

TUGAS AKHIR

ANALISIS BEBAN STATIS DAN BEBAN ANGIN PADA RANGKA PANEL SURYA DI WILAYAH PASCA BENCANA SIBOLGA, SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN ANSYS

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

AHMAD TAUFIK SIPAHUTAR
2207230121



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
NPM : 2207230121
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Beban Statis dan Beban Angin Pada Rangka Panel Surya Di Wilayah Pasca Bencana Sibolga, Sumatera Utara Menggunakan Ansys
Bidang Ilmu : Konstruksi Material & Manufaktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Suherman, ST, MT

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Iqbal Tanjung, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap	: Ahmad Taufik Sipahutar
NPM	: 2207230121
Tempat / Tanggal Lahir	: Sibio-Bio, 12 Agustus 2002
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“ANALISIS BEBAN STATIS DAN BEBAN ANGIN PADA RANGKA PANEL SURYA DI WILAYAH PASCA BENCANA SIBOLGA, SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN ANSYS”

Bukan merupakan plagialisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Agustus 2026



Ahmad Taufik Sipahutar

ABSTRAK

Kondisi pascabencana banjir dan tanah longsor dapat menyebabkan terganggunya akses terhadap air bersih dan sumber energi listrik, sehingga diperlukan sistem penyuplai air yang dapat beroperasi secara mandiri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem filtrasi air bersih bertenaga surya untuk penanganan darurat bencana banjir dan tanah longsor di Kota Sibolga, Sumatra Utara, serta merancang dan menganalisis kekuatan rangka utama menggunakan metode Finite Element Method (FEM). Metode penelitian meliputi studi literatur, identifikasi kebutuhan sistem, perancangan model tiga dimensi (3D) menggunakan SolidWorks, analisis karakteristik rangka, analisis struktur menggunakan ANSYS, serta pembuatan alat dan pengamatan hasil penyaringan. Sistem yang dirancang mengintegrasikan pembangkit listrik tenaga surya, baterai, inverter hybrid, pompa air, sistem filtrasi bertingkat, tangki penyimpanan, sistem perpipaan dan distribusi, serta sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV). Rangka utama menggunakan profil hollow baja karbon rendah (Low Carbon Steel) dengan dimensi 1990 mm × 1680 mm, kemiringan panel 10°, dan massa sekitar 105,72 kg. Analisis FEM dilakukan dengan dua skenario pembebanan, yaitu pembebanan panel surya sebesar 15 N dan pembebanan angin sebesar 10 N. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembebanan angin menghasilkan respons struktur yang lebih besar dibandingkan pembebanan panel surya, dengan tegangan von Mises maksimum sebesar 1,4074 MPa dan regangan elastis maksimum sebesar $7,0389 \times 10^{-6}$. Hasil simulasi menunjukkan bahwa struktur masih bekerja pada rentang elastis terhadap kedua skenario pembebanan yang dimodelkan. Hasil pengamatan penyaringan secara visual menunjukkan adanya perubahan kondisi air setelah melewati rangkaian filtrasi, dengan air hasil penyaringan terlihat lebih jernih dibandingkan kondisi awal. Namun, hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menentukan kualitas air secara kuantitatif karena belum dilakukan pengujian laboratorium terhadap parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi.

Kata Kunci: sistem filtrasi air bersih, energi surya, bencana, SolidWorks, Finite Element Method (FEM), ANSYS.

ABSTRACT

Post-disaster conditions caused by floods and landslides can disrupt access to clean water and electrical power sources, creating a need for a water supply system that can operate independently. This study aims to design a solar-powered clean water filtration system for emergency response to flood and landslide disasters in Sibolga City, North Sumatra, and to design and analyze the strength of the main frame using the Finite Element Method (FEM). The research methods included literature review, system requirements identification, three-dimensional (3D) modeling using SolidWorks, analysis of frame characteristics, structural analysis using ANSYS, as well as equipment fabrication and observation of the filtration results. The designed system integrates a solar power generation system, battery, hybrid inverter, water pump, multi-stage filtration system, storage tank, piping and water distribution system, and ultraviolet (UV) sterilization. The main frame uses low-carbon steel hollow profiles with dimensions of 1990 mm × 1680 mm, a panel inclination angle of 10°, and a mass of approximately 105.72 kg. FEM analysis was performed using two loading scenarios, namely a solar panel load of 15 N and a wind load of 10 N. The analysis results show that the wind loading produces a greater structural response than the solar panel loading, with a maximum von Mises stress of 1.4074 MPa and a maximum elastic strain of 7.0389×10^{-6} . The simulation results indicate that the structure remains within the elastic range under both modeled loading scenarios. Visual observation of the filtration results also shows a change in the condition of the water after passing through the filtration stages, with the filtered water appearing clearer than the initial condition. However, these results cannot be used to quantitatively determine water quality because laboratory testing of physical, chemical, and microbiological parameters has not yet been conducted.

Keywords: clean water filtration system, solar energy, disaster, SolidWorks, Finite Element Method (FEM), ANSYS

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “ANALISIS BEBAN STATIS DAN BEBAN ANGIN PADA RANGKA PANEL SURYA DI WILAYAH PASCA BENCANA SIBOLGA, SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN ANSYS”

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Proposal Tugas Akhir ini yang telah memberi bimbingan dan bantuan.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku ketua prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. prof. Ir. Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.D selaku dekan Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Bapak (Panyahatan Sipahutar) dan ibu (Patima Pane) selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa terbaiknya yang tiada henti untuk kesuksesan, keberhasilan dan membiayai studi penulis selama proses perkuliahan.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi selama proses perkuliahan
7. Kakak, Abang, dan Adik penulis Hermi Heriyana Sipahutar, Rizal Al-Amin Sipahutar dan Parlan Sipahutar serta kerabat terdekat yang telah mensupport penulis selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera utara.
8. Mhd Hafizd Shuffah dan Rendi Prasetyo selaku teman sekaligus sahabat seperjuangan penulis selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah

Sumatera Utara serta rekan-rekan seperjuangan sebagai grup riset yang membantu penulis dalam melakukan riset.

9. Teman-teman penulis di luar dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan support dan mendukung penulis selama proses perkuliahan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu terutama di bidang keteknik-mesinan.

Medan, 21 Agustus 2026

Ahmad Taufik Sipahutar

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lokasi Bencana	4
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	6
2.3. Simulasi Struktur Menggunakan Ansys	8
2.4. Metode Perancangan	10
2.5. Pemodelan 3D Menggunakan SolidWorks	11
2.6. Metode Elemen Hingga (Finite Element Method / FEM)	13
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1. Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat Penelitian	16
3.1.2 Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat	17
3.3 Diagram Alir	21
3.4 Rancangan Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	22
3.5.1. Studi Literatur	22
3.5.2. Persiapan Alat Desain	23
3.5.3. Mendesain Sistem dan Rangka	23
3.5.4. Input Beban dan Kondisi Batas	23
3.5.5. Analisis Data	23
3.5.6. Pengolahan Hasil dan Data	23
3.5.7. Hasil dan Pembahasan	23
3.6. Variabel Penelitian	24
3.6.1 Variable Independent (bebas)	24
3.6.2 Variable Dependent (terikat)	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Desain Instalasi Sistem Penyuplai Air Bersih Berbasis Panel Surya	25

4.1.1 Desain Rangka Utama	28
4.2 Analisis Finite Element Method (FEM)	33
4.2.1 Boundary Condition	34
4.2.2 Meshing	35
4.2.3 Hasil Simulasi Pembebanan Panel Surya	36
4.2.4 Hasil Simulasi Pembebanan Angin	39
4.3 Hasil Pembuatan Alat	42
4.4 Hasil penyaringan	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
Lampiran 1. Sk Pembimbing	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup	
Lampiran 5. Hasil Dan Pemodelan Rangka Sistem Filtrasi Serta Komponen Pendukung Pembangkit Listrik Tenaga Surya	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	17
Tabel 4.1 Desain Instalasi penyuplai air bersih berbasis panel surya	26
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Pembebanan Panel Surya	37
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Pembebanan Angin	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dokumentasi Pasca Bencana	5
Gambar 2.2 Skema Lapisan Filtrasi Air Gambut (Masita et al., 2025)	6
Gambar 2.3 Skema PLTS sistem <i>hybrid</i> (Rifaldi & Winarty, 2023)	8
Gambar 2.4 Diagram Moody (Jalaluddin et al., 2019)	11
Gambar 2.5 Tahapan metode perancangan sistem diadaptasi dari Pahl dan Beitz (2021)	13
Gambar 2.6 SolidWorks	14
Gambar 2.7 Tegangan Tarik (Mulyati et al., 2014).	17
Gambar 2.8 Tegangan Tekan (Mulyati, 2014).	17
Gambar 3.1 Peta Lokasi PQHX+6W Aek Parombunan, Kota Sibolga, Sumatera Utara	16
Gambar 3.2 Sistem Filtrasi Air Bersih Berbasis Panel Surya	18
Gambar 3.3 Desain Rangka	18
Gambar 3.4 Laptop	19
Gambar 3.5 Software CAD (SolidWorks)	19
Gambar 3.6 Software FEM (Ansys)	20
Gambar 3.7 Meteran	20
Gambar 3.8 Diagram alir	21
Gambar 3.9 Skema Panel Surya	22
Gambar 4.1 Desain sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya	25
Gambar 4.2 Pemodelan 3D Rangka Utama	28
Gambar 4.3 Tampak Depan, Samping, dan Atas Rangka Utama	29
Gambar 4.4 Dimensi Utama Rangka	30
Gambar 4.5 Material Properties	31
Gambar 4.6 Mass Properties Rangka Utama	32
Gambar 4.7 Boundary Condition Model Rangka Penopang Panel Surya	34
Gambar 4.8 Hasil Meshing Model Rangka Penopang Panel Surya	36
Gambar 4.9 Distribusi Tegangan von Mises Akibat Pembebanan Panel Surya	37
Gambar 4.10 Distribusi Regangan Elastis Akibat Pembebanan Panel Surya	38
Gambar 4.11 Distribusi Tegangan von Mises Akibat Pembebanan Angin	40
Gambar 4.12 Distribusi Regangan Elastis Akibat Pembebanan Angin	41
Gambar 4.13 Hasil Pembuatan Sistem Filtrasi Air	43
Gambar 4.14 Perbandingan Air Sebelum dan Sesudah Proses Penyaringan (A sebelum B sesudah)	44

DAFTAR NOTASI

Q = debit aliran (m^3/s)
 A = luas penampang (m^2)
 v = kecepatan aliran (m/s)
 P = daya (Watt)
 V = tegangan (Volt)
 I = arus (Ampere)
 E = energi (Wh)
 t = waktu (jam)
 Re = bilangan Reynolds
 ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
 v = kecepatan aliran (m/s)
 D = diameter pipa (m)
 μ = viskositas dinamik (Pa.s)
 h_f = kehilangan energi (m)
 f = faktor gesekan
 L = panjang pipa (m)
 D = diameter pipa (m)
 F = Gaya atau beban yang bekerja pada suatu benda.
 A = Luas penampang benda.
 σ = Tegangan (N/m^2)
 σ = Tegangan (N/m^2)
 F = Gaya aksial 9 (N)
 A = Luas (m^2)
 ε = Regangan
 L = Panjang mula-mula (m)
 ΔL = Pertambahan panjang

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Namun, bencana alam seperti tanah longsor dan banjir bandang sering kali menyebabkan terputusnya akses terhadap infrastruktur energi dan distribusi air bersih, sehingga menimbulkan permasalahan sanitasi bagi masyarakat terdampak. Dalam kondisi darurat, pemulihan jaringan listrik konvensional membutuhkan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi mandiri yang dapat dipasang dan dioperasikan secara cepat untuk mendukung penyediaan kebutuhan dasar masyarakat terdampak bencana.

Salah satu alternatif sumber energi yang dapat dimanfaatkan dalam kondisi tersebut adalah energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik dapat digunakan untuk mengoperasikan peralatan pendukung penyediaan air bersih, seperti pompa air. Menurut (Sariman & Fitriyani, 2021), pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik untuk pengoperasian pompa air dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan lama penyinaran. Sistem tenaga surya dapat menghasilkan debit air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar, khususnya pada wilayah yang sulit dijangkau.

Dalam perancangan sistem penyuplai air bersih, aspek kekuatan struktur menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan. Rangka alat harus mampu menopang komponen sistem serta menerima beban selama kondisi operasional. Oleh karena itu, analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) diperlukan untuk mengetahui distribusi tegangan dan deformasi pada rangka sebelum dilakukan tahap fabrikasi. Penggunaan metode FEM dapat membantu memberikan gambaran mengenai respons struktur terhadap pembebanan yang diberikan sehingga bagian struktur yang mengalami konsentrasi tegangan dapat diketahui sejak tahap perancangan (Diwakar et al., 2021).

Selain aspek struktur, sistem filtrasi dan distribusi aliran air merupakan bagian penting dalam menentukan kinerja sistem penyuplai air bersih. Distribusi aliran yang tidak merata dapat menyebabkan proses filtrasi menjadi kurang optimal

sehingga kualitas air yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang diharapkan. Oleh karena itu, analisis distribusi aliran air diperlukan untuk memastikan aliran dapat tersebar secara baik pada sistem filtrasi dan mendukung proses pengolahan air secara efektif (Peinado et al., 2025).

Kebutuhan terhadap sistem penyuplai air bersih dengan sumber energi mandiri menjadi semakin relevan pada kondisi pascabencana. Pada tanggal 24 November 2025, bencana banjir bandang dan tanah longsor mengakibatkan terputusnya jaringan listrik dan komunikasi serta menyebabkan keterbatasan akses terhadap air bersih, khususnya di wilayah Kelurahan Aek Parombunan, Kecamatan Sibolga Selatan, Kota Sibolga. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan terhadap sistem penyedia energi mandiri yang dapat mendukung penyediaan air bersih dalam kondisi darurat. Kebutuhan tersebut juga diperkuat melalui kegiatan Program Mahasiswa Berdampak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang dilaksanakan pada tanggal 1 Februari 2026 sampai dengan 23 Februari 2026, di mana penulis terlibat langsung dalam kegiatan tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan simulasi sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel 1,1kw untuk kondisi pascabencana banjir bandang dan tanah longsor di Kota Sibolga, Sumatra Utara. Penelitian ini mengangkat judul “ANALISIS BEBAN STATIS DAN BEBAN ANGIN PADA RANGKA PANEL SURYA DI WILAYAH PASCA BENCANA SIBOLGA, SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN ANSYS”

. Perancangan dilakukan dalam bentuk model tiga dimensi (3D), kemudian dianalisis menggunakan metode elemen hingga untuk mengetahui kekuatan rangka, serta dilakukan analisis distribusi aliran air pada sistem filtrasi. Hasil perancangan diharapkan dapat menjadi desain awal yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan alat penyuplai air bersih pada tahap selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang di bahas ialah rancangan alat filtrasi air bertenaga surya 1.1kw

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel 1,1 kW untuk mendukung penanganan darurat pada kondisi bencana banjir dan tanah longsor. Penelitian ini mencakup perancangan desain sistem filtrasi air, menganalisis kekuatan rangka menggunakan metode elemen hingga, serta mengetahui sistem distribusi filtrasi air yang dirancang untuk mendukung penyediaan air bersih pada kondisi darurat bencana dengan pemanfaatan solar panel sebagai sumber utama kelistrikan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Mendesain instalasi sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel 1,1kw di wilayah bencana.
2. Mendesain rangka filterasi air bersih berbasis solar panel 1,1kw di wilayah bencana.
3. Menganalisis kekuatan rangka dengan metode elemen hingga dan distribusi aliran air pada sistem filtrasi air.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menghasilkan desain sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel.
2. Memberikan hasil analisis kekuatan rangka menggunakan metode elemen hingga.
3. Menghasilkan desain awal yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan alat pada tahap selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Bencana

Karakteristik utama lokasi bencana tanah longsor adalah terjadinya pergerakan massa tanah atau batuan yang menuruni lereng akibat hilangnya kestabilan pada bidang gelincir. Kondisi ini umumnya dipicu oleh curah hujan yang tinggi, yang menyebabkan peningkatan tekanan air pori di dalam tanah. Selain itu, karakteristik fisik tanah di lokasi longsor sering kali memiliki porositas yang tinggi namun kohesi yang rendah. Ketika mengalami kejenuhan akibat infiltrasi air, beban massa tanah meningkat sehingga dapat memicu keruntuhan lereng dan merusak infrastruktur di sekitarnya (Susetyo et al., 2023).

Secara fisik, kondisi pascabencana ditandai dengan struktur tanah yang labil serta kondisi material tanah yang kurang stabil. Penelitian yang dilakukan oleh (Hartono et al., 2025) di daerah rawan longsor menunjukkan bahwa karakteristik tanah pascabencana umumnya didominasi oleh jenis tanah pasir berlanau dengan nilai faktor keamanan lereng yang rendah, yaitu di bawah 1,5. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lereng berada dalam keadaan tidak stabil dan berpotensi mengalami longsor susulan.

Dampak bencana tanah longsor tidak hanya merusak morfologi lahan, tetapi juga dapat mengganggu infrastruktur dasar, seperti jaringan distribusi energi dan sistem penyediaan air bersih. Kerusakan tersebut dapat berupa terputusnya jaringan listrik serta rusaknya saluran distribusi air akibat pergerakan massa tanah. Sebagaimana dijelaskan oleh (Tanjung & Putri, 2023), upaya penanganan pascabencana perlu dilakukan secara struktural melalui penyediaan fasilitas dasar yang bersifat mandiri dan adaptif terhadap kondisi lapangan.

Salah satu wilayah yang memiliki karakteristik tersebut adalah Kelurahan Aek Parombunan, Kecamatan Sibolga Selatan, Kota Sibolga. Wilayah tersebut memiliki topografi dengan kemiringan lereng yang cukup curam serta struktur tanah yang mudah tererosi oleh air. Kondisi ini menyebabkan wilayah tersebut memiliki potensi terhadap terjadinya tanah longsor, terutama pada musim penghujan. Selain faktor alami, aktivitas manusia juga dapat memperparah kondisi tersebut. Pembukaan lahan serta pembangunan permukiman dengan cara

memotong lereng tanpa disertai vegetasi penahan tanah dapat menyebabkan kestabilan lereng semakin menurun. Kondisi tersebut tidak hanya memicu terjadinya longsor, tetapi juga dapat meningkatkan risiko longsor susulan yang memperparah kerusakan serta menghambat proses pemulihan pascabencana.

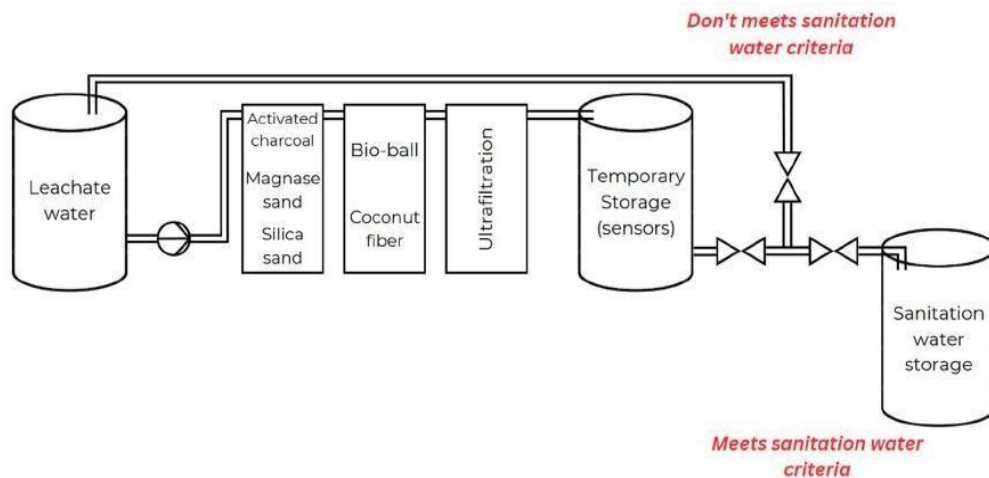


Gambar 2.1 Dokumentasi Pasca Bencana

Kondisi pascabencana yang menyebabkan terganggunya akses terhadap sumber air bersih menunjukkan perlunya suatu sistem penyediaan air yang dapat digunakan secara mandiri dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan sistem filtrasi air yang dikombinasikan dengan sumber energi mandiri berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem tersebut diharapkan dapat mendukung proses pengolahan air pada wilayah yang mengalami keterbatasan akses terhadap jaringan listrik dan infrastruktur air bersih.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penyediaan air bersih pada kondisi pascabencana adalah filtrasi. Filtrasi merupakan proses pemisahan partikel padat dari fluida menggunakan media berpori. Mekanisme filtrasi tidak hanya terbatas pada penyaringan secara mekanis, tetapi juga dapat melibatkan proses fisika dan kimia lainnya, seperti sedimentasi, adsorpsi, dan difusi. Penggunaan beberapa jenis media filtrasi dapat disesuaikan dengan karakteristik air serta tujuan pengolahan yang ingin dicapai. Dalam penerapannya pada kondisi pascabencana, sistem filtrasi dapat dirancang secara bertingkat dengan menggunakan beberapa media penyaring sesuai dengan karakteristik air baku. Setiap tahapan filtrasi memiliki fungsi tertentu dalam mengurangi kandungan pengotor, sehingga proses pengolahan air dapat berlangsung secara lebih efektif dan menghasilkan air dengan kondisi yang lebih baik sebelum digunakan.

Selain itu, distribusi aliran dalam media filtrasi perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya *channeling*, yaitu kondisi ketika aliran hanya melewati jalur tertentu tanpa menyebar secara merata. Kondisi tersebut dapat menyebabkan sebagian media filtrasi tidak bekerja secara optimal sehingga menurunkan efektivitas proses penyaringan (Rahman et al., 2022).



Gambar 2. 2 Skema Lapisan Media Filtrasi Air (Masita et al., 2025)

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Pada proses ini, foton dari cahaya matahari diserap oleh material semikonduktor pada sel surya sehingga menghasilkan pasangan elektron dan hole yang kemudian menghasilkan arus listrik searah (direct current/DC). Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik memiliki keunggulan berupa sifatnya yang terbarukan, ramah lingkungan, serta memiliki biaya operasional yang relatif rendah (Marzouk, 2025)

Secara umum, sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya (photovoltaic module), solar charge controller, baterai, serta beban. Panel surya berfungsi sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, solar charge controller digunakan untuk mengatur proses pengisian baterai agar tidak terjadi overcharge maupun overdischarge, sedangkan baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik untuk digunakan saat tidak terdapat sinar matahari. Energi listrik yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengoperasikan beban, dalam hal ini pompa air pada sistem penyuplai air bersih.

Pada penelitian ini digunakan sistem PLTS hybrid, yaitu sistem pembangkit yang mengombinasikan energi surya dengan sumber energi lain untuk meningkatkan keandalan (reliability) sistem. Sistem hybrid umumnya digunakan pada daerah dengan kondisi intensitas matahari yang fluktuatif, sehingga suplai energi tetap terjaga meskipun terjadi penurunan radiasi matahari. Menurut (Citaristi, 2022) sistem hybrid mampu meningkatkan kontinuitas pasokan energi dibandingkan sistem standalone, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan operasi berkelanjutan seperti sistem pemompaan air. Pada penerapannya, sistem PLTS hybrid dapat disusun dengan mengintegrasikan panel surya, baterai, inverter hybrid, dan sumber energi pendukung sesuai kebutuhan sistem. Energi yang dihasilkan panel surya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban secara langsung, sedangkan kelebihan energi dapat disimpan pada baterai untuk digunakan ketika energi matahari tidak mencukupi. Pengaturan tersebut memungkinkan sistem memiliki sumber energi cadangan sehingga operasional beban dapat berlangsung lebih stabil.

Besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, luas permukaan panel, serta efisiensi konversi energi dari sel surya. Secara umum, hubungan antara daya, tegangan, dan arus dinyatakan sebagai:

$$P = V \cdot I$$

di mana:

P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Selain itu, energi listrik yang dihasilkan dalam periode tertentu dapat dinyatakan sebagai:

$$E = P \cdot t$$

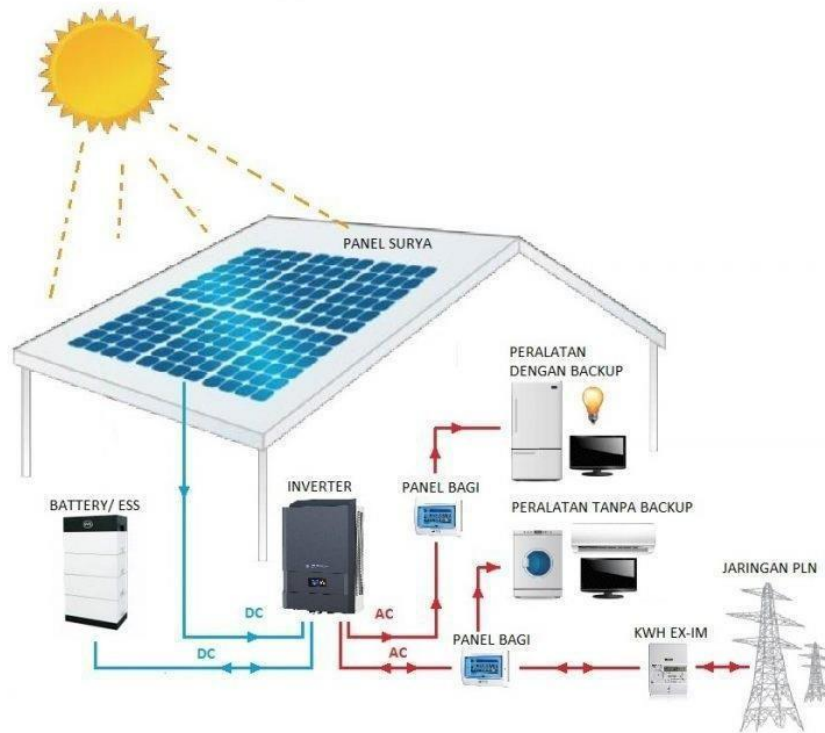
di mana:

E = energi (Wh)

t = waktu (jam)

Dalam penerapannya pada sistem penyuplai air bersih, PLTS digunakan untuk menyuplai energi listrik ke pompa air yang berfungsi mengalirkan air dari

sumber menuju sistem filtrasi. Oleh karena itu, pemilihan kapasitas panel surya dan komponen sistem lainnya harus disesuaikan dengan kebutuhan daya pompa agar sistem dapat bekerja secara optimal.



Gambar 2. 3 Skema PLTS sistem *hybrid* (Rifaldi & Winarty, 2023)

Skema sistem PLTS hybrid umumnya menunjukkan hubungan antara panel surya, charge controller, baterai, serta beban. Pada sistem ini, energi dari panel surya dapat langsung digunakan untuk mengoperasikan beban atau disimpan terlebih dahulu dalam baterai untuk digunakan pada kondisi tertentu.

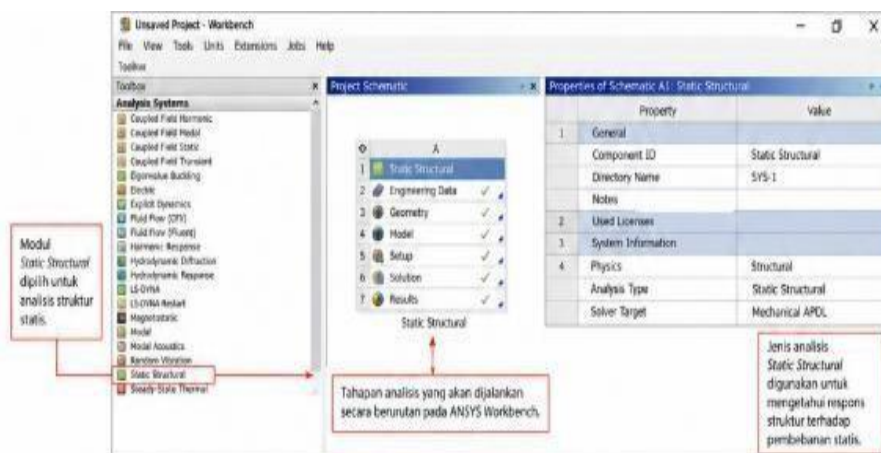
Dengan demikian, penggunaan sistem PLTS hybrid dalam penelitian ini diharapkan mampu menyediakan sumber energi yang stabil dan berkelanjutan untuk mendukung kinerja sistem penyuplai air bersih, khususnya pada daerah lahan gambut yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional.

2.3 Simulasi Struktur Menggunakan ANSYS

ANSYS merupakan perangkat lunak rekayasa yang dapat digunakan untuk melakukan analisis numerik pada berbagai permasalahan teknik, salah satunya adalah analisis struktur. Dalam penelitian ini, ANSYS digunakan untuk menganalisis respons struktur rangka penopang panel surya terhadap pembebanan

yang diberikan. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM) untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur. Simulasi struktur pada penelitian ini menggunakan modul Static Structural yang terdapat pada ANSYS Workbench. Static Structural merupakan jenis analisis yang digunakan untuk mengetahui respons struktur terhadap pembebanan statis. Pembebanan statis merupakan pembebanan yang dianggap tidak mengalami perubahan terhadap waktu selama proses analisis. Model tiga dimensi rangka yang telah dibuat menggunakan SolidWorks kemudian dimasukkan ke dalam ANSYS untuk dilakukan proses analisis struktur.

Tahapan awal simulasi dilakukan dengan memasukkan model rangka tiga dimensi ke dalam ANSYS Workbench. Model tersebut kemudian dibuka pada ANSYS Mechanical sebagai model yang akan dianalisis. Setelah model berhasil dimasukkan, material rangka ditentukan sesuai dengan material yang digunakan dalam perancangan. Pada penelitian ini, material yang digunakan pada rangka adalah Low Carbon Steel. Penentuan material diperlukan karena sifat mekanik material akan memengaruhi respons struktur ketika menerima pembebanan. Setelah material ditentukan, tahap selanjutnya adalah proses meshing. Meshing merupakan proses pembagian model menjadi sejumlah elemen kecil yang saling terhubung melalui titik-titik yang disebut nodes. Pembagian model menjadi elemen-elemen tersebut diperlukan agar ANSYS dapat melakukan perhitungan numerik terhadap struktur. Kualitas dan ukuran mesh berpengaruh terhadap kemampuan model dalam merepresentasikan geometri serta hasil analisis struktur.



Gambar 2.4 Tampilan ANSYS Workbench

2.4 Metode Perancangan

Metode perancangan merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan dalam proses pengembangan produk atau sistem teknik untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam bidang rekayasa, metode perancangan berfungsi sebagai pedoman dalam mengidentifikasi kebutuhan, merumuskan konsep, hingga menghasilkan desain yang dapat dianalisis dan dievaluasi sebelum tahap implementasi.

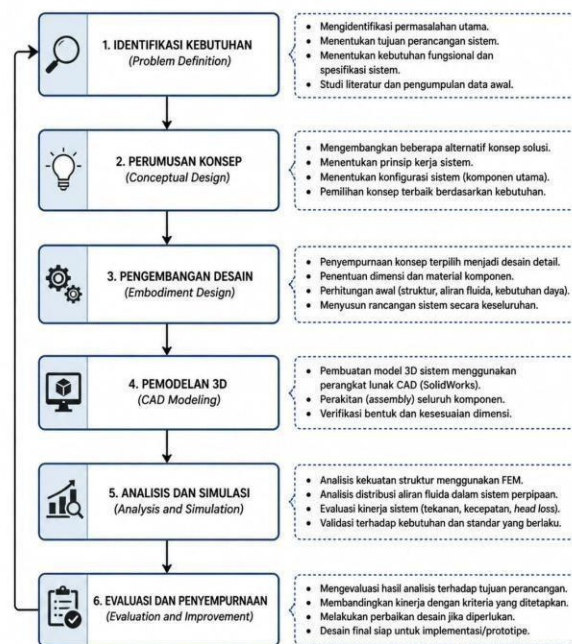
Menurut Pahl dan Beitz (2021), proses perancangan teknik terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi kebutuhan, perumusan konsep, pengembangan desain, serta evaluasi dan penyempurnaan desain. Pendekatan ini dikenal sebagai metode perancangan sistematis (*systematic design approach*), yang banyak digunakan dalam pengembangan produk teknik karena mampu menghasilkan desain yang optimal dan terstruktur.

Tahap awal dalam metode perancangan adalah identifikasi kebutuhan (*problem definition*), yaitu proses untuk menentukan tujuan dan spesifikasi sistem yang akan dirancang. Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap permasalahan yang ada, seperti kebutuhan akan sistem penyuplai air bersih pada kondisi pascabencana serta keterbatasan sumber energi listrik.

Tahap berikutnya adalah perumusan konsep (*conceptual design*), di mana dilakukan pengembangan beberapa alternatif solusi berdasarkan kebutuhan yang telah ditentukan. Konsep desain dapat berupa skema sistem, pemilihan komponen utama, serta prinsip kerja alat yang akan dirancang.

Selanjutnya, dilakukan tahap pengembangan desain (*embodiment design*), yaitu proses penyempurnaan konsep menjadi bentuk desain yang lebih detail. Pada tahap ini, dilakukan penentuan dimensi, pemilihan material, serta konfigurasi sistem secara keseluruhan. Hasil dari tahap ini biasanya berupa model tiga dimensi (3D) yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Tahap terakhir adalah evaluasi desain (*detail design and evaluation*), di mana desain yang telah dibuat dianalisis untuk mengetahui kinerja dan keandalannya. Evaluasi dapat dilakukan melalui simulasi, seperti analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga (FEM) serta analisis distribusi aliran fluida dalam sistem.



Gambar 2. 5 Tahapan metode perancangan sistem diadaptasi dari Pahl dan Beitz (2021)

Dalam penelitian ini, metode perancangan digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan sistem penyuplai air bersih berbasis energi surya. Proses perancangan dimulai dari identifikasi kebutuhan sistem, dilanjutkan dengan pengembangan konsep desain, pembuatan model 3D menggunakan perangkat lunak CAD, serta evaluasi desain melalui simulasi FEM dan analisis aliran fluida.

Dengan menggunakan metode perancangan yang sistematis, diharapkan desain yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga memiliki tingkat keamanan dan efisiensi yang baik.

2.5 Pemodelan 3D Menggunakan SolidWorks

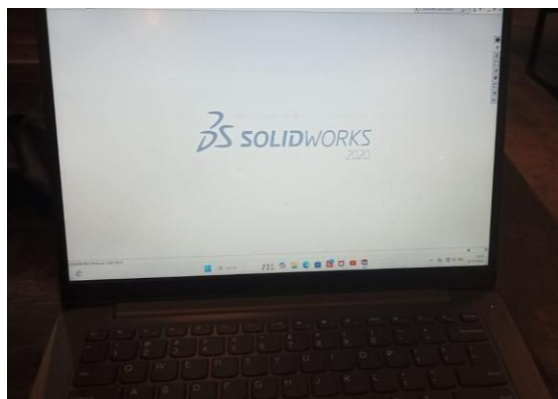
Pemodelan tiga dimensi (3D) merupakan proses representasi geometris suatu objek dalam bentuk digital yang digunakan untuk memvisualisasikan, merancang, dan menganalisis suatu sistem sebelum dilakukan tahap implementasi. Dalam bidang teknik, pemodelan 3D menjadi bagian penting dalam proses perancangan karena memungkinkan perancang untuk melihat bentuk, dimensi, serta hubungan antar komponen secara lebih jelas dan akurat (Dassault Systèmes, 2023)

Perkembangan teknologi Computer Aided Design (CAD) telah memberikan kemudahan dalam proses pemodelan 3D. Salah satu perangkat lunak CAD yang

широко digunakan dalam bidang teknik adalah SolidWorks. SolidWorks merupakan perangkat lunak berbasis parametrik yang memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D secara presisi dengan memanfaatkan fitur sketch, part, dan assembly.

Dalam SolidWorks, proses pemodelan dimulai dari pembuatan sketsa dua dimensi (2D sketch) yang kemudian dikembangkan menjadi model tiga dimensi menggunakan fitur seperti extrude, revolve, sweep, dan loft. Setiap model yang dibuat bersifat parametrik, sehingga perubahan dimensi pada satu bagian akan secara otomatis mempengaruhi bagian lainnya yang saling berhubungan.

Selain itu, SolidWorks juga menyediakan fitur assembly yang digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen menjadi satu sistem yang utuh. Melalui fitur ini, hubungan antar komponen seperti posisi, orientasi, dan keterkaitan mekanis dapat dianalisis dengan lebih baik. Dengan demikian, kesalahan desain dapat diminimalkan sebelum masuk ke tahap analisis lebih lanjut.



Gambar 2. 6 SolidWorks

Dalam penelitian ini, pemodelan 3D digunakan untuk merancang keseluruhan sistem penyuplai air bersih, yang meliputi rangka utama, sistem filtrasi, serta tata letak komponen seperti pompa dan panel surya. Model yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai dasar dalam analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga (FEM).

Penggunaan pemodelan 3D dalam proses perancangan memberikan beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan akurasi desain, mempermudah visualisasi sistem, serta memungkinkan dilakukan simulasi dan analisis secara virtual sebelum dilakukan pembuatan alat secara fisik. Oleh karena itu, pemodelan 3D menjadi tahapan penting dalam menghasilkan desain yang optimal dan efisien.

2.6 Metode Elemen Hingga (Finite Element Method / FEM)

FEM adalah singkatan dari *Finite Element Method*, dalam bahasa Indonesia disebut Metode Elemen Hingga. Konsep paling dasar FEM adalah, menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi obyek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah. Kata “finite atau terhingga” digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga. seperti yang lazim digunakan pada metode integral analitik.

Membagi sebuah object menjadi bagian-bagian kecil secara fisika sebenarnya menuntun kita kepada pembuatan persamaan diferensial. Jadi secara lebih matematis, FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan diferensial. Namun biasanya definisi FEM secara matematis memberikan kesan yang rumit yang sebenarnya tidak perlu. Oleh karena itu, pendekatan matematis tidak terlalu ditekankan (Adiwiyata, 2017).

Metode elemen hingga (finite element method) telah secara luas diaplikasikan dan berhasil menyelesaikan banyak permasalahan rekayasa teknik termasuk kekuatan tarik pada sebuah sambungan material. Pendekatan ini lebih efisien dan memiliki hasil yang cukup memuaskan. Sehingga penyelesaian masalah rekayasa sambungan pengelasan menggunakan metode elemen hingga menjadi topik yang sangat menjanjikan (Tanjung & Rudi Nasution, 2022).

1. Pemilihan tipe elemen dan diskritisasi. Amatilah benda atau struktur yang akan dianalisa, apabila 1 dimensi (contoh batang panjang), 2 dimensi (plat datar), 3 dimensi (seperti balok). Bagilah potong benda dalam bagian-bagian kecil (elemen) langkah ini disebut sebagai langkah diskritisasi. Banyaknya potongan yang dibentuk bergantung pada geometri dari benda yang akan dianalisa, sedangkan bentuk elemen yang diambil bergantung pada dimensinya.
2. Pemilihan fungsi pemindah atau fungsi interpolasi, jenis-jenis fungsi yang sering digunakan adalah fungsi linier, fungsi kuadratik, kubik atau polinomial derajat tinggi.
3. Mencari hubungan *strain*, *displacement* dan *stress*.

4. Dapatkan matriks kekakuan dari elemen yang telah dibuat. Untuk benda yang terdiri dari beberapa buah elemen lakukan penggabungan atau assemblage dari matriks kekakuan elemen menjadi matriks kekakuan global yang berlaku untuk seluruh benda atau struktur.
5. Gunakan persamaan kesetimbangan dengan persamaan, masukan syarat batas yang diketahui dalam soal.
6. Selesaikan persamaan pada langkah 5 dengan menghitung harga yang belum diketahui. Jika perhitungan melibatkan matriks dengan ukuran yang kecil, biasanya ditempuh dengan cara partitioning matriks, tetapi jika perhitungan melibatkan matriks berukuran besar, komputer adalah jalan terbaik dalam mendapatkan solusinya.
7. Hitung *strain* dan *stress* dari setiap elemen.
8. Interpretasikan kembali hasil-hasil perhitungan yang diperoleh.

- Tegangan

Ketika beberapa sistem gaya atau beban eksternal bekerja pada suatu benda, gaya internal (sama dan berlawanan) dipasang di berbagai bagian benda, yang menahan gaya eksternal. Gaya internal per satuan luas pada setiap bagian tubuh ini dikenal sebagai tegangan. Ini dilambangkan dengan huruf Yunani sigma (σ). Secara matematis (Anggry A, 2021).

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:

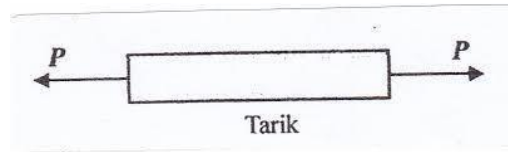
F = Gaya atau beban yang bekerja pada suatu benda.

A = Luas penampang benda.

σ = Tegangan (N/m²)

- Tegangan Tarik

Gaya Tarik terjadi pada batang, apabila terdapat gaya aksial menarik suatu batang dan akibatnya batang akan cenderung menjadi meregang dan bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal pada sumbunya.



Gambar 2. 7 Tegangan Tarik (Mulyati et al., 2014).

- Tegangan Tekan

Apabila terdapat sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu bidang, akibatnya bidang tersebut akan cenderung memendek. Maka gaya tekan aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal pada sumbunya.

Tegangan normal yang bekerja diasumsikan mempunyai distribusi terbagi rata diseluruh permukaan penampang dan garis kerja gaya aksial melalui pusat berat penampang melintang batang. Sehingga diperoleh rumus

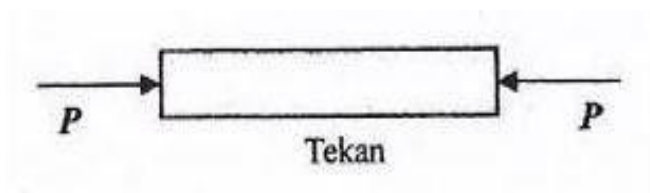
$$\sigma = F / A$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m^2)

F = Gaya aksial (N)

A = Luas (m^2)



Gambar 2. 8 Tegangan Tekan (Mulyati, 2014).

- Regangan

Regangan merupakan perubahan bentuk persatuan panjang pada suatu batang. Misalnya pada suatu batang yang sebagai penopang yang diberikan beban aksial, akibatnya batang tersebut akan tertekan atau memendek, maka (Ramadhana, 2024).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana :

ε = Regangan

L = Panjang mula-mula (m)

ΔL = Pertambahan panjang

BAB 3

METODE PENELITIAN

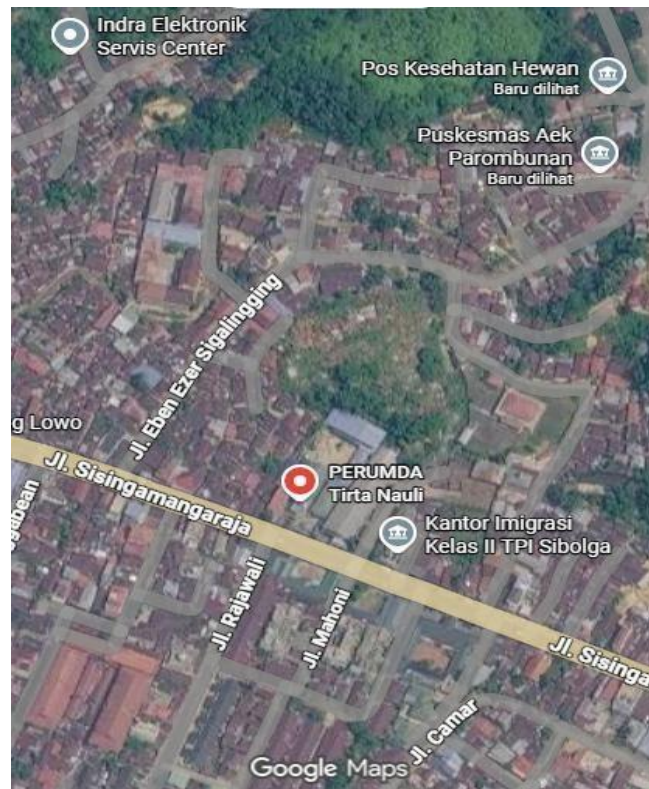
3.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini merupakan pembuatan dan penerapan sistem filtrasi air berbasis panel surya yang ditujukan untuk kondisi pasca bencana. Sistem yang dibangun disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan, khususnya dalam penyediaan air bersih dengan memanfaatkan sumber energi mandiri. Selain itu, penelitian ini juga melakukan analisis terhadap kinerja sistem filtrasi air berbasis panel surya sebagai sumber energi utama.

Sistem yang dibangun berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 1,1 kWp yang digunakan untuk menyuplai energi pada sistem filtrasi air bersih. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan yang dilakukan untuk memperoleh data serta menganalisis kinerja sistem.

3.1.1 Tempat penelitian

Tempat dan penelitian ini dilakukan di kelurahan Aek Parombunan Kecamatan Sibolga Selatan Kota Sibolga Sumatera Utara



Gambar 3. 1 Peta Lokasi PQHX+6W Aek Parombunan, Kota Sibolga, Sumatera Utara

3.1.2 Waktu penelitian

Waktu penerapan tugas akhir ini direncanakan selama 6 bulan dari di setujuinya penulisan proposal tugas akhir, studi literatur, proses perancangan, proses optimasi peralatan penyuplai air bersih dengan solar panel 1,1kw, seminar proposal, seminar hasil sampai sidang akhir yang menghabiskan waktu kurang lebih 6 bulan.

Tabel 3.1. Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literatur						
2	Penyediaan alat dan bahan						
3	Penulisan proposal						
4	Pengujian simulasi						
5	Pengambilan data						
6	Analisa data						
7	Penulisan laporan akhir						
8	Sidang sarjana						

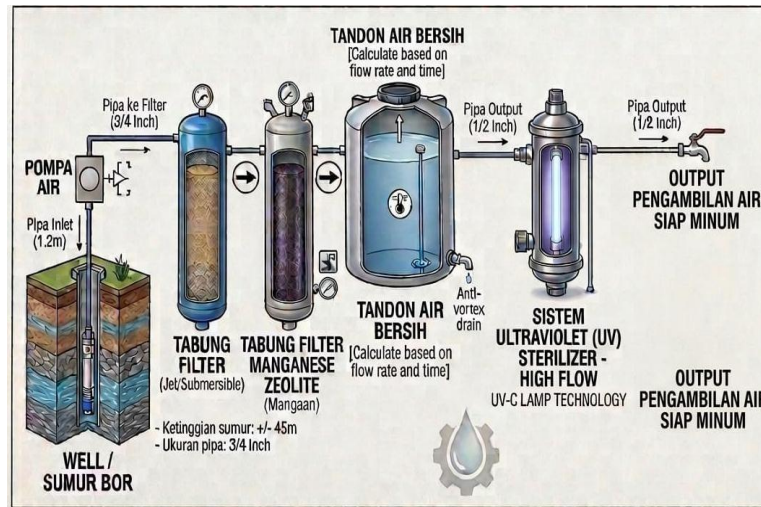
3.2 Bahan dan Alat yang digunakan

1. Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan objek kajian yang digunakan dalam proses perancangan, pemodelan, serta analisis sistem penyuplai air bersih. Dalam penelitian ini, bahan tidak digunakan secara fisik, melainkan sebagai representasi dalam desain dan simulasi.

A. Sistem Filtrasi Air Berbasis Panel Surya

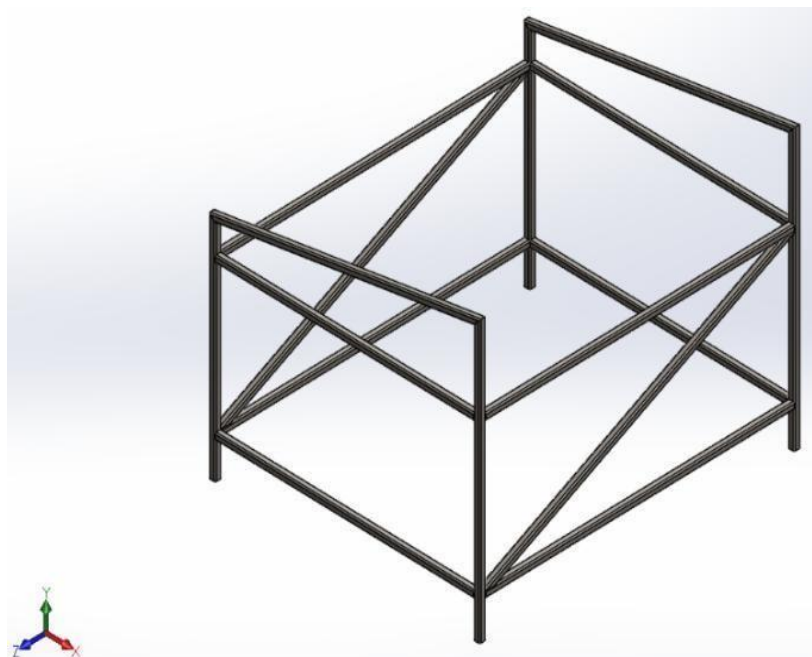
Sistem filtrasi air berbasis panel surya merupakan objek utama dalam penelitian ini yang dirancang dalam bentuk model tiga dimensi (3D). Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu unit filtrasi, sistem perpipaan, rangka penopang, pompa air, serta panel surya sebagai sumber energi. Dalam penelitian ini, sistem akan direalisasikan dalam bentuk fisik, serta dimodelkan untuk keperluan analisis desain dan evaluasi kinerja sistem secara simulasi. Pemodelan 3D dilakukan untuk memastikan keterkaitan dan penempatan setiap komponen dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan system.



Gambar 3. 2 Sistem Filtrasi Air Bersih Berbasis Panel Surya

B. Desain Rangka untuk Analisis FEM

Desain rangka merupakan bagian dari sistem yang berfungsi sebagai struktur penopang seluruh komponen. Rangka ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak CAD dan dianalisis menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM).



Gambar 3. 3 Desain Rangka

Analisis dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan struktur terhadap beban yang bekerja. Material rangka diasumsikan menggunakan baja dengan sifat mekanik mengacu pada data standar material.

2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan perangkat lunak yang mendukung proses perancangan, pemodelan, serta analisis sistem penyuplai air bersih. Penggunaan alat berbasis perangkat lunak bertujuan untuk memperoleh hasil yang akurat dan efisien tanpa melakukan pembuatan alat secara fisik.

A. Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini berupa komputer atau laptop yang digunakan untuk menjalankan software perancangan dan simulasi.

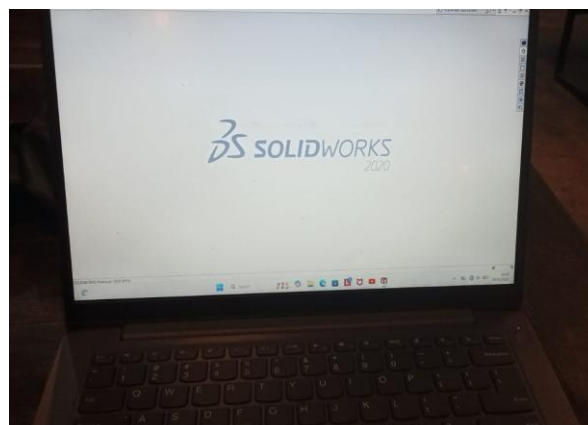


Gambar 3. 4 Laptop

Perangkat ini berfungsi sebagai media utama dalam proses pemodelan 3D dan analisis menggunakan metode elemen hingga (FEM).

B. Software CAD (SolidWorks)

SolidWorks digunakan sebagai alat untuk membuat desain dan pemodelan tiga dimensi (3D) dari sistem penyuplai air bersih.

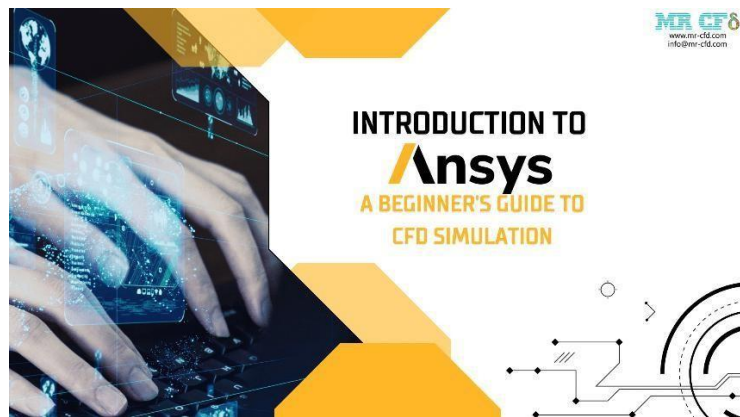


Gambar 3. 5 Software CAD (SolidWorks)

Melalui software ini, dilakukan proses pembuatan model rangka, sistem filtrasi, serta tata letak komponen secara keseluruhan. Selain itu, SolidWorks juga memungkinkan visualisasi desain secara detail sehingga mempermudah dalam tahap analisis selanjutnya.

C. Software Simulasi FEM

Software simulasi digunakan untuk melakukan analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM).



Gambar 3. 6 Software FEM (Ansys)

Melalui software ini, dilakukan pengujian terhadap desain rangka untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan struktur terhadap beban yang diberikan. Hasil simulasi digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kelayakan desain yang telah dibuat.

D. Meteran

Karena penelitian lu juga berkaitan **dengan** perancangan dan realisasi fisik rangka/sistem, meteran bisa digunakan untuk mengukur dimensi aktual komponen dan memastikan ukuran hasil perakitan sesuai dengan desain 3D.

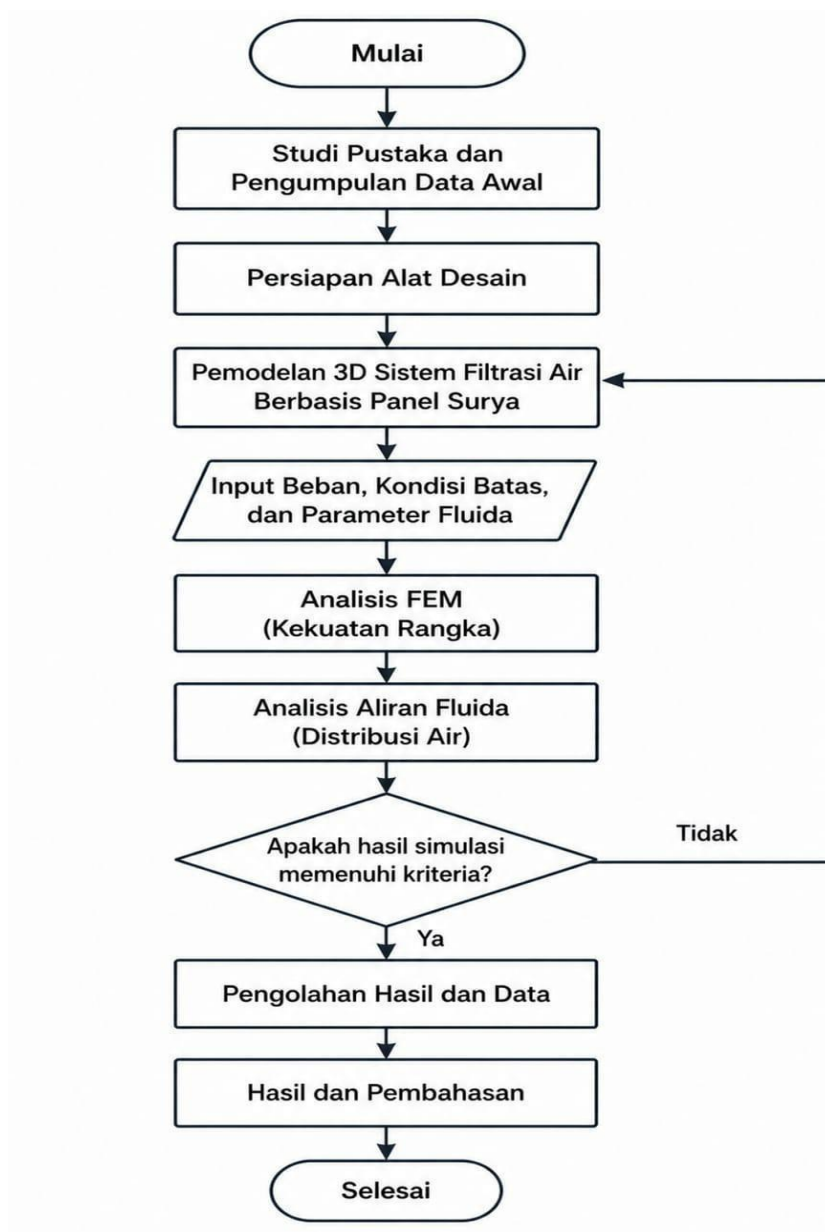


Gambar 3. 7 Meteran

3.3 Diagram Alir

Diagram alir penelitian merupakan tahapan sistematis yang menggambarkan proses pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir. Diagram ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perancangan, pemodelan, serta analisis sistem penyuplai air bersih.

Dalam penelitian ini, tahapan dimulai dari identifikasi permasalahan hingga analisis hasil simulasi yang dilakukan. Adapun tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.7.



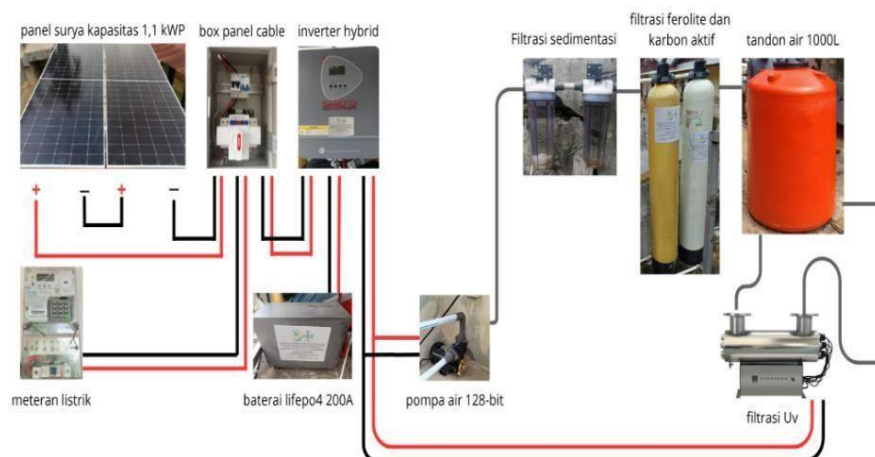
Gambar 3. 8 Diagram Alir

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya yang diteliti dalam penelitian ini didasarkan pada pendekatan perancangan secara teoretis dan pemodelan digital. Desain yang dibuat disesuaikan dengan kebutuhan serta mempertimbangkan aspek kekuatan struktur dan distribusi aliran fluida.

Perancangan dilakukan berdasarkan asumsi dan parameter yang telah ditentukan dari studi literatur. Proses perancangan dilakukan secara fisik, serta melalui pemodelan tiga dimensi (3D) dan simulasi menggunakan perangkat lunak.

Hasil rancangan kemudian dianalisis menggunakan metode elemen hingga (FEM) untuk mengetahui kekuatan struktur, serta analisis aliran fluida untuk mengevaluasi distribusi air dalam sistem filtrasi.



Gambar 3. 9 Skema Panel Surya

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data dengan cara mempelajari berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, skripsi, dan buku yang relevan dengan penelitian.

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait:

- Kondisi wilayah bencana
- Metode filtrasi
- Sistem plts
- Aliran fluida
- Metode elemen hingga (fem)

Tahapan ini bertujuan sebagai dasar dalam proses perancangan dan analisis.

3.5.2 Persiapan Alat Desain

Pada tahap ini dilakukan persiapan perangkat yang digunakan dalam proses perancangan dan simulasi, meliputi perangkat keras (komputer/laptop) serta perangkat lunak seperti SolidWorks dan software simulasi FEM.

3.5.3 Mendesain Sistem dan Rangka

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan sistem penyuplai air bersih dalam bentuk model tiga dimensi (3D). Desain meliputi rangka utama, sistem filtrasi, serta sistem perpipaan.

Material rangka diasumsikan menggunakan baja karbon rendah (low carbon steel) dengan bentuk profil hollow. Desain dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan struktur serta kemudahan dalam analisis.

3.5.4 Input Beban dan Kondisi Batas

Sebelum dilakukan simulasi FEM, ditentukan kondisi batas (boundary condition) dan pembebanan pada struktur.

Beban yang diberikan meliputi:

- Beban statis dari komponen sistem
- Beban tambahan lainnya

Kondisi batas ditentukan dengan menetapkan bagian tertentu sebagai fixed support untuk menahan gaya yang bekerja pada struktur.

3.5.5 Analisis Data

Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga (FEM) untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan pada rangka. Selain itu, dilakukan analisis aliran fluida untuk mengetahui distribusi aliran air dalam sistem filtrasi. Proses analisis meliputi tahap meshing, pemberian beban, hingga interpretasi hasil simulasi.

3.5.6 Pengolahan Hasil dan Data

Hasil simulasi yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui apakah desain yang dibuat telah memenuhi kriteria yang diinginkan. Data yang dianalisis meliputi hasil FEM dan distribusi aliran fluida.

3.5.7 Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bagian-bagian struktur yang mengalami tegangan tertinggi serta distribusi aliran air dalam sistem.

Bagian rangka tertentu yang mengalami tegangan maksimum menjadi fokus utama dalam evaluasi desain. Selain itu, distribusi aliran yang merata dalam sistem filtrasi menunjukkan kinerja sistem yang baik.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan faktor-faktor yang digunakan dalam proses analisis untuk mengetahui hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya.

3.6.1. Variabel Independent (Bebas)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel lainnya.

Dalam penelitian ini, variabel bebas meliputi:

- beban yang bekerja pada rangka
- kondisi batas (boundary condition)
- parameter aliran fluida

3.6.2. Variabel Dependent (Terikat)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas.

Dalam penelitian ini, variabel terikat meliputi:

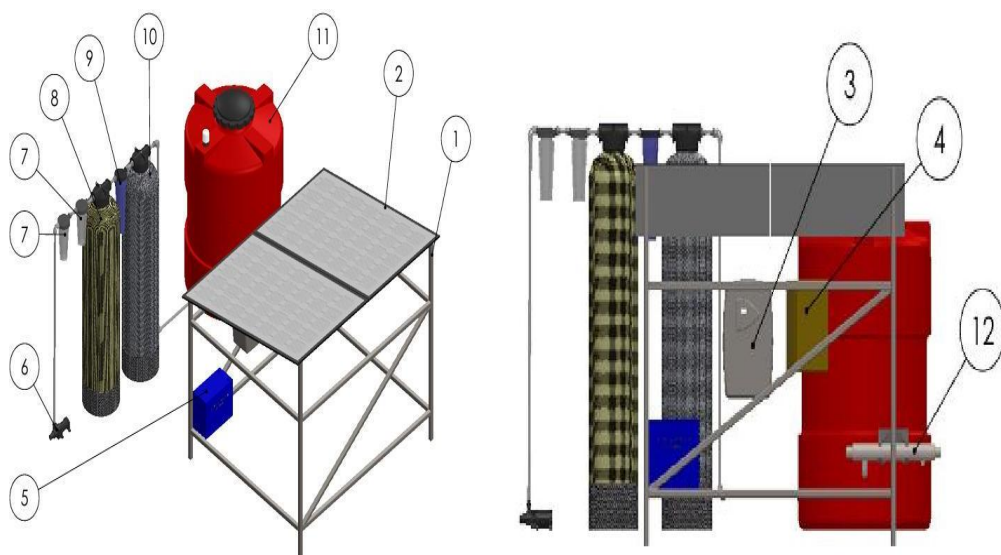
- tegangan (von Mises stress)
- deformasi (displacement)
- faktor keamanan (safety factor)
- distribusi aliran air

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Instalasi Sistem Penyuplai Air Bersih Berbasis Panel Surya

Sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya yang dirancang pada penelitian ini merupakan sistem terpadu yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi utama untuk mengoperasikan pompa air dan unit sterilisasi ultraviolet (UV). Sistem dirancang untuk mengolah air baku menjadi air yang lebih layak digunakan melalui beberapa tahapan filtrasi yang terintegrasi dalam satu kesatuan struktur. Selain memanfaatkan energi terbarukan, sistem juga dirancang agar mampu beroperasi secara mandiri dengan dukungan baterai sebagai penyimpan energi. sistem terdiri atas tiga subsistem utama yaitu subsistem pembangkit energi listrik, subsistem filtrasi air, serta subsistem penyimpanan dan distribusi air. Ketiga subsistem tersebut saling terintegrasi sehingga mampu menghasilkan air bersih dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama. Integrasi ketiga subsistem tersebut juga mempertimbangkan kemudahan dalam proses perakitan, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem. Penempatan setiap komponen disusun berdasarkan fungsi dan kebutuhan ruang sehingga sistem dapat bekerja secara teratur serta memudahkan proses pemeriksaan apabila terjadi gangguan pada salah satu bagian sistem.



Gambar 4.1 Desain Instalasi penyuplai air bersih berbasis panel surya

Selanjutnya, komponen-komponen yang digunakan dalam sistem ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Bill of Materials (BOM)* Sistem Penyuplai Air Bersih Berbasis Panel Surya

Item No.	Part Number	Description	Qty
1	Frame	40*40*3	3
2	Solana Mono-24V-550WP	VMP 42,1V, IMP 13,06A	2
3	Samoto Hybrid IHF3000	Dc In 24VDC, 138.9A Ac Out 230VAC, 50/60HZ, 13A 1Ø	1
4	Box Panel	30x40x15	1
5	TOB1Z-63 dan NXB-63	Dc 250-500V/AC 220-400V	2
6	ats	220-230V (1Phase 50/60HZ)	1
7	Baterai LifePO4	200Ah 5 kWh	1
8	Shimizu Pl-230 Bit	Daya 200 W, Hs 9M, Kapasitas 50 l/M	1
9	Housing Transparent 10"	Oksidasi	2
10	Filter Nanotes 1054 Frp	Carbone Dan Ferolite	1
11	Housing Big Blue 20"	Katrid Spun Pleated Filter, Carbon Block Filter, Granular Activated Carbon	1
12	Filter Nanotes 1054 Frp	Manganese Zeolite Dan Ferolite	1
13	Tangki Air	1000l	1
14	UV 8-12 GPM	220-240V (50/60Hz)	1

Pada Tabel 4.1 menunjukkan komponen-komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya. Berdasarkan tabel tersebut, sistem terdiri atas 14 komponen utama yang saling terintegrasi untuk menghasilkan air bersih secara berkelanjutan.

Komponen pertama adalah rangka utama yang menggunakan profil hollow $40 \times 40 \times 3$ mm. Rangka berfungsi sebagai struktur penopang seluruh komponen sistem, termasuk panel surya, inverter, panel box, unit filtrasi, dan perangkat pendukung lainnya. Selain harus mampu menahan beban statis seluruh komponen,

rangka juga harus memiliki kekakuan yang cukup untuk menjaga stabilitas sistem selama beroperasi.

Pada subsistem pembangkit energi digunakan dua unit panel surya monokristalin Solana 550 WP. Pemilihan panel surya monokristalin didasarkan pada efisiensinya yang relatif tinggi dibandingkan jenis panel lainnya sehingga mampu menghasilkan energi listrik yang lebih besar pada luas area yang sama. Energi listrik yang dihasilkan kemudian dikendalikan melalui sistem proteksi dan distribusi daya yang terdiri atas MCB, ATS, inverter hybrid, serta baterai LiFePO₄ berkapasitas 200 Ah. Penggunaan baterai LiFePO₄ dipilih karena memiliki umur pakai yang relatif panjang, efisiensi pengisian yang tinggi, serta tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan baterai timbal-asam konvensional.

Pada system distribusi air digunakan pompa air Shimizu PL-230 BIT dengan daya sebesar 200 Watt dan kapasitas aliran hingga 50 liter per menit. Pompa berfungsi mengalirkan air baku menuju unit filtrasi sehingga proses penyaringan dapat berlangsung secara kontinu. Sistem filtrasi yang digunakan terdiri atas beberapa tahapan penyaringan. Tahap awal menggunakan housing transparan berukuran 10 inci yang berisi media oksidasi. Tahap ini berfungsi untuk mengurangi partikel tersuspensi berukuran besar serta membantu proses desinfeksi awal.

Tahap berikutnya menggunakan media karbon aktif dan ferolite yang ditempatkan pada tabung FRP berukuran 1054. Karbon aktif berfungsi menyerap zat organik, warna, dan bau yang umum ditemukan pada air gambut, sedangkan media silika berfungsi sebagai penyaring partikel halus yang masih terbawa dari proses sebelumnya. Selanjutnya air dialirkan menuju media mangan zeolite dan silika yang berfungsi membantu menurunkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang sering ditemukan pada sumber air gambut.

Tahap penyaringan lanjutan dilakukan menggunakan housing Big Blue 20 inci yang berisi spun pleated filter, carbon block filter, dan granular activated carbon. Konfigurasi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air hasil filtrasi sebelum masuk ke tangki penyimpanan. Air hasil penyaringan kemudian ditampung pada tangki berkapasitas 1000 liter sebelum didistribusikan kepada pengguna. Sebelum digunakan sebagai air konsumsi, sebagian aliran air dialirkan

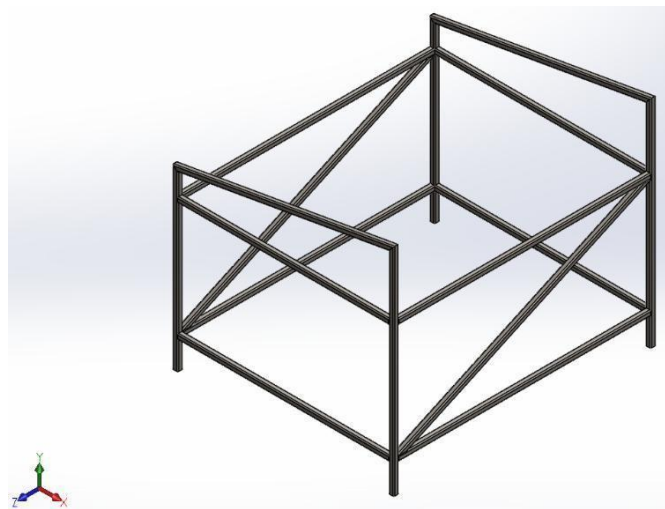
menuju unit ultraviolet (UV) dengan kapasitas 8 hingga 12 GPM untuk proses sterilisasi akhir.

Berdasarkan konfigurasi yang telah dirancang, sistem tidak hanya mampu memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber daya utama, tetapi juga menerapkan proses filtrasi bertingkat yang dirancang khusus untuk mengatasi air di wilayah bencana. Dengan demikian, desain yang dihasilkan diharapkan mampu menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik sekaligus mendukung pemanfaatan energi yang lebih berkelanjutan.

4.1.1 Desain Rangka Utama

Rangka utama merupakan komponen struktural yang berfungsi sebagai penopang seluruh komponen pada sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya. Selain menopang panel surya, rangka juga digunakan sebagai tempat pemasangan inverter, panel box, unit ultraviolet, serta berbagai komponen pendukung lainnya. Oleh karena itu, rangka harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk menjamin kestabilan sistem selama beroperasi.

Model tiga dimensi rangka utama hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



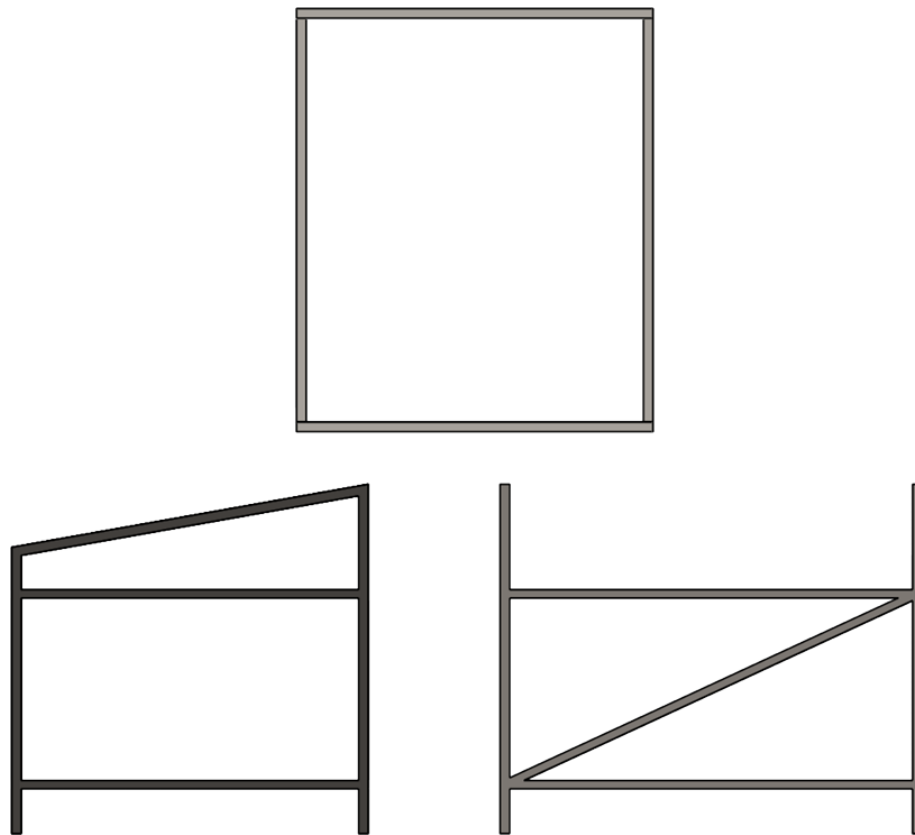
Gambar 4.2 Pemodelan 3D Rangka Utama

Berdasarkan Gambar 4.2, rangka dirancang menggunakan profil baja karbon rendah berbentuk hollow dengan konfigurasi struktur ruang sederhana (*space frame*). Struktur terdiri atas kolom vertikal, batang horizontal, dan batang diagonal yang saling terhubung membentuk sistem penopang yang kokoh. Penggunaan batang diagonal pada beberapa sisi struktur bertujuan meningkatkan

kekakuan rangka sekaligus membantu mendistribusikan beban secara lebih merata ke seluruh bagian struktur.

Pada bagian atas rangka terdapat bidang penopang panel surya yang dirancang dengan kemiringan tertentu. Sementara itu, area bagian bawah digunakan sebagai ruang pemasangan komponen pendukung sistem seperti inverter, panel box, baterai, dan unit UV. Dengan konfigurasi tersebut, seluruh komponen dapat ditempatkan dalam satu struktur yang terintegrasi sehingga mempermudah proses instalasi maupun perawatan.

Untuk memperjelas konfigurasi struktur yang digunakan, tampak depan, samping, dan atas rangka ditunjukkan pada Gambar 4.3.

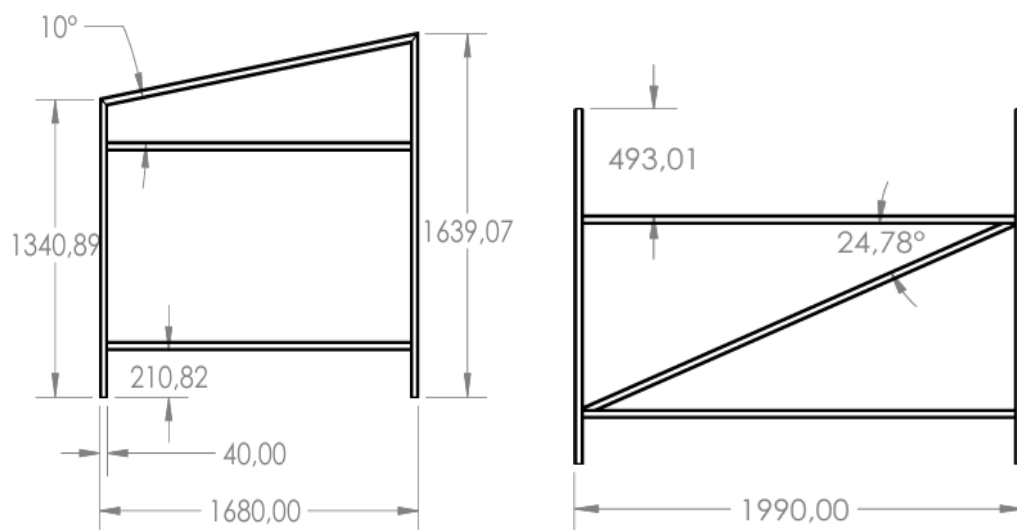


Gambar 4.3 Tampak Depan, Samping, dan Atas Rangka Utama

Berdasarkan tampak ortografik tersebut dapat dilihat bahwa bagian atas rangka memiliki kemiringan yang dirancang khusus untuk pemasangan panel surya. Kemiringan ini memungkinkan panel menerima radiasi matahari secara lebih optimal dibandingkan pemasangan secara horizontal. Selain itu, bentuk miring juga membantu mengurangi genangan air hujan dan penumpukan debu pada permukaan panel.

Pada tampak samping terlihat adanya batang diagonal yang berfungsi sebagai elemen pengaku (*bracing*). Elemen ini berperan penting dalam meningkatkan kekakuan struktur terhadap pembebanan serta mengurangi kemungkinan terjadinya deformasi pada saat sistem menerima beban kerja. Konfigurasi tersebut juga membantu mendistribusikan gaya ke seluruh bagian rangka sehingga konsentrasi tegangan dapat diminimalkan.

Dimensi utama rangka hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Dimensi Utama Rangka

Berdasarkan hasil perancangan, rangka memiliki panjang sebesar 1990 mm dan lebar sebesar 1680 mm. Dimensi tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan area pemasangan dua unit panel surya serta ruang yang diperlukan untuk menempatkan komponen sistem pada bagian bawah struktur. Tinggi rangka pada sisi depan adalah 1340,89 mm, sedangkan tinggi pada sisi belakang mencapai 1639,07 mm.

Perbedaan tinggi antara sisi depan dan belakang menghasilkan sudut kemiringan panel sebesar 10°. Kemiringan ini dipilih untuk mendukung penerimaan energi matahari yang lebih baik sekaligus membantu proses pembersihan alami permukaan panel oleh air hujan. Selain itu, rangka juga dilengkapi batang diagonal dengan sudut sekitar 24,78° yang berfungsi sebagai pengaku struktur. Penggunaan pengaku ini bertujuan meningkatkan kestabilan struktur serta mengurangi potensi deformasi akibat pembebanan.

Material yang digunakan dalam perancangan rangka ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Material properties

Materials in the default library can not be edited. You must first copy the material to a custom library to edit it.

Model Type: Linear Elastic Isotropic ☐ Save model type in library

Units: English (IPS)

Category: Steel

Name: AISI 1010 Steel, hot rolled bar

Description:

Source:

Sustainability: Defined

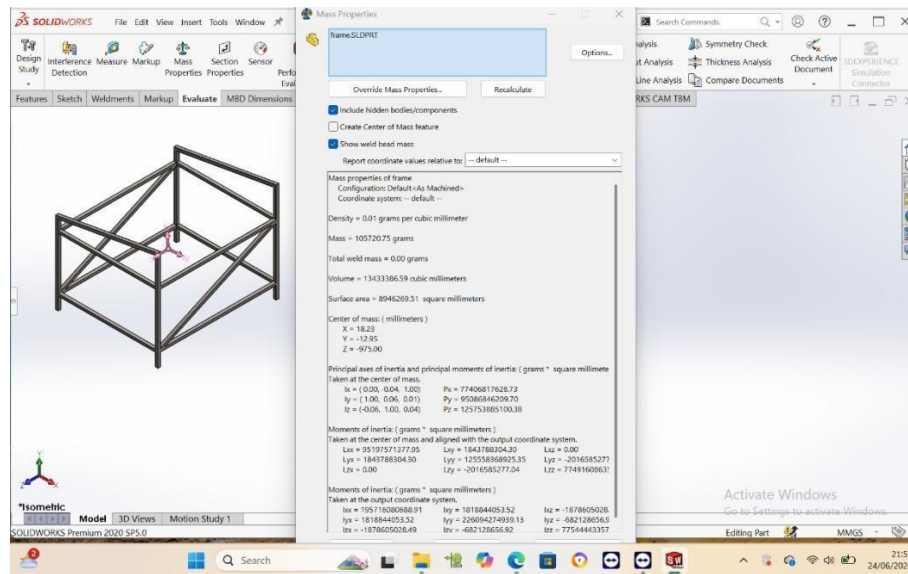
Property	Value	Units
Elastic Modulus	29007547.53	psi
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	11603019.01	psi
Mass Density	0.2843217078	lb/in ³
Tensile Strength	47137.26474	psi
Compressive Strength		psi
Yield Strength	26106.79278	psi
Thermal Expansion Coefficient	6.777777778e-06	/°F
Thermal Conductivity	0.00069415	Btu/(in-sec°F)

Gambar 4.5 Material Properties

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) yang tersedia pada pustaka material SolidWorks. Material ini dipilih karena memiliki kekuatan mekanik yang baik, mudah difabrikasi melalui proses pemotongan maupun pengelasan, serta memiliki biaya yang relatif ekonomis dibandingkan material struktural lainnya.

Berdasarkan data material yang digunakan, baja karbon rendah memiliki modulus elastisitas sebesar 29.007.547,53 psi, rasio Poisson sebesar 0,29, serta tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 261.067,93 psi. Selain itu, material juga memiliki kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 471.372,67 psi yang menunjukkan kemampuan material dalam menahan beban sebelum mengalami kegagalan. Karakteristik tersebut menjadikan baja karbon rendah sesuai digunakan sebagai material utama rangka sistem.

Selanjutnya dilakukan evaluasi karakteristik fisik rangka menggunakan fitur *Mass Properties* pada SolidWorks. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mass Properties Rangka Utama

Hasil analisis menunjukkan bahwa rangka memiliki massa sebesar 105.720,75 gram atau sekitar 105,72 kg dengan volume total sebesar 13.433.386,59 mm³. Massa tersebut menunjukkan bahwa struktur memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang seluruh komponen sistem tanpa menghasilkan beban berlebih pada konstruksi.

Selain massa dan volume, hasil *Mass Properties* juga menunjukkan posisi pusat massa (*center of mass*) berada pada koordinat X = 18,23 mm, Y = -12,95 mm, dan Z = -975,00 mm. Posisi pusat massa yang berada mendekati area tengah struktur menunjukkan bahwa distribusi massa pada rangka relatif merata sehingga dapat membantu menjaga kestabilan sistem selama beroperasi.

Berdasarkan hasil perancangan, dimensi, karakteristik material, serta evaluasi *Mass Properties*, rangka yang dirancang dinilai mampu memenuhi kebutuhan sebagai struktur utama sistem penyuplai air bersih berbasis panel surya. Untuk mengetahui kemampuan rangka dalam menerima pembebanan kerja secara lebih rinci, dilakukan analisis menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) yang akan dibahas pada subbab berikutnya. Evaluasi terhadap rangka tidak hanya mempertimbangkan bentuk dan dimensi geometrinya, tetapi juga mempertimbangkan kemampuan struktur dalam menopang komponen-komponen yang terpasang pada sistem. Rangka berfungsi sebagai struktur pendukung bagi panel surya dan komponen sistem lainnya, sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui respons rangka ketika menerima beban.

4.2 Analisis Finite Element Method (FEM)

Setelah proses perancangan rangka selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur menggunakan metode Finite Element Method (FEM). Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi respons mekanik rangka terhadap pembebanan yang diberikan sehingga dapat diketahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi sebelum proses implementasi dilakukan. Hasil simulasi juga digunakan untuk mengidentifikasi bagian-bagian rangka yang mengalami konsentrasi tegangan tertinggi .

Analisis dilakukan terhadap rangka penopang panel surya menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method). Model rangka yang telah dirancang pada tahap sebelumnya digunakan sebagai objek simulasi untuk mengetahui perilaku struktur ketika menerima pembebanan. Simulasi dilakukan dengan memberikan gaya pada bagian rangka yang bersinggungan langsung dengan panel surya. Pada penelitian ini digunakan dua skenario pembebanan yang disimulasikan secara terpisah, yaitu pembebanan akibat berat panel surya dan pembebanan akibat hembusan angin.

Pembebanan panel surya diberikan sebesar 15 N pada permukaan atas rangka untuk merepresentasikan tekanan beban panel surya yang terdistribusi secara merata dengan arah gaya vertikal ke bawah. Sementara itu, pembebanan angin diberikan sebesar 10 N pada sisi samping rangka untuk merepresentasikan gaya lateral akibat hembusan angin yang bekerja pada panel surya. Kedua kondisi pembebanan tersebut dipilih karena mewakili kondisi utama yang akan diterima rangka selama sistem penyuplai air bersih beroperasi di lapangan.

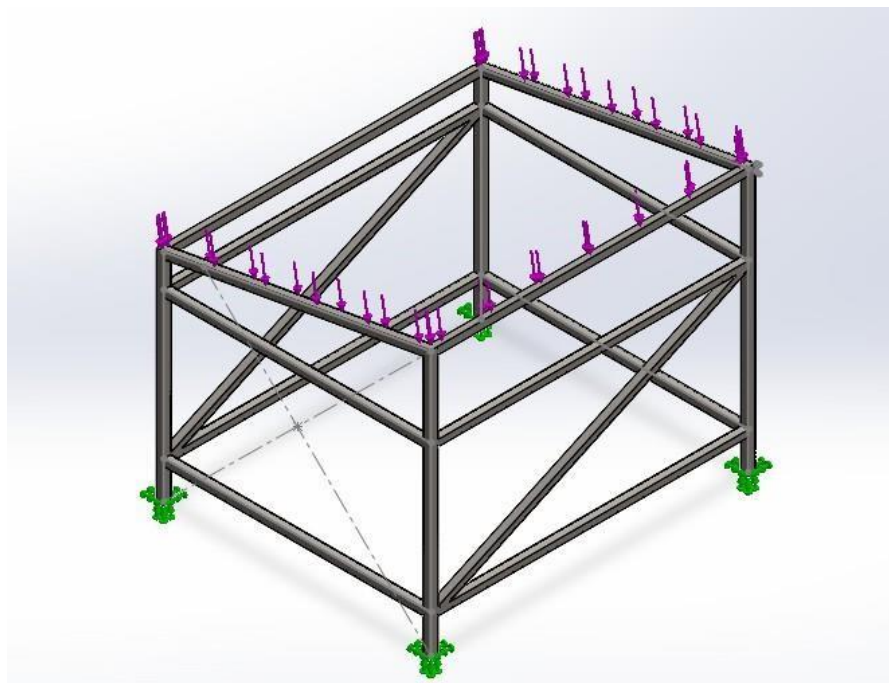
Sebelum proses simulasi dilakukan, model terlebih dahulu diberikan kondisi batas (boundary condition) berupa Fix Support pada keempat kaki bawah rangka sesuai dengan kondisi tumpuan aktual. Selanjutnya dilakukan proses meshing untuk membagi model menjadi elemen-elemen kecil sehingga proses perhitungan numerik dapat dilakukan. Setelah seluruh tahapan persiapan selesai, simulasi dijalankan untuk memperoleh distribusi tegangan von Mises dan distribusi regangan elastis pada masing-masing kondisi pembebanan. Hasil simulasi tersebut kemudian dianalisis sebagai dasar dalam mengevaluasi kemampuan struktur rangka terhadap pembebanan panel surya maupun pembebanan angin.

4.2.1 Boundary Condition

Pada penelitian ini, analisis dilakukan terhadap rangka penopang panel surya dengan memberikan dua skenario pembebanan, yaitu beban akibat panel surya dan beban akibat hembusan angin. Gaya diterapkan pada bagian permukaan rangka yang bersinggungan langsung dengan panel surya. Beban panel diberikan sebesar 15 N pada permukaan atas rangka untuk mensimulasikan tekanan beban panel surya yang terdistribusi secara merata dengan arah vertikal ke bawah. Sementara itu, beban angin diberikan sebesar 10 N pada sisi samping rangka untuk mensimulasikan gaya lateral akibat hembusan angin. Kedua skenario pembebanan tersebut disimulasikan secara terpisah sehingga respons struktur terhadap masing-masing kondisi dapat dianalisis secara individual.

Selain pembebanan, kondisi batas pada model juga ditentukan dengan menerapkan Fix Support pada keempat kaki bawah rangka. Penerapan *Fix Support* dilakukan untuk mengikuti kondisi tumpuan aktual model, sehingga seluruh perpindahan (*displacement*) dan rotasi pada bagian tersebut dianggap tertahan selama proses simulasi berlangsung. Dengan kondisi batas tersebut, beban yang diberikan pada rangka dapat diteruskan menuju tumpuan sebagaimana kondisi struktur ketika digunakan untuk menopang panel surya di lapangan.

Kondisi batas yang digunakan pada simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Boundary Condition Model Rangka Penopang Panel Surya

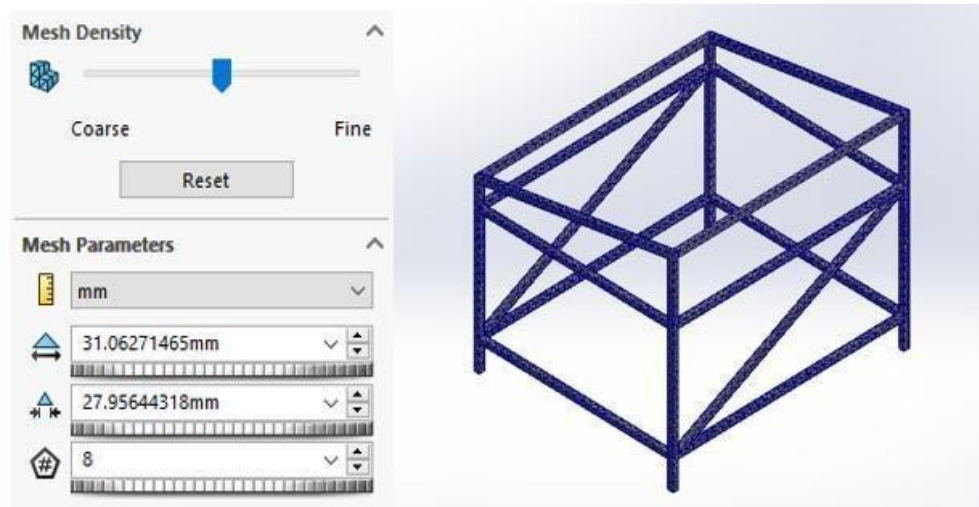
Berdasarkan Gambar 4.7, terlihat bahwa pembebanan diberikan pada dua arah yang berbeda sesuai dengan skenario simulasi, yaitu pembebanan vertikal pada permukaan atas rangka dan pembebanan horizontal pada sisi samping rangka. Sementara itu, keempat kaki rangka berfungsi sebagai titik tumpuan yang diberikan kondisi Fix Support sehingga mampu menahan seluruh reaksi gaya yang terjadi selama proses simulasi. Konfigurasi pembebanan dan kondisi batas tersebut digunakan sebagai dasar untuk memperoleh distribusi tegangan von Mises dan regangan elastis pada tahapan simulasi berikutnya.

4.2.2 Meshing

Setelah *boundary condition* dan pembebanan ditentukan, tahap selanjutnya dalam proses analisis adalah melakukan meshing terhadap model rangka. Proses *meshing* merupakan tahapan pembagian model menjadi sejumlah elemen-elemen hingga (*finite elements*) yang saling terhubung. Pembagian ini dilakukan agar perangkat lunak dapat melakukan proses perhitungan numerik pada setiap elemen sehingga respons struktur terhadap pembebanan dapat dianalisis secara menyeluruh.

Pada penelitian ini, seluruh model rangka penopang panel surya didiskretisasi menjadi elemen-elemen hingga sebelum proses simulasi dijalankan. Proses diskretisasi dilakukan terhadap seluruh bagian struktur, meliputi batang utama, batang penyangga, serta daerah sambungan antar komponen rangka. Dengan adanya proses *meshing*, setiap elemen struktur dapat dianalisis sehingga distribusi tegangan maupun regangan yang terjadi pada rangka dapat diperoleh secara lebih rinci. Proses *meshing* pada model dilakukan dengan mempertimbangkan bentuk dan kompleksitas geometri rangka yang telah dirancang. Bagian struktur yang memiliki bentuk lebih kompleks, terutama pada daerah sambungan dan pertemuan antarbentang, menjadi bagian yang perlu diperhatikan karena dapat mengalami konsentrasi tegangan ketika struktur menerima pembebanan. Hasil *meshing* kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses perhitungan numerik pada ANSYS. Setelah seluruh model berhasil didiskretisasi, kondisi batas dan pembebanan diberikan sesuai dengan skenario simulasi yang telah ditentukan. Selanjutnya, hasil perhitungan digunakan untuk mengetahui nilai tegangan von Mises dan *Equivalent Elastic Strain* pada seluruh bagian rangka.

Hasil proses *meshing* pada model rangka ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Meshing Model Rangka Penopang Panel Surya

Berdasarkan Gambar 4.8, seluruh bagian rangka telah terbagi menjadi elemen-elemen hingga yang menyusun model simulasi. Kerapatan *mesh* terlihat cukup merata pada setiap bagian struktur, sehingga mampu merepresentasikan bentuk geometris rangka dengan baik. Selain itu, daerah sambungan antar batang juga telah tercakup dalam proses *meshing*, sehingga distribusi tegangan yang berpotensi terkonsentrasi pada area tersebut dapat dianalisis pada tahap simulasi berikutnya.

Berdasarkan hasil *meshing* yang diperoleh, kerapatan *mesh* dinilai memadai untuk menangkap distribusi tegangan pada batang-batang maupun sambungan rangka. Oleh karena itu, model yang telah didiskretisasi selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi pembebanan panel surya dan pembebanan angin untuk memperoleh distribusi tegangan von Mises dan regangan elastis pada struktur rangka.

4.2.3 Hasil Simulasi Pembebanan Panel Surya

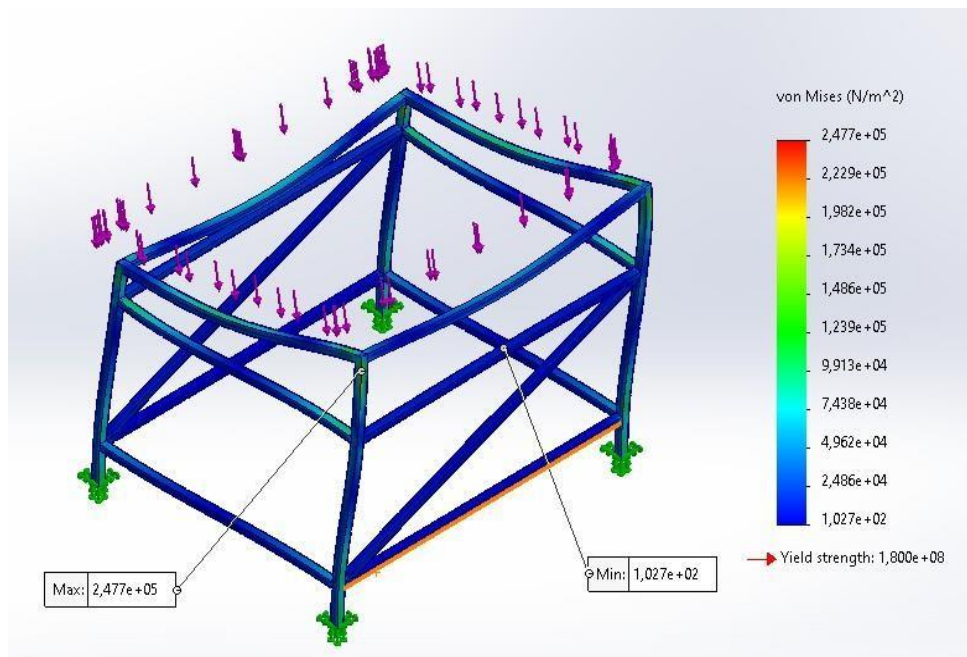
Setelah proses *boundary condition* dan *meshing* selesai dilakukan, simulasi pembebanan pertama dilakukan untuk mengetahui respons struktur rangka terhadap beban panel surya. Pembebanan diberikan sebesar 15 N pada permukaan atas rangka dengan arah vertikal ke bawah untuk merepresentasikan tekanan beban panel surya yang bekerja pada struktur. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada rangka akibat pembebanan tersebut.

Hasil simulasi pembebanan panel surya ditampilkan dalam bentuk distribusi tegangan von Mises dan regangan elastis. Nilai maksimum dan minimum hasil simulasi disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Pembebanan Panel Surya

Kasus Pembebanan	Besaran	Nilai Maksimum	Nilai Minimum
Beban panel (15 N, permukaan atas)	Tegangan von-Mises	0,49014 MPa	0,00016036 MPa
Beban panel (15 N, permukaan atas)	Regangan elastik ekuivalen	$2,4652 \times 10^{-6}$	$6,0844 \times 10^{-9}$

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.2, diperoleh nilai tegangan von Mises maksimum sebesar 0,49 MPa, sedangkan nilai minimum mendekati 0 MPa. Sementara itu, regangan elastis maksimum sebesar $2,43 \times 10^{-6}$, sedangkan nilai minimumnya mendekati 0. Nilai tersebut menunjukkan bahwa respons struktur terhadap pembebanan panel surya masih berada pada tingkat yang relatif rendah. Distribusi tegangan von Mises akibat pembebanan panel surya ditunjukkan pada Gambar 4.9.

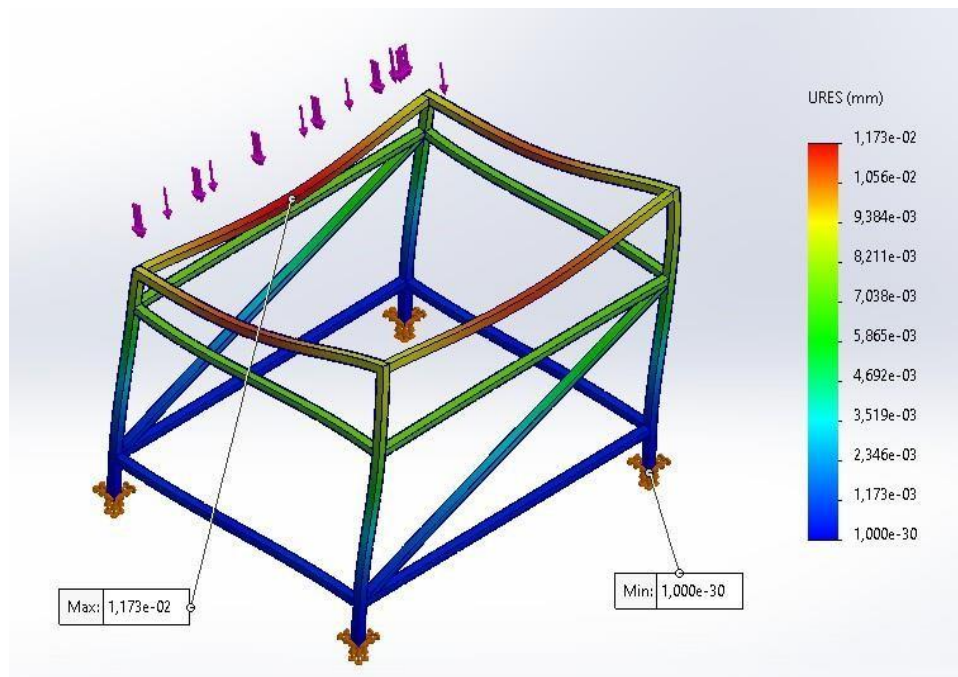


Gambar 4.9 Distribusi Tegangan von Mises Akibat Pembebanan Panel Surya

Berdasarkan Gambar 4.9, distribusi tegangan tidak tersebar secara merata pada seluruh bagian rangka. Tegangan terbesar terkonsentrasi pada daerah sambungan antara batang atas dengan kaki penopang rangka. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sambungan merupakan jalur utama perpindahan beban dari

panel surya menuju struktur penopang, sehingga daerah tersebut menerima konsentrasi tegangan yang lebih besar dibandingkan bagian rangka lainnya. Sementara itu, batang-batang utama rangka menunjukkan distribusi tegangan yang relatif rendah sehingga sebagian besar elemen struktur masih bekerja pada kondisi pembebanan yang ringan.

Distribusi regangan elastis akibat pembebanan panel surya ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Distribusi Regangan Elastis Akibat Pembebanan Panel Surya

Berdasarkan Gambar 4.10, pola distribusi regangan elastis memiliki kecenderungan yang serupa dengan distribusi tegangan von Mises. Regangan maksimum terjadi pada daerah sambungan antara batang atas dengan kaki rangka, sedangkan bagian struktur lainnya mengalami regangan yang relatif kecil. Nilai regangan maksimum yang berada pada orde 10^{-6} menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih sangat kecil sehingga struktur masih bekerja pada daerah elastis selama menerima pembebanan panel surya.

Berdasarkan hasil simulasi pembebanan panel surya dapat diketahui bahwa konsentrasi tegangan dan regangan terjadi pada daerah sambungan rangka sebagai jalur utama perpindahan beban menuju tumpuan. Meskipun demikian, nilai tegangan maupun regangan yang diperoleh masih relatif rendah, sehingga struktur rangka mampu menahan pembebanan panel surya yang dimodelkan pada penelitian

ini. Hasil simulasi ini selanjutnya menjadi dasar untuk membandingkan respons struktur terhadap skenario pembebanan berikutnya, yaitu pembebanan akibat gaya angin.

4.2.4 Hasil Simulasi Pembebanan Angin

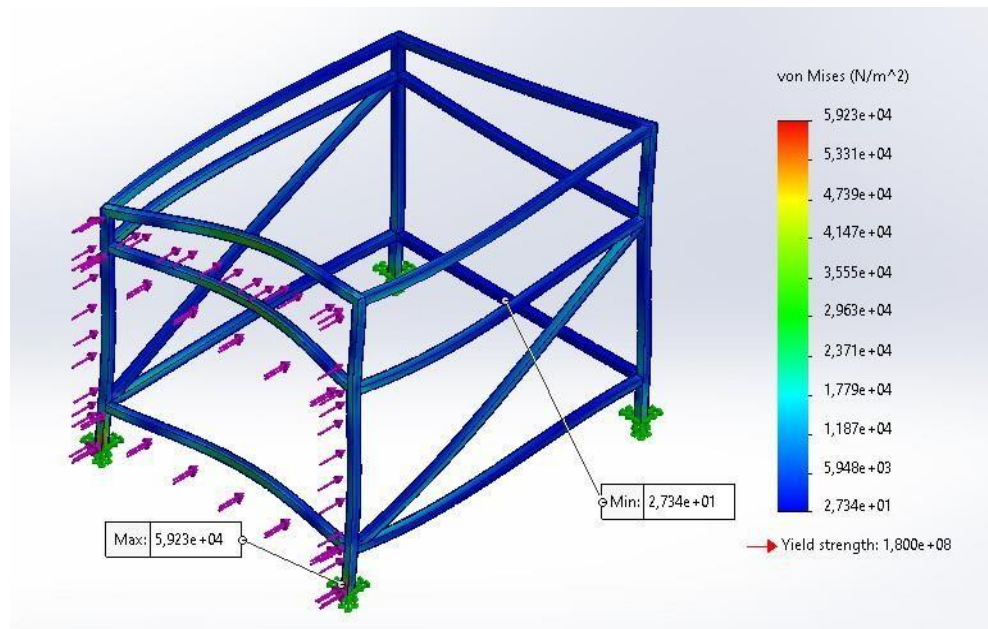
Setelah dilakukan simulasi pembebanan panel surya, tahap berikutnya adalah melakukan simulasi pembebanan akibat gaya angin. Pada simulasi ini diberikan beban sebesar 10 N pada sisi samping rangka untuk merepresentasikan gaya lateral akibat hembusan angin yang bekerja pada panel surya. Meskipun besar gaya yang diberikan lebih kecil dibandingkan pembebanan panel surya, arah pembebanan yang berbeda menyebabkan respons struktur yang dihasilkan juga berbeda. Oleh karena itu, simulasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada rangka ketika menerima pembebanan lateral serta membandingkannya dengan hasil simulasi pembebanan panel surya. Hasil simulasi pembebanan angin disajikan dalam bentuk distribusi tegangan von Mises dan regangan elastis. Nilai maksimum dan minimum hasil simulasi ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Pembebanan Angin

Kasus Pembebanan	Besaran	Nilai Maksimum	Nilai Minimum
Beban angin (10 N, sisi samping)	Tegangan von-Mises	1,4074 MPa	0,00016622 MPa
Beban angin (10 N, sisi samping)	Regangan elastik ekuivalen	$7,0389 \times 10^{-6}$	$1,2755 \times 10^{-8}$

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.3 diperoleh nilai tegangan von Mises maksimum sebesar 1,4074 MPa, sedangkan nilai minimum mendekati 0 MPa. Untuk parameter regangan elastis, diperoleh nilai maksimum sebesar $7,0389 \times 10^{-6}$, sedangkan nilai minimum mendekati 0. Dibandingkan dengan hasil simulasi pembebanan panel surya, nilai tegangan dan regangan yang dihasilkan pada pembebanan angin lebih besar meskipun besar gaya yang diberikan lebih kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa arah pembebanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respons mekanik struktur.

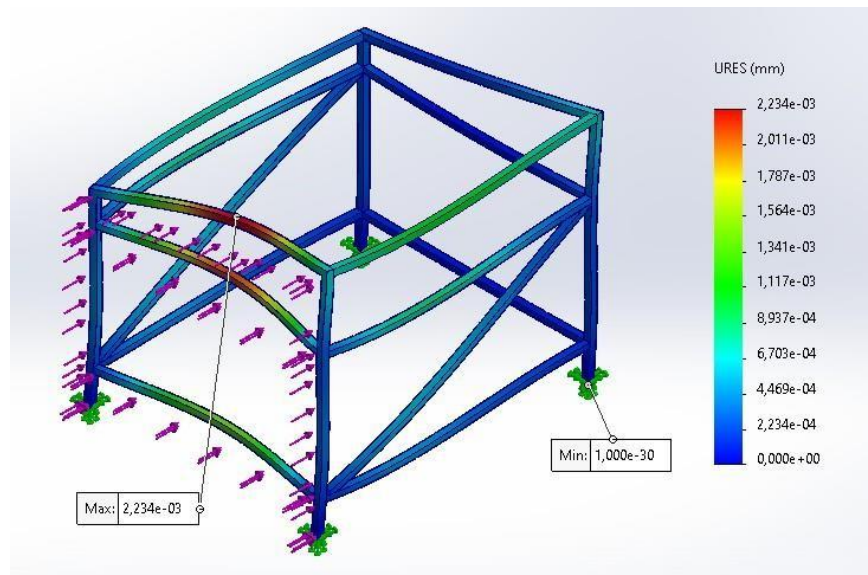
Distribusi tegangan von Mises akibat pembebanan angin ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Distribusi Tegangan von Mises Akibat Pembebanan Angin

Berdasarkan Gambar 4.11 terlihat bahwa konsentrasi tegangan tidak lagi berada pada sambungan antara batang atas dengan kaki rangka sebagaimana pada pembebanan panel surya, tetapi bergeser menuju daerah pertemuan kaki rangka dengan tumpuan (*base*). Daerah tersebut merupakan lokasi tempat gaya lateral diteruskan menuju Fix Support, sehingga menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi. Selain itu, zona dengan nilai tegangan tinggi tampak lebih luas dibandingkan hasil simulasi pembebanan panel surya. Hal ini menunjukkan bahwa pembebanan angin memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap distribusi tegangan pada struktur rangka. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa arah pembebanan memiliki pengaruh terhadap lokasi dan besarnya konsentrasi tegangan pada rangka. Berbeda dengan beban panel surya yang bekerja secara vertikal dan diteruskan melalui batang penyangga menuju kaki rangka, beban angin bekerja secara lateral sehingga gaya lebih banyak diteruskan menuju bagian bawah rangka dan tumpuan. Oleh karena itu, daerah pertemuan kaki rangka dengan *base* menjadi bagian yang perlu diperhatikan dalam evaluasi struktur. Meskipun terjadi peningkatan konsentrasi tegangan pada daerah tersebut, hasil simulasi tetap perlu dibandingkan dengan karakteristik material yang digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan struktur terhadap pembebanan yang diberikan

Distribusi regangan elastis akibat pembebanan angin ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Distribusi Regangan Elastis Akibat Pembebanan Angin

Berdasarkan Gambar 4.12, distribusi regangan elastis menunjukkan pola yang sejalan dengan distribusi tegangan von Mises. Regangan maksimum terjadi pada daerah pertemuan kaki rangka dengan tumpuan, sedangkan bagian struktur lainnya mengalami regangan yang relatif kecil. Nilai regangan maksimum berada pada orde 10^{-6} , yang menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih sangat kecil sehingga struktur masih bekerja pada daerah elastis selama menerima pembebanan angin.

Berdasarkan hasil simulasi pada kedua skenario pembebanan, diketahui bahwa lokasi konsentrasi tegangan berada pada daerah sambungan struktur. Pada pembebanan panel surya, konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada sambungan antara batang atas dengan kaki rangka, sedangkan pada pembebanan angin konsentrasi tegangan bergeser menuju sambungan antara kaki rangka dengan tumpuan. Kedua lokasi tersebut merupakan jalur utama perpindahan beban sehingga menjadi bagian struktur yang menerima akumulasi tegangan paling tinggi selama proses simulasi.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa pembebanan angin menghasilkan nilai tegangan maksimum sekitar 2,87 kali lebih besar dan regangan sekitar 2,85 kali lebih besar dibandingkan pembebanan panel surya, meskipun besar gaya yang diberikan lebih kecil. Kondisi tersebut disebabkan oleh arah pembebanan lateral

yang menimbulkan momen lentur pada kaki rangka yang dijepit oleh Fix Support, sehingga lintasan beban menjadi kurang efisien dibandingkan pembebanan vertikal yang diteruskan secara langsung menuju struktur. Oleh karena itu, pembebanan angin dapat dianggap sebagai kondisi pembebanan yang paling kritis dalam evaluasi kekuatan rangka penopang panel surya.

Selain itu, nilai regangan yang diperoleh pada kedua skenario pembebanan masih berada pada orde 10^{-6} dengan nilai tegangan maksimum yang relatif rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih sangat kecil dan struktur bekerja sepenuhnya pada rentang elastis selama menerima pembebanan yang dimodelkan. Berdasarkan hasil analisis FEM yang dilakukan, desain rangka penopang panel surya mampu menunjukkan respons mekanik yang baik terhadap pembebanan panel surya maupun pembebanan angin, dengan pembebanan angin sebagai kondisi yang memberikan pengaruh terbesar terhadap struktur sesuai hasil simulasi yang diperoleh.

4.3 Hasil Pembuatan Alat

Setelah proses perancangan dan analisis dilakukan, sistem penyuplai air bersih kemudian direalisasikan dalam bentuk alat yang terdiri atas rangka pendukung, sistem filtrasi, pompa, tangki penyimpanan, serta sistem perpipaan dan distribusi air. Pembuatan alat dilakukan dengan mengintegrasikan komponen-komponen yang telah ditentukan pada tahap perancangan sehingga membentuk satu kesatuan sistem penyuplai air bersih.

Sistem yang dibuat menggunakan proses filtrasi bertingkat (*multi-stage filtration*). Air baku dialirkan menggunakan pompa menuju rangkaian unit filtrasi yang tersusun secara berurutan. Setiap tahapan menggunakan media filtrasi yang berbeda sesuai dengan fungsi penyaringannya. Setelah melewati rangkaian filtrasi, air dialirkan menuju tangki penyimpanan sebelum kemudian didistribusikan sesuai kebutuhan penggunaan.

Pada proses perakitan, setiap komponen ditempatkan berdasarkan fungsi dan kebutuhan sistem sehingga hubungan antara unit filtrasi, pompa, tangki penyimpanan, dan saluran distribusi dapat bekerja secara terpadu. Rangka digunakan sebagai struktur pendukung untuk menempatkan komponen utama, sedangkan sistem perpipaan menghubungkan aliran air dari sumber menuju unit

filtrasi hingga ke tangki penyimpanan. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pemeriksaan terhadap sambungan antar-komponen dan jalur aliran untuk memastikan sistem dapat beroperasi sesuai dengan rancangan. Hasil realisasi alat kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan pengujian terhadap proses penyaringan dan distribusi air pada tahap selanjutnya.



Gambar 4.13 Hasil Pembuatan Sistem Filtrasi Air

Gambar 4.13 menunjukkan hasil pembuatan dan pemasangan sistem filtrasi yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan hasil pembuatan, unit filtrasi tersusun dalam beberapa tahapan yang dihubungkan menggunakan sistem perpipaan sehingga air dapat mengalir dari satu tahap penyaringan menuju tahap berikutnya. Susunan tersebut dibuat secara berurutan untuk mendukung proses penyaringan air sebelum air ditampung pada tangki penyimpanan.

Pada bagian awal sistem terdapat pompa yang berfungsi mengalirkan air baku menuju unit filtrasi. Selanjutnya, air melewati beberapa media penyaring yang tersusun secara bertingkat. Tahap awal menggunakan filter oksidasi pada housing transparan untuk menyaring partikel berukuran relatif besar dan material tersuspensi yang terbawa oleh aliran air.

Air kemudian dialirkan menuju media filtrasi berikutnya yang terdiri atas karbon aktif dan ferolite, kemudian dilanjutkan dengan media *manganese zeolite*

dan ferolite. Setelah melewati rangkaian media filtrasi tersebut, air dialirkan menuju tangki penyimpanan berkapasitas 1000 liter.

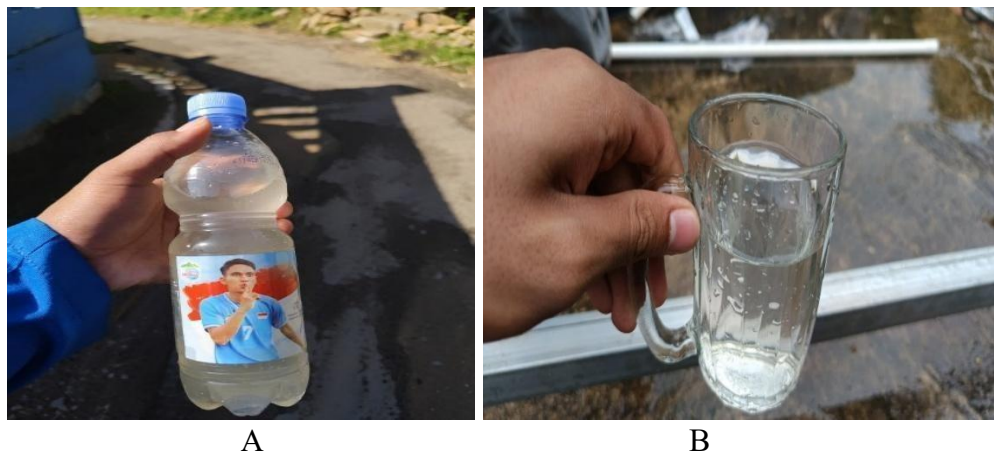
Sistem yang telah dibuat juga dilengkapi dengan jalur distribusi setelah proses penyimpanan. Air dari tangki dapat dialirkan melalui jalur penggunaan umum, sedangkan sebagian air dapat diteruskan menuju unit sterilisasi ultraviolet (UV) sebagai tahapan untuk penggunaan air siap minum. Dengan demikian, hasil pembuatan alat tidak hanya mencakup rangkaian unit filtrasi, tetapi juga integrasi antara proses pemompaan, penyaringan, penyimpanan, dan distribusi air.

Berdasarkan hasil pembuatan tersebut, sistem penyuplai air bersih telah direalisasikan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Integrasi antar-komponen memungkinkan air dialirkan secara berurutan melalui tahapan filtrasi hingga menuju tangki penyimpanan dan jalur distribusi.

5.3 hasil penyaringan

Hasil penyaringan diperoleh setelah air dialirkan melalui rangkaian sistem filtrasi yang telah dibuat. Sistem menggunakan beberapa tahapan penyaringan yang terdiri atas filter sedimen, media karbon aktif dan silika, *manganese zeolite* dan silika, serta tahapan pengolahan lanjutan menggunakan unit ultraviolet (UV). Setelah melewati rangkaian tersebut, air hasil filtrasi ditampung dan selanjutnya dapat dialirkan menuju jalur penggunaan sesuai dengan konfigurasi sistem.

Hasil penyaringan secara visual ditunjukkan melalui perbandingan kondisi air sebelum dan sesudah melewati sistem filtrasi. Perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Perbandingan Air Sebelum dan Sesudah Proses Penyaringan (A sebelum B sesudah)

Berdasarkan perbandingan pada Gambar 4.14, terlihat adanya perubahan kondisi air secara visual setelah melalui proses penyaringan. Air sebelum proses filtrasi menunjukkan kondisi yang lebih keruh, sedangkan air setelah melewati rangkaian filtrasi terlihat lebih jernih dibandingkan kondisi awal. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa rangkaian filtrasi yang dibuat mampu memberikan perubahan secara visual terhadap kondisi air hasil pengolahan.

Perubahan visual tersebut terutama berkaitan dengan proses penyaringan bertingkat yang dilakukan oleh beberapa media. Filter sedimen pada tahap awal berfungsi menyaring partikel tersuspensi, sedangkan media karbon aktif dan silika serta manganese zeolite dan silika digunakan pada tahapan berikutnya sesuai dengan fungsi masing-masing media. Kombinasi beberapa tahapan tersebut memungkinkan proses penyaringan berlangsung secara bertahap sebelum air masuk ke tahap penyimpanan dan distribusi.

Hasil yang ditampilkan pada Gambar 4.14 merupakan pengamatan secara visual terhadap perubahan kondisi air sebelum dan sesudah proses penyaringan. Oleh karena itu, perubahan kejernihan yang terlihat pada hasil penyaringan belum dapat digunakan untuk menyatakan bahwa air telah memenuhi persyaratan kualitas air minum. Penentuan kualitas air secara lebih lanjut memerlukan pengujian laboratorium terhadap parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi.

Dengan demikian, hasil penyaringan pada penelitian ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi yang telah dibuat dapat menghasilkan perubahan kondisi air yang dapat diamati secara visual setelah melewati rangkaian proses penyaringan. Hasil tersebut menjadi salah satu hasil pembuatan dan pengujian awal sistem yang selanjutnya dapat dikembangkan melalui pengujian kualitas air secara lebih lengkap.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, analisis, pembuatan alat, dan pengamatan hasil penyaringan yang telah dilakukan pada penelitian Rancang Bangun Sistem Filtrasi Air Bersih Bertenaga Surya untuk Penanganan Darurat Bencana Banjir dan Tanah Longsor di Kota Sibolga, Sumatra Utara, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Dari Mendesain instalasi sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel 1,1kw di wilayah bencana.

Dari Dari Mendesain instalasi sistem penyuplai air bersih berbasis solar panel 1,1kw di wilayah bencana.

1. Sistem filtrasi air bersih bertenaga surya telah berhasil dirancang dan dibuat dengan mengintegrasikan sistem pembangkit listrik tenaga surya, sistem filtrasi bertingkat, pompa air, tangki penyimpanan, sistem perpipaan dan distribusi, serta rangka utama sebagai struktur penopang. Pemodelan tiga dimensi sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks sebagai dasar dalam proses perancangan dan pembuatan alat.
2. Rangka utama sistem telah dirancang menggunakan profil hollow baja karbon rendah (Low Carbon Steel) dengan konfigurasi space frame dan batang diagonal sebagai pengaku struktur. Berdasarkan hasil perancangan, rangka memiliki dimensi 1990 mm × 1680 mm, kemiringan panel sebesar 10°, dan massa sekitar 105,72 kg. Konfigurasi rangka tersebut digunakan untuk menopang dua panel surya beserta komponen pendukung sistem dalam satu struktur yang terintegrasi.
3. Hasil analisis menggunakan metode Finite Element Method (FEM) menunjukkan bahwa rangka memiliki respons mekanik yang baik terhadap dua skenario pembebanan yang dimodelkan, yaitu pembebanan panel surya sebesar 15 N dan pembebanan angin sebesar 10 N. Konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada daerah sambungan struktur. Pembebanan angin memberikan respons struktur yang lebih besar dibandingkan pembebanan panel surya akibat pengaruh pembebanan lateral. Hasil simulasi

menunjukkan bahwa struktur masih bekerja pada rentang elastis terhadap kedua skenario pembebanan yang dimodelkan.

4. Sistem filtrasi yang telah dibuat terdiri atas beberapa tahapan penyaringan, yaitu media oksidasi, karbon aktif, ferolite, manganese zeolite, Big Blue filter, dan sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV). Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, terdapat perubahan kondisi air sebelum dan sesudah melewati rangkaian filtrasi, dengan kondisi air setelah penyaringan terlihat lebih jernih dibandingkan kondisi awal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dibuat telah dapat menjalankan proses penyaringan secara bertingkat. Namun, hasil pengamatan visual belum dapat digunakan untuk menentukan tingkat kualitas air secara kuantitatif karena belum dilakukan pengujian laboratorium terhadap parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian langsung terhadap alat/prototipe untuk mengetahui kinerja sistem pada kondisi operasi sebenarnya serta membandingkan hasil aktual dengan hasil perancangan dan simulasi yang telah dilakukan.
2. Mengembangkan analisis struktur FEM dengan kondisi pembebanan yang lebih mendekati kondisi sebenarnya, terutama menggunakan berat aktual panel surya dan pembebanan angin berdasarkan standar perencanaan yang berlaku. Hal tersebut diperlukan agar respons struktur yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi kerja rangka secara lebih realistis.
3. Melakukan pengujian kualitas air hasil filtrasi secara laboratoris menggunakan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi. Pengujian tersebut diperlukan untuk mengetahui efektivitas sistem filtrasi secara kuantitatif, sehingga hasil penyaringan tidak hanya dinilai berdasarkan perubahan visual.
4. Mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau kondisi dan kinerja sistem, seperti produksi energi panel surya, kondisi baterai, kinerja pompa, serta parameter kualitas air secara real time. Pengembangan tersebut diharapkan dapat mempermudah pemantauan dan pengoperasian sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiyata, I. (2017). *Analisa Finite Element Method (FEM) Untuk Friction Stir Welding*. 101.
- Anggry A. (2021). *Kekuatan Bahan : Tegangan Dan Regangan Pada Batang*.
- Citaristi, I. (2022). International energy agency—iea. In *The Europa directory of international organizations 2022* (pp. 701–702). Routledge.
- Cotruvo, J. (2018). *Drinking water quality and contaminants guidebook*. CRC Press.
- Diwakar, M., Tripathi, A., Joshi, K., Memoria, M., & Singh, P. (2021). Latest trends on heart disease prediction using machine learning and image fusion. *Materials Today: Proceedings*, 37, 3213–3218.
- Irena, R. E. S. (2020). International renewable energy agency. *Abu Dhabi, 2020*.
- Jalaluddin, J., Akmal, S., & Ishak, I. (2019). Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa L menggunakan metode simulasi computational fluid dynamic (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97–108.
- Marzouk, O. (2025). Summary of the 2023 report of TCEP (tracking clean energy progress) by the International Energy Agency (IEA), and proposed process for computing a single aggregate rating. *Available at SSRN 5099325*.
- Masita, N., Yuwana, R. E., Sosang, G. G. W., Jazilaturrohman, I., Niamillah, F. N., Fathurrohman, A., Aribah, Z. A. N., Danata, M. A., Habibi, M. F., & Azzahra, A. P. F. (2025). RANCANG BANGUN SISTEM FILTRASI AIR LINDI MENJADI AIR SANITASI TERINTEGRASI PENDETEKSI KUALITAS pH, TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS), TURBIDITAS, DAN TEMPERATUR. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(9), 81–90.
- Mulyati. (2014). Mekanikan Bahan, Tegangan dan Regangan. *Mechanical Engineering*, 1–20.
- Mulyati, S., Dahlan, D., & Adril, E. (2014). Pengaruh Persen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu dan Ampas TEBU Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisiknya. *FMIPA UNAND*.
- Organization, W. H. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. World Health Organization.
- Peinado, L. B., Guarda, T., Herrera-Vidal, G., Minnaard, C., & Coronado-Hernández, J. R. (2025). Statistical and Machine Learning Models for Air Quality: A Systematic Review of Methods and Challenges. *Algorithms*, 18(12), 783.
- Ramadhana, R. F. (2024). Analisis Pembebanan Pada Desain Chassis Prototype Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019. In *Universitas Malikussaleh*.
- Rifaldi, A., & Winarty, C. (2023). *Rancang Bangun Prototype Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) AC Mikrogrid dengan sistem Off-grid*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Tanjung, I., & Rudi Nasution, A. (2022). Analisis Numerik Kekuatan Tarik Plat Baja Karbon Rendah Yang Disambung Dengan Pengelasan Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa Energi Manufaktur Jurnal* |, 7(1), 2528–3723.



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Beban Statis dan Beban Angin Pada Rangka Panel Surya Di Wilayah Pasca Bencana Sibolga, Sumatera Utara Menggunakan Ansys
Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
NPM : 2207230121
Dosen Pembimbing : Iqbal Tanjung, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Sabtu / 15 - 08 - 2026	Perbaiki kata Pengantar.	f
2.	Selasa / 18 - 08 - 2026	Perbaiki Kesimpulan.	f
3.	Kabu / 19 - 08 - 2026	Korbankan Penunjang	f
4.	Kamis / 20 - 08 - 2026	Perbaiki Penyusunan skripsi	f
5.	Jumat / 21 - 08 - 2026	Perbaiki Abstrak.	f
6.	Sabtu / 22 - 08 - 2026	Perbaiki Lampiran.	f

Akhi Suandi Jul

Dosen Pembimbing



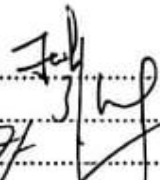
Iqbal Tanjung, S.T., M.

**DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026**

Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
NPM : 2207230121
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Penyuplai Air Bersih Untuk Rumah Tangga Di Daerah Bergambut Menggunakan Solar Panel 1,1 KWP

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.

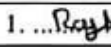
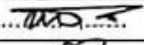
: 

Pembanding - I : Dr. Suherman, ST, MT

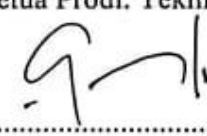
:

Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230100	M. REYHAN FAHREZY	1. 
2	2207230024	RYZKI YUNDA PRATAMA	2. 
3	2207230114	Mulya. Kangluta	3. 
4	2107230005	MHD ILHAM RAMADHAN	4. 
5	2207230070	MHD HAFIZ SHAFIDH	5. 
6			6.
7			7.
8			8.
9			9.
10			10.

Medan, 6 Agustus 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin

()

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
NPM : 2207230121
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Penyuplai Air Bersih Untuk Rumah Tangga Di Daerah
Bergambut Menggunakan Solar Panel 1,1 KWP
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

.....
.....
.....
.....
.....

Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin

.....
.....
.....

Medan, 6 Agustus 2026

Dosen Pembimbing - I

.....
.....
.....
Dr. Suherman, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
NPM : 2207230121
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Penyuplai Air Bersih Untuk Rumah Tangga Di Daerah Bergambut Menggunakan Solar Panel 1,1 KWP
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- [] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
[x] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
[] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

- perbaikan prosedurnya sesuaikan dgn tujuan
- perbaikan kesimpulannya
- perbaikan bab 4 Asistensinya
.....
.....

Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin

()

Medan, 6 Agustus 2026

Dosen Pembimbing - II

()
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

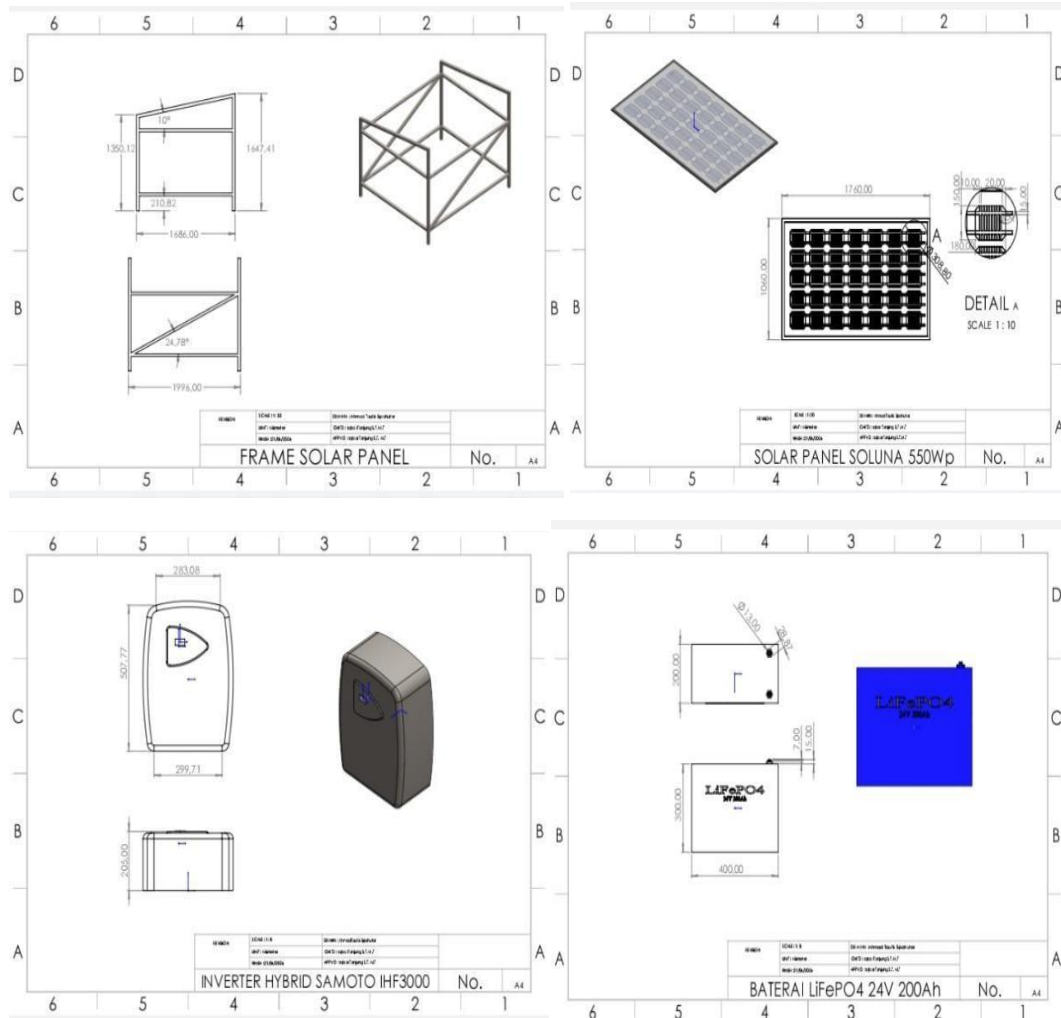
Nama : Ahmad Taufik Sipahutar
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Sibio-Bio 12 Agustus 2002
Alamat : Sibio-Bio
Agama : Islam
E-mail : ahmadtaufiksipahutar@gmail.com
No. Handphone : 081273068920

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

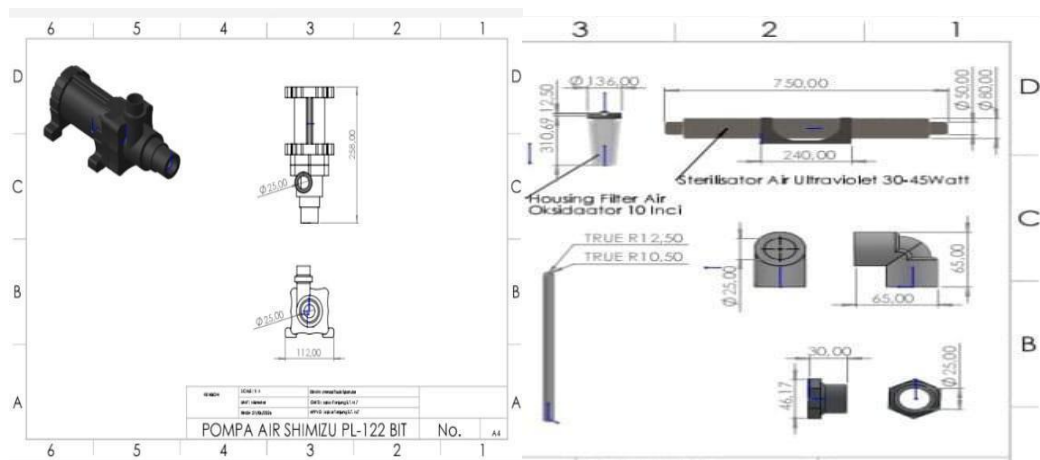
- | | |
|--|-----------------|
| 1. SD Negeri No 100240 Sibio-Bio | Tahun 2009-2015 |
| 2. SMP Negeri 2 Dolok | Tahun 2015-2018 |
| 3. SMK Swasta Mandiri | Tahun 2018-2021 |
| 4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2022-2026 |

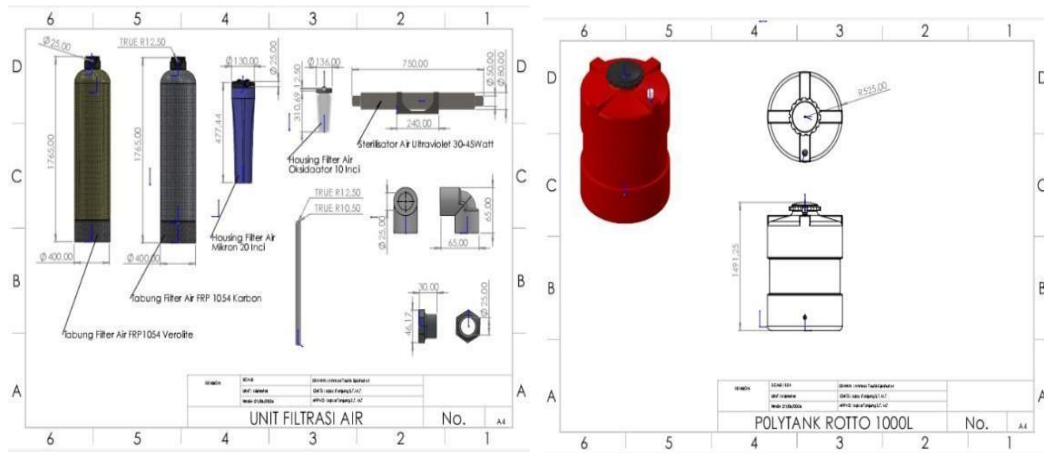
Lampiran 5. Hasil Desain dan Pemodelan Rangka Sistem Filtrasi serta Komponen Pendukung Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. Desain dan Pemodelan Pada Rangka, Panel Surya, Inverter dan Baterai



2. Desain dan Pemodelan Sistem Filtrasi Air Bersih





3. Desain Setelah Perakitan

