

**RANCANG ALAT KONVERSI LIMBAH CAIR MENJADI AIR BERSIH
BERBASIS TENAGA SURYA PADA UMKM OPAK**

SKRIPSI

OLEH:

ARIF HIDAYAT

228150050



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/7/26

Access From (repository.uma.ac.id)7/7/26

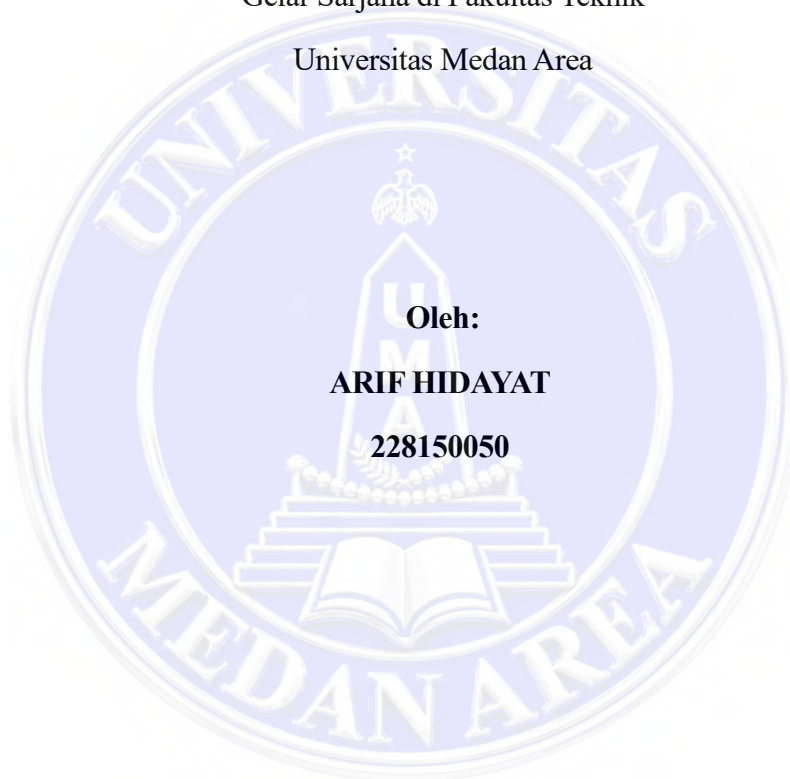
**RANCANG ALAT KONVERSI LIMBAH CAIR MENJADI AIR BERSIH
BERBASIS TENAGA SURYA PADA UMKM OPAK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



Oleh:

ARIF HIDAYAT

228150050

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2026

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis
Tenaga Surya Pada UMKM Opak

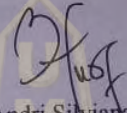
Nama : Arif Hidayat

NPM : 228150050

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Industri

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing


Nukhe Andri Silviana, S.T.M.T
NIDN. 0127038802

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi


Dr. Fauz Supriatno, S.T., M.T
NIDN: 0102027402


Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, S.T.M.Sc
NIDN: 0110068801

Tanggal Lulus: 02 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arif Hidayat
Tempat/Tanggal Lahir : Tuntungan
NPM : 228150050
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Industri

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana yang merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma dan etika penulisan karya ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan.

Demikian halaman pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

Medan, 02 Maret 2026
Saya yang menyatakan



Arif Hidayat
228150050

HALAMAN PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

HALAMAN PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

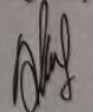
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arif Hidayat
NPM : 228150050
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Industri
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul "Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis Tenaga Surya Pada UMKM Opak". Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 02 Maret 2026

Saya yang menyatakan



Arif Hidayat
228150050

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tuntungan I pada tanggal 13 Juni 2003 dari Bapak Suheri dan Ibu Siti Nurhayati. Penulis merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara. Adapun jenjang pendidikan yang sudah dilalui penulis sebagai berikut:

1. Tahun 2009, penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 101827 Tuntungan dan dinyatakan lulus pada tahun 2015
2. Tahun 2015, penulis menempuh pendidikan di SMP Muhammadiyah 61 Tanjung Selamat dan dinyatakan lulus tahun 2018
3. Tahun 2018, penulis menempuh pendidikan di SMK Negeri 1 Kutalimbaru dan dinyatakan lulus pada tahun 2021
4. Tahun 2022 Penulis melanjutkan kuliah di Universitas Medan Area

Dengan ketekunan serta motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berjahasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul "Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis Tenaga Surya Pada UMKM Opak"

ABSTRAK

Arif Hidayat 228150050, "Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis Tenaga Surya Pada Umkm Opak" Dibimbing Oleh Ibu Nukhe Andri Silviana ST. MT

Salah satu usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) yang berkembang ialah pada industri makanan tradisional yaitu usaha produksi Opak Jh. Opak merupakan makanan tradisional yang proses produksinya menggunakan bahan utama yaitu ubi kayu (*Manihot esculenta*). Berdasarkan observasi yang dilakukan bahwa limbah yang dihasilkan per bulan yaitu limbah pencucian 13.500 liter dan limbah perebusan sebesar 1.975 liter. Limbah cair tersebut mengandung senyawa organik, yang apabila dibuang langsung tanpa melakukan proses pengelolaan limbah akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan mengganggu ekosistem air dan tanah. Penelitian ini bertujuan, untuk merancang alat konversi limbah cair menjadi air bersih dengan pemanfaatan energi surya sebagai energi utama dalam kinerja alat. Penelitian ini menggunakan metode *pahl and beitz*, digunakan untuk merancang alat berdasarkan permasalahan aktual yang terjadi dilapangan dengan menggunakan empat tahapan yaitu perencanaan dan penjelasan tugas, perancangan konsep produk, perancangan bentuk produk, dan perancangan detail. Dari hasil pengujian alat yang sudah dilakukan bahwa limbah cair mengalami perubahan warna yang sangat signifikan dari sebelum di konversi dan sesudah dikonversi. Proses pengolahan limbah cair dapat terselesaikan perebusan terselesaikan 93% dan pencucian 98%, Dengan kebutuhan energi dalam pengolahan limbah 283,3 watt, waktu penyinaran energi surya yang efektif yaitu selama 5 jam. Selain itu, sudut kemiringan pada panel surya ialah sudut 10°

Kata Kunci : *Metode Pahl and Betiz*, Limbah Cair, Energi Surya

ABSTRACT

Arif Hidayat 228150050, “Designing a Solar-Powered Device to Convert Liquid Waste into Clean Water for Opak MSMEs” Supervised by Mrs. Nukhe Andri Silviana, S.T., M.T

*One of the growing micro, small and medium enterprises (MSMEs) is in the traditional food industry, namely the opak production business. Opak is a traditional food whose production process uses cassava (*Manihot esculenta*) as the main ingredient. Based on observations, the waste produced per month is 13,500 liters of washing waste and 1,975 liters of boiling waste. This liquid waste contains organic compounds, which, if disposed of directly without undergoing a waste management process, will cause environmental pollution and disrupt the water and soil ecosystems. This study aims to design a device to convert liquid waste into clean water by utilizing solar energy as the main energy source for the device. This study uses the Pahl and Beitz method, which is used to design tools based on actual problems that occur in the field using four stages, namely task planning and description, product concept design, product form design, and detail design. From the results of the tool testing that has been carried out, the liquid waste underwent a very significant color change from before and after conversion. The liquid waste treatment process can be completed with 93% boiling and 98% washing. With an energy requirement of 283.3 watts for waste treatment, the effective solar energy irradiation time is 5 hours. In addition, the angle of inclination of the solar panel is 10°.*

Keywords: *Pahl and Beitz Method, Liquid Waste, Solar Energy*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan beribu-ribu nikmat yang tidak dapat penulis hitung satu persatu. Sehingga, dengan nikmat yang Allah berikan penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik yang berjudul” **Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis Tenaga Surya Pada Umkm Opak**”.

Tugas akhir ini disusun berdasarkan observasi dan wawancara dari UMKM Pabrik Opak JH. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

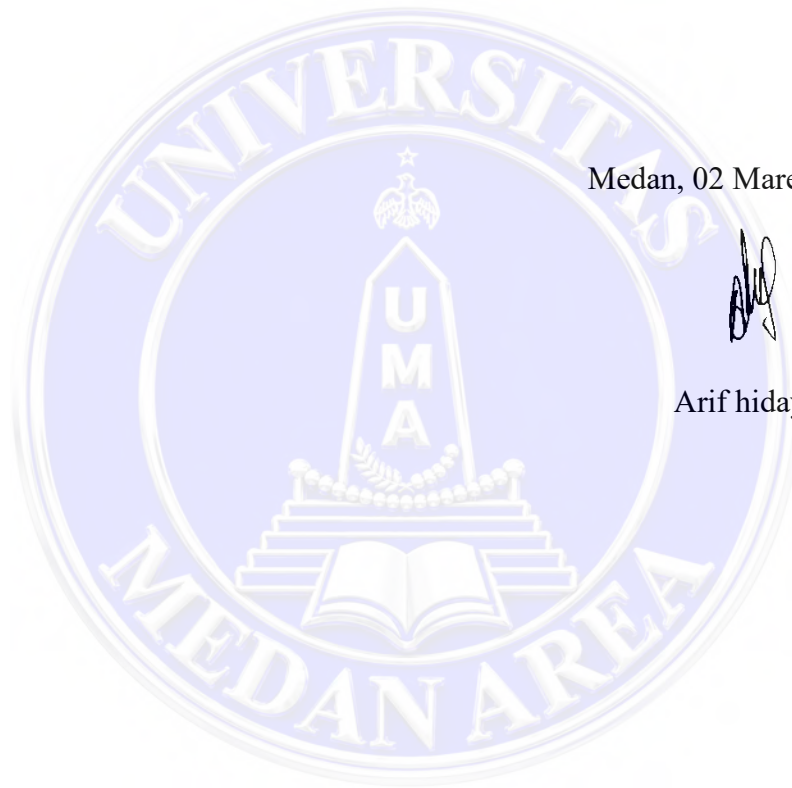
Dalam penyelesaian dan penyusunan tugas akhir ini, banyak sekali dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam meluangkan pikiran dan waktu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua Orang Tua Penulis: Bapak Suheri dan Ibu Siti Nurhayati, yang telah memberikan motivasi, nasehat dan segala yang diberikan kepada penulis saat sekarang ini . Penyelesaian skripsi ini merupakan wujud rasa hormat dan cita penulis kepada kedua orang tua.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area
3. Bapak Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
4. Bapak Dr. Ir. Chalis Fajri Hasibuan, ST, M.Sc, selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Teknik Universitas Medan Area

5. Ibu Nukhe Andri Silviana, S.T.,M.T, sebagai dosen pembimbing yang sudah memberi arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
6. Bapak Sirmas Munthe, S.T.,M.T, sebagai ketua seminar yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir
7. Bapak Yudi Daeng Polewangi, S.T.,M.T, sebagai sekretaris seminar yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir
8. Ibu Reakha Zulvaticia, S.T.,M.Sc sebagai pembanding seminar yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir
9. Seluruh dosen pengampu Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area yang telah memberikan ilmu yang sangat berguna sehingga dapat membantu penulis dalam menyusun tugas akhir.
10. Saudara kandung penulis yang telah memberikan dukungan moral, perhatian, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran dan dukungan yang diberikan menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses penyelesaian skripsi ini.
11. Seluruh Staff Administrasi Universitas Medan Area yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan segala urusan berkas – berkas penulis.
12. Bapak Johan selaku pemilik UMKM Pabrik Opak JH yang sudah memberikan kesempatan penulis dalam melakukan penelitian.

13. Sahabat-sahabat penulis yang sudah turut serta dalam proses perkuliahan dan turut membantu saat penulis kehilangan arah, semoga kita menjadi orang sukses dan dapat berkumpul dilain waktu

Laporan tugas akhir ini tentunya masih jauh dalam kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran untuk menjadikan bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kontruksi pada Teknik Industri.



Medan, 02 Maret 2026

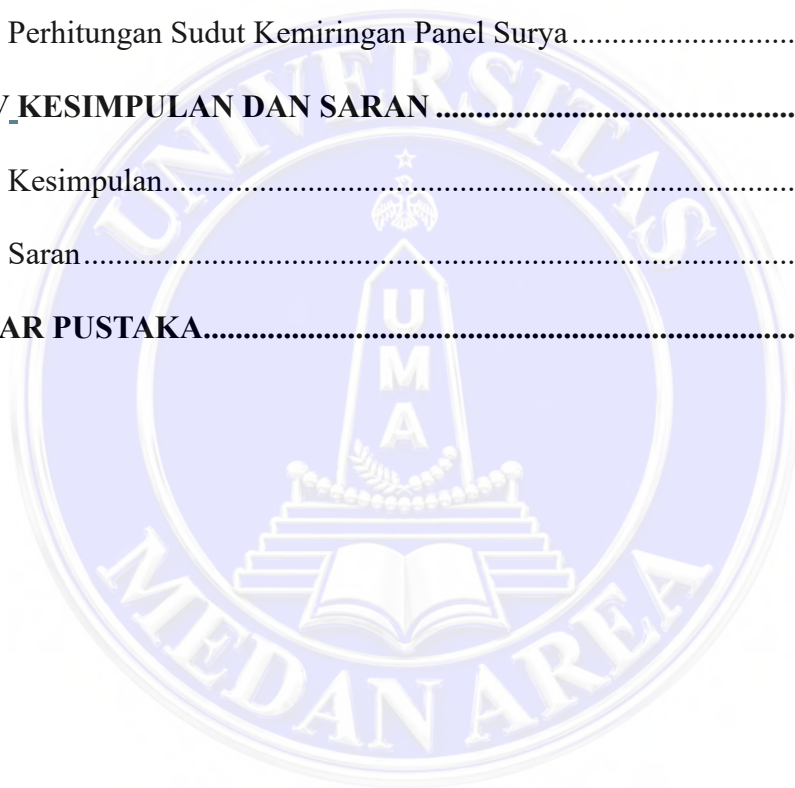
Arif hidayat

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Perancangan	7
2.2 Tahapan – Tahapan Dalam Perancangan Produk	8
2.3 Pengembangan Produk.....	9
2.3.1 Proses Pengembangan Produk.....	10
2.4 Pengertian Limbah	12
2.5 Energi	14

2.5.1 Energi Surya	15
2.5.2 Komponen Sistem Tenaga Surya.....	16
2.6 Metode Pahl and beitz	20
2.7 Observasi.....	21
2.8 Wawancara	22
2.9 Autocad	23
2.10 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Jenis Penelitian.....	26
3.3 Subjek dan Objek Penelitian	26
3.4 Alat dan Bahan	27
3.4.1 Alat yang digunakan.....	27
3.4.2 Bahan yang digunakan.....	27
3.5 Variabel Penelitian.....	27
3.6 Kerangka Berfikir.....	28
3.7 Instrumen Riset	29
3.8 Metode Pengumpulan Data	29
3.9 Konsep Metode Pahl and Beitz	30
3.10 <i>Flowchart</i> Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pengumpulan Data	34
4.1.1 Data Limbah Pencucian dan Perebusan.....	34
4.2 Pengolahan Data.....	34

4.2.1 Perancangan dan Penjelasan Tugas	35
4.2.2 Perancangan Konsep Produk	36
4.2.3 Perancangan Bentuk Produk (<i>Embodiment Desain</i>)	37
4.2.4 Perancangan Detail Produk	43
4.3 Pembuatan Alat Konversi Limbah Cair	51
4.3.1 Pengujian Hasil dan Evaluasi	56
4.4 Kebutuhan Daya Sistem Alat	58
4.5 Perhitungan Sudut Kemiringan Panel Surya	61
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67

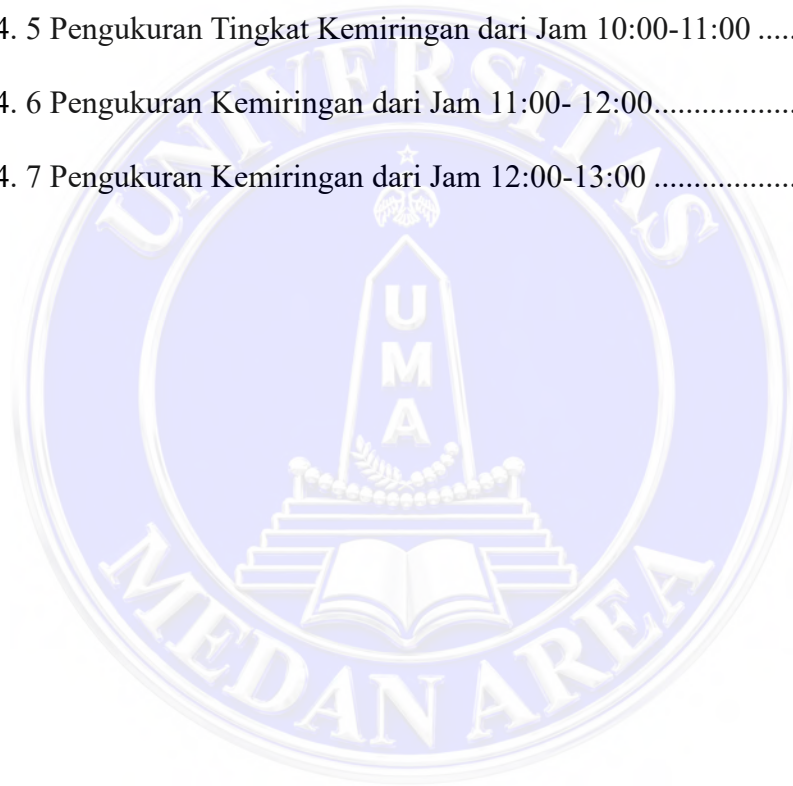


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 panel Surya Monocrystalline.....	17
Gambar 2. 2 Panel Surya polycrystalline.....	18
Gambar 2. 3 solar panel Thin Film	18
Gambar 2. 4 Solar Charger Controller	19
Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir.....	28
Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian.....	32
Gambar 4. 1 Desain Tampak Samping Kiri (a) dan Kanan (b)	43
Gambar 4. 2 Desain Tampak Depan (a) dan Belakang (b).....	43
Gambar 4. 3 Desain Akhir : Sisi Belakang (a), Sisi Depan (b), Sisi Samping Kiri (c), dan Sisi Samping Kanan (d)	44
Gambar 4. 4 Desain Alat Konversi Limbah Cair Beserta Keteranganannya.....	45
Gambar 4. 5 sistem kerja alat konversi limbah cair	49
Gambar 4. 6 Mesin las Listrik.....	51
Gambar 4. 7 Mesin Gerinda	52
Gambar 4. 8 Mesin Bor.....	52
Gambar 4. 9 Solder	53
Gambar 4. 10 Obeng dan Kunci Ring 8.....	53
Gambar 4. 11 Tang	54
Gambar 4. 12 Kuas dan Spidol	54
Gambar 4. 13 Meteran.....	55
Gambar 4. 14 alat konversi limbah cair	55
Gambar 4. 15 Limbah Pencucian Sebelum (a) dan Sesudah Dikonversi (b).....	57
Gambar 4. 16 Limbah Perebusan: Sebelum (a) dan Sesudah Dikonversi (b).....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Limbah Cair Pencucian Dan Perebusan Bulan 7	2
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	24
Tabel 4. 1 Komponen Pokok.....	38
Tabel 4. 2 Komponen Pendukung	42
Tabel 4. 3 kebutuhan Energi.....	58
Tabel 4. 4 Pengisian Baterai.....	61
Tabel 4. 5 Pengukuran Tingkat Kemiringan dari Jam 10:00-11:00	62
Tabel 4. 6 Pengukuran Kemiringan dari Jam 11:00- 12:00.....	62
Tabel 4. 7 Pengukuran Kemiringan dari Jam 12:00-13:00	63



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha kecil, mikro dan menengah merupakan pilar penting dalam Pembangunan usaha ekonomi di Indonesia. UMKM ini, dijalankan secara perorangan maupun secara kelompok. usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) sangat memberikan kontribusi besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional dan memberikan kontribusi terhadap lapangan kerja, eksplorasi pasar, keterlibatan dalam aktivitas ekonomi lokal, dan pemberdayaan Masyarakat (Astuty et al., 2024).

Salah satu UMKM yang berkembang ialah pada industri makanan tradisional yaitu usaha produksi opak Jh. Opak merupakan makanan tradisional yang proses produksinya menggunakan bahan utama yaitu ubi kayu (*Manihot esculenta*). Ubi Kayu adalah tanaman yang banyak tumbuh di wilayah iklim sub tropis dan tergolong sebagai tumbuhan tropika dan subtropika dan terkenal sebagai sumber utama karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran (Suryani, 2020). Indonesia saat ini merupakan negara produsen penghasil terbesar kelima didunia dengan total produksi yakni mencapai 23 juta ton/tahun (Karaman et al., 2021). Sentra utama dengan produksi terbanyak ialah wilayah jawa barat, jawa tengah, jawa timur, lampung, sumatera utara. dan nusa tenggara timur.

Namun, dalam proses produksi pengolahan opak tidak hanya menghasilkan produk , melainkan juga menghasilkan limbah cair yang berasal dari pencucian bahan baku dan perebusan. Limbah cair merupakan air bekas pakai dari berbagai proses produksi yang penggunaan telah mengandung bahan pencemar atau polutan

berupa senyawa organik dan anorganik (Martini et al., 2020). Berikut ini merupakan data satu bulan terakhir limbah cair pencucian bahan baku dan perebusan yang dihasilkan pada UMKM Opak Jh yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Data Limbah Cair Pencucian Dan Perebusan Bulan 7

No	Pencucian	Perebusan
1	500 Liter	75 Liter
2	500 Liter	75 Liter
3	500 Liter	75 Liter
4	500 Liter	75 Liter
5	500 Liter	75 Liter
6	500 Liter	75 Liter
7	500 Liter	75 Liter
8	500 Liter	75 Liter
9	500 Liter	75 Liter
10	500 Liter	50 Liter
11	500 Liter	75 Liter
12	500 Liter	75 Liter
13	500 Liter	75 Liter
14	500 Liter	75 Liter
15	500 Liter	75 Liter
16	500 Liter	75 Liter
17	500 Liter	50 Liter
18	500 Liter	75 Liter
19	500 Liter	75 Liter
20	500 Liter	75 Liter
21	500 Liter	75 Liter
22	500 Liter	75 Liter
23	500 Liter	75 Liter
24	500 Liter	75 Liter
25	500 Liter	75 Liter
26	500 Liter	75 Liter
27	500 Liter	75 Liter
Jumlah	13.500 Liter	1.975 Liter

Sumber : Opak JH

Dari data diatas bahwa limbah produksi yang dihasilkan selama sebulan terakhir cukup banyak. limbah ini, mengandung senyawa organik, yang apabila

dibuang langsung tanpa melakukan proses pengolahan limbah akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan mengganggu ekosistem air dan tanah. Limbah yang dihasilkan memiliki warna coklat pekat yang mengandung sludge, sari pati, serta bau yang sangat menyengat. Dengan demikian, limbah cair pada UMKM opak harus dilakukan pengolahan untuk melindungi kualitas pada lingkungan yang berada di sekitar UMKM.

Oleh karena itu, dilakukanlah perancangan alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya. Perancangan alat ini menggunakan tenaga surya karena sifatnya yang terbarukan, ramah lingkungan, hemat energi, dan sangat sesuai diterapkan di wilayah tropis Indonesia. Dengan perancangan alat ini mampu menjawab tantangan pada UMKM opak dengan pendekatan yang berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, perancangan alat dilakukan dengan menggunakan metode *pahl and beitz*, metode *pahl and beitz* ialah metode yang digunakan untuk merancang alat berdasarkan permasalahan aktual yang terjadi dilapangan. Tujuan dalam penelitian ini ialah untuk menghasilkan alat lebih efisien dengan pemanfaatan tenaga surya, mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari limbah cair pada perebusan dan pencucian bahan baku serta memberikan kontribusi terhadap pelestarian lingkungan dan berkelanjutan usaha

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang alat konversi limbah cair menjadi air bersih yang ramah lingkungan pada UMKM opak ?

2. Bagaimana pemanfaatan energi surya dalam mendukung operasional alat konversi limbah cair?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, bahwa tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui hasil rancang alat konversi limbah cair menjadi air bersih yang ramah lingkungan pada UMKM opak
2. Untuk mengetahui pemanfaatan energi surya dalam kerja alat pengolahan limbah cair

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada pemecahan masalah yang telah dirumuskan :

1. Penelitian dilakukan pada UMKM opak yang menghasilkan limbah cair dari proses pencucian bahan baku dan perebusan.
2. Evaluasi alat berfokus pada rancangann teknis dan fungsional
3. Tidak menguji kualitas air hasil dari konversi alat tersebut

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti
 - a. Sebagai bentuk konkret dari teori yang diperoleh di bangku perkuliahan

- b. Melatih mahasiswa dalam merancang sebuah alat
- c. Menambah skill kepada mahasiswa dibidang teknologi yang modern

2. Bagi UMKM Opak

Melalui penelitian ini, diharapkan mampu merancang alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya untuk mengurangi limbah cair pencucian bahan baku dan perebusan hasil produksi, sehingga limbah cair yang dihasilkan tidak dapat pencemaran lingkungan dan mengganggu ekosistem air dan tanah.

3. Bagi Pihak Lain

Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan serta perbandingan bagi penelitian selanjutnya yang lebih relevan serta diharapkan mampu memberikan tambahan referensi bagi masyarakat umum dalam proses perancangan produk dengan menggunakan metode *pahl and beitz*

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang alasan memilih topik penelitian, selain itu berisi permasalahan yang akan diangkat, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori yang relevan dengan topik penelitian, seperti perancangan, pengembangan produk, limbah cair, energi surya,

metode *pahl and beitz*, dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan studi ini. Serta berisi konsep dasar sebagai landasan dalam memecahkan masalah dalam penelitian ini

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian yang meliputi lokasi dan waktu pelaksanaan, bahan dan alat yang digunakan, prosedur penelitian dan data apa yang akan digunakan dalam mengkaji serta menganalisis sesuai dengan diagram alur yang dibuat.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang data-data yang diperoleh selama penelitian yang selanjutnya diolah menggunakan metode yang telah ditentukan dan hasil hasil penelitian yang telah dilakukan saatn pengolahan data untuk menghasilkan Kesimpulan dan saran

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan tentang ringkasan yang diperoleh dari analisis hasil penelitian yang telah dilakukan. Selain itu terdapat saran atau masukan yang diberikan, untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar Pustaka ini berisikan tentang sumber-sumber yang digunakan dalam penelitian, baik itu dalam bentuk buku, jurnal dann kutipan-kutipan dari internet

LAMPIRAN

Lapiran ini berisikan tentang peralatan serta aspek- aspek lain yang perlu ditampilkan guna untuk memperjelas uraian dalam penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perancangan

Perancangan ialah suatu kegiatan atau proses yang sistematis untuk menyusun, memperoleh, serta menghasilkan inovasi yang memiliki nilai guna yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Kegiatan merencanakan dapat menghasilkan produk-produk baru maupun melakukan pengembangan produk terhadap produk sebelumnya yang sudah ada, sehingga dengan begitu mampu memberikan peningkatan kinerja dan fungsi pada produk tersebut. Tahapan – tahapan dalam melakukan perancangan produk (Rahmayanti et al., 2018) yaitu sebagai berikut:

1. *Functional Desain*

Tujuan dari desain fungsional ialah mengembangkan suatu representasi fungsional yang dapat beroperasi secara efektif dari sebuah produk, tanpa mempertimbangkan bentuk akhir dari produk yang dihasilkan.

2. *Industrial design*

Perancangan yang berorientasi pada aspek estetika sekaligus mempertimbangkan keindahan, kebutuhan serta kenyamanan bagi pengguna

3. *Design for manufacturability*

Proses mempertimbangkan fungsi desain ke dalam produk yang dapat diproduksi secara manufaktur, perancangan dituntut untuk mempertimbangkan sejumlah aspek. Melakukan penerapan metode yang

bervariasi serta pemilihan bahan baku alternatif menjadi salah satu langkah penting dalam menciptakan produk

2.2 Tahapan – Tahapan Dalam Perancangan Produk

Langkah – langkah yang dilakukan dalam proses perancangan produk ialah sebagai berikut (Rahmayanti et al., 2018):

1. Fase Informasi

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh mengenai setiap aspek yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Dalam fase ini dilakukan pengumpulan berbagai data yang relevan . adapun informasi yang dibutuhkan dalam tahap ini ialah sebagai berikut

- a. Desain awal beserta spesifikasinya
- b. Keinginan produk menyesuaikan terhadap kebutuhan pelanggan
- c. Kepentingan relatif dari setiap keinginan konsumen
- d. Informasi terkait keputusan pelanggan
- e. Dan data finansial mengenai produk awal rancangan

2. Fase kreatif

Fase kreatif bertujuan menghasilkan berbagai alternatif yang mampu memenuhi fungsi yang dibutuhkan dari suatu produk. Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam fase ini ialah sebagai berikut:

- a. Menentukan kriteria atribut dengan menggunakan diagram pohon
- b. Menentukan prioritas rancangan
- c. Mengembangkan beberapa alternatif desain baru

d. Melakukan perhitungan biaya untuk setiap alternatif desain.

3. Fase analisa

Fase analisa bertujuan untuk mengevaluasi berbagai alternatif yang telah dihasilkan. Proses analisa yang dilakukan melalui proses sebagai berikut ini:

- a. Menganalisis kriteria atribut yang dikembangkan
- b. Melakukan penilaian perbandingan kriteria atribut antar modal
- c. Menentukan bobot pada setiap kriteria atribut
- d. Menggunakan *matriks combinex* untuk mengkombinasikan hasil penilaian
- e. Dan melakukan analisis nilai.

4. Fase Pengembangan

Fase ini menentukan satu alternatif terbaik dari berbagai pilihan yang tersedia, yang sebelumnya telah dianalisis. Data yang dihasilkan dalam tahap ini meliputi:

- a. Alternatif yang dipilih
- b. Gambar produk yang sudah terpilih beserta spesifikasinya.

5. Fase presentasi

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dalam perancangan produk yang bertujuan untuk menyampaikan hasil pengembangan produk secara jelas, efektif, serta menarik agar mudah dipahami oleh pihak yang berkepentingan atau pengguna

2.3 Pengembangan Produk

Pengembangan produk ialah proses menciptakan, merancang,

memperbarui atau meningkatkan suatu produk guna untuk memenuhi kebutuhan pasar. Pengembangan produk adalah Tahap awal dalam siklus hidup sebuah produk. Kegiatan ini biasanya melibatkan serangkaian proses yang dikerjakan oleh tim, yang dimulai dari perumusan ide, perancangan. Proses penyusunan diawali dengan pencetusan ide dan berlanjut sampai diperolehnya spesifikasi teknik dari produk (Muniarty et al., 2023).

Dalam proses pengembangan sebuah produk tidak hanya melibatkan ide baru, tetapi juga melibatkan perancangan, pemilihan bahan, dan desain prototype. Tujuan dari pengembangan produk ialah untuk meningkatkan nilai maksimal kepada konsumen, memodifikasi produk sebelumnya berupa desain dan ukuran.

Secara umum tujuan dari pada pengembangan produk yaitu (1) Untuk memenuhi kebutuhan baru serta membangun citra positif Perusahaan sebagai inovator dengan menghadirkan produk – produk yang lebih modern dari pada produk sebelumnya (2) mempertahankan keunggulan terhadap produk sejenis yang telah ada, dengan menyediakan produk yang mampu memberikan kepuasan yang berbeda kepada konsumen (Muniarty et al., 2023)

2.3.1 Proses Pengembangan Produk

Secara umum menurut (Karl T & Steven D, 2001) proses pengembangan produk dibagi menjadi enam fase, yaitu:

1. Fase 0: Perencanaan Produk

Kegiatan mendesain kerap disebut sebagai "fase awal" karena aktivitas tersebut mendahului persetujuan desain dan sebelum proses utama dalam pengembangan dan peluncuran produk .

2. Fase 1: Pengembangan Konsep

Dalam tahapan pengembangan konsep, kebutuhan pasar yang menjadi sasaran akan diidentifikasi terlebih dahulu, selanjutnya konsep produk alternatif dibuat dan dievaluasi, kemudian dipilih satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan pengujian lebih lanjut.

3. Fase 2: Perancangan Tingkat Sistem

Tahapn perancangan tingkat sistem menentukan struktur dasar arsitektur produk dan membagi produk menjadi subsistem dan komponen yang saling terkait

4. Fase 3: Perancangan Detail

Tahap desain terperinci menjabarkana mengenai bentuk, material, dan toleransi semua komponen produk yang bersifat unik serta mengidentifikasi semua komponen standar yang akan diperoleh dari pemasok.

5. Fase 4: Pengujian dan Perbaikan

Tahap pengujian dan perbaikan mencakup pembuatan dan penilaian terhadap prototipe awal produk untuk memastikan kualitas dan evaluasi berbagai versi produksi awal produk

6. Fase 5: Produksi Awal

Pada fase produksi awal, pembuatan produk dilakukan dengan menggunakan sistem produksi sesungguhnya. Tujuan dari produksi awal ini adalah untuk melatih tenaga kerja dan mengatasi permasalahan pada proses produksi berlangsung

Keenam fase dalam pengembangan produk ini saling berkaitan antara satu dengan lainnya guna untuk mencapai tujuan dalam

pengembangan produk. Sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pasar, produk tersebut layak secara teknis dan ekonomis.

2.4 Pengertian Limbah

Limbah adalah sisa buangan yang dianggap tidak bernilai yang dihasilkan dari proses produksi, mengandung berbagai zat yang berpotensi dapat membahayakan kehidupan manusia, hewan serta tumbuhan berasal dari aktivitas manusia seperti, limbah industri dan limbah rumah tangga. (Sahari, Inayah, & Ahmad, 2024)

Limbah pada umumnya terbagi menjadi tiga, yaitu limbah cair, limbah padat dan limbah gas.

1. Limbah Cair

Limbah cair merupakan hasil buangan yang berbentuk cair dari proses produksi atau dari aktivitas manusia yang telah mengandung bahan pencemar yang tidak memiliki nilai guna serta berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan benar. Limbah cair dapat dari berbagai sumber yaitu rumah tangga, industry, pertanian dan rumah sakit. Air limbah atau limbah cair dalam proses produksi yang tidak diolah kembali dengan baik akan memberikan dan menyebabkan dampak yang serius terhadap lingkungan sekitar dan ekosistem air.

Karakteristik limbah cair ada 3 yaitu karakteristik fisik, karakteristik kimia dan karakteristik biologi.

- a. Karakteristik Fisik yaitu berupa suhu, warna, bau dan (TSS) *Total Suspended Solids* dan TDS (*Total Dissolved Solids*)

- b. Karakteristik kimia yaitu derajat keasaman, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan DO (*Dissolved Oxygen*)
- c. Karakteristik Biologi ialah pemeriksaan air limbah untuk mengidentifikasi apakah didalam air tersebut terdapat mikroorganisme (bakteri, jamur, virus dan plankton).

2. Limbah Padat

Limbah padat ialah sisa material atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi yang berbentuk padat seperti limbah domestik limbah yang berasal dari rumah tangga, perkantoran, peternakan dan pertanian. Berikut ini merupakan dampak yang negatif dari limbah padat yaitu sebagai berikut (Bambang S, 2023).

- a. Terbentuknya gas berbahaya seperti H₂S, NH₃, CH₄ dan CO₂ serta gas-gas lainnya yang muncul disebabkan oleh pembusukan sampah.
- b. Menurunnya mutu air karena adanya pembuangan sampah ke dalam badan air atau aliran air seperti sungai.
- c. Menurunnya kualitas udara sebagai akibat meningkatnya gas-gas beracun seperti H₂S, NH₃, CH₄ di udara. Kandungan gas H₂S 50 ppm dapat menimbulkan rasa mual, mabuk dan pusing bagi manusia.
- d. Terjadinya kerusakan permukaan tanah yang disebabkan oleh penumpukannya limbah padat yang tidak dikelola dengan baik.

3. Limbah Gas

Limbah gas ialah limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri maupun proses alami. Limbah hasil dari kegiatan industri tersebut harus dikelola dengan baik agar limbah tidak memberikan dampak terhadap lingkungan sekitar. Berikut

ini merupakan dampak negatif dari limbah gas terhadap kesehatan manusia (Bambang S, 2023).

a. Debu

1. Partikel debu dapat mengganggu sistem pernapasan dan apabila mengandung Pb menyebabkan gangguan syaraf, saluran pernapasan dan anemia.
2. Debu yang memiliki kandungan serat asbes dapat menyebabkan penyakit kanker

b. Smog (kabut/asap)

1. Smog dapat menyebabkan gangguan pengelihatian sehingga dapat menuunkan jarak pandang
2. Smog mengganggu saluran pernafasan (sesak nafas)

c. Gas beracun

1. Karbon monoksida (CO) dapat menyebabkan gangguan fungsi otak
2. Belerang dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), Ozon (O₃), Amoniak (NH₃), asam sulfida (H₂S) dan senyawa aromatik dapat menyebabkan iritasi pada mata dan menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan

2.5 Energi

Energi ialah kemampuan sesuatu benda untuk melakukan kerja (usaha) atau menyebabkan perubahan. Menurut hukum kekekalan bahwa energi tidak dapat dibuat atau dimusnahkan, tetapi energi dapat berubah bentuk dari satu kebentuk lainnya (Khusnarini, 2024), misalnya panel surya yang mengubah energi panas

bumi (matahari) menjadi energi listrik. Energi tersebut dapat dibedakan menjadi 2 yaitu energi tak terbarukan dan energi terbarukan.

Energi tak terbarukan ialah sumber energi yang ketersediaannya dengan jumlah terbatas yang diambil di bumi dan tidak dapat diperbarui. Proses pembentukan dalam energi tak terbarukan memakan waktu yang sangat lama hingga sampai ratusan tahun, sehingga dengan begitu energi tersebut jika dipakai secara terus - menerus akan mengalami penurunan atau habis. Energi tak terbarukan yaitu, minyak bumi, batu bara, emas, dan gas alam. Sedangkan energi terbarukan ialah sumber energi yang ketersediaannya tidak pernah habis atau secara berkelanjutan. Sumber ini sebagai energi yang ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan. Energi terbarukan misalnya energi angin, energi matahari, energi air, dan energi biomassa.

2.5.1 Energi Surya

Energi surya ialah energi yang diperoleh dari pemanfaatan panas sinar matahari. Energi ini menawarkan alternatif yang menjanjikan sebagai sumber pembangkit daya, menggantikan bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Salah satu keunggulan utama dari energi surya ini ialah memiliki sifat yang ramah lingkungan serta ketersediaan yang melimpah dan sumber energi yang tak terbatas. (Shafa Yuniar Yasmin et al., 2024). Tujuan penggunaan energi surya ialah untuk menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar energi fosil yang dapat merusak lingkungan.

Berdasarkan Undang – Undang 30 Tahun 2007 tentang energi, pasal 1 ayat 6 menjelaskan pengertian “energi terbarukan” yaitu Sumber energi yang bersal

dari proses alam yang berkelanjutan dan dapat diperbarui , apabila dikelola dengan baik. Sumber energi ini meliputi bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran air dan jatuhan, dan pergerakan dan perbedaan suhu pada lapisan laut (Alim et al., 2023). Negara Indonesia ialah negara yang terletak di garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis, sehingga menjadikan salah satu negara yang memiliki potensi energi yang melimpah sepanjang tahun (Afif F. & Martin A., 2022).

Keunggulan penggunaan energi surya ialah sebagai berikut :

- a. Ramah Lingkungan, dikarenakan energi surya tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan
- b. Sumber energi terbarukan yang tidak akan habis, karena energi surya berasal dari sinar matahari yang tersedia secara alami dan dapat dimanfaatkan disepanjang tahun khususnya diwilaya tropis
- c. Mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil

2.5.2 Komponen Sistem Tenaga Surya

Sistem tenaga surya ialah rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen yang bekerja secara terintegrasi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan ddalam kehidupan sehari-hari. Komponen dalam tenaga surya yaitu sebagai berikut:

2.5.2.1 Panel surya

Panel surya merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya disusun dari bahan semikonduktor yaitu silikon, yang dilapisi dengan bahan khusus untuk meningkatkan penyerapan cahaya matahari (Khumaidi Usman, 2020). Jenis panel surya dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan teknologi pembuatannya yaitu sebagai berikut :

1. *Monocrystalline*

Panel surya *Monocrystalline* ialah jenis panel yang terbuat dari dari material *silicon* murni yang memiliki efisiensi paling tinggi. Efisiensi pada panel ini sekitar 15% - 20%. Silicon yang berdapa pada panel surya diiris tipis- tipis dengan menggunakan teknologi pemotongan khusus. Salah satu kelemahan dalam panel surya ini ialah penurunan efisiensi kinerja saat kondisi cuaca mendung atau kurang sinar matahari (Darwin et al., 2020). Panel *Monocrystalline* ini sangta mudah dikenali karena memiliki warna hitam pekat yang khas. Sel-selnya dibuat dari silikon yang memiliki Tingkat kemurnian yang sangat tinggi sehingga dengan begitu menjadi panel surya yang paling efisien dalam mengubah sinar matahari menjadi energi surya. Berikut gambar dari panel surya *Monocrystalline*



Gambar 2. 1 panel Surya *Monocrystalline*

2. *Polycrystalline*

Panel surya *Polycrystalline* dibuat menggunakan beberapa batang kristal silikon yang dileburkan kemudian dicetak menggunakan cetakan berbentuk persegi. Proses penyusunan pada struktur krittal yang tidak seragam (acak). Tingkat efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan jenis *Monocrystalline* yaitu 13% - 16%. Proses pembuatan pada panel

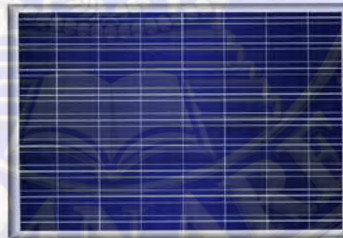
Polycrystalline lebih mudah dibandingkan dengan jenis *Monocrystalline*. Tampilan pada panel *Monocrystalline* Nampak seperti motif pecahan kaca didalamnya berikut ini merupakan gambar dari panel tersebut



Gambar 2. 2 Panel Surya *polycrystalline*

3. *Thin Film Solar Cell* (TFSC).

Panel surya *Thin Film Solar Cell* dibuat dengan melapiskan satu atau lebih lapisan tipis kedalam lapisan dasar. Panel ini sangat ringan dan fleksibel dengan efisiensinya yang paling rendah yaitu 7% - 13%. Ketebalan lapisan dapat dengan mudah diukur dengan micrometers.



Gambar 2. 3 solar panel *Thin Film*

2.5.2.2 *Solar Charger Controller*

Solar Charger Controller ialah alat yang digunakan untuk mengatur arus dari pengisian ke baterai, untuk menghindari pengisian daya yang berlebih pada baterai (*over charging*) dan menghindari tegangan listrik yang melebihi batas normal (*over voltage*), sehingga baterai yang digunakan dapat bertahan dengan jangka waktu yang lama. Proses pengisian baterai pada modul surya dikendalikan

Solar Charger Controller dilakukan secara otomatis secara berulang selama energi panas matahari masih tersedia (Khumaidi Usman, 2020).



Gambar 2. 4 Solar Charger Controller

2.5.2.3 Baterai / Aki

Baterai merupakan komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga surya yang digunakan untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan dari panel surya. Baterai yang digunakan pada PLTS dibedakan menjadi 2 yaitu sebagai berikut (Rudiyanto et al., 2023)

1. Baterai *Lead Acid* (asam timbal)

Baterai asam timbal merupakan jenis baterai yang penyusunnya menggunakan material kimia. Saat sekarang ini baterai tersebut banyak digunakan pada PLTS dan baterai tersebut dibedakan menjadi 2 tipe yaitu *starting battery* dan *deep cycle battery*. baterai dengan tipe *starting battery* dapat menghasilkan energi yang sangat tinggi dengan waktu yang singkat sedangkan tipe *deep cycle battery* menghasilkan energi listrik yang stabil dan memiliki waktu pakai yang lebih lama dibandingkan dengan *starting battery*. (Rudiyanto et al., 2023)

2. Baterai Lithium ion (Li-ion)

Jenis baterai ini memiliki densitas energi, daya yang tinggi dan pengisian ulang yang baik. Baterai Lithium ion banyak digunakan pada peralatan portabel elektronik dan perangkat yang berskala besar. Baterai ini bergerak dari elektroda

negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali pada saat dilakukan pengisian ulang (Rudiyanto et al., 2023). Baterai lithium-ion atau yang biasa disebut Lithium-Ion Battery adalah tipe baterai sumber arus sekunder yang dapat di-charge kembali. Saat ini, Lithium-Ion Battery telah menjadi jenis baterai yang sangat penting, di antaranya untuk kebutuhan energi listrik pada ponsel, pemutar mp3, dan berbagai perangkat lainnya (Perdana, 2021)

2.6 Metode Pahl and beitz

Pahl and beitz merupakan salah satu metode yang digunakan untuk perancangan produk dengan pendekatan perancangan yang sistematis serta terstruktur. Metode dikembangkan oleh Pahl dan Beitz melalui karya ilmiah yang pertama kali dipublikasikan dalam bahasa Jerman pada tahun 1977 (Mufdi et al., 2020). Metode ini digunakan untuk membantu perancang dalam mengolah proses perancangannya secara bertahap, sehingga setiap keputusan desain memiliki dasar yang jelas. Pahl dan beitz juga mengusulkan suatu pendekatan sistematis dalam merancang produk sebagaimana dijelaskan dalam bukunya yang berjudul *Engineering Design: A Systematic Approach*. Cara merancang yang dijelaskan dalam buku tersebut ada empat fase. Pembagian fase ini memberikan tujuan untuk memastikan bahwa perancangan yang dilakukan dapat sistematis. Keempat tahapan tersebut ialah sebagai berikut (Winata & Suryadi, 2020):

1. Perencanaan dan penjelasan tugas

Pada fase ini merupakan tahap awal yang bertujuan untuk memahami permasalahan yang terjadi di lapangan serta menentukan tujuan desain yang akan dibuat secara jelas.

2. Perancangan konsep produk

Perancangan konsep peroduk ini bertujuan untuk mengembangkan solusi desain secara konseptual berdasarkan fungsi yang harus dipenuhi oleh produk,

3. Perancangan bentuk produk (*embodiment design*)

Fase perancangan bentuk produk ini bertujuan untuk membuat konsep yang sudah tentukan menjadi bentuk fisik yang nyata dan dapat direalisasikan.

Pada tahapan ini harus mempertimbangkan aspek teknis dan ergonomi.

4. Perancangan detail

Fase ini merupakan tahap akhir yang menyempurnakan desain produk hingga siap dilakukan uji coba.

2.7 Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati secara langsung terhadap suatu peristiwa, perilaku atau gejala yang terjadi dilapangan (Novi Rudiyaniti et al., 2025). Teknik observasi ini sangat penting dalam melakukan penelitian ilmiah, karena peneliti melihat dan mencatat langsung fenomena atau kejadian yang terjadi. Observasi biasanya digunakan dalam penelitian kualitatif. Metode ini sangat berguna dalam penelitian sosial, pendidikan dan juga kesehatan karena teknik pengumpulan data secara factual yang benar terjadi dilingkungan.

Menurut (Hasanah, 2017) observasi merupakan aktivitas ilmiah yang bersifat empiris, berlandaskan pada fakta-fakta lapangan atau teks dan dilakukan melalui indra penglihatan tanpa adanya manipulasi. Observasi bertujuan untuk

memberikan deskripsi yang mendalam, pada penelitian kualitatif berperan dalam membentuk teori dan hipotesis, sedangkan dalam penelitian kuantitatif digunakan untuk menguji teori dan hipotesis

2.8 Wawancara

Wawancara ialah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara berkomunikasi secara langsung antara peneliti. Wawancara ini merupakan teknik yang sering dipakai dalam penelitian kualitatif. Keberhasilan dalam memperoleh data atau informasi melalui teknik wawancara ini sangat ditentukan oleh keterampilan peneliti dalam melakukan proses wawancara (Cahya et al., 2021). Wawancara digunakan untuk mencari atau mendapatkan informasi yang sesuai dengan fakta, kepercayaan dan keinginan yang sesuai dengan tujuan awal penelitian, Wawancara dalam penelitian kualitatif berbeda dengan wawancara lainnya seperti, proses rekrutmen tenaga kerja dan seleksi penerimaan mahasiswa baru.

Dalam penelitian kualitatif wawancara ialah bentuk percakapan yang diarahkan dalam tujuan khusus dan biasanya diawali dengan pertanyaan-pertanyaan. Wawancara ini tidak sama dengan percakapan biasa, akan tetapi wawancara penelitian dirancang untuk mendapatkan informasi kepada satu pihak atau lebih. Ada berbagai jenis-jenis wawancara yaitu terdiri dari :

1. Wawancara terstruktur ialah teknik wawancara yang semua pertanyaan-pertanyaannya sudah disiapkan secara sistematis, dan jawabannya sudah dibatasi dengan kategori tertentu. Dalam metode wawancara ini dapat

menghemat waktu dan meminimalkan bias, serta proses pengumpulan data pada wawancara ini dapat dilakukan secara cepat

2. Wawancara semi-terstruktur ialah teknik wawancara yang sudah disiapkan oleh peneliti kepada responden, akan tetapi peneliti membebaskan kepada responden untuk mengemukakan pandangan dan gagasan mereka secara bebas. Sehingga peneliti dapat memperoleh informasi yang lebih mendalam.
3. Wawancara tidak terstruktur ialah wawancara yang dilakukan secara bebas, terbuka dan informal. Pada teknik ini peneliti tidak menggunakan pedoman pertanyaan, akan tetapi wawancara ini dilengkapi dengan kata kunci atau topik tertentu yang menjadi panduan dalam proses tanya jawab

2.9 Autocad

Autocad ialah perangkat lunak yang digunakan untuk menggambar dan merancang dengan bantuan komputer, baik dalam bentuk 2D dan 3D dan dikenal juga dengan program *Computer Aided Drafting And Design* (CAD) (Cahya et al., 2021). Fungsi dari *software autocad* ialah sebagai alat bantu dalam menggambar, pengeditan dan merancang produk dalam format 2D dan 3D yang dilakukan secara singkat

Salah satu kelebihan dari *autocad* ialah mampu menyelesaikan pekerjaan dalam waktu yang relative cepat dan singkat, dengan kualitas gambar yang baik. *Autocad* menghasilkan pembuatan desain yang presisi, mudah dan sangat efisien dalam waktu penegerjaannya (Carina Annisa'; Prasetyo, 2024).

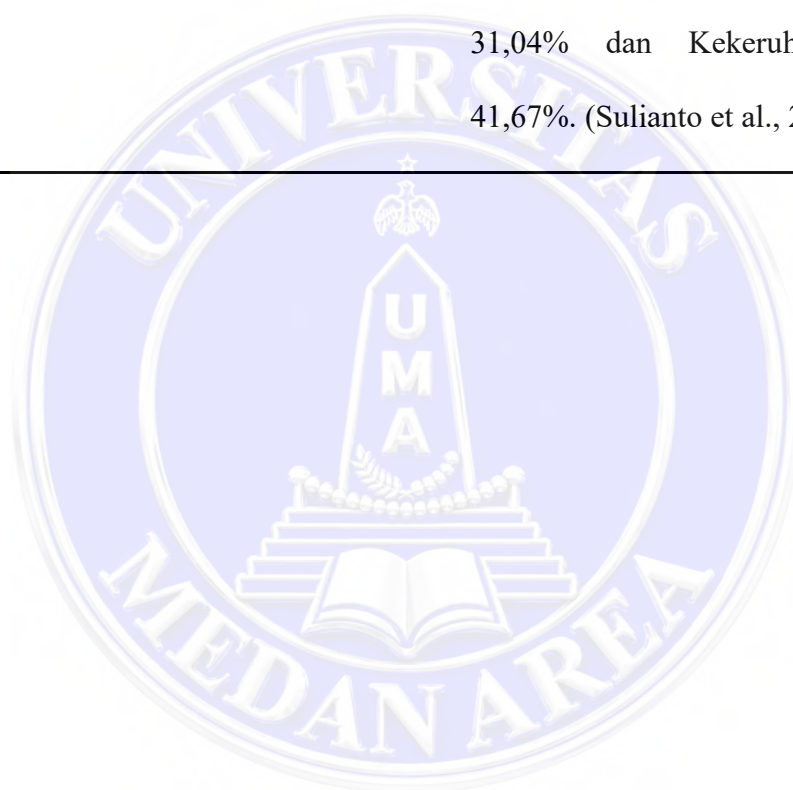
2.10 Penelitian Terdahulu

Dibawah ini merupakan tabel dari penelitian terdahulu yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Rancang Bangun Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem Filtrasi Di Laboratorium Biosain.	Penelitian ini menggunakan media pasir silika dan <i>manganes greensand</i> . Hasil dari konversi alat yang dibuat mengalami perubahan yang sangat signifikan. menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi di Laboratorium Biosain berjalan cukup efektif, yang tandai dengan perubahan pH limbah dari 4,3 menjadi 6,2 mendekati pH normal serta perubahanwarna limbah yang semulanya berwarna hitam keruh berubah menjadi bening (Ida et al., 2025).
2.	Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow	Penelitian ini menggunakan Media filter yang digunakan yaitu ijuk, arang, pasir silika, zeolit, dan kerikil. Bagian unit filtrasi berbentuk pipa PVC berdiameter 4 inci dan panjang 1 meter

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		yang disusun secara horizontal. Hasil penelitian Hasil uji filtrasi menunjukkan bahwa perlakuan II memiliki hasil sebesar 15,75% untuk BOD, TSS sebesar 39,64%, COD sebesar 15,44% Fosfat sebesar 31,04% dan Kekeruhan sebesar 41,67%. (Sulianto et al., 2019)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di usaha kecil, mikro dan menengah pabrik opak Jh yang dimiliki oleh bapak Johan yang beralamat di Jln.Besar Tuntungan I Dusun III, Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara yang dimulai pada bulan September – Desember 2025

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini ialah penelitian Kualitatif. Metode kualitatif ialah penelitian yang memiliki sifat deskriptif, deskriptif ialah sifat yang digunakan untuk menjelaskan atau memaparkan hasil temuan secara sistematis (Safrudin et al., 2023). Data dari penelitian kualitatif diperoleh dari wawancara dan observasi langsung dilapangan. Tujuan dari penelitian ini ialah menjelaskan fenomena yang sedang diteliti yaitu rancang alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya pada UMKM Opak JH

3.3 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek informan dalam penelitian ini ialah pada UMKM Opak Jh yang dimiliki oleh bapak Johan dan objek yang menjadi fokus dalam penelitian ini ialah pada limbah cair hasil dari proses produksi yaitu pencucian bahan baku dan perebusan.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat yang digunakan

- a. Meteran
- b. Mesin Gerinda dan Mesin Bor,
- c. Mesin Las Listrik
- d. Spidol dan Kuas
- e. Solder dan Tank
- f. Kunci Ring 8 dan Obeng

3.4.2 Bahan yang digunakan

- a. Mesin Air
- b. Panel Surya *Monocrystalline*
- c. Aki Sepeda listrik
- d. Filter Air (Kotoran, Bau dan Warna)
- e. Pipa dan Elbow
- f. Besi Siku, Papan dan Cat
- g. Sensor pH Air
- h. *Solar Charger Controller*

3.5 Variabel Penelitian

Variable penelitian ialah atribut atau nilai dari suatu objek yang menjadikan fokus perhatian dalam penelitian guna untuk mendapatkan informasi sehingga dapat disimpulkan. Variable yang diteliti pada UMKM Opak JH ialah variabel *independent* dan *dependent*

1. Variabel Bebas (*Independent*)

Variable bebas ialah variabel yang mempengaruhi variable dependen

sehingga menyebabkan terjadinya perubahan pada variabel tersebut.

Variabel ini disimbolkan dengan huruf X

2. Variabel Terikat (*Dependent*)

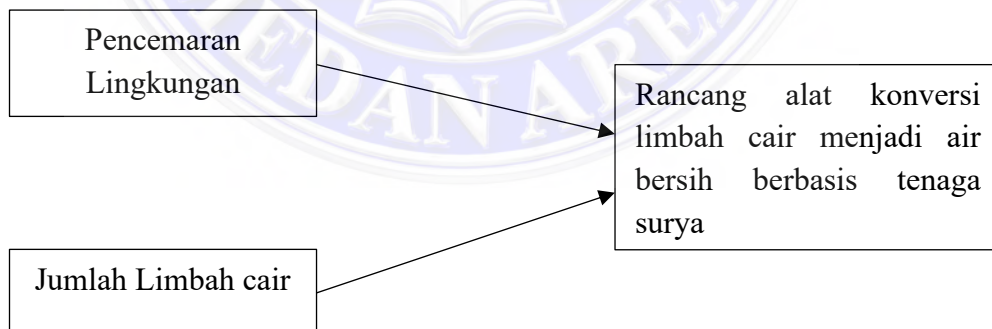
Variable terikat ialah variable yang dipengaruhi variable independent.

Variabel ini disimbolkan dengan huruf Y

Dalam penelitian ini yang dijadikan variabel terikat (*Dependent*) ialah perancangan alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya, sedangkan variabel bebasnya (*Independent*) ialah pencemaran lingkungan, dan jumlah limbah cair Pada penelitian ini lebih mengarah efisiensi dan efektifitas dari air limbah yang dihasilkan

3.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir ialah konsep yang dijadikan dasar pemikiran permasalahan yang akan diteliti. Kerangka berfikir dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir

Dari kerangka berfikir tersebut yang menjadikan variabel bebasnya ialah pencemaran lingkungan dan jumlah limbah cair sedangkan variabel terikatnya ialah pada alat konversi limbah cair menjadi air semula pakai berbasis tenaga surya.

Identifikasi :

1. Pencemaran lingkungan

Dampak pencemaran lingkungan dari limbah cair pada proses produksi pencucian dan perebusan yaitu bau tidak sedap, pencemaran udara dan merusak ekosistem air dan tanah

2. Jumlah limbah cair

Limbah cair yang dihasilkan per hari dari proses produksi UMKM opak terlalu banyak yaitu limbah pencucian 500 liter dan perebusan 75 liter, sehingga harus dilakukan proses pengolahan terhadap limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan sekitar lingkungan parik

3. Alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya Output yang dihasilkan pada penelitian ini ialah alat berbentuk fisik yang dapat mengubah limbah cair menjadi air bersih

3.7 Instrumen Riset

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini ialah sebagai berikut::

1. Kamera (Digunakan untuk pengambilan gambar dalam penelitian)
2. *Software Autocad* (Digunakan untuk merancang gambar alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya)

3.8 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan data primer dan data sekunder yaitu sebagai berikut :

1. Data primer yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu lewat observasi dan wawancara

a. Observasi

Observasi dalam penelitian ini ialah melihat dan mengamati secara langsung kejadian – kejadian yang terjadi dilapangan

b. Wawancara

Wawancara dalam penelitian ini dilakukan dengan sesi tanya jawab dan diskusi secara langsung kepada pemilik UMKM opak guna untuk mendapatkan dan mengumpulkan informasi yang relevan terhadap permasalahan yang sedang diteliti

2. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu pengumpulan informasi yang didapatkan dari data UMKM, data dari artikel ilmiah dan buku

3.9 Konsep Metode Pahl and Beitz

Informasi yang didapatkan dari berbagai sumber akan diterapkan dengan menggunakan metode *Pahl and Beitz* melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perencanaan dan penjelasan tugas

Pada fase ini merupakan tahap awal yang bertujuan untuk memahami permasalahan yang terjadi dilapangan serta menentukan tujuan desain yang akan dibuat secara jelas.

2. Perancangan konsep produk

Perancangan konsep peroduk ini bertujuan untuk mengembangkan solusi desain secara konseptual berdasarkan fungsi yang harus dipenuhi oleh produk. Perancangan konsep produk menggunakan *Software Autocad*

3. Perancangan bentuk produk (*embodiment design*)

Fase perancangan bentuk produk ini bertujuan untuk membuat konsep yang sudah ditentukan menjadi bentuk fisik yang nyata dan dapat direalisasikan.

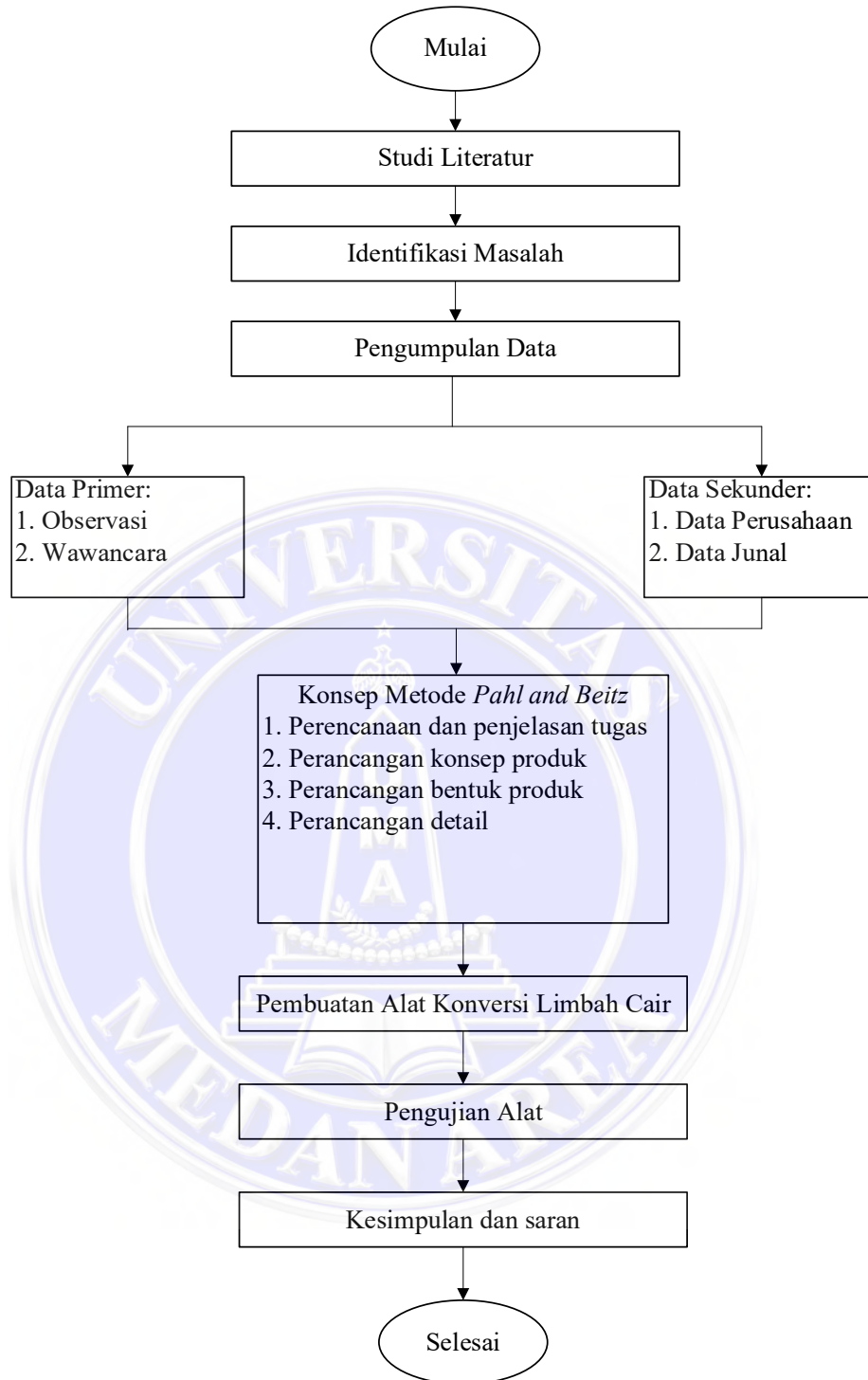
Pada tahapan ini harus mempertimbangkan aspek teknis dan ergonomi.

4. Perancangan detail

Fase ini merupakan tahap akhir yang menyempurnakan desain produk hingga siap dilakukan uji coba.

3.10 *Flowchart* Penelitian

Flowchart Penelitian merupakan serangkaian tahapan proses penelitian yang disajikan secara logis dan sistematis dari setiap alur, mulai dari indentifikasi masalah sampai kesimpulan yang dibuat dalam bentuk diagram. Diagram ini bertujuan untuk menunjukkan secara jelas langkah – langkah yang akan dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Fungsi dari *Flowchart* Penelitian ialah untuk mengkomunikasi, merencanakan proses yang rumit secara lebih mudah dipahami melalui representasi dalam bentuk diagram. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam penelitian yang saling terkait satu dengan lainnya. dapat dilihat dalam gambar 3.2 yaitu sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian

Berikut ini penjelasan dari gambar 3.2 diatas :

1. Studi Literatur, merupakan bagian terpenting dalam penelitian, yaitu mengumpulkan informasi dari berbagai sumber tertulis yang digunakan

untuk melandasi penelitian seperti artikel ilmiah dan buku

2. Identifikasi Masalah, menentukan permasalahan yang terjadi pada UMKM opak yaitu dampak limbah cair pada lingkungan dan jumlah limbah cair yang dihasilkan
3. Pengumpulan Data, pengumpulan data primer dilakukan secara observasi mengenai dampak limbah cair yang dihasilkan pada proses produksi dan jumlah limbah cair yang dihasilkan per hari pada UMKM. Sedangkan data sekunder dari penelitian terdahulu seperti jurnal dan buku
4. Konsep metode *pahl and Beitz* :
 - a. Perencanaan dan Penjelasan Tugas
 - b. Perancangan Konsep
 - c. Perancangan Bentuk produk
 - d. Perancangan Detail
5. Pembuatan alat konversi limbah cair menjadi air bersih berbasis tenaga surya dengan kapasitas 70 liter
6. Mencatat hasil pengujian dan menganalisis hasil pada alat konversi limbah cair yaitu pada berapa lama waktu konversi limbah cair menjadi air semula pakai dan air yang dihasilkan pada alat tersebut
7. Meyimpulkan hasil pengujian alat yang telah dilakukan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yaitu Rancang Alat Konversi Limbah Cair Menjadi Air Bersih Berbasis Tenaga Pada UMKM Opak dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahwa pada hasil pengujian alat konversi limbah cair mengalami perubahan yang sangat signifikan yaitu pada limbah perebusan dan pencucian. Dimana sebelum limbah pencucian dan perebusan di konversi memiliki warna coklat dan keruh serta mengandung pati dan endapan tanah yang sangat tinggi berasal dari singkong. Sesudah filter bahwa limbah tersebut mengalami perubahan yang tampak warna yang lebih jernih dari sebelumnya. Demikian, jumlah limbah yang diolah oleh alat tersebut yaitu pada limbah perebusan dan pencucian dapat diselesaikan 93% dan 98%
2. Kebutuhan energi listrik ialah 283,3 Watt dengan intensitas penyinaran matahari yang efektif selama 5 jam per hari, maka diperlukan panel surya 56,6 Wp untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Total penggunaan baterai 12Ah – 12V sebesar 5,36 Jam, Sudut kemiringan panel surya yang digunakan ialah 10°.

5.2 Saran

Dari proses pengujian yang telah dilakukan memiliki beberapa hambatan yang akan dijadikan saran dalam penelitian selanjutnya yaitu:

1. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian ini, sebaiknya diameter filter 1 menggunakan filter yang lebih panjang/besar sehingga kran kontrol dapat di buka sepenuhnya serta hasilnya dapat lebih maksimal
2. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian ini, Menambahkan 1 baterai dengan tegangan 12 V – 12 Ah dan menambah inverter supaya panel surya tidak hanya digunakan pada pompa air saja melainkan dapat digunakan dalam kebutuhan lainnya



DAFTAR PUSTAKA

- Aaliyah Primadini, N., & Rachbini, W. (2025). *Pola Tinggi Badan Penduduk Indonesia: Perbandingan Antar Wilayah dan Kelompok Umur*. 10. https://www.researchgate.net/publication/392952857_Pola_Tinggi_Badan_Penduduk_Indonesia_Perbandingan_Antar_Wilayah_dan_Kelompok_Umur
- Afif F., & Martin A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 43–52.
- Alim, M. S., Thamrin, S., & W., R. L. (2023). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 4(3), 2427–2435.
- April, K., Sahlul, M., & Riandra, J. (2023). *PENENTUAN KEMIRINGAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN METODE AZIMUT PADA PLTS RUMAH SUMBUL* April, K., Sahlul, M., & Riandra, J. (n.d.). *PENENTUAN KEMIRINGAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN METODE AZIMUT PADA PLTS RUMAH SUMBUL*. 61–66. 61–66.
- Astuty, D. ayu, Triany, M., & Maharani, P. N. (2024). *Upaya Inovatif Peningkatan Ekonomi Lokal Melalui Optimalisasi UMKM Opak di Desa Paya Bengkuang*. 5(4), 5258–5266.
- Bambang S, H. S. (2023). Pengelolaan Limbah Padat Medis. In *Paper Knowledge Toward a Media History of Documents*. http://elibs.unigres.ac.id/2231/1/PENGLOLAAN_LIMBAH_PADAT%2C_LIMBAH_INDUSTRI_DAN_B3-1215.pdf
- Cahaya, A. D., Rahmadani, D. A., Wijiningrum, A., & Swasti, F. F. (2021). Analisis Pelatihan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia. *YUME : Journal of Management*, 4(2), 230–242. <https://doi.org/10.37531/yume.vxix.861>
- Carina Annisa'; Prasetyo, D. J. (2024). *Pembelajaran Autocad 2021*. vi + 90.
- Darwin, D., Panjaitan, A., & Suwarno, S. (2020). Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(2), 99–106. <https://doi.org/10.53695/jm.v1i2.105>
- Hasanah, H. (2017). TEKNIK-TEKNIK OBSERVASI (Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitatif Ilmu-ilmu Sosial). *At-Taqaddum*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.21580/at.v8i1.1163>
- Ida, N. C., Nugroho, D., Utomo, S., Yuanto, T. F., Sariono, H., & Widyawatiningrum, E. (2025). Rancang Bangun Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Filtrasi di Laboratorium Biosain Design and Development of Liquid Waste Processing Technology with a Filtration System in the memisahkan Bahan-bahan Spektrofotometer dan AAS (Atomic Absortion. *Junal Pengenmabangan Potensi Laboratorium*, 4(2), 123–129.

- Karaman, N., Ndaru Adyono, Tria Puspa Sari, Luluk Edahwati, & Wahyu Dwi Lestari. (2021). Perancangan Mesin Pengupas dan Pamarut Batang Ubi Kayu: Konsep Rancangan Mesin. *Biomedical and Mechanical Engineering Journal (BIOMEJ)*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.33005/biomej.v1i1.28>
- Khumaidi Usman, M. (2020). Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52–57. <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro>
- Khusnarini, A. D. (2024). Calorimeters : Searching for Certainty in the Value of Heat. *Penetapan Energi Yang Dilepaskan Dan Diterima Kalorimeter: Mencari Kepastian Dalam Nilai Kesetaraan Kalor*, 11, 2.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3030>
- Mirawati, A. E., & Pertiwi, V. D. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemanfaatan Energi Matahari Berbasis Panel Surya Untuk Penerangan Rumah Tinggal Masyarakat Kampung Mawokau Jaya Timika – Papua Tengah. *Jurnal Sosial Dan Teknologi Terapan AMATA*, 3(1), 34–38. <https://doi.org/10.55334/sostek.v3i1.200>
- Mufdi, A., Ernawati, D., & Tranggono. (2020). *Yang Ergonomis Dengan Menggunakan*. 01(05), 1–12.
- Muniarty, P., Marthiana, W., Sudirjo, F., Fauzan, R., Widhy Wirakusuma, K., Wahyu Octviani, D., Herno Della, R., Yuli Kurnia, A., Lawi, A., Kuswandy, S., & Sanusi. (2023). Perancangan dan Pengembangan Produk Perancangan. In *Pt Global Eksekutif Teknologi* (Issue March).
- Novi Rudiyantri, Mela Aprillia, Fanesha Rahma Fitri, & Pupung Purnamasari. (2025). Pengaruh Strategi Pemasaran Terhadap Penambahan Segmen Pasar Baru Di Restoran Kopi Express. *JISOSEPOL: Jurnal Ilmu Sosial Ekonomi Dan Politik*, 3(1), 132–138. <https://doi.org/10.61787/zk322946>
- Perdana, F. A. (2021). Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 113. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Purba, A. M., Lestari, M. W., Sari, M., Siburian, J., Teknik, F., Politeknik, E., Medan, N., Besar, B., Mutu, P., Teknik, F., & Darma, U. (2024). *Sistem pendeteksi limbah berbasis IoT*. 483–493.
- Rahmayanti, D., Meilani, D., Raimona zadry, H., & Adi Saputra, D. (2018). *PERANCANGAN PRODUK & APLIKASINYA*.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). *PEMASANGAN*.
- Safrudin, R., Zulfamanna, Kustati, M., & Sepriyanti, N. (2023). Penelitian Kualitatif. *Journal Of Social Science Research*, 3(2), 1–15.
- Shafa Yuniar Yasmin, Feri Febrian Syah, M. Ashof Azria Azka, & Didik Aribowo. (2024). Energi Surya Sebagai Solusi Dalam Peningkatan Efisiensi Energi Perspektif SDGs 7 (Sustainable Development Goals 7) 2030. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 108–117.

- <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.252>
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., & Hapsari, A. A. (2019). Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(3), 31–39. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.03.4>
- Suryani, R. (2020). Outlook Ubi Kayu: Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan. *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian ISSN: 1907-1507*, 72. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/OUTLOOK_UBI_KAYU_2020.pdf
- Winata, E. K., & Suryadi, A. (2020). Perancangan Kursi Tunggu Yang Ergonomis Untuk Lansia Dengan Metode Pahl and Beitz Pada Klinik Xyz Sidoarjo. *Juminten*, 1(6), 61–72. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i6.130>
- Karl T, U., & Steven D, E. (2001). *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Sahari, W., Inayah, & Ahmad, H. (2024). *Pengamanan Limbah Cair*. Makasar: Nasmedia.
- Susanti, I., dan Anton Firmansyah, C. R., & dan Anton Firmansyah Politeknik Negeri Sriwijaya, C. R. (2019). Analisa Penentuan Kapasitas Baterai Dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik. *Elektra*, 29–37.



daily data for: Jalan Tuntungan 1, Pancur Batu, Sumatera Utara, 20353
lat: 3.49109°, lon: 98.56950°, on 07.Dec.2025

Time	Azimut	Altitude	Shadow length (object height: 1m)
06:15	112.54°	-1.07°	n/a
06:30	112.77°	1.95°	29.44m
06:45	113.09°	5.24°	10.90m
07:00	113.49°	8.63°	6.59m
07:15	113.99°	12.02°	4.70m
07:30	114.60°	15.42°	3.63m
07:45	115.31°	18.80°	2.94m
08:00	116.15°	22.16°	2.46m
08:15	117.12°	25.50°	2.10m
08:30	118.24°	28.81°	1.82m
08:45	119.53°	32.08°	1.60m
09:00	121.02°	35.31°	1.41m
09:15	122.73°	38.49°	1.26m
09:30	124.70°	41.60°	1.13m
09:45	126.98°	44.63°	1.01m
10:00	129.62°	47.56°	0.91m
10:15	132.68°	50.38°	0.83m
10:30	136.23°	53.05°	0.75m
10:45	140.35°	55.54°	0.69m
11:00	145.11°	57.81°	0.63m
11:15	150.57°	59.80°	0.58m
11:30	156.77°	61.46°	0.54m
11:45	163.65°	62.73°	0.52m
12:00	171.09°	63.55°	0.50m
12:15	178.87°	63.88°	0.49m
12:30	186.70°	63.69°	0.49m
12:45	194.26°	63.01°	0.51m
13:00	201.32°	61.86°	0.53m
13:15	207.71°	60.31°	0.57m
13:30	213.38°	58.40°	0.62m
13:45	218.33°	56.21°	0.67m
14:00	222.63°	53.78°	0.73m
14:15	226.33°	51.15°	0.81m
14:30	229.52°	48.38°	0.89m
14:45	232.27°	45.47°	0.98m
15:00	234.65°	42.47°	1.09m
15:15	236.70°	39.38°	1.22m
15:30	238.48°	36.22°	1.37m
15:45	240.03°	33.00°	1.54m
16:00	241.37°	29.74°	1.75m
16:15	242.54°	26.44°	2.01m
16:30	243.55°	23.11°	2.34m
16:45	244.42°	19.76°	2.78m
17:00	245.16°	16.38°	3.40m
17:15	245.80°	12.99°	4.33m
17:30	246.33°	9.59°	5.92m
17:45	246.76°	6.21°	9.20m
18:00	247.09°	2.87°	19.95m

