 cm sebagai jalan keluar air.
8. Siapkan bak berdiameter 70 cm dan berilah lapisan stainless steel pada pinggir bak, setelah itu isi dengan air sebanyak setengah dari bak, dan terakhir pasanglah pompa air submersible di dalamnya.
9. Ambilah papan kayu tebal yang bisa menutupi seluruh diameter bak, dan di ujung diberi bolongan sebagai jalur pipa air dan kabel pompa, dan beri lubang di tengah kayu untuk jalur air dari bak atas.
10. Sambungkan pipa air yang sudah di rancang tadi dengan ujung pipa 1 meter yang disambungkan ke tempat keluarnya air di pompa air melalui bolongan kayu.
11. Ambilah bak yang berdiameter 50 cm yang dasarnya sudah dilubangi oleh solder dan diletakan di atas papan kayu tersebut.

12. Ambilah balok kayu untuk diletakan di dalam bak sebagai penyangga kerangka beehive.
13. Letakkan 2 kerangka beehive tersebut berhadapan depan belakang.
14. Masukkan pot secara horizontal ke dalam setiap bolongan hasil anyaman kawat dengan depan belakang disangga oleh kedua kerangka.
15. Tancapkan kabel pompa ke stop kontak agar pompa air bisa menyala dan mulai menyedot air. Lalu, disalurkan ke atas melalui pipa dan dijatuhkan ke beehive yang sudah dipenuhi pot tanah liat.
16. Tunggulah beberapa jam untuk melihat hasil dari alat tersebut.

3.3.2.3 Cara Kerja Prototipe

Kelompok kami terinspirasi dari *Beehive Air Conditioner* yang merupakan karya dari Ant Studio. Oleh karena itu, *Beehive AC* karya kami akan mengadopsi cara kerja dari alat sesungguhnya. Namun, kami juga menganalisa bahwa ada inovasi yang bisa ditambahkan untuk meningkatkan performa penurunan suhu dari pendingin ruangan alami ini.

Seperti *Beehive Air Conditioner* sesungguhnya, kami akan mengaliri air ke pot-pot tanah liat di bawahnya. Pertama-tama, air di bak besar atau daerah penampung tertutup akan disedot oleh pompa air listrik yang diletakkan di bak bawah juga. Lalu, pompa tersebut akan terhubung pada 2 pipa yang membentuk huruf “L” terbalik. Air akan diluncurkan ke atas dan didistribusikan ke pot tanah liat lewat pipa mendatar yang sudah dilubangi. Air tersebut akan diserap oleh pori-pori tanah liat. Lalu, air sisanya akan ditampung di bak kecil atau daerah penampung terbuka. Bak kecil akan memiliki beberapa lubang di dasarnya untuk meneruskan air ke bak besar yang atasnya ditutupi oleh kayu untuk menciptakan ruang kedap

udara. Bak besar ini akan mengandung inovasi kami, yaitu bak besar atau daerah penampung tertutup ini akan kami lapisi dengan bahan *stainless steel* untuk menjaga suhu air tetap dingin. Dengan suhu air yang dingin, maka secara otomatis udara di sekitarnya juga akan dingin. Jadi, udara dingin tidak hanya dari proses evaporasi, tapi juga didukung oleh suhu dingin yang sudah dimiliki oleh air yang mengalir.

Prinsip pendinginan suhu *Beehive Air Conditioner* kami tetap mengambil prinsip *evaporative cooling*. Saat udara panas memasuki salah satu lubang pot, maka udara tersebut akan dialirkan ke lubang lainnya. Selama proses pengaliran udara melewati pot, akan terjadi pergantian energi panas dari udara ke air-air yang berada dalam pori-pori pot tanah liat. Energi panas ini bisa berpindah karena air di dalam pot tanah liat perlu menjalani proses evaporasi yang membutuhkan energi termal untuk mengubah wujud zatnya dari cair menjadi gas. Selain itu, panas akan berpindah dari suhu panas ke suhu yang lebih dingin. Dengan energi panas yang berpindah, akhirnya udara yang keluar menjadi dingin dan daerah sekitar akan memiliki suhu yang menurun.

3.3.3 Variabel penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang dapat diukur, diamati, atau dimanipulasi dalam sebuah penelitian. Ada 3 jenis variabel dalam penelitian yang kami lakukan, di antaranya:

1. Variabel bebas: Diameter pipa tanah liat (rasio), Bak *stainless steel* (nominal), waktu (interval)
2. Variabel kontrol: Lingkungan (nominal)
3. Variabel terikat: Suhu udara (interval)

3.4 Metode dan Analisis Data

3.4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang kami gunakan yaitu sebagai berikut.

1. Studi Pustaka, membuat kajian pustaka berdasarkan sumber referensi terkait masalah yang dibahas
2. Membuat prototipe desain
3. Mengumpulkan data variabel terikat
4. Mengolah data
5. Menyajikan hasil analisa

3.4.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan yaitu teknik analisis data kuantitatif. Kami mengumpulkan data berupa angka atau nilai numerik yang dapat dihitung, dibandingkan, dan dianalisis secara objektif. Dengan ini, kami bisa menjawab dan memberi kesimpulan terhadap rumusan masalah.

3.4.3 Tabel Pengolahan Data

	Bak terbuka				
Suhu awal					
Jumlah waktu	3 menit	6 menit	9 menit	12 menit	15 menit
Diameter pot sama	…°C				
Diameter pot berbeda					

Tabel 3.4.3.1 Pengolahan Data Bak Terbuka

	Bak tertutup				
Suhu awal					
Jumlah waktu	3 menit	6 menit	9 menit	12 menit	15 menit
Diameter pot sama	…°C				
Diameter pot berbeda					

Tabel 3.4.3.2 Pengolahan Data Bak Tertutup

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

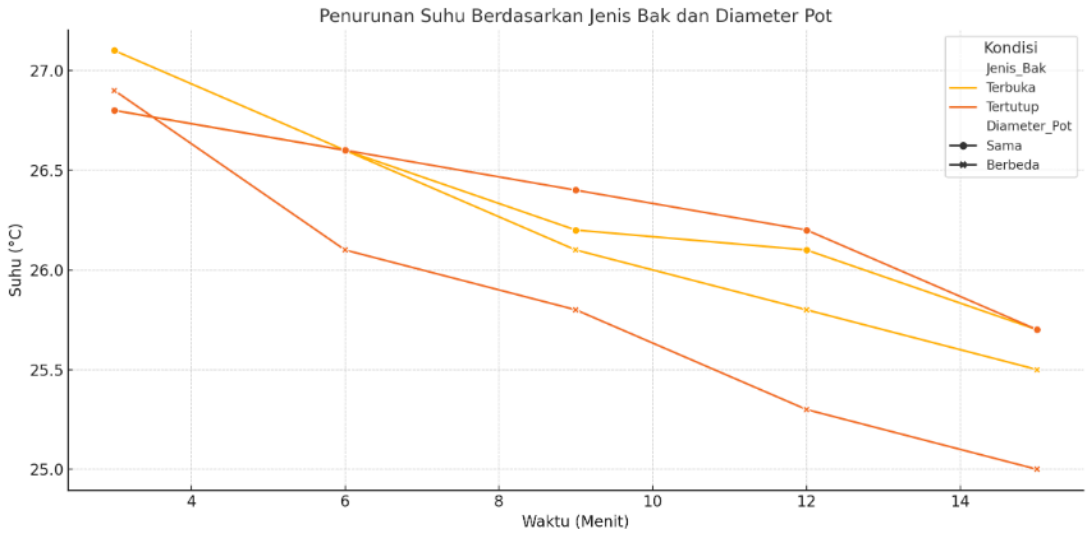
4.1 Hasil Penelitian

	Bak terbuka				
Suhu awal	27,5° (berlaku untuk semua)				
Jumlah waktu	3 menit	6 menit	9 menit	12 menit	15 menit
Diameter pot sama	27,1°C	26,6°C	26,2°C	26,1°C	25,7°C
Diameter pot berbeda	26,8°C	26,6°C	26,1°C	25,8°C	25,5°C

Tabel 4.1.1 Data percobaan bak terbuka

	Bak tertutup				
Suhu awal	27°C (diameter sama), 27,9°C (diameter beda)				
Jumlah waktu	3 menit	6 menit	9 menit	12 menit	15 menit
Diameter pot sama	26.8°C	26.6°C	26.4°C	26.2°C	25.7°C
Diameter pot berbeda	26.9°C	26.1°C	25.8°C	25.3°C	25°C

Tabel 4.1.2 Data percobaan bak tertutup



Gambar 4.1.1 Grafik Penurunan Suhu Berdasarkan Jenis Bak dan Diameter Pot

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.956617749							
R Square	0.915117517							
Adjusted R Square	0.899202051							
Standard Error	0.179973956							
Observations	20							
ANOVA								
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*			
Regression	3	5.58725	1.862416667	57.49863322	8.65073E-09			
Residual	16	0.51825	0.032390625					
Total	19	6.1055						
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	27.4675	0.11021109	249.2262801	3.79937E-30	27.23386293	27.70113707	27.23386293	27.70113707
Waktu	-0.115833333	0.00948546	-12.21167227	1.59637E-09	-0.135941611	-0.095725056	-0.135941611	-0.095725056
Diameter	-0.35	0.0804868	-4.348539131	0.000497727	-0.520624394	-0.179375606	-0.520624394	-0.179375606
Jenis Bak	-0.17	0.0804868	-2.112147578	0.050748254	-0.340624394	0.000624394	-0.340624394	0.000624394

Nilai yang mendekati 1 menunjukkan hubungan variabel bebas dan terikat yang kuat

91,5% artinya variasi suhu bisa dijelaskan oleh variabel bebas (waktu, suhu, dan jenis bak)

Nilai F yang besar dan Significance F kecil mengartikan model signifikan secara statistik/ variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat

Perbedaan suhu rata-rata antara diameter sama dan beda adalah 0,35°C

Perbedaan suhu rata-rata antara jenis bak adalah 0,17°C

Nilai P-value yang rendah, di bawah 0,05 (p<0,05) menunjukkan bahwa waktu dan diameter berdampak signifikan terhadap penurunan suhu

Nilai P-value yang dekat dengan p (0,05) menunjukkan ada hubungan namun lemah

Tabel 4.1.3 Hasil Regresi Data

Berdasarkan percobaan yang telah kami lakukan, kami menemukan bahwa penggunaan tanah liat dengan diameter yang berbeda, yaitu 6,5 cm dan 8 cm beserta lapisan penampung atau bak tertutup adalah cara paling efektif dalam menurunkan suhu, dengan permulaan 27,9°C menuju 25°C yang menandakan adanya penurunan sebanyak 2,9°C. Kemudian, diikuti oleh tanah liat dengan diameter berbeda namun bak terbuka dengan penurunan 2°C. Ketiga, tanah liat dengan diameter sama, yaitu 8 cm dan bak terbuka menyebabkan penurunan suhu sebesar 1,8°C. Terakhir, tanah liat dengan diameter sama dan bak tertutup menyebabkan penurunan sebesar 1,3°C. Jadi, bisa dilihat bahwa cara paling efektif dalam menurunkan suhu dengan menggunakan tanah liat berdiameter berbeda. Namun, penggunaan bak terbuka atau tertutup dipengaruhi oleh jenis diameter yang digunakan.

4.2 Pembahasan

Dari hasil penelitian ini, kami dapat mengetahui bahwa percobaan dengan pot berdiameter berbeda-beda dan bak tertutup adalah yang paling efektif. Penggunaan pot yang diameternya berbeda-beda memungkinkan 15 pot untuk masuk dalam kerangka yang lebarnya 50 cm x 50 cm. Sedangkan, penggunaan pot berdiameter sama hanya memungkinkan 11 pot untuk masuk. Hal ini berarti percobaan dengan pot

yang lebih banyak menghasilkan luas permukaan tanah liat yang lebih besar, sehingga permukaan untuk air dalam pori-pori tanah liat lebih besar. Dengan pori-pori yang banyak, akhirnya saat udara panas masuk, air di dalam pori-pori bisa membawa panas dan berevaporasi.

Di sisi lain, pot yang lebih sedikit menyebabkan luas permukaan tanah liat juga semakin kecil, yang berarti pori-pori tanah liat terbatas. Jadi, saat udara panas melewati pot tanah liat ini, air yang berada di pori-pori tidak bisa membawa seluruh panas di udara, yang menyebabkan penurunan suhu lebih lambat.

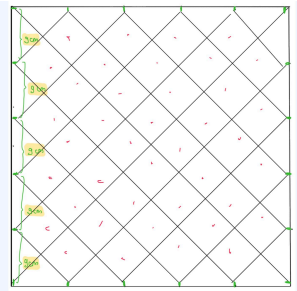
Dalam percobaan ini, penggunaan bak juga berperan besar dalam penurunan suhu. Kami menggunakan bak plastik untuk menjadi bak terbuka, yang berarti bak tersebut memiliki sirkulasi udara. Sedangkan, untuk bak tertutup, kami menggunakan bak *stainless steel* yang permukaan atasnya tertutup. *Stainless steel* sendiri adalah konduktor logam yang sering digunakan di berbagai suhu karena kemampuannya untuk menghantarkan panas maupun menjaga suhu dingin. Jadi, suhu cairan di dalam bak *stainless steel* lah yang akan diperkuat. Jika suhu air rendah, maka bak akan membuat air semakin dingin. Namun, jika suhu air tinggi, maka bak akan membuat panas tersebut terperangkap untuk menjaga kepanasan air.

Prinsip inilah yang menjadi alasan bak tertutup bisa lebih efektif saat pot berdiameter berbeda, tapi saat pot berdiameter sama, bak terbuka yang lebih efektif. Saat pot berdiameter berbeda digunakan, evaporasi dapat dilakukan sepenuhnya seperti dijelaskan di paragraf pertama. Ini menyebabkan, air yang mengalir ke bawah bersuhu rendah karena panas udara sudah dibawa oleh air dalam pori-pori tanah liat. Akhirnya, air bersuhu dingin saat berada di bak tertutup semakin dingin, sehingga penurunan suhu semakin drastis karena sistem yang dingin.

Sedangkan, saat diameter pot sama, masih ada panas yang terbawa oleh air yang mengalir ke bak karena evaporasi air di pori-pori belum sepenuhnya dilakukan. Ini menyebabkan, panas dalam air di bak *stainless steel* semakin terperangkap karena tidak adanya sirkulasi udara. Akhirnya, air yang mengalir di sistem semakin panas, sehingga penurunan suhu tidak drastis.

Oleh karena itu, metode yang paling baik untuk diterapkan adalah dengan menggunakan pot berdiameter berbeda-beda dan bak penghantar panas yang tertutup. Dalam kehidupan nyata, *beehive air conditioner* ini bisa diwujudkan menggunakan kerangka yang lebih besar agar hasil bisa lebih optimal. Dalam percobaan ini, kerangka 50 cm x 50 cm hanya untuk sebuah percobaan kecil yang hasilnya tidak terlihat begitu signifikan di kehidupan nyata. Namun, jika benar-benar dibuat dengan mempertimbangkan perbandingan ukuran kerangka dan lingkungan, alat ini akan bekerja dengan baik.

Dalam percobaan ini tentunya ada banyak kendala dan masalah yang dialami oleh penulis. Dalam mengukur kerangka, sketsa yang dibuat secara digital tidak sesuai ekspektasi jika dibandingkan dengan kenyataan. Pada awalnya kami merencanakan kerangka dengan ukuran 45 cm x 45 cm, tapi ternyata muncul kendala bahwa diperlukan 40 pot tanah liat. Perlu diingat bahwa 1 pot tanah liat memiliki berat sekitar 450 gram, sehingga jika diakumulasi 40 pot tanah liat akan memiliki berat 18 kg yang menjadi masalah saat kerangka kayu tidak kuat menahan bebannya.



Gambar 4.2.1 Sketsa Awal Kerangka

Akhirnya, kami pun berencana untuk mengecilkan kerangka dan membeli 30 pot tanah liat berukuran 8 cm dan 15 pot berukuran 6,5 cm. Namun, karena kurangnya ketelitian penulis, maka terjadi kesalahan ukuran yang harusnya diinginkan 36 cm x 36 cm, justru menjadi 45 cm x 36 cm, yang menyebabkan adanya kesulitan pada pemasangan kawat saat percobaan aslinya.

Pada percobaan asli karena adanya ketebalan kayu yang harus dihitung menyebabkan ukuran kerangka tidak sesuai dengan sketsa, akhirnya menjadi 50 cm x 50 cm. Namun, dengan ukuran yang sudah lebih besar dibandingkan sketsa, ternyata pot yang bisa dimasukkan lebih sedikit dibandingkan rencana awal 30 pot. Ini dikarenakan adanya ketebalan kawat sebesar 2,8 mm yang tidak diperhitungkan dan ukuran pot yang terkadang melebihi 6,5 cm maupun 8 cm. Karena batas pengerjaan kurang lebih 1 bulan dan proses dari pembuatan kerangka lama, dimulai dari pemotongan kayu hingga pengikatan kawat, maka kami terpaksa menggeletakkan lebih dari 15 pot untuk menggunakan kerangka yang sama. Ini pun cukup dikecewakan karena harga pot yang mahal, di mana 1 pot bisa berharga Rp 18.000,00 - Rp 21.000,00. Dari segi harga pun, lebih tinggi dari yang kami perkirakan karena untuk mendapatkan ukuran tanah liat yang kami inginkan diperlukan pencarian yang cukup sulit, di mana akhirnya kami menemukan yang cocok, namun memakan ongkos kirim yang besar.

Selain itu, air yang mengalir dari atas pipa tidak bisa mengalir dengan lancar sesuai keinginan kami. Pada nyatanya karena mengandalkan lem pipa untuk penghubungnya, akhirnya air merembes dan menyebabkan kekacauan dan kebasahan pada penulis. Arah dari air yang tidak menentu ini menyebabkan adanya rembesan keluar bak, sehingga air untuk dialirkan habis, yang mengharuskan bak diisi secara manual selama beberapa menit sekali.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, kami bisa menarik kesimpulan bahwa *Beehive Air Conditioner* memang memengaruhi perubahan suhu. Bahkan, saat dicoba bisa menurunkan suhu sampai sebesar 2,9°C. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa efektivitas sistem pendingin udara dipengaruhi oleh kondisi bak dan ukuran diameternya. Dengan diameter yang berbeda akan menghasilkan penurunan suhu yang lebih drastis. Di sini, lapisan penampung atau bak tertutup juga mempengaruhi hasil penurunan suhu, di mana bila kita menggunakan pot tanah liat berdiameter beda, maka penampung yang cocok digunakan adalah bak tertutup. Sedangkan, saat digunakan pot tanah liat berdiameter sama, penampung yang cocok adalah bak terbuka yang memiliki sirkulasi udara. Jadi, berdasarkan hipotesis yang telah dibuat, bisa diketahui bahwa pada hipotesis butir pertama dan kedua, H1 diterima dengan adanya hubungan *Beehive Air Conditioner* terhadap suhu dan diameter komponen tanah liat pada perubahan suhu. Sedangkan, hipotesis butir ketiga yang menyatakan lapisan penampung tertutup *Beehive Air Conditioner* berpengaruh terhadap perubahan suhu yang drastis, H1 tidak bisa diterima karena kondisinya baru sesuai bila menggunakan diameter pot tanah liat berbeda. Sistem pendingin ini sangat cocok digunakan untuk mendinginkan lingkungan secara efisien, seperti lingkungan outdoor. Selain itu, desain *Beehive Air Conditioner* menjadikan sistem ini hemat energi dan mampu beradaptasi di berbagai kebutuhan lingkungan

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, kami menyarankan untuk peneliti selanjutnya untuk mendalami variabel lain yang dapat memengaruhi penurunan suhu seperti dari desain, komponen kerangka, dan bahan lain, contohnya menggunakan batu alam dan isolator termal. Bentuk kerangka pun bisa diganti dengan memikirkan kemudahan instalasi dari segi ukuran dan penempatan air bila dipasang di rumah warga, di mana di inspirasi awal menggunakan bentuk lingkaran dan di penelitian ini menggunakan bentuk kotak. Harapannya, dengan berfokus pada bentuk tersebut, *Beehive Air Conditioner* dapat digunakan secara luas dan efektif.

Di percobaan ini, kami melakukan penelitian di lingkungan terbuka, sehingga peneliti selanjutnya bisa mencoba melakukan penelitian di lingkungan tertutup (*indoor*) untuk menilai keefektifannya. Dengan langkah ini, maka bila memungkinkan *Beehive Air Conditioner* bisa mengganti penggunaan AC di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Buleleng. 2024. *Pemanasan Global (Global Warming)*. https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pemanasan-global-global-warming-76. Diakses pada 30 November 2024.

Ayuningtyas U, Yani M dan Maimunah S. 2020. *Emisi gas rumah kaca penggunaan listrik pada kereta rel listrik Jabodetabek dengan metode life cycle assessment. Badan Standardisasi Nasional*. ISSN: 1411-0822 | E-ISSN :2337-5833. Diakses pada 30 November 2024.

Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. *Rata-rata Kelembaban, Tekanan Udara, Temperatur, dan Penyinaran Matahari/ Surabaya Per Bulan.* https://surabayakota.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTcjMQ==/rata-rata-kelembaban--tekanan-udara--temperatur-dan-penyinaran-matahari-di-perak-i-surabaya-per-bulan.html . Diakses pada 23 November 2024.

Puspita, W. 2024. *Bukan Pakai AC, Begini Cara Bikin Rumah Sejuk Alami Tanpa Pendingin*. https://www.detik.com/properti/tips-dan-panduan/d-7344938/bukan-pakai-ac-begini-cara-bikin-rumah-sejuk-alami-tanpa-pendingin. Diakses pada 24 November 2024.

Maulana, J. 2024. *Pakai Atap 'Hijau' Punya Segudang Manfaat! Ini Daftarnya*. https://www.detik.com/properti/arsitektur/d-7549402/pakai-atap-hijau-punya-segudang-manfaat-ini-daftarnya. Diakses pada 20 November 2024.

Widyartanti, J. E. 2021. *Manfaat Atap Hijau dalam Merespons Iklim Tropis, Bikin Atap Lebih Awet.* https://idea.grid.id/read/092701007/manfaat-atap-hijau-dalam-merespons-iklim-tropis-bikin-atap-lebih-awet. Diakses pada 19 November 2024.

Jasa Vertical Garden.id. 2024. *Tanaman Daun Ivy untuk Solusi Taman Vertikal Desain Lanskap.*

https://jasaverticalgarden.id/daun-ivy-untuk-taman-vertikal/. Diakses pada 19 November 2024.

CNN Indonesia. 2021. *Mengenal Tanaman Hias Ivy dan Cara Merawatnya.* https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20210420150319-277-632293/mengenal-tanaman-hias-ivy-dan-cara-merawatnya. Diakses pada 20 November 2024.

Sudjarwo, E. 2015. *Pelajar SMA ini Terinspirasi Membuat AC dari Tanah Liat.* https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3060652/pelajar-sma-ini-terinspirasi-membuat-ac-dari-tanah-liat. Diakses pada 20 November 2024.

Saputra, D. 2023. *Pernah Dengar Beehive? Konon Bisa Dinginkan Rumah Tanpa AC Lho* https://www.detik.com/properti/arsitektur/d-7010002/pernah-dengan-beehive-konon-bisa-dinginkan-rumah-tanpa-ac-lho. Diakses pada 21 November 2024.

Rahmia, N. H. 2023. *Karakteristik dan Ciri-Ciri Tanah Liat: Pengertian serta Jenis-Jenis.* https://www.sonora.id/read/423756045/karakteristik-dan-ciri-ciri-tanah-liat-pengertian-serta-jenis-jenis#google_vignette. Diakses pada 29 November 2024

Anastasia, B. 2022. *5 Manfaat Kaolin Clay untuk Kulit Wajah dan Cara Menggunakannya.* https://www.alodokter.com/5-manfaat-kaolin-clay-untuk-kulit-wajah-dan-cara-menggunakannya. Diakses pada 29 November 2024
Mengenal Arti dan Kegunaan Stainless Steel

Sofia. 2023. *Termos Stainless, Teknologi yang Mampu Menjaga Suhu Minuman Hingga 24 Jam.* https://www.smsperkasa.com/blog/termos-stainless-teknologi-yang-mampu-menjaga-suhu-minuman-hingga-24-jam. Diakses pada 30 November 2024.

Tim Haibunda. 2023. *Mengenal Beehive, Sistem Pendingin Udara Alami Mirip Sarang lebah.* https://www.haibunda.com/moms-life/20231101121336-76-320055/mengenal-beehive-sistem-pendingin-udara-alami-mirip-sarang-lebah. Diakses pada 16 November 2024.

Antstudio. 2020. *Deki Cooling Installation.* https://ant.studio/beehive/mtqby6ivdkyudroyknv708m0ptyhco. Diakses pada 21 November 2024.

United Nations of Environmental Programme.2019. *Indian Architect Turns to Bees and Terracotta to Design Innovative Cooling System.* https://www.unep.org/news-and-stories/story/indian-architect-turns-bees-and-terracotta-design-innovative-cooling-system. Diakses pada 16 November 2024

SOLVE MIT. 2020. *COOLANT-BEEHIVE-Overview.* https://solve.mit.edu/challenges/circular-economy/solutions/9842. Diakses pada 25 November 2024.

Divekar, R. 2024. *Eco-Friendly Air Conditioners: Cool Ant's Beehive as a Case Study.* https://www.researchgate.net/publication/378500522_Eco-Friendly_Air_Conditioners_Cool_Ant's_Beehive_as_a_Case_Study. Diakses pada 25 November 2024.

Oxycom. 2023. *What is evaporative cooling and how does it work?.* https://www.oxy-com.com/what-is-evaporative-cooling. Diakses pada 24 November 2024.

LAMPIRAN

FORM KONSULTASI PEMBUATAN KARYA TULIS
SMA KATOLIK ST. LOUIS 1 SURABAYA

Judul Penelitian : Pemanfaatan Beehive Air Conditioner Sebagai Pendingin Alami

Pembimbing 1 : Irmina Indiyarti, S. Pd.

Pembimbing 2 : F. Arisi Subono, S.Si., M.Kes.

Penyusun : XII MIPA - 3 / Kelompok ....

Nama	No. Absen	Nama	No. Absen
1. Claudia Aurelin	07	4. Marco Sebastian	23
2. Ferrel Engleberd Arkazora	10	5. Mischa Sumargo	26
3. Gabriella Esther Lawson	11	6.	

No.	Hari, Tanggal	Kegiatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	Jumat, 18 Oktober 2024	Konsultasi Topik	
2	Rabu, 13 November 2024	Konsultasi Judul, Variabel	
3	Jumat, 22 November 2024	Konsultasi Bab I	
4	Rabu, 27 November 2024	Konsultasi keseluruhan Proposal	
5	Senin, 2 Desember 2024	Konsultasi Proposal Final	
6			

1. Lembar Konsultasi Pembuatan Karya Tulis Ujian Praktek

2. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 3 menit

3. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 6 menit

4. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 9 menit

5. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 12 menit

6. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak terbuka setelah 15 menit

7. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 3 menit

8. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 6 menit

9. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 9 menit

10. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 12 menit

11. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak terbuka setelah 15 menit

12. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 3 menit

13. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 6 menit

14. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 9 menit

15. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 12 menit

16. Hasil Percobaan dengan diameter pot sama dan bak tertutup setelah 15 menit

17. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 3 menit

18. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 6 menit

19. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 9 menit

20. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 12 menit

21. Hasil Percobaan dengan diameter pot berbeda-beda dan bak tertutup setelah 15 menit

22. Proses pembuatan kerangka 1

23. Proses membuat kerangka 2

24. Proses pemasangan kerangka

25. Proses mengambil data

26. Foto Kelompok Bersama Prototipe Diameter Berbeda dan Bak Terbuka