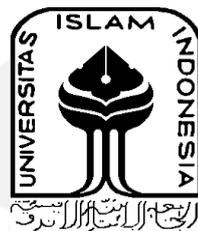


**PERANCANGAN SISTEM *SUCTION* PADA JALUR  
PEMBUANGAN KLOSET KONVENSIONAL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Sultan Muhammad Daffa**  
**No. Mahasiswa : 17525076**  
**NIRM : 2017023621**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini benar-benar karya hasil kerja saya sendiri yang sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya maupun tulisan yang diterbitkan oleh orang lain, kecuali kutipan yang secara tertulis saya jelaskan setiap sumbernya. Apabila dikemudian hari pernyataan saya tidak benar dan melanggar hak kekayaan intelektual, saya sanggup menerima hukuman atau sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Agustus 2021



Penulis

Sultan Muhammad Daffa

NIM. 17525076



**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN SISTEM *SUCTION* PADA JALUR  
PEMBUANGAN KLOSET KONVENSIONAL**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Sultan Muhammad Daffa**

**No. Mahasiswa : 17525076**

**NIRM : 2017023621**

Yogyakarta, 20 Agustus 2021

Dosen Pembimbing,



Dr. Eng. Risdiono, ST., M.Eng

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**  
**PERANCANGAN SISTEM *SUCTION* PADA JALUR**  
**PEMBUANGAN KLOSET KONVENSIONAL**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

**Nama : Sultan Muhammad Daffa**

**No. Mahasiswa : 17525076**

**NIRM : 2017023621**

Tim Penguji

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

Ketua



Tanggal : 27-09-2021

Donny Suryawan, ST., M.Eng

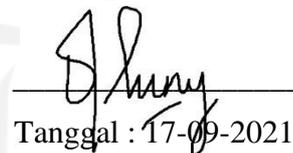
Anggota I



Tanggal : 27-09-2021

Finny Pratama Putera, ST., M.Eng

Anggota II



Tanggal : 17-09-2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



  
Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Laporan tugas akhir ini penulis buat sebagai persyaratan untuk mendapat gelar strata satu sekaligus penulis persembahkan untuk kampus dan bangsa tercinta sebagai bentuk kecintaan dan ambisi ingin memajukan pencapaian ini.*



## HALAMAN MOTTO

*“Maka jangan sekali-kali membiarkan kehidupan dunia ini memperdayakan kamu.”*

*(Q.S Fatir: 5)*

*“Pengetahuan yang baik adalah yang memberi manfaat. Bukan yang hanya diingat”*

*(HR. Imam Al-Syafi'i)*

*“when something is important enough, you do it even if the odds are not in your favor”*

*(Elon Musk)*

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaarakatuh.*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Perancangan Kloset Konvensional dengan Sistem Pembuangan Hisap pada Rancangan Toilet Portabel ini tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan dari laporan ini adalah untuk menyuarakan ide terkait permasalahan pada desain toilet portabel. Selain itu, laporan ini juga bertujuan untuk menambah wawasan tentang penggunaan toilet berbasis vakum bagi para pembaca dan juga bagi penulis.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir, penulis mengalami beberapa hambatan, namun atas dukungan dan bimbingan dari pembimbing, penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri teladan bagi seluruh umat manusia terutama bagi penulis sehingga termotivasi untuk dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendukung dan selalu memberikan do'a.
4. Bapak Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing dan Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh dosen dan staff karyawan Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Kami menyadari, proposal yang kami tulis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan saya nantikan demi kesempurnaan proposal ini. Akhir kata penulis berharap dengan adanya Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

***Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaarakatuh.***



## ABSTRAK

Bencana alam merupakan peristiwa yang tidak terduga karena terjadi atas dasar kehendak alam. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana, jumlah korban yang menderita dan mengungsi akibat bencana alam sangat tinggi. Sayangnya, pengungsian sebagai salah satu aspek terpenting dalam penanganan korban bencana tidak dapat mengakomodasi kenyamanan pengungsi. Selain itu, tempat pengungsian sering menjadi awal wabah penyakit seperti diare, ISPA, gatal-gatal kulit yang timbul akibat terbatasnya jumlah toilet dan ketersediaan air bersih. Umumnya, toilet untuk penanggulangan bencana alam berbentuk portabel. Namun karena posisi peletakkan tangki septik dibawah toilet, dimensi alas pada toilet menjadi tinggi. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna lansia dan anak-anak. Maka dari itu, dilakukannya penelitian terkait toilet dengan sistem pembuangan *suction* pada rancangan toilet portabel untuk mengubah posisi tangki septik sehingga dimensi alas pada toilet memiliki ketinggian yang normal. Perancangan ini dilakukan menggunakan metode *design thinking*, metode ini menerapkan observasi fenomena di lingkungan sekitar, penentuan masalah, penemuan ide, hingga proses analisis hasil pengujian produk. Hasil dari penelitian ini adalah perancangan toilet dengan desain portabel menggunakan kontainer yang memiliki dimensi ketinggian alas toilet yang rendah dengan peletakan tangki septik sejajar dengan toilet dan mampu melakukan penghematan air hingga 2 kali lipat dibandingkan dengan toilet konvensional berbasis gravitasi.

Kata kunci: Toilet Portabel, Tangki Septik, Kontainer, Pompa

## ABSTRACT

*Natural disasters are unpredictable events because they occur on the basis of the will of nature. Based on data from the National Disaster Management Agency, the number of victims suffering and displaced by natural disasters is very high. Unfortunately, evacuation as one of the most important aspects in handling disaster victims cannot accommodate the comfort of the refugees. In addition, refugee camps are often the start of disease outbreaks such as diarrhea, ARI, skin itching that occurs due to the limited number of latrines and the availability of clean water. Generally, toilets for natural disaster management are portable. However, due to the position of the septic tank under the toilet, the basic dimensions of the toilet are high. This causes inconvenience to elderly users and children. Therefore, a study was conducted on a toilet with a suction drain system in a portable toilet with a design to change the position of the septic tank so that the dimensions of the pedestal on the toilet have a normal height. This design is carried out using the design thinking method, this method applies to observing phenomena in the surrounding environment, determining problems, finding ideas, to the process of analyzing the results of product testing. The result of this research is the design of a toilet with a portable design using a container that has a low height dimension of the toilet seat with the placement of a septic tank parallel to the toilet and is able to save water up to 2 times compared to conventional gravity-based toilets.*

*Keywords: Portable toilet, Septic Tank, Container, Pump*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Pernyataan Keaslian .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
Abstract .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Notasi dan Singkatan .....	xvii
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5

2.2	Dasar Teori .....	7
2.2.1	<i>Design Thinking</i> .....	14
Bab 3 Metode Penelitian .....		15
3.1	Alur Penelitian .....	15
3.1.1	Emphatise .....	15
3.1.2	Define .....	16
3.1.3	<i>Ideate</i> .....	18
3.1.4	Purwarupa.....	20
3.1.5	Pengujian .....	24
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.2.1	Alat .....	25
3.2.2	Bahan .....	25
Bab 4 Hasil dan Pembahasan .....		27
4.1	Observasi .....	27
4.2	Pembahasan Masalah.....	28
4.3	Pengembangan Ide.....	28
4.3.1	Mekanisme Kerja.....	29
4.3.2	Pembuatan Desain .....	31
4.4	Perancangan produk.....	40
4.4.1	<i>Closet flange</i> .....	42
4.4.2	Kontroler.....	42
4.4.3	Anggaran Biaya .....	43
4.5	Pengujian .....	44

4.5.1	Kalibrasi .....	45
4.5.2	Pengujian Desain Pertama.....	46
4.5.3	Pengujian Desain Kedua.....	48
4.6	Perbandingan .....	52
Bab 5	Penutup.....	53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
Daftar Pustaka	.....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Spesifikasi Pompa yang Digunakan.....	21
Tabel 3-2 Data Rencana Anggaran Biaya Instalasi WC.....	23
Tabel 3-3 Data Rencana Anggaran Biaya Kontroler.....	24
Tabel 3-4 Data Total Rencana Anggaran Biaya.....	24
Tabel 3-5 Data Peralatan yang Digunakan.....	25
Tabel 3-6 Data Bahan yang Digunakan.....	25
Tabel 3-7 Data Rencana Anggaran Biaya Instalasi WC.....	43
Tabel 3-8 Data Rencana Anggaran Biaya Kontroler.....	44
Tabel 3-9 Data Total Rencana Anggaran Biaya.....	44
Tabel 4-1 Data Performa Kloset Konvensional.....	33
Tabel 4-2 Data Kebutuhan Pompa.....	36
Tabel 4-3 Data Spesifikasi Pompa.....	36
Tabel 4-4 Data Pengujian Pertama.....	47
Tabel 4-5 Data Kebutuhan Air Pengujian Kedua.....	50
Tabel 4-6 Data Pengujian dengan Sampel.....	51
Tabel 4-7 Data Pengujian dengan Mode <i>Extra Flush</i> .....	51
Tabel 4-8 Data Perbandingan antara Rancangan dan Sistem Lainnya.....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Data Peristiwa Bencana Alam di Indonesia pada Tahun 2021 .....	1
Gambar 2-1 Tangki Penampung Pembuangan Toilet Portabel .....	5
Gambar 2-2 Kloset dengan Sistem Pembuangan Berbasis Vakum .....	6
Gambar 2-3 Sistem Pembuangan Toilet berbasis Vakum .....	6
Gambar 2-4 Rumah Sakit Portabel .....	8
Gambar 2-5 Toilet Portabel .....	9
Gambar 2-6 Toilet Vakum .....	10
Gambar 2-7 Toilet Vakum .....	10
Gambar 2-8 Tampilan dari Pompa Sentrifugal .....	12
Gambar 2-9 Tangki Septik .....	13
Gambar 2-10 Tahapan <i>Design Thinking</i> .....	14
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 3-2 <i>Evac</i> Vakum Toilet .....	17
Gambar 3-3 Perbandingan kloset konvensional dengan kloset untuk vakum .....	17
Gambar 3-4 <i>JETS</i> Vakum Toilet .....	18
Gambar 3- 5 Desain Purwarupa .....	20
Gambar 3-6 Dimensi Kloset <i>Toto</i> seri <i>SW 420 JP</i> .....	20
Gambar 3-7 Ilustrasi <i>Closet Flange</i> .....	21
Gambar 3-8 Ilustrasi Skema Kerja Kontroler .....	22
Gambar 4-1 Ilustrasi Mekanisme Kerja Toilet Vakum .....	31
Gambar 4-2 Desain Perancangan Toilet berbasis <i>Suction</i> .....	31
Gambar 4-3 Desain Perancangan pada Penggunaan Kontainer .....	32

Gambar 4-4 Desain Tampak Samping Toilet berbasis <i>Suction</i> .....	32
Gambar 4-5 Dimensi Kloset Toto SW 420 JP.....	34
Gambar 4-6 Dimensi Rancangan Toilet .....	35
Gambar 4-7 Desain <i>Closet flange</i> .....	37
Gambar 4-8 Ilustrasi Skematik Kontroler .....	38
Gambar 4-9 Perbandingan Ukuran Mikrokontroler .....	38
Gambar 4-10 Skema Alur kerja Kontroler .....	39
Gambar 4-11 Desain Skematik Kontroler .....	39
Gambar 4-12 Ilustrasi Skema Kontroler dengan Komponen .....	40
Gambar 4-13 Sistem Pembuangan berbasis <i>Suction</i> .....	40
Gambar 4-14 Desain Penutup Lubang <i>Flush</i> .....	41
Gambar 4-15 <i>Solenoid Valve</i> sebagai Pembilas Otomatis.....	41
Gambar 4-16 Purwarupa Produk .....	41
Gambar 4-17 Perancangan <i>Closet flange</i> .....	42
Gambar 4-18 Rancangan Kontroler.....	42
Gambar 4-19 Pembilasan Permukaan Wadah Kloset dengan Debit 0,3 L/detik..	45
Gambar 4-20 Desain Perancangan Pertama (A) dan Kedua (B) .....	46
Gambar 4-21 Purwarupa dan Perpipaannya untuk Diujikan .....	47
Gambar 4-22 Ilustrasi Jalur Pembuangan pada Kloset.....	48
Gambar 4-23 Desain Perancangan Pertama (A) dan Kedua (B) .....	49
Gambar 4- 24 Udara Keluar melalui Lubang Kloset.....	49
Gambar 4-25 Purwarupa dan Perpipaannya untuk Pengujian Kedua.....	50
Gambar 4-26 Hasil Pembuangan Kotoran setelah Terhisap Pompa.....	52

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q	= Debit
A	= Luas Penampang
r	= Jari-jari Lingkaran
D	= Diameter Lingkaran
v	= Kecepatan Aliran Air
V	= Volume
t	= Waktu
$\pi$	= Pi
L	= Liter
s	= Sekon
m	= Meter
mm	= milimeter
cm	= centimeter
WC	= <i>Water Closet</i>
CAD	= <i>Computer Aided Design</i>
PCB	= <i>Printed Circuit Board</i>
USB	= <i>Universal Serial Bus</i>
PLA	= <i>Polylactid Acid</i>
G-Code	= <i>Geometric Code</i>
HPL	= <i>High Pressure Laminated</i>
LED	= <i>Light Emitting Diode</i>

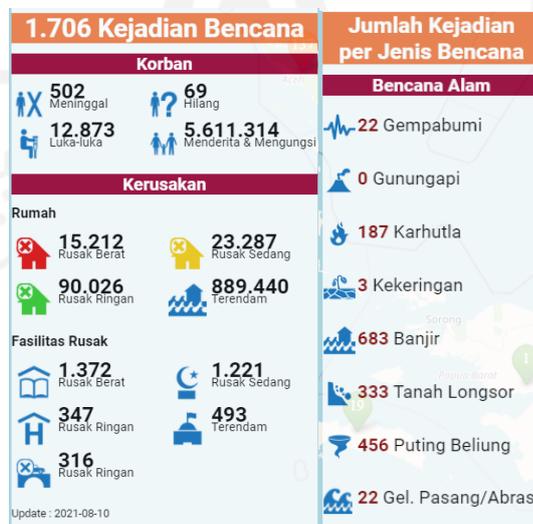
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara geografis, Indonesia berada diantara dua benua dan dua samudera, dilintasi oleh dua jalur pegunungan dan titik pertemuan tiga lempeng tektonik yang menyebabkan potensi terjadinya bencana alam di Indonesia yang sangat tinggi. Bencana alam yang terjadi akan menimbulkan banyak kerugian baik materil, harta dan benda. Selain itu, dapat menimbulkan efek psikis yang akan bersifat berkepanjangan (Asbahdin et al., 2018).

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain: berupa banjir, tanah longsor, gempa bumi, tsunami, gunung meletus, kekeringan, dan angin topan (Pasal 1 UU No. 24 Tahun 2007). Bencana alam merupakan peristiwa yang tidak dapat dipersiapkan dikarenakan terjadi atas dasar kehendak alam. Gambar dibawah ini merupakan data kejadian bencana alam pada tahun 2021 yang disediakan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang melakukan penyediaan data kejadian, korban, dan kerusakan bencana alam di Indonesia. Dari data tersebut, terdapat 1.706 kejadian bencana yang terjadi. Detailnya dapat dilihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1 Data Peristiwa Bencana Alam di Indonesia pada Tahun 2021  
(Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana)

Berdasarkan data yang ditampilkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana, diketahui bahwa data korban yang menderita dan mengungsi akibat bencana alam terbilang tinggi. Pengungsian merupakan salah satu aspek terpenting dalam penanganan korban bencana, sehingga dalam keorganisasian Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) terdapat direktorat penanganan pengungsi yang fokus terhadap berlangsungnya pengungsian baik mulai tahap perencanaan, pemeliharaan hingga penutupan dan evaluasi. Pada saat ini masih banyak tempat pengungsian yang sering tidak nyaman bagi pengungsi sehingga meningkatkan resiko kesehatan terhadap pengungsi yang menempatinya (Perdana & Nugroho, 2017). Dari yang sudah terjadi, banyak kasus terkait korban yang tinggal di pengungsian terserang penyakit, seperti diare, ISPA, gatal-gatal kulit, dan lain-lain. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan kurang higienisnya sanitasi dan kondisi lingkungan di lokasi pengungsian.

Rumah sakit berjalan merupakan bangunan yang dapat dipindah-pindahkan dan dirancang untuk periode waktu yang tidak pasti. Dari berbagai ruang yang digunakan, terdapat toilet yang berperan penting dalam penggunaan sanitasi baik pasien, pihak rumah sakit, relawan, maupun masyarakat lainnya. Pada umumnya, toilet portabel memang sudah ada, baik diperjual belikan maupun disewakan. Namun, karena ketika diimplementasikan kebutuhannya cukup tinggi dan darurat, toilet portabel memiliki kendala yaitu antara kapasitas tampungan tangki septik yang ukurannya terbatas. Maka, dibutuhkannya tangki septik dengan daya tampung yang besar namun untuk dapat diakses dengan tetap praktis dan ringkas sehingga pengguna dapat lebih mudah dalam mengatur penempatan dari rumah sakit portabel dan alat ini mampu dirancang dengan harga yang jauh lebih murah dan kualitas yang tidak berbeda dibandingkan dengan alat yang sudah dijual di pasar umum.

Hal ini perlu diperbaiki karena jika berbicara mengenai situasi asli lapangan ketika terjadi suatu hal yang membuat dibutuhkan toilet portabel, kepraktisan dan keringkasan sangat dibutuhkan pada saat proses instalasi hingga toilet portabel dapat digunakan. Saat penggunaan, kenyamanan juga menjadi bahasan penting untuk diperhatikan, hingga hasil pembuangan menuju tangki septik yang kapasitasnya besar, sehingga mampu digunakan dengan jangka waktu yang lama.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana toilet portabel dapat digunakan dalam siklus penggunaan yang panjang?
2. Bagaimana agar buangan toilet dapat menuju tangki septik ketika tangki septik tidak ditempatkan dibawah permukaan toilet portabel?
3. Bagaimana kloset biasa sistem pembuangannya mampu dikonversi menjadi metode *suction*?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian perancangan toilet dengan sistem pembuangan berbasis *suction* untuk sepeda lipat ini yaitu:

1. Penelitian menggunakan metode *Design Thinking* dan dilakukannya perancangan yang mampu membuat tangki septik berkapasitas besar berada di sisi toilet portabel.
2. Penelitian mengonversi sistem pembuangan kloset biasa menjadi kloset dengan sistem pembuangan berbasis *suction*.
3. Penelitian menganut sistem pembuangan toilet berbasis vakum dan disesuaikan menjadi pembuangan dengan sistem *suction*.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Perencanaan dan pembuatan toilet portabel dengan sistem vakum toilet bertujuan sebagai berikut:

1. Mampu membuat toilet portabel dengan daya tampung tangki septik yang besar dan fleksibel.
2. Mampu membuat toilet dengan sistem pembuangan berbasis *suction*.
3. Mampu membuat purwarupa dari desain toilet yang telah direncanakan.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan toilet portabel dapat diimplementasikan dengan mudah dan praktis
2. Dapat menerapkannya sistem pembuangan perairan pada toilet dengan sistem *suction*.
3. Rancangan alat sebagai sistem pembuangan toilet berbasis *suction* dianut dari sistem pembuangan berbasis vakum pada toilet portabel.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Guna menunjang penulisan tugas akhir yang lebih terstruktur, maka sistematika penulisan ini dibagi menjadi enam bab sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN berisi mengenai gambaran umum yang berisi latar belakang, masalah, tujuan masalah, dan batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA berisi gambaran umum mengenai materi-materi yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN berisi mengenai metodologi yang digunakan pada saat proses penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN berisi mengenai data dan hasil penelitian.

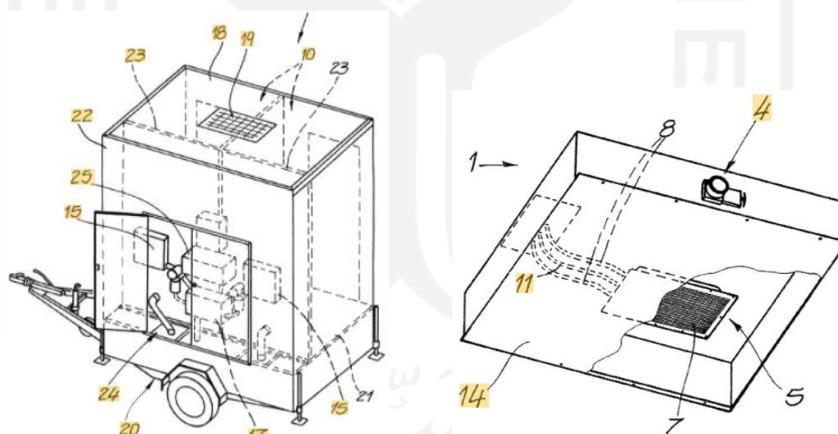
BAB V PENUTUP berisi kesimpulan saat penelitian.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Sebagai landasan penelitian ini, terdapat referensi pada perancangan yang dapat menjadi acuan dalam perancangan ini. Berdasarkan penemuan melalui paten yang tersedia, terdapat teori yang dapat dijadikan referensi perancangan. Penemuan yang dilakukan oleh Steigerwald & Andre (2017) dengan judul paten *Holding Tank for Portable Toilet* membahas mengenai produk tangki septik dari peralatan sanitasi. Tujuan penelitian ini yaitu agar toilet mampu dioperasikan untuk jangka waktu tertentu di acara-acara kemudian diangkut lagi karena toilet portabel biasanya tidak dapat dengan mudah dihubungkan ke sistem pembuangan limbah di lokasi maka diperlukannya tangki penampung. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu berupa tangki penampung untuk menerima kotoran dan air limbah dari perlengkapan instalasi sanitasi.

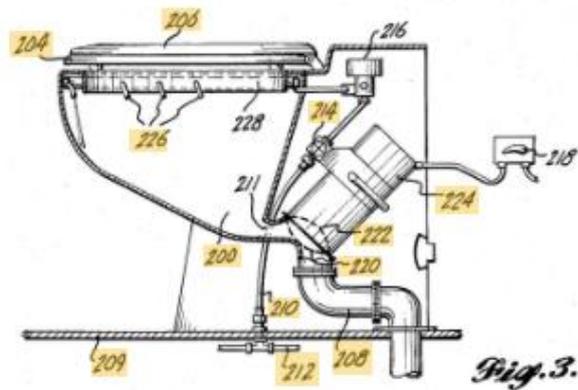


Gambar 2-1 Tangki Penampung Pembuangan Toilet Portabel

(Sumber: Steigerwald & Andre 2017)

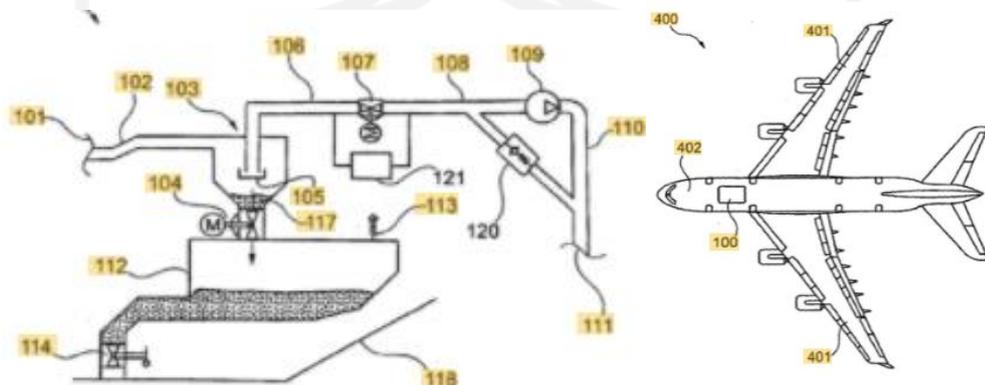
Penemuan oleh Chen et al., (1982) dengan judul paten *Nonrecirculating Vacuum Flush Toilet System Utilizing Fresh Water* membahas mengenai sistem toilet vakum untuk mengangkat limbah toilet dan untuk mengumpulkan limbah di dalam pesawat. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengatasi pasokan air terbatas di pesawat penumpang komersial dan kendaraan komersial lainnya, seperti kereta api, kapal, dan juga di tempat tinggal liburan dan resor yang terletak di daerah terpencil

tanpa sistem air kota. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah penggunaan jumlah air untuk proses pembilasan toilet menjadi minimum untuk menghemat volume penyimpanan dan meminimalkan berat air di dalam pesawat.



Gambar 2-2 Kloset dengan Sistem Pembuangan Berbasis Vakum  
(Sumber: Chen et al. 1982)

Penemuan yang dilakukan oleh Rieger & Hoffjann (2007) dengan judul paten *Vacuum Toilet System and Method for Waste Water Transport and Waste Water Collection in An Aircraft* membahas mengenai sistem toilet vakum untuk mengangkut air limbah toilet dan untuk mengumpulkan air limbah di dalam pesawat. Tujuan dari penemuan ini untuk mengungkapkan sistem toilet vakum yang ditingkatkan untuk pesawat terbang. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu penjelasan mengenai sistem pembuangan limbah pada toilet vakum di pesawat.



Gambar 2-3 Sistem Pembuangan Toilet berbasis Vakum  
(Sumber: Rieger & Hoffjann 2007)

Dengan bantuan vakum pada toilet, terobosan ini mampu membuat toilet tetap menjadi toilet yang *mobile*, memiliki sistem pembuangan yang bersih, higienis dan efisien, serta mampu menampung buangan dengan kapasitas yang cukup besar dengan penempatan tangki septik yang tidak harus lebih rendah dari posisi toilet yang digunakan.

Vakum sistem merupakan sistem pembuangan hasil limbah yang terjadi di toilet atau sanitari menuju ke tempat penampungan akhir. Sesuai penamaannya, vakum yang dimaksud disini adalah penyedotan yang terjadi dari kloset pengguna. Dengan dilakukannya penyedotan ini, maka pada saat proses pembilasan tidak dibutuhkan banyak air untuk membersihkan kotoran di penampungan kloset. Sistem pembuangan kotoran pada toilet berbasis vakum bekerja secara otomatis. Penemuan yang dilakukan oleh Wierenga (2005) dengan judul paten *Aircraft sink with integrated waste disposal function* membahas mengenai komponen dan cara kerja dari toilet bersistem vakum. Tujuan dari penemuan ini untuk mengatasi permasalahan limbah kotoran terkait penyumbatan yang terjadi di pesawat. Untuk menerapkan toilet bersistem vakum, maka toilet perlu menggunakan kloset, katup elektronik, pompa vakum, pengontrol antar komponen, dan logika kontrolnya.

Dalam pengaplikasiannya, toilet vakum terbukti mampu membersihkan limbah kotoran dengan kebutuhan air yang sedikit. Penelitian yang dilakukan oleh Gao *et al.*, (2019) membuktikan daya cerna toilet vakum mampu membersihkan populasi mikroba dengan 0,5-1,2 liter air per *flush*. Sedangkan pada toilet konvensional berbasis gravitasi, untuk membersihkan populasi mikroba diperlukan air sebanyak 5-9 liter air per *flush*.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Rumah Sakit Portabel**

Rumah Sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. Sedangkan Rumah Sakit Portabel merupakan rumah sakit yang didirikan di lokasi tertentu dan bersifat sementara

selama kondisi darurat dan masa tanggap darurat bencana, atau selama pelaksanaan kegiatan tertentu.



Gambar 2-4 Rumah Sakit Portabel

(Sumber: *Blu-Med*)

Rumah Sakit dapat berbentuk Rumah Sakit statis, Rumah Sakit bergerak, dan Rumah Sakit lapangan. Rumah Sakit bergerak merupakan Rumah Sakit yang siap guna dan bersifat sementara dalam jangka waktu tertentu dan dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Rumah Sakit bergerak dapat berbentuk bus, pesawat, kapal laut, karavan, gerbong kereta api, atau kontainer. Sedangkan Rumah Sakit lapangan dapat berbentuk tenda, kontainer, atau bangunan permanen yang difungsikan sementara sebagai Rumah Sakit. (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2019 Tentang Klasifikasi Dan Perizinan Rumah Sakit, 2019)

## 2.2.2 Toilet Portabel

Toilet adalah fasilitas sanitasi untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka (Kemenbudpar, 2004). Berdasarkan KBBI Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan portabel sendiri memiliki arti mudah dibawa-bawa. Maka toilet portabel merupakan hasil rancangan sebuah toilet yang memiliki fungsi serupa dengan toilet pada umumnya, namun toilet ini memiliki mobilitas yang dapat di bawa atau di pindah-pindahkan. Toilet ini dirancang khusus dengan perlengkapan kloset, persediaan air dan perlengkapan lain yang bersih, aman dan higienis sehingga penggunaanya dapat membuang hajat serta memenuhi kebutuhan fisik, sosial dan psikologis lainnya.

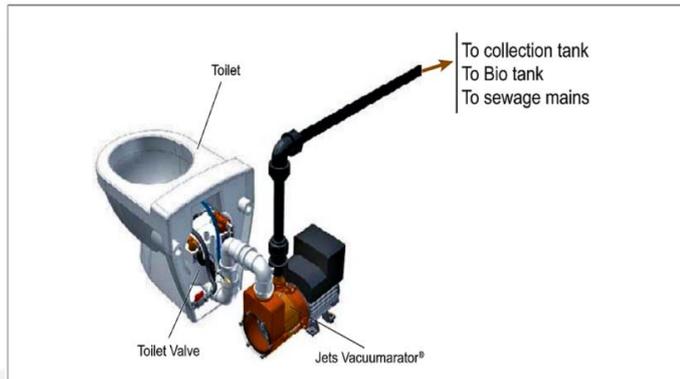


Gambar 2-5 Toilet Portabel  
(Sumber: Taurusmsk Rusia)

Untuk ruang bagian disabilitas dan medis, toilet umum harus dilengkapi dengan pegangan tangan menjalar yang memiliki posisi dan ketinggian disesuaikan dengan pengguna kursi roda dan penyanggah cacat yang lain. Pegangan direkomendasikan memiliki bentuk siku-siku mengarah ke atas untuk membantu pergerakan pengguna kursi roda. Letak kertas tisu, air, keran air atau pancuran dan perlengkapan-perlengkapan seperti tempat sabun dan pengering tangan harus dipasang dengan cara yang mudah digunakan oleh orang yang memiliki keterbatasan keterbatasan fisik dan dapat dijangkau oleh pengguna kursi roda (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit, 2016).

### **2.2.3 Toilet Vakum**

Toilet vakum adalah pembersihan toilet yang menggunakan penyedotan pembuangan feses dan urin. Penggunaan toilet vakum memberikan tingkat kenyamanan yang sama seperti toilet flush tradisional dan juga meminimalisir penggunaan air bersih hingga 1,5 liter air. Sistem pembuangan toilet vakum ini menggunakan pompa perpindahan positif dengan penyedotan limbah kotoran dari kloset menuju tangki septik.



Gambar 2-6 Toilet Vakum  
(Sumber: *JETSGROUP*)

Toilet vakum dapat dipasang di rumah tangga tunggal, hotel, atau seluruh komunitas dan juga disesuaikan untuk kereta api, kapal, atau pesawat terbang. Karena efluen memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, toilet vakum secara khusus disesuaikan untuk digunakan dalam kombinasi dengan pengolahan greywater dan blackwater yang terpisah; atau pengolahan pencernaan aerobik untuk produksi biogas. Untuk meminimalkan konsumsi air toilet vakum lebih banyak lagi, mangkuk pengalihan urin dapat diterapkan.



Gambar 2-7 Toilet Vakum  
(Sumber: *Evac*)

## 2.2.4 Pompa

Pompa adalah mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lainnya yang memanfaatkan perbedaan tekanan antara bagian lubang masuk (*suction*) dan lubang keluar (*discharge*) hingga mampu mengalirkan

fluida. Pada dasarnya, pompa adalah bentuk pengembangan dari motor induksi, dimana shaft yang terhubung dari rotor yang berputar mengelilingi stator, diberi ruang tambahan yang mampu membuat suatu objek mengalir melawan arah gravitasi hingga memperkuat laju aliran fluida (Chapman, 2012). Secara umum, terdapat dua jenis pompa yang diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya, yaitu pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*) dan pompa perpindahan non positif (*non positive displacement pump*).

Pompa perpindahan positif adalah pompa yang memindahkan jumlah fluida yang sama untuk setiap siklus putaran elemen pompa. Pemindahan fluida yang konstan selama siklus dimungkinkan karena fluida yang bergerak terjebak dengan jumlah fluida yang konstan kemudian disalurkan menuju saluran keluar pompa (*discharge*). Contoh dari jenis pompa perpindahan positif adalah *rotary lobe pump*, *piston pump*, *rotary gear pump*, *progressing cavity pump*, *screw pump*, *gear pump*, *diaphragm pump*, *vane pump*, *regenerative (peripheral) pump* dan jenis pompa non aktif. Pompa perpindahan non positif adalah pompa yang menghasilkan aliran kontinu di mana energi kinetik ditambahkan ke fluida dengan meningkatkan kecepatan aliran. Peningkatan energi ini dikonversi menjadi penguatan energi potensial (tekanan) ketika kecepatan berkurang sebelum atau ketika aliran keluar pompa. Contoh dari jenis pompa perpindahan non positif adalah pompa sentrifugal dan pompa *propeller*.

Kedua jenis pompa ini memiliki perbedaan terkait karakteristik dan prinsip kerja yang berbeda menyesuaikan fungsi dan kebutuhannya. Namun, kedua jenis pompa tersebut memiliki fungsi yang sama yaitu sama-sama untuk menyalurkan fluida.

Kecepatan putaran motor pompa dipengaruhi berdasarkan frekuensi yang masuk ke motor berdasarkan persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

Keterangan:

$N_s$  = kecepatan putar sinkron motor (rpm)

$f$  = frekuensi sumber AC (Hz)

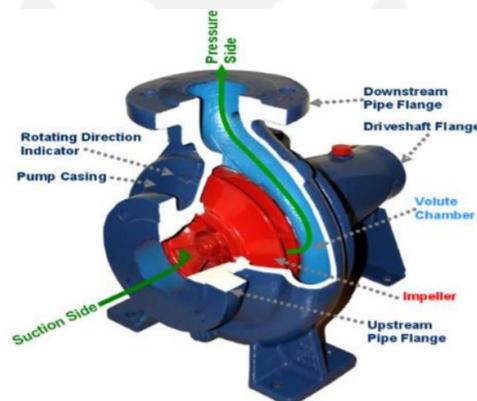
$p$  = jumlah kutub (*pole pairs*) yang terbentuk pada motor

Ketika putaran terjadi pada rotor, GGL Induksi muncul pada batang konduktor dan akan menghasilkan arus ( $I$ ) serta gaya ( $F$ ) pada rotor (Parekh, 2003).

### 2.2.5 Pompa sentrifugal

Pompa memiliki kemampuan untuk mengalirkan fluida dari ketinggian tertentu pada debit tertentu. Hubungan debit dengan tekanan memiliki sifat yang berbanding terbalik. Semakin tinggi debit fluida maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya.

Pada pompa sentrifugal terdapat *impeller* atau sudu-sudu yang berfungsi membawa fluida dari tempat yang lebih rendah menuju ke tempat yang lebih tinggi. Impeller bekerja karena terhubung pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak utama (Anis & Karnowo, 2008).



Gambar 2-8 Tampilan dari Pompa Sentrifugal

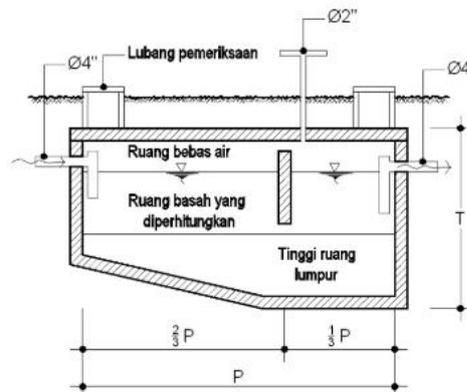
(Sumber: Kallon & Matlakala 2019)

*Impeller* akan berputar sesuai dengan pergerakan motor penggerak. Pada saat berputar, zat cair didalamnya akan ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik yang menyebabkan zat cair terdorong dari lubang hisap (*suction*) menuju saluran yang berbentuk spiral (*volute*) hingga keluar melalui lubang keluar (*discharge*). Saat zat cair mengalir dari sisi hisap (*suction*) ke sisi keluar (*discharge*), ketika pompa berhenti bekerja, tekanan yang lebih tinggi pada pipa *discharge* dapat mengalir kembali ke arah *volute* karena tekanannya berubah menjadi lebih rendah. Disisi lain, pada saat zat cair yang terhisap melalui lubang

*suction* tidak memenuhi kebutuhan, maka *drop suction* terjadi. Fenomena ini menyebabkan kerja pompa tidak normal karena hisapan pompa tidak memungkinkan aliran yang lancar mengalir saat fluida memasuki pompa (Kallon & Matlakala, 2019).

## 2.2.6 Tangki septik

Tangki septik merupakan ruangan kedap air yang terdiri dari kompartemen yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik dengan kecepatan alir yang sangat lambat sehingga memberi memiliki kesempatan untuk mengendapkan terhadap terhadap suspense benda-benda padat dan kesempatan dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroba anaerobik. Proses ini berjalan secara alami sehingga mampu memisahkan padatan dalam bentuk lumpur yang lebih stabil dan berupa cairan (supernatan). Proses anaerobik yang terjadi berperan menghasilkan biogas yang dapat digunakan dan dimanfaatkan (Sudarmadji & Hamdi, 2013).



Gambar 2-9 Tangki Septik  
(Sumber: SNI 03-2398-2002)

## 2.2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip (rangkaiian terintegrasi yang sangat kompleks) yang berfungsi sebagai pemroses data dari input yang diterima pada suatu sistem digital. Mikrokontroler digunakan untuk orientasi pengontrolan, seperti pengontrolan temperature, penampilan display LCD, pemroses sinyal digital dan sebagainya (Budiharto & Jefri, 2007). Bagian-bagian yang terdapat pada mikrokontroler.

1. CPU (Central Processing Unit)

CPU ialah bagian yang terpenting dari suatu mikrokontroler sebagai

pemroses data.

2. RAM (Random Access Memory)

RAM digunakan menyimpan data sementara.

3. EPROM/ PEROM/ ROM (Erasable Programmable Read Only Memory).

ROM digunakan untuk menyimpan program yang bersifat permanen.

4. I/O ( Input/ Output)- Serial dan Paralel.

Unit ini berfungsi agar mikrokontroler dapat berkomunikasi dalam serial atau paralel, sehingga dapat dengan mudah berkomunikasi dengan PC dan peralatan standart digitalnya.

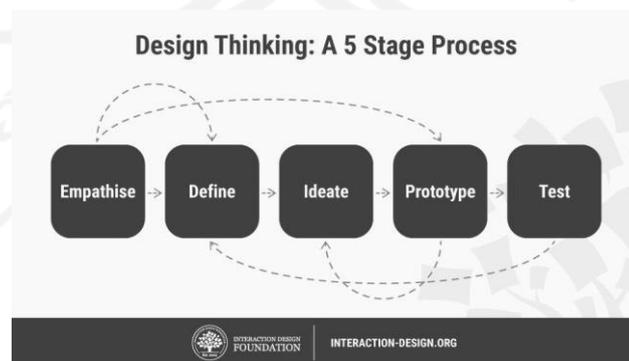
5. Timer

Timer berguna untuk mengatur perwaktuan pada sistem berbasis mikrokontoler, misalnya untuk delay atau pencacahan.

6. Interrupt Controller Berfungsi menangani suatu request pada saat mikrokontoler sedang running.

### 2.2.1 Design Thinking

*Design Thinking* adalah metodologi desain yang menyediakan pendekatan berbasis solusi untuk memecahkan masalah. Digunakannya metode ini untuk mempermudah penulis dan membuat penelitian menjadi baik dan benar. Persoalan-persoalan yang terjadi dapat diketahui dan ditanggulangi oleh metode Design Thinking.

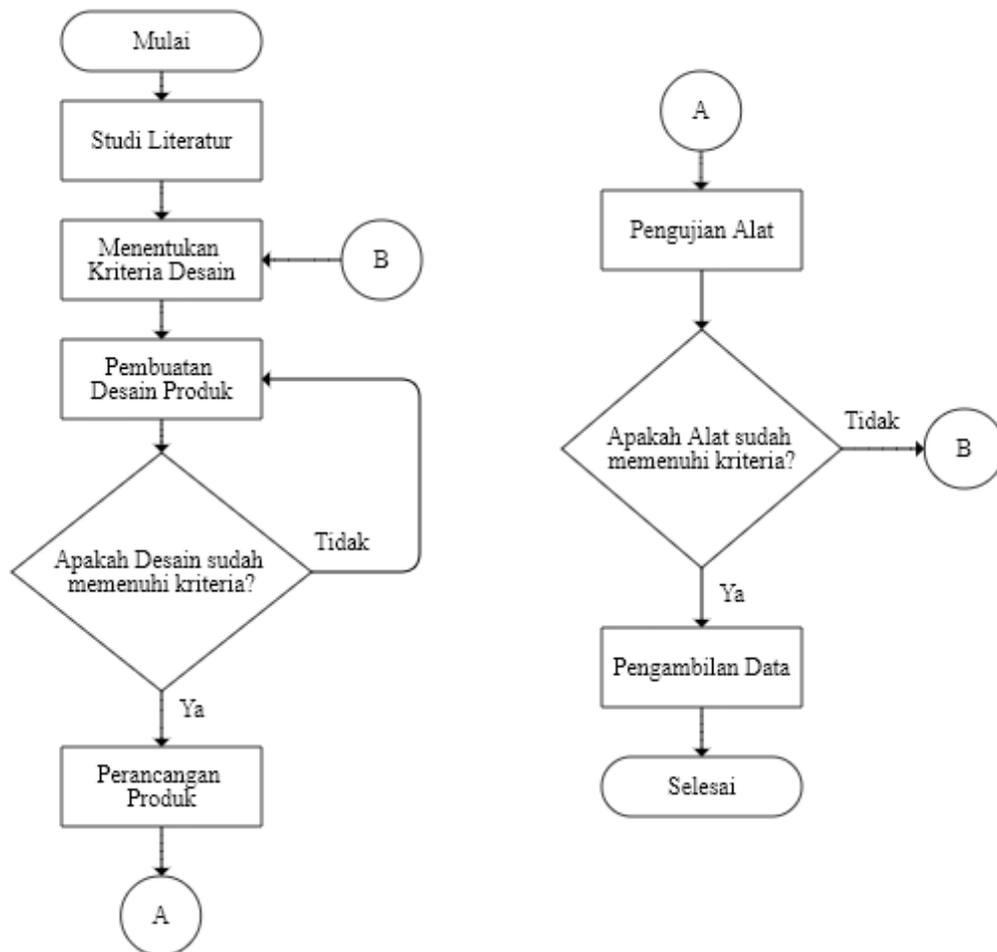


Gambar 2-10 Tahapan *Design Thinking*  
(Sumber: *Interaction Design Foundation*)

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan perancangan ditunjukkan melalui diagram alir perancangan pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.1.1 Emphatise

Empati merupakan tahapan awal dari proses *Design Thinking*. Adanya empati untuk mendapatkan pemahaman empatik dari masalah yang akan dipecahkan. Umumnya toilet portabel dirancang untuk suatu kebutuhan dengan

jangka waktu yang tidak dapat ditentukan. Hal ini sudah banyak digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan khusus seperti untuk penanganan bencana alam, *event*, dan lain sebagainya. Namun, dari yang sudah terjadi khususnya di Indonesia, toilet portabel cenderung memiliki tampungan kapasitas tangki septik yang kecil. Hal tersebut menyebabkan tidak praktisnya pada saat penggunaan.

Jika toilet portabel dirancang dengan tangki septik dengan ukuran yang lebih besar, maka penempatan yang harus dibawah akan menyebabkan posisi dasar toilet yang terlalu tinggi sehingga kenyamanan dan kemudahan akses untuk pengguna khususnya pengguna toilet portabel yang dirancang untuk rumah sakit akan terganggu. Maka dari itu, penelitian ini dirancang agar toilet portabel mampu memiliki kapasitas tangki septik yang besar dengan posisi yang sejajar dengan toilet portabel serta memiliki tujuan yaitu menjaga kenyamanan desain toilet portabel dan memudahkan penggunaan dan perawatan toilet portabel.

Pada dasarnya, jika tangki septik sejajar dengan posisi toilet, maka yang terjadi adalah air buangan akan kembali dan membuat banjir toilet melalui kloset. Maka pengembangan yang dilakukan adalah membuat sistem penyedot buangan toilet menuju tangki septik yang tidak membuat banjir dengan cara menambahkan penyedot dan variasi bentuk pipa untuk mencegah kembalinya hasil buangan ke toilet. Jika dibandingkan dengan vakum toilet yang diperjual belikan, secara prinsip kerja masih sama, namun dari desain, bentuk, dan komponen terdapat sedikit perbedaan yang mana rancangan ini mampu mengonversi kloset biasa menjadi toilet vakum. Selain itu, dengan menjaga kualitas dan kelebihan produk seperti aslinya, rancangan ini dapat diwujudkan dengan pendanaan yang jauh lebih murah.

### **3.1.2 Define**

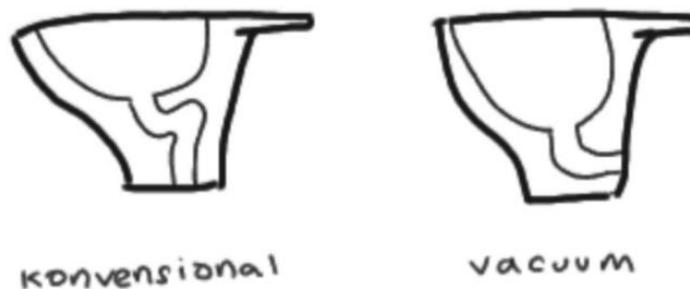
Mendefinisikan masalah yang terjadi dan mengumpulkan informasi selama tahap *Empathise*. Proses analisis dari pengamatan dan mensintesisnya untuk menentukan masalah inti yang telah diidentifikasi. Toilet vakum adalah toilet dengan sistem pembuangan yang menggunakan penyedot untuk pembuangan feses dan urin sehingga kebutuhan air menjadi lebih minimal. Berdasarkan produk yang

digunakan saat ini, toilet secara khusus dirancang untuk mewujudkan toilet vakum. Kloset yang digunakan juga berbeda dari kloset konvensional yang tersebar dipasaran. Berikut adalah ilustrasi dari mesin vakum yang terdapat di kloset.



Gambar 3-2 *Evac* Vakum Toilet  
(Sumber: *Evac*)

Air akan tersedot melewati *check valve* yang sudah terbuka, lalu kotoran akan tersedot menuju pipa buangan akhir. Bentuk lubang pembuangan dari kloset rancangan toilet vakum dengan toilet konvensional memiliki perbedaan. Jika rancangan toilet vakum buangannya langsung menuju arah pembuangan, sedangkan toilet konvensional memiliki rancangan buangan dengan bentuk leher angsa. Untuk perbandingannya dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 3-2.



Gambar 3-3 Perbandingan kloset konvensional dengan kloset untuk vakum

Setelah buangan dari kloset tersedot oleh pompa vakum, maka hasil pembuangan akan menuju ke tangki septik. Tentunya mekanisme ini sudah terotomatisasi melalui kontroler yang dirancang.



Gambar 3-4 *JETS* Vakum Toilet  
(Sumber: *Jets Vacuum Toilet*)

Saat ini, toilet vakum sudah banyak diterapkan, seperti di pesawat, kapal, kereta, bus, bangunan pencakar langit, dan gedung lainnya. Instalasi dan perawatan yang mudah serta penghematan air yang efektif membuat vakum toilet menjadi nilai lebih untuk digunakan.

### **3.1.3 Ideate**

Tahapan *ideate* adalah tahapan untuk menuangkan ide dari empati dan pendefinisian yang telah diketahui. Kloset konvensional bekerja mengandalkan gravitasi dengan mekanisme dorongan dari air yang memasok hingga mendorong air yang berada pada leher angsa. Berlandaskan permasalahan dari toilet portabel seperti toilet tersumbat yang menyebabkan genangan air, permasalahan penghematan air, dan kapasitas tangka septik yang kurang besar, diperlukannya toilet yang mampu mengatasi permasalahan ini.

Toilet vakum memiliki sistem pembuangan yang menggunakan penyedot untuk pembuangan feses dan urin sehingga kebutuhan air menjadi lebih minimal. Toilet vakum memberikan tingkat kenyamanan yang sama dengan toilet konvensional dan membantu menghemat biaya karena jumlah air flush yang diminimalkan. Sistem toilet vakum berlaku baik di gedung-gedung besar dan kecil, kereta api, kapal dan pesawat terbang.

Namun dari yang beredar dipasar umum, pengaplikasian toilet vakum terbilang mahal. Dengan pertimbangan pemecahan masalah toilet banjir dan

penghematan air, dicarilah solusi untuk mewujudkan toilet portabel dengan desain yang nyaman dan biaya yang lebih murah. Maka, dirancanglah pengkonversian toilet konvensional menjadi beristem suction menggunakan pompa sentrifugal untuk tetap bisa diaplikasikan dengan fungsi yang serupa.

### **3.1.3.1 Kriteria Desain**

Adapun kriteria desain dari desain yang ditentukan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan performa dari pada produk aslinya.
2. Dimensi alas toilet menyesuaikan dimensi alas kontainer.
3. Peletakan tangki septik harus sejajar dengan alas toilet.
4. Sistem pembilasan yang dibuat bekerja secara elektik.

Dari kriteria desain yang telah dirumuskan, pengukuran parameter poin pertama yaitu dengan perubahan sistem pembuangan gravitasi menjadi sistem pembuangan *suction*. Untuk poin kedua yaitu dengan melakukan survei terhadap tinggi alas kontainer. Untuk poin ketiga yaitu dengan menghubungkan sistem pembuangan *suction* dengan tangki septik ujicoba dan untuk poin keempat yaitu dengan menerapkan *flush* yang berbasis kontroler sesuai dengan metode referensi.

### **3.1.3.2 Konsep Desain**

Pemodelan 3D adalah representasi matematis dari sesuatu yang tiga dimensi. Dengan menggunakan aplikasi pemodelan 3D, kita dapat dengan mudah mengedit desain pada tahap apa pun dalam proses desain. Pada penelitian ini, aplikasi untuk membuat model 3D menggunakan *Autodesk Inventor 2022* dan untuk pembuatan skematik kontroler menggunakan *Autodesk Eagle*. Pada proses modelling, kita mampu melihat setiap bagian individu dari desain, melihat sifat massa yang akurat dan memeriksa gangguan, yang berarti tidak perlu membuat/memproduksi produk untuk menghindari kesalahan, menghemat waktu dan uang, serta mengurangi jumlah purwarupa yang dibutuhkan. Semua ini akan mempercepat seluruh proses desain serta meningkatkan produktivitas.

### 3.1.4 Purwarupa

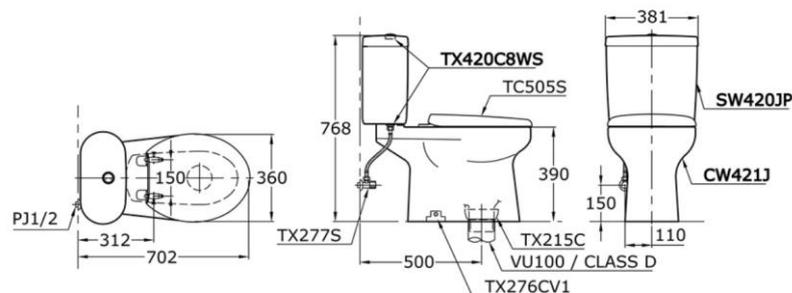
Tahapan purwarupa merupakan tahapan untuk menghasilkan produk dengan versi yang lebih murah, pengecekan fitur spesifik yang ditemukan di dalam produk produksi dengan skala yang diturunkan, sehingga mereka dapat menyelidiki solusi masalah yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Untuk menerapkan rencana, diperlukannya persiapan terkait alat dan bahan serta proses perancangan untuk menunjang hasil yang sudah ditargetkan.



Gambar 3- 5 Desain Purwarupa

#### 3.1.4.1 Kloset Toto SW 420 JP

Kloset adalah tempat peralatan sanitasi yang memiliki kegunaan sebagai tempat pembuangan limbah kotoran dari buang air kecil dan buang air besar. Pada perancangan ini, peneliti menggunakan toilet dari perusahaan *Toto* dengan seri *SW 420 JP*. Kloset ini memenuhi kriteria terkait penggunaan toilet konvensional.



Gambar 3-6 Dimensi Kloset *Toto* seri *SW 420 JP*

(Sumber: Katalog Produk *Toto Indonesia*)

### 3.1.4.2 Pompa

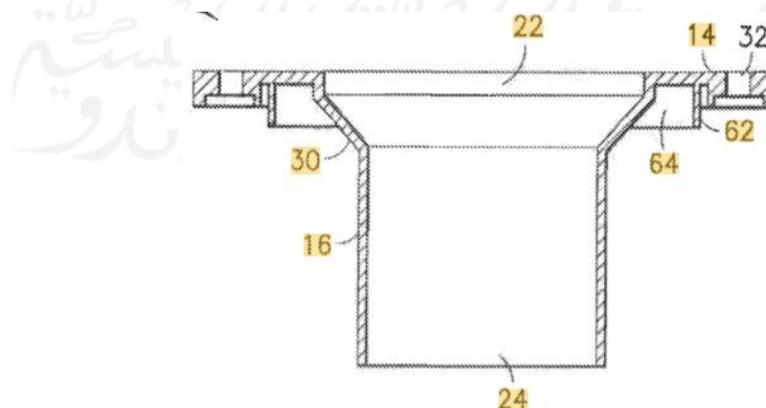
Pompa adalah mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ketempat lainnya yang memanfaatkan perbedaan tekanan antara bagian lubang masuk (*suction*) dan lubang keluar (*discharge*) hingga mampu mengalirkan fluida. Berdasarkan perhitungan terkait kebutuhan minimum pompa yang akan digunakan, peneliti mendapatkan pompa yang sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3-1 Spesifikasi Pompa yang Digunakan

Parameter	Keterangan
Daya	250 Watt
Debit Pompa	2,5 Liter/detik
Diameter Pipa Suction dan Discharge	50,8 mm (2 inch)
Daya Pipa Suction	6 meter
Daya Pipa Discharge	4 meter

### 3.1.4.3 Closet flange

*Closet flange* adalah penghubung lubang pembuangan kloset menuju pipa pembuangan yang memiliki bentuk memanjang secara radial keluar. Ukuran ujung *closet flange* (24) berukuran lebih kecil dari pipa penghubung sehingga pipa dapat masuk ke bagian ujung *closet flange*. (Hughes, 2006)



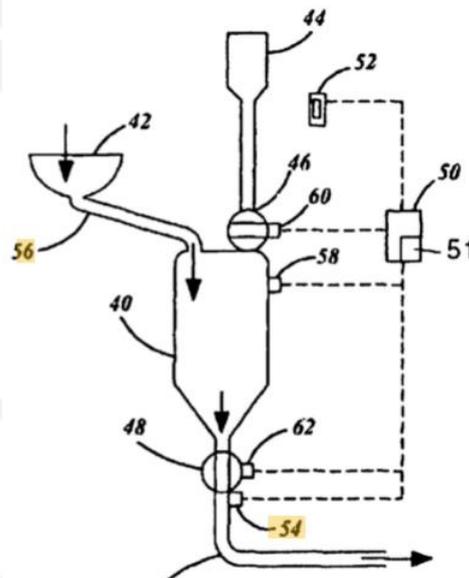
Gambar 3-7 Ilustrasi *Closet Flange*

(Sumber: Hughes 2006)

Produk yang dijual di pasar umum, memiliki spesifikasi ukuran ujung atas *closet flange* (22) berukuran *universal* dengan dimensi sebesar 94,5 mm. Untuk memaksimalkan performa rancangan ini, perlu perancangan *closet flange* pada bagian ujung atas *closet flange* (22) menjadi sebesar 92 mm sesuai lubang keluar dari kloset dan pengonversian ukuran ujung bawah (24) dari 93,5 menjadi sebesar 76,2 mm agar pada sambungan, pipa dapat terhubung dengan ukuran yang tepat sehingga sambungan menjadi lebih akurat dan kedap air.

#### 3.1.4.4 Kontroler

Kontroler adalah suatu sistem dinamis yang ditambahkan untuk mendapatkan karakteristik sistem yang diinginkan. Kontroler (50) mencakup algoritme (logika kontrol) untuk mengontrol operasi pompa dan katup air pembilasan secara otomatis. Pemberi sinyal perintah dari pengoperasian sistem adalah tombol *flush* (52).



Gambar 3-8 Ilustrasi Skema Kerja Kontroler

(Sumber: Wierenga 2005)

Perancangan ini membutuhkan sebuah kontroler untuk mengatur sistem pembuangan agar berlangsung otomatis sesuai dengan setelan yang akan ditentukan.

### 3.1.4.5 Rencana Anggaran Biaya

Berikut merupakan rincian rencana anggaran biaya untuk perancangan toilet bersistem *suction*.

#### 1. Anggaran Instalasi *Water Closet*

Tabel 3-2 Data Rencana Anggaran Biaya Instalasi WC

No.	Nama Barang/Material	Jumlah (Pcs)	Harga (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Kloset Toto SW 420 JP	1	1.700.000	1.700.000
2.	Pipa PVC 2 inch	2	65.000	130.000
3.	<i>Closet Flange</i>	1	50.000	50.000
4.	Sambungan Pipa <i>Elbow</i> ukuran 2 inch	3	10.000	30.000
5.	Pompa	1	1.000.000	1.000.000
6.	Solenoid Valve $\frac{3}{4}$ inch	1	150.000	150.000
7.	<i>Water Valve</i> PVC 2 inch	1	250.000	250.000
	Sambungan Pipa Ulir Dalam $\frac{3}{4}$ inch	2	4.000	8.000
8.	Sambungan Pipa <i>Elbow</i> $\frac{3}{4}$ ukuran inch	3	4.000	12.000
9.	Selang Air $\frac{5}{8}$ inch	8 Meter	7.500	60.000
10.	Besi Hollow Persegi	1	120.000	120.000
11.	Triplek 9 mm	2	100.000	200.000
12.	HPL	1	200.000	200.000
13.	Alas Karpet Hitam	1X3 Meter	20.000	60.000
<b>Total</b>				<b>Rp 3.970.000</b>

## 2. Anggaran Kontroler

Tabel 3-3 Data Rencana Anggaran Biaya Kontroler

No.	Nama Barang/Material	Jumlah (Pcs)	Harga (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	<i>Arduino Nano</i>	1	70.000	70.000
2.	Adaptor AC/DC 5V	1	25.000	25.000
3.	<i>Module Relay</i>	1	20.000	20.000
4.	Kabel Jumper 30cm	1	15.000	15.000
5.	Pin Header Male	1	7.000	7.000
6.	Cetak PCB	1	50.000	50.000
7.	Socket	4	3.000	12.000
8.	LED berwarna merah	2	500	1.000
9.	Push Button	4	3.000	12.000
10.	Resistor	10	200	2.000
<b>Total</b>				<b>Rp 214.000</b>

## 3. Total Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3-4 Data Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Rancangan Anggaran	Rencana Anggaran Biaya
1.	Anggaran Instalasi WC	Rp 3.970.000
2.	Anggaran Kontroler	Rp 214.000
<b>Total Anggaran</b>		<b>Rp 4.184.000</b>

### 3.1.5 Pengujian

Pengujian produk menggunakan solusi terbaik yang diidentifikasi selama fase pembuatan purwarupa. Pada tahapan ini, pengujian dilakukan menggunakan berbagai sampel seperti air teh sebagai asumsi limbah buang air kecil, tepung yang

dipadatkan sebagai asumsi limbah buang air besar, dan air sabun, tissue, batang, dan daun teh sebagai asumsi limbah kotoran lainnya.

Untuk menunjang sistem yang akan digunakan, dilakukannya proses kalibrasi dengan membandingkan nilai pengukuran yang diberikan oleh perangkat yang diuji dengan standar kalibrasi yang akurasiya diketahui. Dilakukannya proses kalibrasi ini untuk mengetahui nilai efisien antara kebutuhan air dan pompa bekerja, sehingga mampu diketahui performa terbaik rancangan *suction toilet*.

## 3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini, antara lain sebagai berikut.

### 3.2.1 Alat

Tabel 3-5 Data Peralatan yang Digunakan

No	Nama Alat	Keterangan
1	Laptop (Intel Core i5, Windows 10)	Untuk mendesain dan menyimulasikan purwarupa.
2	3D Printer Anet A8	Untuk membuat komponen purwarupa.
3	Gergaji Besi	Memotong Pipa
4	Soldir	Untuk menghubungkan komponen dengan PCB
5	Gelas Ukur	Untuk mengukur muatan air

### 3.2.2 Bahan

Tabel 3-6 Data Bahan yang Digunakan

No	Nama Bahan	Keterangan
1	Software Autodesk Inventor 2022	Aplikasi berbasis CAD/CAE
2	Software Autodesk Eagle	Aplikasi pembuat skematik jalur elektronika

3	<i>Software Cura 4.9.1</i>	Aplikasi pengiris G-Code dari model 3D
4	Kloset Duduk Toto SW 420 JP	Untuk melakukan pengujian
5	Pipa PVC $\frac{3}{4}$ , 2, dan 3 inch	Untuk saluran penghubungan menuju pembuangan akhir
6	Pompa air Surya Guna JET 250	Sebagai sumber tenaga menghisap dan mendorong air
7	Filament <i>PLA</i>	Sebagai bahan untuk pencetakan mesin 3D print
8	Mikrokontroler Arduino Nano	Sebagai <i>chipset</i> dari kontroler yang dibuat
9	Relay	Untuk mengendalikan dan mengalirkan listrik AC 220V
10	Timah	Penghubung komponen untuk disolder
11	Katup Solenoid elektrik	Untuk menyalurkan air secara otomatis sebagai pengganti air <i>flush</i>

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Observasi**

Tahap awal yang dilakukan adalah *emphatise*, yakni mengenai pemahaman mendalam terkait masalah dan realita dari rancangan yang sudah ada dan akan diselesaikan dengan cara berdasarkan cara yang sudah ada. Metode yang dilakukan yaitu dengan menggunakan data permasalahan yang sudah terjadi. Adapula data yang akan diambil yaitu melalui kejadian-kejadian yang telah terjadi dan dipublikasikan melalui berita. Untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan penelitian ini, peneliti akan menggunakan dokumen dokumen seperti jurnal, paten, dan buku panduan milik perusahaan yang berkaitan dengan pengembangan serupa.

Faktanya, keberadaan toilet memang cukup penting diberbagai sektor kalangan, baik pada penggunaan kegiatan, penanganan bencana alam, pariwisata, dan lainnya. Terbukti pada kejadian gempa dan tsunami di Palu, dikarenakan jumlah fasilitas toilet yang terbatas, pengungsi bencana Palu terancam wabah penyakit. Dilansir oleh Kompas Indonesia pada 4 Oktober 2018, jika sanitasi terabaikan, pengungsi berpotensi terserang wabah penyakit dari diare hingga demam berdarah. Selain permasalahan keberadaan fasilitas toilet, fasilitas air bersih dan faktor kenyamanan juga menjadi permasalahan. Dilansir oleh VOA Indonesia pada 29 Januari 2021, ketersediaan air untuk menampung air yang dipasok dengan mobil tangki air masih terbatas. Selain itu, belum ada pemisahan antara toilet laki-laki dan perempuan. Permasalahan toilet juga merambat tidak hanya pada permasalahan penanganan bencana alam, namun fasilitas tempat umum juga memiliki permasalahan. Menurut Sandiaga Uno selaku Menteri Kememparekraf saat ini, revolusi mental dan pariwisata akan dimulai dari kebersihan toilet. Dilansir pada DetikNews pada 12 Desember 2018, bahwa terdapat penambahan fasilitas toilet portabel pada Stasiun Tugu Yogyakarta dikarenakan keluhan masyarakat yang kerap kesulitan mencari tempat untuk buang air kecil dan besar saat berada di Stasiun Tugu Jogja.

## 4.2 Pembahasan Masalah

Setelah mengumpulkan informasi pada tahapan sebelumnya, selanjutnya dilakukannya tahapan *define* atau pendefinisian masalah. Dari data yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa terdapat berbagai masalah terkait pengimplementasian toilet. Masalah-masalah berikut adalah

- Keterbatasan toilet pada kondisi bencana alam maupun fasilitas umum
- Ketersediaan air pada toilet darurat di lapangan
- Belum ada pemisahan antara toilet laki-laki dan perempuan

Terkait keterbatasan toilet pada kondisi bencana alam maupun fasilitas umum, diperlukannya toilet yang fleksibel penggunaannya dan mampu menyesuaikan kondisi yang terjadi. Maka penggunaan toilet portabel menjadi pilihan untuk digunakan. Menurut Humas PT. KAI Daop 6, Eko Budiyanto, penggunaan toilet portabel adalah solusi karena toilet mudah dirawat, ramah lingkungan, tidak bau dan pastinya dapat dipindahkan. Selanjutnya terkait permasalahan air pada toilet darurat di lapangan, dikarenakan sumber air cukup sulit pada kondisi yang tidak bisa ditentukan, maka diperlukannya penggunaan toilet yang mampu melakukan penghematan penggunaan air agar peluang terjadinya kekurangan air dapat diperkecil. Selanjutnya, pada toilet antara bilik laki-laki dan perempuan juga perlu dilakukan pemisahan, dikarenakan untuk menghindari terjadinya pelecehan seksual.

## 4.3 Pengembangan Ide

Setelah melalui tahapan *emphatise* dan *define*, maka tahapan selanjutnya adalah *ideate* atau menghasilkan ide dari permasalahan yang didapatkan. Dari permasalahan yang diketahui, maka dibutuhkannya toilet portabel yang penggunaannya mampu melakukan penghematan air.

Toilet vakum adalah sistem pembuangan yang menggunakan penyedot untuk pembuangan feses dan urin sehingga kebutuhan air menjadi lebih minimal. Vakum sistem merupakan sistem pembuangan hasil limbah dengan cara disedot yang terjadi di toilet atau sanitari menuju ke tempat penampungan akhir. Dengan dilakukannya penyedotan ini, maka pada saat proses pembilasan tidak dibutuhkan

banyak air untuk membersihkan kotoran di penampungan kloset. Sistem pembuangan kotoran pada toilet berbasis vakum bekerja secara otomatis. Setelah tombol “*Flush*” ditekan, nantinya kontroler akan melibatkan penggunaan microcontroller, katup keran solenoid, sensor *waterflow*, dan pompa sedot vakum sistem.

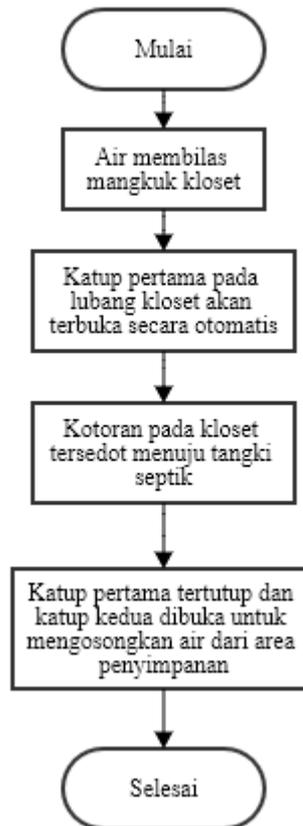
Pompa menjadi bagian utama penyedotan kotoran yang terdapat pada wadah kloset, hal ini terjadi atas pengaruh mikrokontroler yang mengatur buka tutupnya katup keran air otomatis dan penyedotan kotoran berlangsung sesuai ketentuan banyaknya air yang diatur dengan pembacaan melalui *waterflow* sensor.

Namun dari yang beredar dipasar umum, pengaplikasian toilet vakum terbilang mahal. Dengan pertimbangan pemecahan masalah toilet banjir dan penghematan air, dicarilah solusi untuk mewujudkan toilet vakum dengan biaya yang lebih murah. Maka, dirancanglah pengkonversian toilet konvensional menjadi bersistem vakum untuk tetap bisa diaplikasikan dengan fungsi yang serupa.

Perancangan dan pembuatan toilet berbasis suction ini merupakan pengembangan dari permasalahan sistem pembuangan hasil limbah toilet portabel yang sudah beredar ada dipasaran. Dari model yang sudah ada, toilet portabel diinovasikan agar mampu menjadi lebih fleksibel, praktis dan efisien dalam proses penggunaannya. Hasil Perancangan ini terdiri dari pemodelan 3D dan purwarupa. Pemodelan 3D dilakukan menggunakan software Autodesk Inventor 2022.

#### **4.3.1 Mekanisme Kerja**

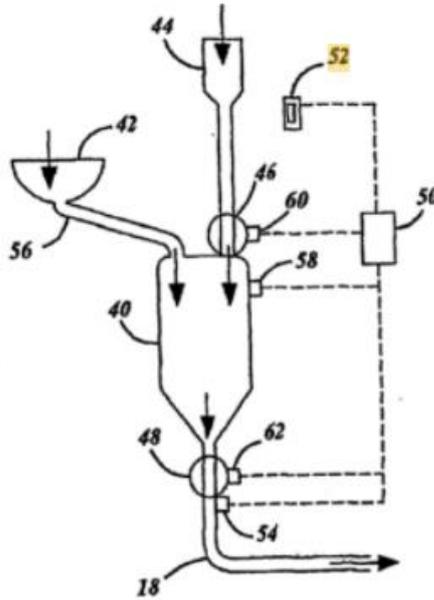
Untuk mewujudkan toilet bersistem *suction* dengan mengonversi toilet konvensional, maka mekanismenya menganut sistem yang serupa dari toilet berbasis vakum. mekanisme kerja dari toilet berbasis vakum dapat dilihat pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1 Diagram Alir Mekanisme Kerja Toilet berbasis Vakum

Berdasarkan penjelasan Wierenga (2005), sistem untuk mengoperasikan sistem vakum toilet bersistem sebagai berikut:

1. Tombol *flush* ditekan maka proses pembuangan limbah pada kloset akan berlangsung.
2. Air pembilas kloset keluar secara otomatis untuk membilas sisi dalam kloset.
3. Limbah pada kloset tersedot yang bergantung pada katup pembuangan (46 dan 48) yang dikendalikan oleh kontroler (50) yang menerima sinyal dari sakelar pembuangan (tombol *flush*).
4. Air limbah ditahan di area penyimpanan (40) oleh katup pembuangan kedua (48) yang biasanya tertutup. Katup pembuangan (48) dikontrol secara otomatis oleh jumlah air di area penyimpanan (40) terdeteksi oleh sensor level (58) dan oleh sakelar tekanan (54).
5. Kontroler (50) mencakup algoritme (logika kontrol) untuk mengontrol operasi penghisap vakum dan kontrol katup secara otomatis.



Gambar 4-2 Ilustrasi Mekanisme Kerja Toilet Vakum  
(Sumber: Wierenga 2005)

Dengan mengetahui mekanisme kerja produk aslinya, maka penulis memiliki acuan untuk melakukan penyelesaian masalah.

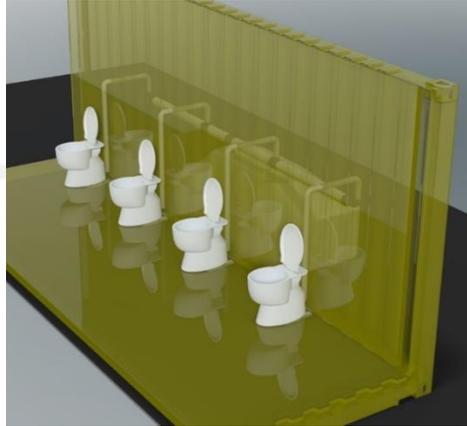
### 4.3.2 Pembuatan Desain

Untuk memastikan kebutuhan yang diperlukan pada saat tahap purwarupa, dilakukan pendesainan untuk mencegah hal-hal yang tidak semestinya terjadi. Disini penulis menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor 2022* untuk melakukan pembuatan desain animasi 3D.



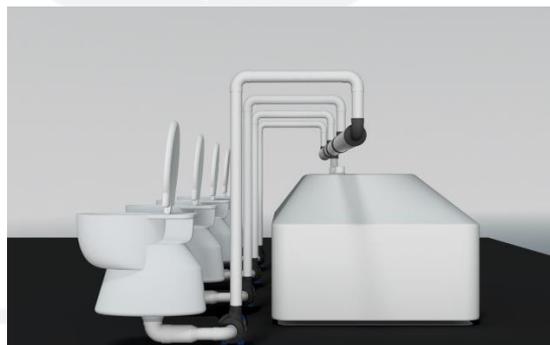
Gambar 4-3 Desain Perancangan Toilet berbasis *Suction*

Pada gambar 4-1, dilakukan pendesainan terkait *closet flange* untuk merapatkan ukuran sambungan kloset menuju pipa, *valve* non elektrik, pompa dengan ukuran inlet casing 2 inch.



Gambar 4-4 Desain Perancangan pada Penggunaan Kontainer

Pipa penghubung kloset dan pompa memiliki panjang 80 cm memiliki alasan yaitu penyesuaian ruang dengan asumsi instalasi pada bangunan kontainer.



Gambar 4-5 Desain Tampak Samping Toilet berbasis *Suction*

Pipa discharge mengarah keatas dengan panjang 1 meter memiliki tujuan yaitu mentransfer hasil buangan menuju tangki septik yang diletakkan sejajar dengan dimensi alas toilet.

Untuk mewujudkan purwarupa pengkonversian toilet konvensional menjadi sistem *suction*, maka diperlukan berbagai rancangan sebagai penunjang.

### 4.3.2.1 Pengujian Kloset Duduk Konvensional

Pengujian kloset duduk konvensional merupakan proses pengambilan data diperuntukan sebagai pembandingan dari waktu yang akan ditentukan untuk rancangan *suction toilet*. Parameter-parameter yang diambil adalah banyaknya kapasitas dari satu kali pembersihan, waktu pada saat pembuangan dan waktu pada saat pengisian air pada tabung kloset.

Tabel 4-1 Data Performa Kloset Konvensional

Nama	Kapasitas	Buang (waktu)	Isi (waktu)	Foto
Kloset 1	6 Liter	5,6 detik	1 menit 12 detik	
Kloset 2	9 Liter	5,7 detik	2 menit 22 detik	
Kloset 3 (flush kecil)	6,5 Liter	5,22 detik	1 menit	
Kloset 3 (flush besar)		5,14 detik	1 menit 40 detik	

Dari data yang didapat, diketahui rata-rata kebutuhan air untuk proses penyiraman kloset konvensional sebesar 7 liter air dengan waktu  $\pm$  5 detik dan lama waktu pengisian tangki kloset selama lebih dari 1 menit.

#### 4.3.2.2 Proses Pemilihan Pompa

Berdasarkan data dari kloset yang digunakan, yaitu kloset Toto berjenis SW 420 JP, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

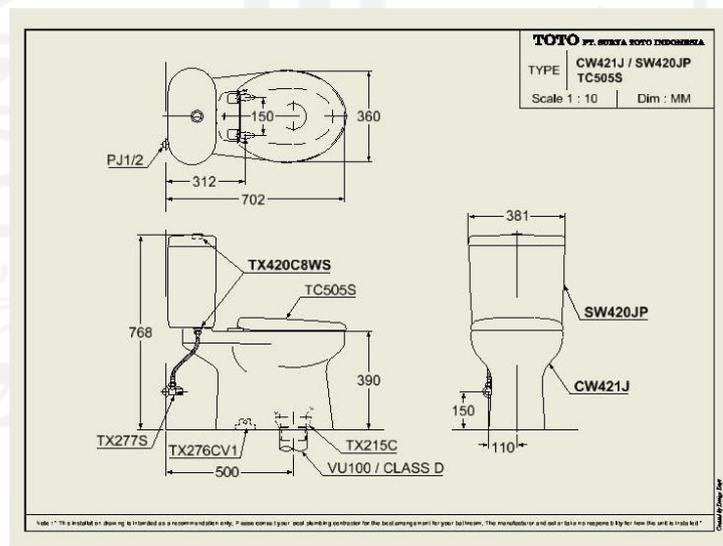
##### 1. Debit Pompa

Menurut data yang dicantumkan oleh perusahaan dari produk yang akan digunakan, tertulis bahwa kapasitas tampungan air pada kloset memiliki muatan sebesar 3 Liter air. Maka, diketahui debit rencana kebutuhan pompa yaitu sebesar 3 Liter.

##### 2. Pipa

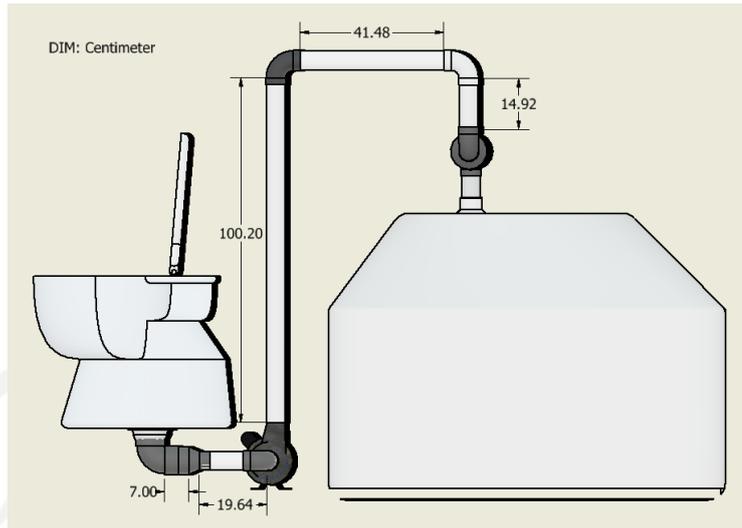
Dalam perancangan purwarupa ini digunakannya pipa berjenis PVC. Perhitungan dimensi dari pipa yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

##### a. Dimensi Kloset dan Panjang Pipa



Gambar 4-6 Dimensi Kloset Toto SW 420 JP

(Sumber: Katalog Produk *Toto Indonesia*)



Gambar 4-7 Dimensi Rancangan Toilet

b. Diameter Pipa

Diketahui:

- $v$  rencana = 1 m/detik
- $Q$  rencana =  $Q$  Kloset  
=  $0,003 \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan:

- Luas Penampang Pipa ( $A$ ) =  $\frac{Q}{v}$   
=  $\frac{0,003 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}}$   
=  $0,003 \text{ m}^2$

- Diameter =  $\left(\frac{4xA}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$   
=  $\left(\frac{(4 \times 0,003)}{3,14}\right)^{\frac{1}{2}}$   
=  $0,061819 \text{ m}$   
=  $61,819 \text{ mm}$

- Diameter terpakai =  $50,8 \text{ mm}$

### 3. Pemilihan Pompa

Berdasarkan kebutuhan yang diketahui, maka dibutuhkan pompa yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4-2 Data Kebutuhan Pompa

<b>Parameter</b>	<b>Keterangan</b>
Debit Pompa	3 Liter/detik
Pipa <i>inlet</i>	50,8 mm (2 inch)
Panjang pipa <i>suction</i>	70 cm
Panjang pipa <i>discharge</i>	142 cm

Dari data ketentuan yang diketahui, maka digunakannya pompa modifikasi dengan merk Surya Guna dengan model JET 250. Berikut adalah data dari spesifikasi dari pompa tersebut:

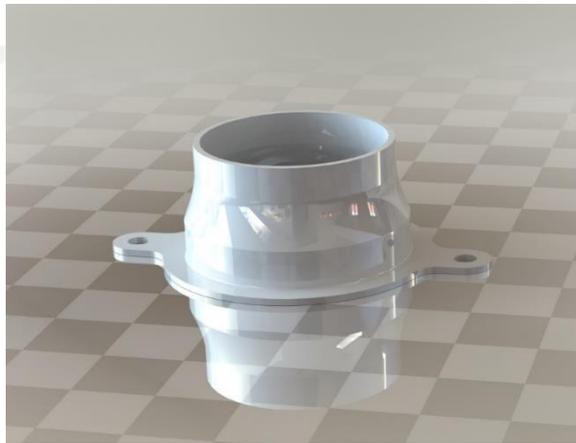
Tabel 4-3 Data Spesifikasi Pompa

<b>Parameter</b>	<b>Keterangan</b>
Daya	250 Watt
Debit Pompa	2,5 Liter/detik
Diameter Pipa <i>Suction</i> dan <i>Discharge</i>	50,8 mm (2 inch)
Daya Pipa <i>Suction</i>	6 meter
Daya Pipa <i>Discharge</i>	4 meter

Dari spesifikasi yang tertera, debit pompa memiliki nilai sebesar 2,5 liter/detik. Melalui perhitungan dasar, maka pompa mampu menghisap 3 liter selama 1,2 detik. Dari data perbandingan kloset konvensional yang memiliki lama waktu pembuangan selama  $\pm 5$  detik, diketahui jika waktu 1,2 detik masih lebih cepat dibanding proses umumnya yaitu 5 detik. Dengan begitu, spesifikasi pompa dapat diterima.

#### 4.3.2.3 Closet flange

*Closet flange* merupakan komponen penghubung jalur pipa yang menghubungkan saluran pembuangan toilet dari kloset menuju pipa pembuangan. Perancangan ini mengonversi ukuran lubang *outlet* kloset menuju pipa dengan ukuran 92 mm menuju 76,2 mm.

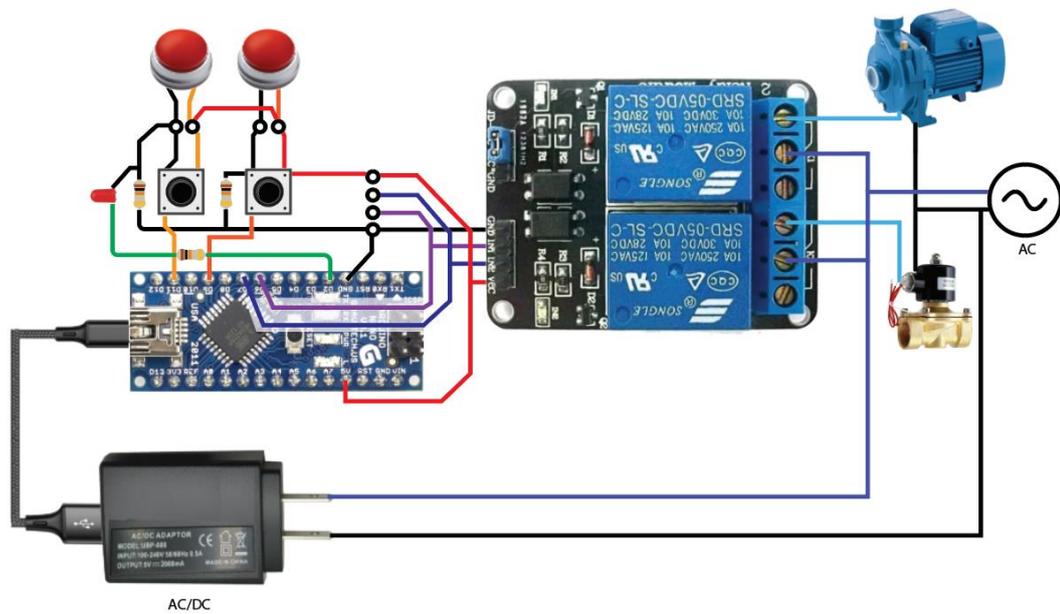


Gambar 4-8 Desain *Closet flange*

Material yang digunakan adalah PLA. Pada aplikasi berbasis CAD, material ini belum tersedia. Jadi penulis harus menginput nilai sifat-sifat material secara manual.

#### 4.3.2.4 Kontroler

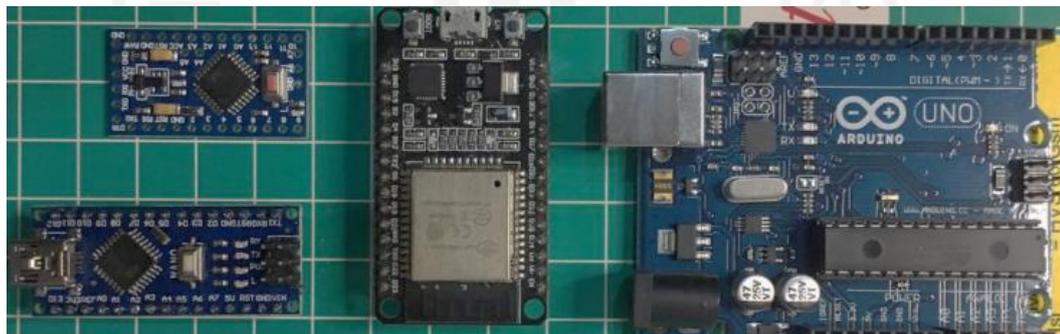
Untuk mewujudkan sistem otomatisasi dari vakum toilet ini, perlu kontribusi dari untuk menghubungkan solenoid valve dan motor sesuai sistem yang sudah direncanakan. Kontroler inilah yang mengatur sistem berjalannya sistem pembuangan toilet. Pengaturan tersebut dapat berlangsung karena adanya mikrokontroler. Komponen yang digunakan pada kontroler ini meliputi *Board PCB*, *Micro Controller Arduino Nano*, *Pin Header Male*, *Push Button*, *LED* berwarna merah, *Relay*, *Dioda*, Transistor, Resistor, *Optocoupler* dan Terminal Blok. Berikut adalah skematik dari komponen-komponen yang sudah dihubungkan.



Gambar 4-9 Ilustrasi Skematik Kontroler

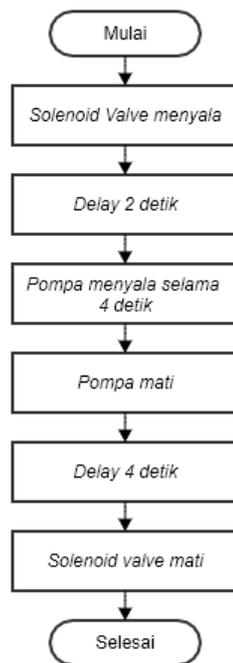
### 1. Pemrograman Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano. Digunakannya Arduino Nano karena mikrokontroler ini memiliki spesifikasi yang sudah mampu melakukan pengontrolan, terdapat *connector USB* sebagai sumber daya, dan ukurannya kecil.



Gambar 4-10 Perbandingan Ukuran Mikrokontroler

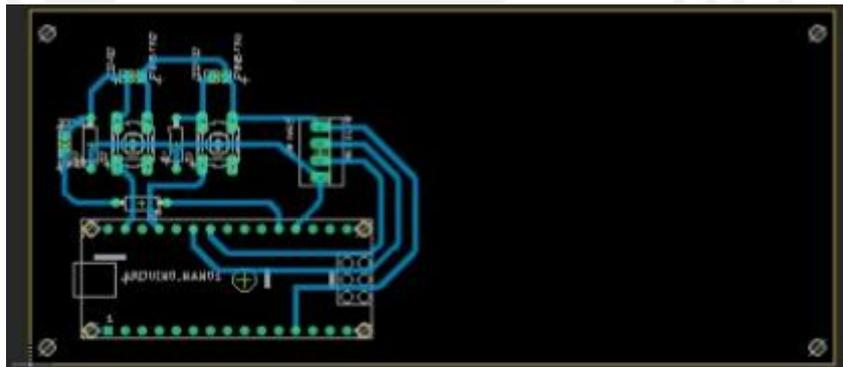
Selanjutnya adalah alur kerja dari kontroler untuk menunjang sistem *suction* pada pembuangan toilet.



Gambar 4-11 Skema Alur kerja Kontroler

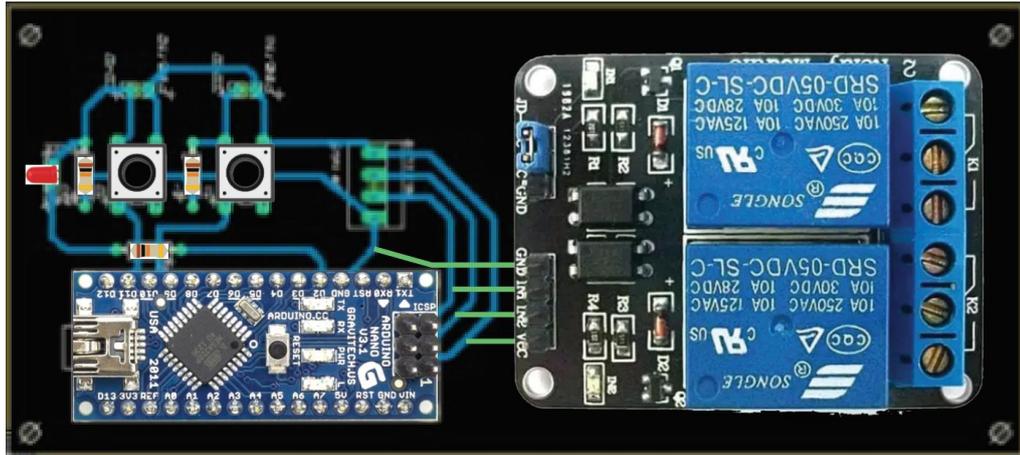
## 2. Desain Skematik pada PCB

Pada pembuatan skematik ini, digunakannya aplikasi Autodesk Eagle untuk membuat diagram sirkuit kontroler ini.



Gambar 4-12 Desain Skematik Kontroler

Maka jika diilustrasikan dengan komponen, PCB kontroler ini akan memiliki ilustrasi sebagai berikut.



Gambar 4-13 Ilustrasi Skema Kontroler dengan Komponen

Setelah tahap desain PCB melalui Autodesk Eagle dilakukan, maka dilanjutkan tahap pencetakan.

#### 4.4 Perancangan produk

Setelah melalui tahapan desain, selanjutnya masuk ke tahapan pembuatan purwarupa. Pada gambar 4-13 merupakan hasil dari model yang sudah direncanakan.



Gambar 4-14 Sistem Pembuangan berbasis *Suction*

Untuk menunjang sistem pembilasan ini, wadah penampung air untuk *flush* dihilangkan dan diganti dengan *solenoid valve* agar air pembersih toilet dapat dikontrol melalui kontroler. Desain penutup lubang *flush* dirancang menyesuaikan sisi penghubung wadah penampung air *flush* pada kloset. Pada sisi tengah penutup

lubang terdapat saluran penghubung yang didesain menyambung dengan pipa *elbow* dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inch menyesuaikan ukuran pipa *solenoid valve*.



Gambar 4-15 Desain Penutup Lubang *Flush*

Setelah desain sesuai, perancangan tutup dibuat menggunakan akrilik yang dipotong melalui permesinan *laser cut*. Selanjutnya penggabungan antara penutup lubang *flush* dengan kloset dan komponen *solenoid valve*.



Gambar 4-16 *Solenoid Valve* sebagai Pembilas Otomatis

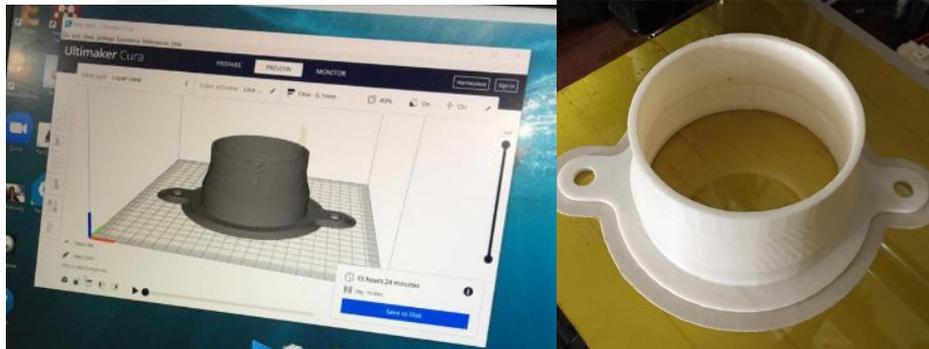
Purwarupa juga dirancang dengan desain yang ditujukan untuk pameran dan agar dapat melakukan pengujian secara layak dan nyaman.



Gambar 4-17 Purwarupa Produk

#### 4.4.1 *Closet flange*

Setelah mendapat desain yang sesuai, selanjutnya dilakukan proses produksi purwarupa. Proses produksi ini menggunakan mesin 3D Print dengan materia filamen PLA. Sebelum proses *print* dimulai, dilakukan penyetelan menggunakan aplikasi *Ultimaker Cura 4.9.1* untuk mengatur strategi pencetakan dan pembuatan G-code.



Gambar 4-18 Perancangan *Closet flange*

Setelah hasil print selesai, purwarupa *closet flange* disemprot menggunakan cairan anti air untuk mencegah terjadinya kebocoran pada saat penggunaan.

#### 4.4.2 **Kontroler**

Setelah pembuatan skema kontroler dengan menggunakan aplikasi *Autodesk Eagle* selesai, tahapan selanjutnya adalah pencetakan *PCB*. *PCB* adalah papan yang digunakan untuk menghubungkan antar komponen elektronika dengan lapisan jalur konduktornya.



Gambar 4-19 Rancangan Kontroler

### 4.4.3 Anggaran Biaya

Berikut rincian anggaran biaya terkait perancangan toilet berbasis *suction*.

#### 1. Anggaran Instalasi *Water Closet*

Tabel 3-7 Data Rencana Anggaran Biaya Instalasi WC

No.	Nama Barang/Material	Jumlah (Pcs)	Harga (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Kloset Toto SW 420 JP	1	200.000	200.000
2.	Pipa PVC Rucika 2 inch	2	62.000	124.000
3.	<i>Closet Flange</i>	1	86.000	86.000
4.	Sambungan Pipa <i>Elbow</i> ukuran 2 inch	3	5.500	16.500
5.	Pompa	1	597.400	550.000
6.	Solenoid Valve $\frac{3}{4}$ inch	1	128.600	128.600
7.	<i>Water Valve</i> PVC 2 inch	1	34.300	34.300
	Sambungan Pipa Ulir Dalam $\frac{3}{4}$ inch	2	3.500	7.000
8.	Sambungan Pipa <i>Elbow</i> $\frac{3}{4}$ ukuran inch	3	3.500	10.500
9.	Selang Air $\frac{5}{8}$ inch	8 Meter	8.000	64.000
10.	Besi Hollow Persegi	1	140.000	140.000
11.	Triplek 9 mm	2	95.000	190.000
12.	HPL	1	213.000	213.000
13.	Alas Karpet Hitam	1X3 Meter	24.900	74.700
<b>Total</b>				<b>Rp 1.886.000</b>

## 2. Anggaran Kontroler

Tabel 3-8 Data Rencana Anggaran Biaya Kontroler

No.	Nama Barang/Material	Jumlah (Pcs)	Harga (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Arduino Nano	1	84.000	84.000
2.	Adaptor AC/DC 5V	1	22.000	22.000
3.	Module Relay	1	15.000	15.000
4.	Kabel Jumper 30cm	1	15.000	15.000
5.	Pin Header Male	2	1.500	3.000
6.	Cetak PCB	1	30.000	30.000
7.	Socket	4	500	2.000
8.	LED berwarna merah	2	500	1.000
9.	Push Button	4	3.000	12.000
10.	Resistor	10	200	2.000
<b>Total</b>				<b>Rp 186.000</b>

## 3. Total Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3-9 Data Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Nama Barang/Material	Rencana Anggaran Biaya
1.	Anggaran Instalasi WC	Rp 1.886.000
2.	Anggaran Kontroler	Rp 186.000
<b>Total Anggaran</b>		<b>Rp 2.072.000</b>

## 4.5 Pengujian

Pengujian merupakan tahapan terakhir dari metode *design thinking*. Tahapan ini terdiri dari proses kalibrasi dan pengujian.

### 4.5.1 Kalibrasi

Proses kalibrasi dimulai dari mengukur debit sumber air untuk mengetahui lama air pembersih menyala sebelum pompa bekerja. Pengujian ini dilakukan dirumah penulis. Proses mengukur debit sumber air dapat diketahui melalui perhitungan volume air dibagi waktu yang dibutuhkan untuk mengisi volume tersebut.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Debit yang terdapat pada tempat pengujian yaitu sebesar 0,3 L/detik. Dari hasil percobaan, aliran air dengan debit 0,3 L/detik sudah mampu untuk membilas permukaan wadah kloset.



Gambar 4-20 Pembilasan Permukaan Wadah Kloset dengan Debit 0,3 L/detik

Selanjutnya perhitungan debit pompa. Dilakukan pengujian dan didapatkan debit pompa sebesar 2,4 L/detik. Hasil ini diperoleh dari perhitungan volume air yang dihasilkan selama satu detik menggunakan wadah dan diukur menggunakan gelas ukur. Maka dengan mengetahui debit pompa dan debit sumber air, dilakukannya kalibrasi agar kotrol berjalan sesuai dan seimbang.

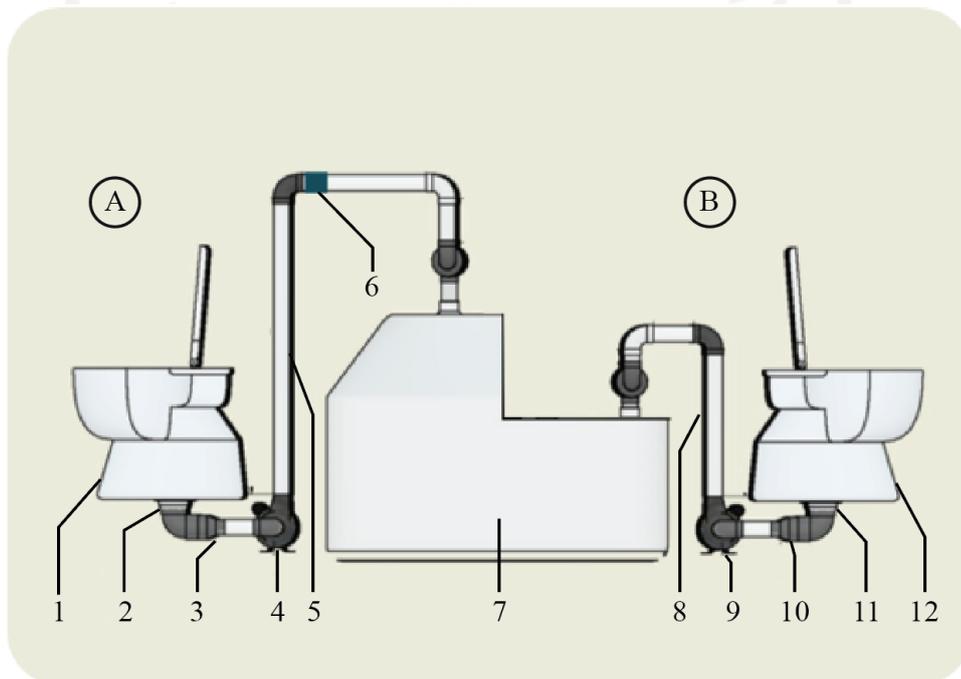
$$\textit{lama air pembersih menyala} = \frac{2,4}{0,3}$$

$$\textit{lama air pembersih menyala} = 8 \textit{ detik}$$

Proses kalibrasi dilakukan melalui kontroler yang menyetel lama waktu komponen pompa menyedot dan air pembersih menyala. Didapatkan hasil pompa menyala selama 1 detik dengan hasil sedotan sebanyak 2,4 liter dan air pembersih menyala selama 8 detik dengan pengisian air sebanyak 2,4 liter.

#### 4.5.2 Pengujian Desain Pertama

Pada pengujian desain pertama, instalasi yang digunakan tampak seperti bagian kiri (A) pada ilustrasi gambar 4-20. Rancangan ini terdiri dari kloset (1), *closet flange* (12), pipa penghubung antara kloset dan pompa (3), pompa (4), pipa 2 inch *discharge* dengan panjang 70 cm (5), dan *valve* (6).



Gambar 4-21 Desain Perancangan Pertama (A) dan Kedua (B)

Penggunaan *valve* berfungsi untuk menyearahkan aliran hasil pembuangan menuju tangki septik (7). Ketika limbah kotoran mengalir melalui pipa *discharge* (5) melawan arah gravitasi, maka seussai pompa berhenti bekerja, limbah kotoran tidak akan kembali kearah gravitasi.



Gambar 4-22 Purwarupa dan Perpipaannya untuk Diujikan

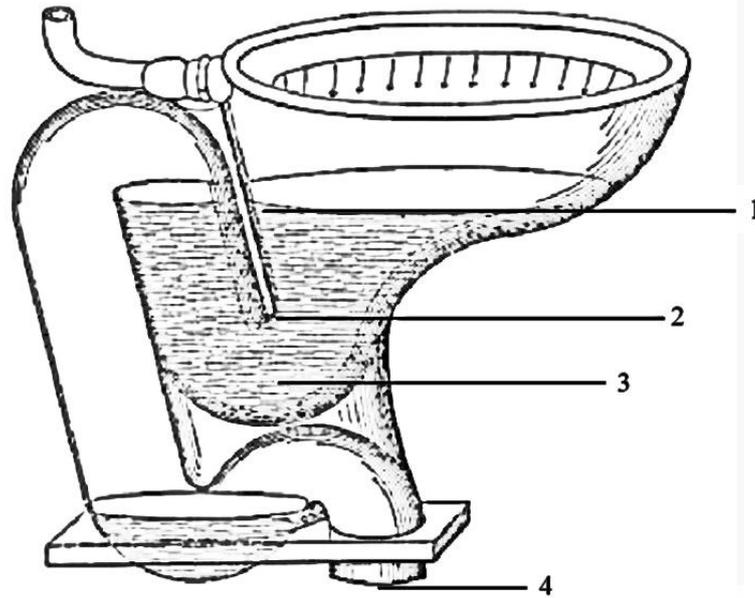
Setelah siap digunakan, pengujian toilet menggunakan spesimen seperti air teh, batang dan daun teh, *tissue*, tepung terigu yang dipadatkan, dan air sabun. berikut adalah hasil dari pengujian setiap pembilasan.

Tabel 4-4 Data Pengujian Pertama

Sampel Kotoran	Status
Air Teh	Belum Berhasil Bersih
Batang dan Daun Teh	Belum Berhasil Bersih
Tissue	Belum Berhasil Bersih
Tepung Terigu (padat)	Belum Berhasil Bersih
Air Sabun	Belum Berhasil Bersih

Hasil dari pengujian desain pertama ini belum berhasil. Hal tersebut dikarenakan:

1. Saluran pembuangan kloset berbentuk leher angsa.



Gambar 4-23 Ilustrasi Jalur Pembuangan pada Kloset

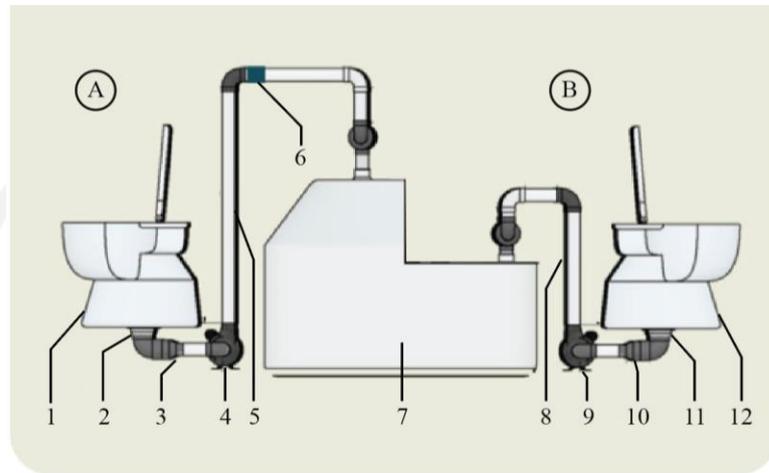
2. *Flush* membersihkan limbah kotoran yang berada dipermukaan wadah kloset (1) dengan penyedotan hingga batas (2) sebelum rongga udara terbuka pada saluran pembuangan (3) kloset yang berbentuk leher angsa untuk mencegah udara ikut tersedot.
3. Apabila proses penyedotan dilakukan mencapai tampungan saluran berbentuk leher angsa (3), maka udara akan ikut tersedot dan akan berpotensi menimbulkan *drop suction* pada pompa.
4. Saat proses *flush*, limbah kotoran yang berada di permukaan wadah kloset (1) terhisap menuju saluran pembuangan (4), masih terdapat kotoran yang tertahan di tampungan saluran pembuangan kloset yang berbentuk leher angsa (3).

Hal ini merupakan permasalahan sekaligus pembuktian jika memang diperlukan perancangan kloset tanpa jalur pembuangan berbentuk leher angsa pada penggunaan toilet berbasis vakum maupun *suction*.

### 4.5.3 Pengujian Desain Kedua

Untuk mengatasi permasalahan pada rancangan desain pertama, perlu perbaikan desain agar proses pembilasan terhadap limbah kotoran dikloset konvensional berhasil untuk dibersihkan. Pada pengujian kedua ini, rancangan

yang digunakan tampak seperti ilustrasi instalasi bagian kanan (B) pada gambar 4-23. Rancangan ini terdiri dari kloset (12), *closet flange* (11), pipa penghubung antara kloset dan pompa (10), pompa (9), dan pipa 2 inch *discharge* dengan panjang 70 cm (8).



Gambar 4-24 Desain Perancangan Pertama (A) dan Kedua (B)

Perbedaan dari desain pertama dan kedua yaitu terletak pada penggunaan *valve* (6) dan panjang pipa *discharge* dari pompa (8). Pada desain kedua ini, *valve* tidak digunakan agar proses *drop suction* tidak terjadi. Maka, ketika limbah kotor mengalir melalui saluran *discharge* pompa (8), pada saat pompa berhenti bekerja, aliran limbah kotoran akan turun kembali. Fenomena tersebut membuat udara yang terdapat pada pipa penyambung (10) terdorong keluar melalui lubang kloset. Hal ini menyebabkan munculnya gelembung akibat udara yang mencari jalan keluar ketika proses *flush* sudah berakhir.



Gambar 4-25 Udara Keluar melalui Lubang Kloset

Disisi lain pipa discharge tidak dapat terlalu panjang karena aliran yang sudah naik akan kembali turun. Maka dari itu pengujian dilakukan untuk menyesuaikan panjang pipa maksimum yang mampu optimal terkait proses *flush* terjadi.



Gambar 4-26 Purwarupa dan Perpipaannya untuk Pengujian Kedua

Selanjutnya pengujian terkait kebutuhan air untuk pembilasan sebagai sistem *flush* dilakukan secara manual. Didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4-5 berikut.

Tabel 4-5 Data Kebutuhan Air Pengujian Kedua

Uji Coba Kebutuhan Air pada Pengujian Kedua						
1 Liter =	5 sekon					
Pengujian	Solenoid		Pompa	Time Total	Water Needed	Hasil
	T-awal	T-akhir	Time			
1	10	10	6	26	5,2 L	
2	5	5	5	15	3 L	
3	4	5	3	12	2,4 L	
4	1	4,5	4	9,5	1,9 L	
5	3	7	3	13	2,6 L	
6	3	4	3	10	2 L	
7	3	4	3,5	10,5	2,1 L	
8	2	4	4	10	2 L	
9	1	4	3,5	8,5	1,7 L	
10	4	5	5	14	2,8 L	

Berdasarkan percobaan untuk pencarian waktu optimum sistem kerja, didapatkan hasil 2 detik penyiraman awal, 4 detik pompa menyala beserta

penyiraman air, dan 4 detik air penyiraman menyala setelah pompa berhenti menyala. Waktu yang Total waktu penyiraman ini 10 detik dan kebutuhan air yang dibutuhkan untuk menjalankan penyiraman ini membutuhkan air 2 liter air

Tabel 4-6 Data Pengujian dengan Sampel

<b>Sampel Kotoran</b>	<b>Status</b>
Air Teh	Berhasil Bersih
Batang dan Daun Teh	Berhasil Bersih
Tissue	Berhasil Bersih
Tepung Terigu (padat)	3 dari 4 Penyiraman Berhasil Bersih
Air Sabun	Berhasil Bersih

Dikarenakan masih terdapat sampel yang belum bersih saat dibersihkan, maka muncul inovasi terkait *extra flush*. Secara prinsip, cara ini sudah digunakan pada toilet konvensional, 2 model penyiraman yaitu penyiraman untuk buang air kecil dan buang air besar. Berdasarkan percobaan untuk pencarian waktu optimum bekerja (Tabel 4-5), pengujian mendapatkan hasil 4 detik penyiraman awal, 5 detik pompa menyala beserta penyiraman air, dan 5 detik air penyiraman menyala setelah pompa berhenti menyala. Waktu yang Total waktu penyiraman ini 14 detik dan kebutuhan air yang dibutuhkan untuk menjalankan penyiraman ini membutuhkan air 2,8 liter air

Tabel 4-7 Data Pengujian dengan Mode *Extra Flush*

<b>Sampel Kotoran</b>	<b>Status</b>
Air Teh	Berhasil Bersih
Batang dan Daun Teh	Berhasil Bersih
Tissue	Berhasil Bersih
Tepung Terigu (padat)	Berhasil Bersih
Air Sabun	Berhasil Bersih

Hasil dari pembilasan sampel kotoran dengan sistem pembuangan berbasis *suction* menyebabkan sampel hancur dan melebur setelah sampel melewati pompa.



Gambar 4-27 Hasil Pembuangan Kotoran setelah Terhisap Pompa

#### 4.6 Perbandingan

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil yang dapat kita bandingkan antara penggunaan kloset gravitasi, vakum toilet asli, dan perancangan ini.

Tabel 4-8 Data Perbandingan antara Rancangan dan Sistem Lainnya

Parameter	Gravitasi	Vakum	Perancangan
Desain khusus	Untuk bangunan tetap	Untuk bangunan tetap, portabel, dan berjalan	Untuk bangunan portabel dan berjalan
Pipa	Lebih besar dengan $\pm 110$ mm	Lebih kecil dengan 50 mm	Lebih kecil dengan 50 mm
Proses Instalasi	Instalasi tidak sederhana	Sederhana	Sederhana
Kebutuhan Air	7 Liter	1,5 Liter	2,5 Liter

Berdasarkan hasil pada tabel 2, didapatkan hasil yang mampu mengatasi permasalahan yang terjadi. Rancangan toilet mampu menggunakan pengkonversian toilet konvensional dan digunakan dengan menyedot hasil buangan dari kloset menuju tangki septik. Didapatkan hasil pembuangan sebanyak 2,5 L, yang artinya toilet mampu melakukan penghematan dibanding penggunaan toilet konvensional.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan dan terdapat beberapa saran dari penulis.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Toilet memiliki tangki septik dengan kapasitas besar yang dapat digunakan dan diletakkan sejajar dengan dimensi alas permukaan toilet tanpa harus melakukan penggalian permukaan yang lebih rendah.
2. Toilet mampu memiliki sistem pembuangan berbasis *suction*.
3. Purwarupa produk mampu melakukan pembilasan dengan kebutuhan air sebesar 2,5 liter air

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang sudah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembang selanjutnya:

1. Penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan pipa transparan agar proses laju aliran dapat diketahui secara nyata.
2. Dibutuhkan perancangan *check valve* elektrik pada saluran pembuangan untuk mengontrol aliran air lebih tepat.
3. Penambahan sensor *waterflow* untuk mengotimatisasi kerja antara katup air pembersih dan pompa penyedot.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S., & Karnowo. (2008). *Dasar Pompa*.
- Asbahdin, T., Studi, P., Lingkungan, T., Islam, U., & Yogyakarta, D. I. (2018). *Perencanaan Toilet Portable Di Lokasi Pengungsian Planning Design of Portable Toilet in Location of*.
- Budiharto, W., & Jefri, T. (2007). *Panduan Praktikum Mikrokontroler*. PT. Elex Media Computindo.
- Chapman, S. J. (2012). Electrical Machinery Fundamental 5th Edition. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Chen, T. C., Busching, F. B., Hale, W. D., & Kristoffersen, B. R. (1982). *Nonrecirculating vacuum flush toilet system utilizing fresh water*.
- Gao, M., Zhang, L., Florentino, A. P., & Liu, Y. (2019). Performance of anaerobic treatment of blackwater collected from different toilet flushing systems: Can we achieve both energy recovery and water conservation? *Journal of Hazardous Materials*, 365(April 2018), 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.055>
- Hughes, A. (2006). Closet flange system for existing installation. In *European Journal of Political Research Political Data Yearbook*. <https://doi.org/10.1111/2047-8852.12112>
- Kallon, D., & Matlakala, M. E. (2019). *Effect of Suction Diameter Variations on Performance of Centrifugal Pump*. October, 1–5. <https://doi.org/10.1109/OI.2019.8908175>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit, (2016). [https://dinkes.kedirikab.go.id/konten/uu/97467PMK\\_No.\\_24\\_ttg\\_Persyaratan\\_Teknis\\_Bangunan\\_dan\\_Prasarana\\_Rumah\\_Sakit.pdf](https://dinkes.kedirikab.go.id/konten/uu/97467PMK_No._24_ttg_Persyaratan_Teknis_Bangunan_dan_Prasarana_Rumah_Sakit.pdf)
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2019 tentang

- Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit, 11 Indonesia 1 (2019).  
[http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk\\_hukum/PMK\\_No\\_\\_30\\_Th\\_2019\\_\\_ttg\\_Klasifikasi\\_dan\\_Perizinan\\_Rumah\\_Sakit.pdf](http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No__30_Th_2019__ttg_Klasifikasi_dan_Perizinan_Rumah_Sakit.pdf)
- Parekh, R. (2003). AC Induction Motor Fundamentals. *AC Induction Motor Fundamental*, 1–24.
- Perdana, A., & Nugroho, A. M. (2017). Gedung Tempat Pengungsian Bersama Di Kabupaten Malang ( Studi Kasus : Gor Ganesha Kota Batu ). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*.
- Rieger, U., & Hoffjann, C. (2007). *Vacuum toilet system and method for waste water transport and waste water collection in an aircraft*.
- Steigerwald, N., & Andre, B. (2017). *Holding tank for portable toilet*.
- Sudarmadji, & Hamdi. (2013). Tangki Septik Dan Peresapannya Sebagai Sistem Pembuangan Air Kotor Di Permukiman Rumah Tinggal Keluarga. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 134–142.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, 634 (2007).
- Wierenga, S. M. (2005). *Aircraft sink with integrated waste disposal function*.