



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROSES MANUFAKTUR *PROTOTYPE* ALAT
PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS
BERBASIS *MIKROKONTROLER*
DENGAN MEKANIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Muhammad Sajid Khalish

NIM. 2302311180

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROSES MANUFAKTUR *PROTOTYPE* ALAT
PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS
BERBASIS *MIKROKONTROLER*
DENGAN MEKANIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan

Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Muhammad Sajid Khalish

NIM. 2302311180

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



“Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk diri saya, keluarga tercinta, dan almamater yang telah menjadi bagian dari perjalanan saya.”

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**“Proses Manufaktur *Prototype* Alat Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis
Mikrokontroler Dengan Mekanis“**

Oleh :

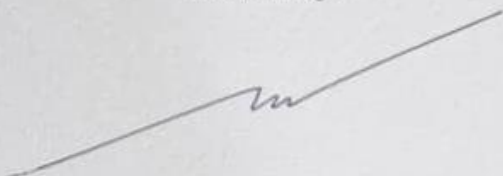
Muhamad Sajid Khalish

NIM. 2302311180

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

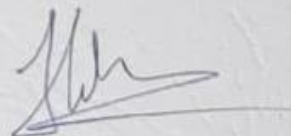
Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1



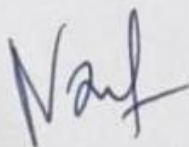
Ir. Rosidi, S.T., M.T.
NIP. 196509131990031001

Pembimbing 2



Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T.
NIP. 198201052014042001

Ketua Program Studi
Diploma Teknik Mesin



Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 199311302023212045

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh :

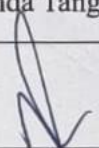
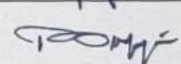
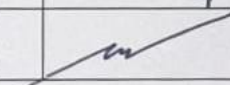
Muhammad Sajid Khalish

NIM. 2302311180

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 16 Juli 2026 dan diterima sebagai pernyataan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Drs. Nugroho Eko Setijogiarto, Dipl.Ing., M.T. NIP. 196512131992031001	Penguji 1		16 Juli 2026
2	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Penguji 2		16 Juli 2026
3	Ir. Rosidi, S.T., M.T. NIP. 196509131990031001	Penguji 3 / Moderator		16 Juli 2026

Depok, 16 Juli 2026

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Sajid Khalih

NIM : 2302311180

Program Studi : Teknik Mesin

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 16 Juli 2026



Muhammad Sajid Khalish

NIM. 2302311180



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PROSES MANUFAKTUR *PROTOTYPE* ALAT PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS *MIKROKONTROLER* DENGAN MEKANIS

Muhammad Sajid Khalish¹⁾, Rosidi¹⁾, Candra Damis Widiawaty¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok,
16424

Email: muhammad.sajid.khalish.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRAK

Panel surya rentan mengalami penurunan efisiensi akibat penumpukan debu dan kotoran pada permukaannya, sementara pembersihan manual berisiko merusak panel dan membahayakan pekerja. Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat prototipe alat pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt, dengan fokus pada proses manufaktur rangka meja serta bracket menggunakan material besi hollow hitam berukuran 30 × 30 mm tebal 1 mm. Proses manufaktur meliputi tahapan pengukuran dan marking, pemotongan material, bending bracket, pengeboran, fitting, dan pengelasan dengan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) menggunakan elektroda E6013, dilanjutkan dengan perakitan seluruh komponen menjadi satu kesatuan alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangka meja dan lima jenis bracket berhasil difabrikasi sesuai dimensi gambar kerja serta terpasang dengan baik pada saat perakitan, dengan hasil sambungan las yang rapat dan kuat tanpa cacat berarti. Total waktu proses manufaktur yang dibutuhkan adalah 591,75 menit atau setara 9,86 jam, dengan estimasi total biaya manufaktur sebesar Rp3.910.313 dan estimasi harga jual produk sebesar Rp4.900.000 pada margin keuntungan 25%. Evaluasi kekuatan rangka dan bracket masih dilakukan secara kualitatif melalui pengamatan visual karena keterbatasan alat ukur gaya, sehingga pengujian beban secara kuantitatif disarankan untuk penelitian selanjutnya. Secara keseluruhan, prototipe alat pembersih panel surya otomatis yang dihasilkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menghasilkan rangka yang kuat dan stabil serta bracket yang sesuai desain untuk mendukung sistem pembersihan otomatis.

Kata kunci : panel surya, alat pembersih otomatis, mikrokontroler, proses manufaktur, rangka hollow



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

MANUFACTURING PROCESS FOR A PROTOTYPE OF AN AUTOMATIC SOLAR PANEL CLEANING DEVICE BASED ON A MICROCONTROLLER WITH A MECHANISM

Muhammad Sajid Khalish¹⁾, Rosidi¹⁾, Candra Damis Widiawaty¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: muhammad.sajid.khalish.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRACT

Solar panels are prone to efficiency loss due to the buildup of dust and dirt on their surfaces, while manual cleaning risks damaging the panels and endangering workers. This study aims to design and build a prototype of an automatic solar panel cleaning device based on a microcontroller with a pulley-and-belt mechanism, focusing on the manufacturing process of the table frame and brackets using 30 × 30 mm, 1 mm-thick black hollow steel. The manufacturing process includes the stages of measurement and marking, material cutting, bracket bending, drilling, fitting, and welding using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method with an E6013 electrode, followed by the assembly of all components into a single device. The results of the study show that the table frame and five types of brackets were successfully fabricated according to the dimensions in the working drawings and fit together properly during assembly, with tight and strong welded joints free of significant defects. The total manufacturing time required was 591.75 minutes, or 9.86 hours, with an estimated total manufacturing cost of Rp3,910,313 and an estimated product selling price of Rp4,900,000 at a 25% profit margin. The evaluation of the frame and bracket strength is still conducted qualitatively through visual observation due to limitations in force-measuring instruments; therefore, quantitative load testing is recommended for future research. Overall, the resulting prototype of the automatic solar panel cleaning device has met the research objectives, namely to produce a strong and stable frame and a bracket designed to support the automatic cleaning system.

Keyword : solar panels, automatic cleaning device, microcontroller, manufacturing process, hollow frame.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Proses Manufaktur *Prototype* Alat Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis *Mikrokontroler* Dengan Mekanis”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat kendala dan hambatan, namun berkat arahan dan bimbingan dari berbagai pihak dapat terselesaikan dengan baik, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
2. Bapak Ir. Rosidi, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir di Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Mesin yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan arahan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir.
3. Kepada Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan fasilitas dan sarana yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.
4. Kepada Lab Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, telah memberikan fasilitas dan sarana yang diberikan selama pelaksanaan penelitian membuat prototype alat pembersih solar panel.
5. Kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M), Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan pendanaan selama pelaksanaan penelitian ini dengan skema PMTA dengan nomor surat : 919/DST/PL3.14/B/PT.00.03/2026, Tanggal 26 Mei 2026.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah mendidik dengan ilmu-ilmu bermanfaat yang menunjang penyusunan Laporan Tugas Akhir.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Abang abang teknisi dan helper di Gedung M dan L yang ikut serta membantu dalam proses project tugas akhir dan memberikan fasilitas untuk rancangan project.
8. Kepada seluruh keluarga penulis yang selalu mensupport dan mendoakan selama proses perkuliahan ini hingga sampai menyemangati untuk menyelesaikan tugas akhir dan menjadi pribadi yang lebih baik.
9. Rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin M23 yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini, oleh karena itu penulis selalu terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, kami berharap laporan Tugas Akhir ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Bogor, 12 Juli 2026

Muhammad Sajid Khalish

2302311180



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Panel Surya	8
2.3 Material Rangka	10
2.4 Material Bracket.....	11
2.5 Proses Manufaktur	12
2.6 Proses Pemesinan	13
2.6.1 Gerinda.....	13
2.6.2 Alat Bending.....	16
2.6.3 Pengeboran	18
2.7 Pengelasan.....	23



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7.1	Shield Metal Arc Welding (SMAW)	23
2.7.2	Waktu Pengelasan	26
2.7.3	Kebutuhan Kawat Las	26
2.8	Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)	28
2.8.1	Design For Assembly (DFA)	30
2.8.2	Design For Manufacture (DFM)	30
2.9	Alat Ukur dan Alat Bantu.....	31
2.9.1	Alat Ukur.....	31
2.9.2	Alat Bantu	33
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN		38
3.1	Diagram Alir	38
3.2	Penjelasan Tahapan Diagram Alir	40
3.2.1	Studi Lapangan, Identifikasi Masalah, dan Studi Literatur	40
3.2.2	Identifikasi Kebutuhan Alat.....	40
3.2.3	Spesifikasi Alat dan Bahan	43
3.2.4	Proses Fabrikasi.....	49
3.2.5	Perakitan Komponen Pada Mesin.....	51
3.2.6	Pengujian.....	51
3.2.7	Hasil dan Pembahasan	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Proses Manufaktur Dan Estimasi Waktu.....	53
4.1.1	Proses Pengukuran dan Marking	53
4.1.2	Proses Pemotongan Material	57
4.1.3	Proses Bending Bracket.....	60
4.1.4	Proses Pengeboran.....	64
4.1.5	Proses Fitting dan Pengelasan Rangka.....	71
4.2	Hasil Pembuatan Komponen.....	76
4.2.1	Hasil Fabrikasi Rangka Meja.....	76
4.2.2	Hasil Fabrikasi Bracket	78
4.3	Perhitungan Biaya Manufaktur dan Estimasi Harga Jual	84
4.3.1	Rancangan Anggaran Biaya.....	84



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2	Biaya Proses Manufaktur.....	87
4.3.3	Analisis Produktivitas Pengerjaan	89
4.3.4	Perhitungan Upah Tenaga Kerja.....	91
4.3.5	Estimasi Harga Jual Produk.....	92
4.4	Hasil Akhir Dan Kinerja Alat.....	94
BAB V PENUTUP		98
5.1	Kesimpulan	98
5.2	Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....		100
LAMPIRAN.....		102

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pembersihan Panel Manual	2
Gambar 2. 1 Panel Surya.....	9
Gambar 2. 2 Besi Hollow Hitam 3x3x1	10
Gambar 2. 3 Plat Besi Tebal 1mm.....	11
Gambar 2. 4 Ilustrasi Proses Gerinda.....	14
Gambar 2. 5 Ilustrasi Proses Bending	17
Gambar 2. 6 Mesin Bor.....	19
Gambar 2. 7 Ilustrasi Proses Pengelasan.....	23
Gambar 2. 8 Referensi Posisi Pengelasan	25
Gambar 2. 9 Design for Manufacture and Assembly (DFMA).....	28
Gambar 2. 10 Desain Assembly Alat	29
Gambar 2. 11 Meteran Gulung.....	32
Gambar 2. 12 Penggaris	32
Gambar 2. 13 Penggaris Busur Derajat.....	33
Gambar 2. 14 Mesin Las	33
Gambar 2. 15 Alat Bending.....	34
Gambar 2. 16 Mesin Gerinda.....	35
Gambar 2. 17 Mesin Bor Duduk.....	35
Gambar 2. 18 Kunci L.....	36
Gambar 2. 19 Spidol	36
Gambar 2. 20 Kaca Mata Safety	36
Gambar 2. 21 Sarung Tangan Safety.....	37
Gambar 2. 22 Helm Las	37
Gambar 3. 1 Diagram Alir A	38
Gambar 3. 2 Diagram Alir B	39
Gambar 3. 3 Panel Surya Dimensi 680x540	46



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 4 Diagram Fabrikasi Rangka Panel Meja.....	50
Gambar 3. 5 Diagram Fabrikasi Pembuatan Bracket.....	50
Gambar 4. 1 Proses Pengerjaan Marking.....	54
Gambar 4. 2 Hasil Proses Pengukuran dan Marking	55
Gambar 4. 3 Proses Pengerjaan Bending	61
Gambar 4. 4 Hasil Proses Bending	64
Gambar 4. 5 Proses Pengerjaan Pengeboran.....	65
Gambar 4. 6 Proses Pengerjaan Fitting dan Pengelasan	75
Gambar 4. 7 Hasil Fabrikasi Pengelasan Rangka Meja	77
Gambar 4. 8 Proses Gerinda Pengelasan Rangka	78
Gambar 4. 9 Hasil Bracket L Rangka Meja	79
Gambar 4. 10 Hasil Bracket U Sambungan Bracket Rangka Meja ke Rangka Alat... ..	80
Gambar 4. 11 Hasil Bracket L Dudukan Wiper	81
Gambar 4. 12 Hasil Bracket U Motor	82
Gambar 4. 13 Hasil Bracket L Motor.....	83
Gambar 4. 14 Proses Pengecatan Bracket.....	84
Gambar 4. 15 Hasil Akhir Alat.....	96



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kode Tingkat Kekerasan Pada Batu Gerinda	15
Tabel 2. 2 Pemakanan diameter mata bor	21
Tabel 4. 1 Perhitungan Waktu Pengerjaan Pengukuran dan Marking	56
Tabel 4. 2 Perhitungan Waktu Pengerjaan Pemotongan Material	58
Tabel 4. 3 Perhitungan Waktu Pengerjaan Proses Bending	62
Tabel 4. 4 Perhitungan Proses Pengeboran Center Drill	66
Tabel 4. 5 Perhitungan Proses Pengeboran Mata Bor Diameter 5mm	67
Tabel 4. 6 Perhitungan Proses Pengeboran Mata Bor Diameter 10mm	67
Tabel 4. 7 Perhitungan Proses Pengeboran Bracket L Motor	68
Tabel 4. 8 Perhitungan Proses Pengeboran Bracket U Rangka Meja-Alat	68
Tabel 4. 9 Perhitungan Proses Pengeboran Bracket L Rangka Meja	69
Tabel 4. 10 Perhitungan Proses Pengeboran Bracket L Dudukan Wiper	70
Tabel 4. 11 Perhitungan Proses Pengeboran Bracket U Motor	70
Tabel 4. 12 Perhitungan Waktu Pengerjaan Proses Pengeboran	71
Tabel 4. 13 Waktu Aktivitas Pengerjaan Proses Fitting	73
Tabel 4. 14 Waktu Aktivitas Pengerjaan Proses Pengelasan	75
Tabel 4. 15 Rancangan Anggaran Biaya	84
Tabel 4. 16 Total Waktu Proses Manufaktur	87
Tabel 4. 17 Total Biaya Proses Manufaktur	89
Tabel 4. 18 Produktivitas Pengerjaan Manufaktur	90
Tabel 4. 19 Estimasi Harga Jual Pada Beberapa Margin	93
Tabel 4. 20 Rangkuman Kesesuaian Tujuan dan Hasil	97



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal dan Kegiatan.....	102
Lampiran 2. Desain Assembly Alat.....	102
Lampiran 3. Alat Sebelum Dinyalakan Pembersih	103
Lampiran 4. Alat Setelah Dinyalakan Pemebersih.....	104
Lampiran 5. Desain Gambar Kerja Rangka	105
Lampiran 6. Desain Gambar Kerja Bracket U Motor	106
Lampiran 7. Desain Gambar Kerja Bracket L Dudukan Wiper	107
Lampiran 8. Desain Gambar Kerja Bracket L Dudukan Motor	108
Lampiran 9. Desain Gambar Kerja Bracket L dan U Rangka.....	109

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik kini menjadi salah satu aspek krusial dalam kehidupan manusia. Mayoritas sumber energi listrik masih bergantung pada batubara dan minyak, sementara stok bahan bakar fosil tersebut semakin menipis. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi alternatif yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Salah satu jenis sumber energi alternatif yang banyak diterapkan adalah panel surya, yang menggunakan cahaya matahari untuk diubah menjadi energi listrik. [1]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah sumber energi listrik yang dapat diperbarui, di mana sinar matahari digunakan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Energi surya dikembangkan dan diterapkan secara luas oleh negara-negara maju dan berkembang sebagai alternatif selain minyak, seperti Jerman, Cina, Amerika, Jepang, dan lain-lain. Namun, terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kinerja optimal dari sebuah panel surya, di antaranya suhu, efek bayangan, dan material yang digunakan untuk membuat sel surya itu sendiri. Misalnya, jika kaca pelindung yang merupakan bagian luar dari panel surya tertutup debu atau penghalang lainnya, hal ini dapat mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk dan berdampak signifikan pada proses efek fotolistrik dalam panel sel surya, sehingga listrik yang dihasilkan menjadi tidak maksimal. [2]

Tujuan utama alat ini adalah menyediakan mekanisme pembersihan debu otomatis untuk solar panel. Sistem pembersihan yang tradisional masih dilakukan secara manual. Pembersihan manual memiliki beberapa kerugian seperti kerusakan panel, risiko kecelakaan pekerja, kesulitan pergerakan karena terbatasnya ruangan maupun jarak, pemeliharaan yang buruk, dan lainnya. Alat ini dirancang untuk mengatasi kesulitan yang timbul pada pembersih solar panel yang masih tradisional



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan tidak efektif. Dari penelitian menjelaskan tentang pembersih debu panel surya secara otomatis, yang cara kerjanya dengan melakukan pengoperasian alat sebanyak dua kali dalam sehari, yaitu pada pagi hari dan siang hari. Alat tersebut sudah diprogram menggunakan *Digital Programmable Timer*, yang berfungsi untuk mengontrol sistem waktu secara otomatis dari hari senin sampai hari minggu. [3]



Gambar 1. 1 Pembersihan Panel Manual

Sumber : (<https://www.pretapower.com/solar-panel-cleaning-guide-how-to-clean-solar-panels-for-maximum-efficiency/>)

Melihat dari beberapa penelitian dengan menggunakan *wiper* dan penelitian dari dengan sistem pembersih yang mencuci solar panel, maka teretus ide untuk membuat rancang bangun alat ini yang menggunakan *wiper* sebagai pembersihnya dan penyemprotan air ke permukaan solar panel sebagai pencuci awalnya. Rancangan teknologi yang dibuat dalam penelitian ini bekerja berdasarkan pengaturan waktu yang telah ditetapkan saat pagi dan sore hari. Dari pembersih otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pembersihan solar panel. Rancangan ini bekerja berdasarkan sistem elektronik yang dikendalikan berdasarkan perintah dari mikrokontroler arduino uno.

Dalam pembuatan prototipe mesin pembersih panel surya otomatis, aspek pembuatan rangka memiliki peranan penting terhadap kekuatan, kestabilan, dan ketahanan struktur alat. Rangka dirancang sesuai desain yang telah ditentukan agar



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mampu menopang panel surya serta sistem mekanisme pembersih berbasis pulley dan belt. Selain itu, desain rangka juga mempertimbangkan posisi pemasangan komponen mekanik dan jalur pergerakan sistem pembersih agar proses kerja alat dapat berjalan secara efisien.

Material yang digunakan dalam pembuatan rangka adalah besi hollow hitam berukuran 30×30 mm dengan ketebalan 1 mm. Pemilihan material tersebut didasarkan pada pertimbangan kekuatan yang cukup baik, bobot yang ringan, kemudahan dalam proses pemotongan dan pengelasan, serta biaya yang relatif ekonomis. Besi hollow hitam juga memiliki bentuk yang sesuai untuk digunakan sebagai konstruksi rangka karena mampu memberikan stabilitas pada prototipe mesin.

Proses manufaktur prototipe meliputi pembuatan kaki rangka meja panel, pembuatan bracket rangka panel, pemotongan material, pengelasan, pengeboran, perakitan komponen, hingga tahap finishing. Kaki rangka meja panel berfungsi menopang keseluruhan sistem agar tetap stabil saat alat beroperasi, sedangkan bracket rangka panel digunakan sebagaiudukan panel surya dan jalur pemasangan mekanisme pembersih otomatis. Dengan adanya prototipe mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan mekanisme pulley dan belt ini, diharapkan kebersihan panel surya dapat terjaga sehingga performa panel surya tetap optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat rangka prototype yang kuat dan stabil menggunakan material besi hollow hitam 30×30 mm tebal 1 mm?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Bagaimana proses manufaktur prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt?
3. Bagaimana pembuatan kaki rangka meja panel dan bracket rangka panel agar sesuai dengan desain dan kebutuhan sistem pembersih otomatis?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat rangka prototype menggunakan besi hollow hitam 30 × 30 mm tebal 1 mm yang memiliki kekuatan dan kestabilan yang baik.
2. Mengetahui proses manufaktur prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt.
3. Membuat kaki rangka meja panel dan bracket rangka panel sesuai desain untuk mendukung pemasangan panel surya dan sistem pembersih otomatis.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada proses manufaktur prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanis lebih terarah, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Laporan ini hanya membahas proses manufaktur prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt.
2. Fokus penelitian terbatas pada proses pembuatan dan perakitan komponen fisik prototype, meliputi pemotongan material, pengeboran, pengelasan, dan perakitan rangka.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Fokus tugas akhir ini hanya pada proses manufaktur kaki rangka meja panel, bracket rangka panel, serta perakitan mekanisme pulley dan belt dan sistem pembersih panel surya otomatis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai proses manufaktur prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pembersih panel surya otomatis yang lebih efisien untuk menjaga performa dan kebersihan panel surya.
3. Menjadi referensi bagi pengembangan prototype mesin serupa di masa depan, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas proses manufaktur sistem pembersih panel surya otomatis.
4. Meningkatkan pemahaman mengenai proses manufaktur, perancangan rangka, serta integrasi sistem mikrokontroler dan mekanisme pulley belt pada mesin otomatis.
5. Menjadi sarana pembelajaran dan penerapan teknologi bagi mahasiswa, peneliti, maupun pelaku industri dalam pengembangan mesin otomatis berbasis mikrokontroler.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis membagi pembahasan menjadi 5 bab. Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, seperti panel surya, sistem pembersih panel surya otomatis, mikrokontroler, mekanisme pulley dan belt, serta proses manufaktur yang relevan dengan pembuatan mesin. Serta material besi hollow yang digunakan pada pembuatan rangka prototype.

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian dan proses manufaktur prototype, mulai dari identifikasi masalah, persiapan alat dan bahan, pemotongan material, pengelasan, pengeboran, perakitan rangka, pemasangan komponen mekanik dan elektronik, hingga pengujian sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil proses manufaktur dan perakitan prototype mesin pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler dengan mekanisme pulley dan belt, serta pembahasan mengenai hasil proses manufaktur.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan proses manufaktur yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan prototype mesin pembersih panel surya otomatis di masa mendatang.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari proses pembuatan prototype alat pembersih panel surya secara otomatis yang menggunakan mikrokontroler dan memiliki mekanisme berupa pulley serta belt, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut.

1. Rangka prototype telah berhasil dirancang dan dibuat dengan menggunakan bahan baja hollow hitam yang memiliki ukuran $30 \times 30 \times 1$ mm. Proses mengukur, memotong, mengebor, mengelas, dan merakit menghasilkan struktur yang kuat, kokoh, serta sesuai dengan desain yang sudah dibuat, sehingga mampu mendukung panel surya dan komponen sistem pembersih dengan baik.
2. Proses membuat prototype telah dikerjakan secara teratur, mulai dari langkah penggantian tanda, pemotongan bahan, pembuatan bracket dengan cara melengkung, penggergajian, pemasangan, pengelasan, sampai akhirnya proses penyatuan semua bagian. Seluruh proses bisa diselesaikan sesuai dengan urutan produksi yang sudah direncanakan dan menghasilkan produk yang memenuhi kebutuhan pembuatan prototipe.
3. Kaki rangka meja panel dan bracket rangka panel berhasil dibuat sesuai dengan gambar kerja dan spesifikasi desain yang telah ditetapkan. Komponen tersebut bisa digunakan sebagai penyangga untuk panel surya, penyangga bagian mekanik, serta penghubung antar bagian rangka, sehingga memudahkan pemasangan sistem pembersih panel surya secara otomatis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, serta mempertimbangkan manfaat dan tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini, berikut beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut :

1. Struktur rangka bisa dioptimalkan lewat pemakaian bahan berbobot ringan, misal besi siku, tetapi mempertahankan tingkat ketahanan maksimal. Material itu diproyeksikan agar perakitan serta pergeseran terasa kian praktis tanpa mengganggu kestabilan selama beroperasi. Disarankan memberi coating anti-karat agar rangka alat terjaga awet, utamanya jika ditempatkan di area terbuka. Usulan ini selaras dengan manfaat penelitian buat panduan penciptaan model serupa selanjutnya, sekaligus menuntaskan kendala soal pembersih panel surya secara otomatis yang tangguh sebagaimana diuraikan pada latar belakang.
2. Pengembangan selanjutnya bisa diterapkan dengan membenahi konstruksi bracket serta metode perakitan memakai standar Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) supaya total suku cadang lebih sedikit, alur instalasi makin ringkas, dan anggaran pembuatan jadi sangat hemat. Penerapan DFMA ini menunjang sasaran studi dalam memperdalam wawasan seputar teknik produksi plus rancang bangun rangka, sekaligus berkontribusi pada pengembangan teknologi pembersih panel surya otomatis yang lebih efektif.
3. Dalam penelitian ini, penilaian kekuatan rangka dan dudukan masih dilakukan secara kualitatif melalui pengamatan visual dikarenakan keterbatasan alat ukur gaya yang ada. Untuk penelitian di masa depan, disarankan untuk melakukan pengujian kekuatan struktur secara kuantitatif, seperti uji pembebanan statis pada rangka dengan menggunakan beban terdistribusi serta uji ketahanan dudukan terhadap gaya tarik dan tekan. Pengujian kuantitatif ini penting agar hasil penelitian dapat menjadi acuan yang lebih tepat dan dapat dipertanggungjawabkan bagi pengembangan prototipe mesin serupa, sesuai dengan manfaat penelitian.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Ardiansyah, “Rancang Bangun Alat Pembersih Solar Panel Menggunakan Wiper Dan Rolling Brush Secara Otomatis Berbasis Mqtt,” *El Sains J. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 15–20, 2024, doi: 10.30996/elsains.v6i1.10309.
- [2] W. Purnomo, S. B. Mulia, and M. Fikri, “Rancang Bangun Prototype Pembersih Solar Panel Otomatis Pada Rooftop Berbasis Mikrokontroler,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 55–64, 2023, doi: 10.37058/jee.v5i1.8540.
- [3] M. R. W. Kusuma, E. Apriaskar, and D. Djunaidi, “Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 01, pp. 23–32, 2020, doi: 10.31358/techne.v19i01.220.
- [4] ASTRA, “Instalasi Panel Surya: Pengertian, Cara Kerja, dan Manfaatnya,” Astra Blog. Accessed: May 17, 2026. [Online]. Available: <https://www.astra.co.id/blogs-and-articles/instalasi-panel-surya-pengertian-cara-kerja-dan-manfaatnya>
- [5] M. A. N.H, “Panel Surya di Rumah Hemat Listrik: Manfaat dan Kelebihan,” bse.telkomuniversity.ac.id. Accessed: May 17, 2026. [Online]. Available: <https://bse.telkomuniversity.ac.id/panel-surya-di-rumah-hemat-listrik-manfaat-dan-kelebihan/>
- [6] M. S. Anam, J. W. Dika, and H. S. Putra, “Analisis Tensil Strength Dan Micro Structure Pada Hasil Las Plat Besi Strip Dengan Variasi Jenis Ampare,” *J. Sci. Nusantara*, vol. 2, no. 1, pp. 24–32, 2022, doi: 10.28926/jsnu.v2i1.206.
- [7] T. Steel, “Mengenal Plat Baja Karbon dalam Industri Konstruksi dan Manufaktur,” tirasteel.com. Accessed: Jun. 08, 2026. [Online]. Available: <https://www.tirasteel.com/blog/mengenal-plat-baja-karbon-dalam-industri-konstruksi-dan-manufaktur>
- [8] A. Sumpena, “Teknik Kerja Mesin Perkakas,” *Depok Politek. Negeri Jakarta*, vol. 58, pp. 59–60, 2011.
- [9] Admin, “Memahami Mesin Bor Duduk: Fungsi, Manfaat, dan Penggunaan,” mesin.uma.ac.id. Accessed: Jun. 16, 2026. [Online]. Available: <https://mesin.uma.ac.id/2024/04/17/memahami-mesin-bor-duduk-fungsi-manfaat-dan-penggunaan/>
- [10] K. Corporation, “Drilling Formulas,” keyence.com. Accessed: Jul. 03, 2026.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

[Online]. Available: <https://www.keyence.com/ss/products/measure-sys/machining/formula/drilling.jsp>

- [11] Fatimah and Nuryaningsih, *Buku Ajar Buku Ajar*. 2018.
- [12] Y. A. Nugroho, "PROSES MANUFAKTUR MESIN VAPOR BLASTING CNC 2-AXIS," repository pnj. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/32682/>
- [13] D. S. Hutomo, "Ketahui Jenis-Jenis Alat Ukur Panjang dan Fungsinya," jakmall.com. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://www.jakmall.com/blog/ini-jenis-jenis-alat-ukur-panjang-dan-fungsinya/>
- [14] Admin, "Mesin Bending Plat Besi dan Baja," persadawijayasentosa.com. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://persadawijayasentosa.com/mesin-bending.html>
- [15] M. Sabrina, "Fungsi Kunci L yang Jarang Diketahui dan Cara Praktis Pakainya," mitra10.com. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://www.mitra10.com/blog/fungsi-kunci-l>
- [16] Histeel, "Tabel Berat Besi Hollow Hitam dan Ukurannya," histeel.co.id. Accessed: Jun. 04, 2026. [Online]. Available: <https://histeel.co.id/ukuran-dan-berat-besi-hollow-hitam/?srsId=AfmBOopHrwWRWoEbYXIzhq0M3pVYiMgfSfsPxWjT9yiC77Pr9kDyN6y9>
- [17] -, "Panduan Teknis Ukuran Besi Hollow untuk Proyek Konstruksi Profesional," juraganmaterial.id. Accessed: Jun. 04, 2026. [Online]. Available: https://juraganmaterial.id/blog/berita-juragan/panduan-teknis-ukuran-besi-hollow-untuk-proyek-konstruksi-profesional?srsId=AfmBOoolbkwwTgAdZraU_y65sQsVA67ugFwuiycqMw5w6ZxhhYC8buIO



Hak Cipta :

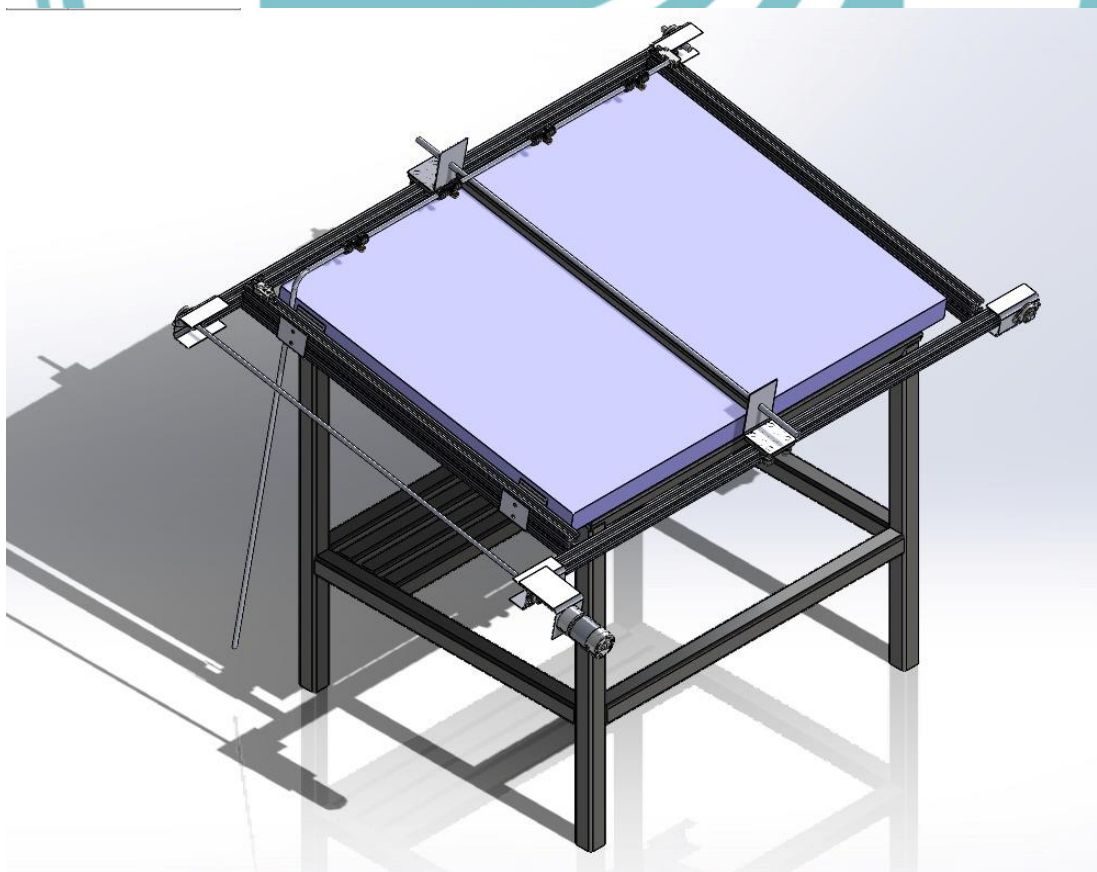
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal dan Kegiatan

No	Kegiatan	April	Mei	Juni	Juli
1	Studi Literatur				
2	Menentukan Pembuatan				
3	Pembelian Material				
4	Pembuatan Alat				
5	Evaluasi Pembuatan Alat				
6	Menyusun Laporan				
7	Sidang Akhir Hasil				

Lampiran 2. Desain Assembly Alat



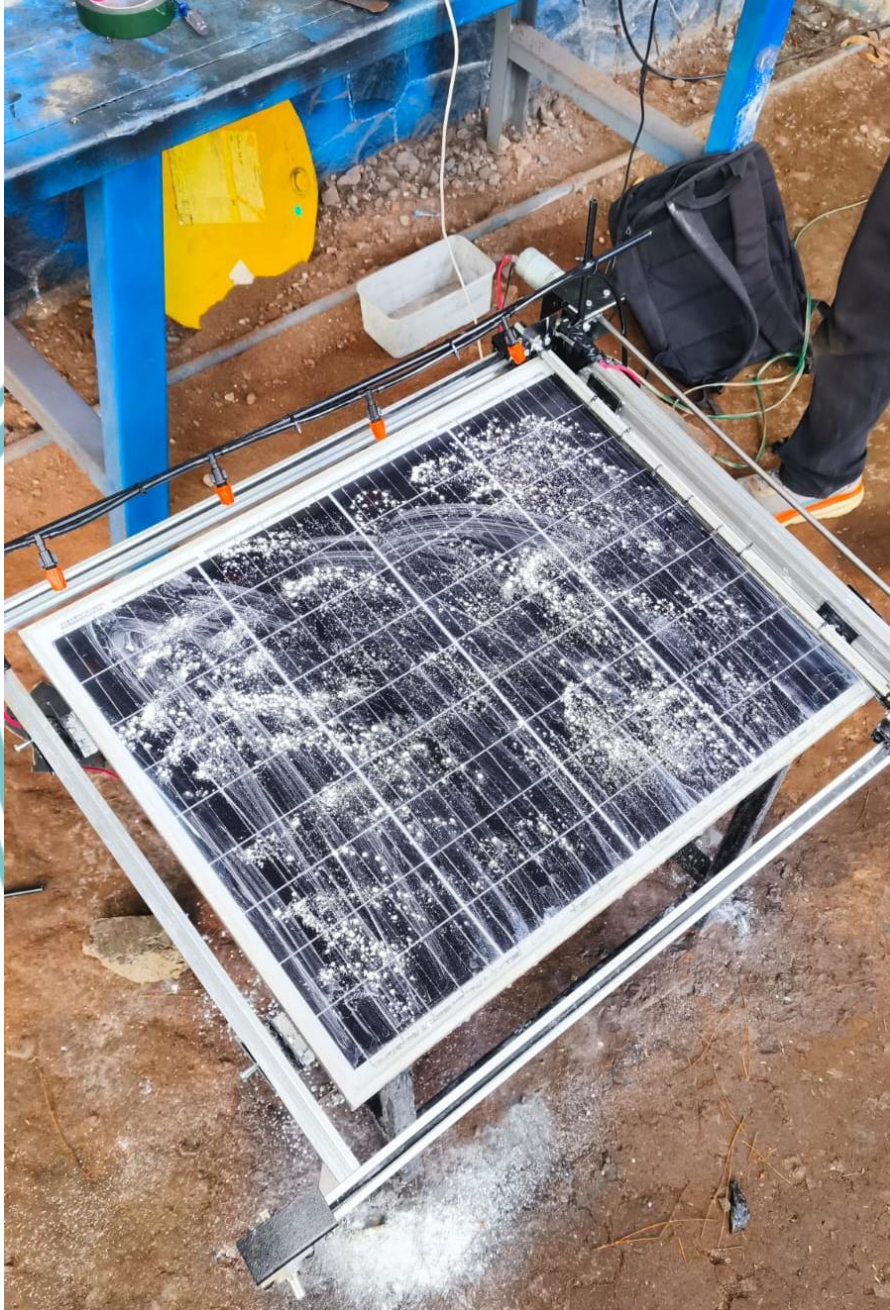


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Alat Sebelum Dinyalakan Pembersih





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Alat Setelah Dinyalakan Pemebersih



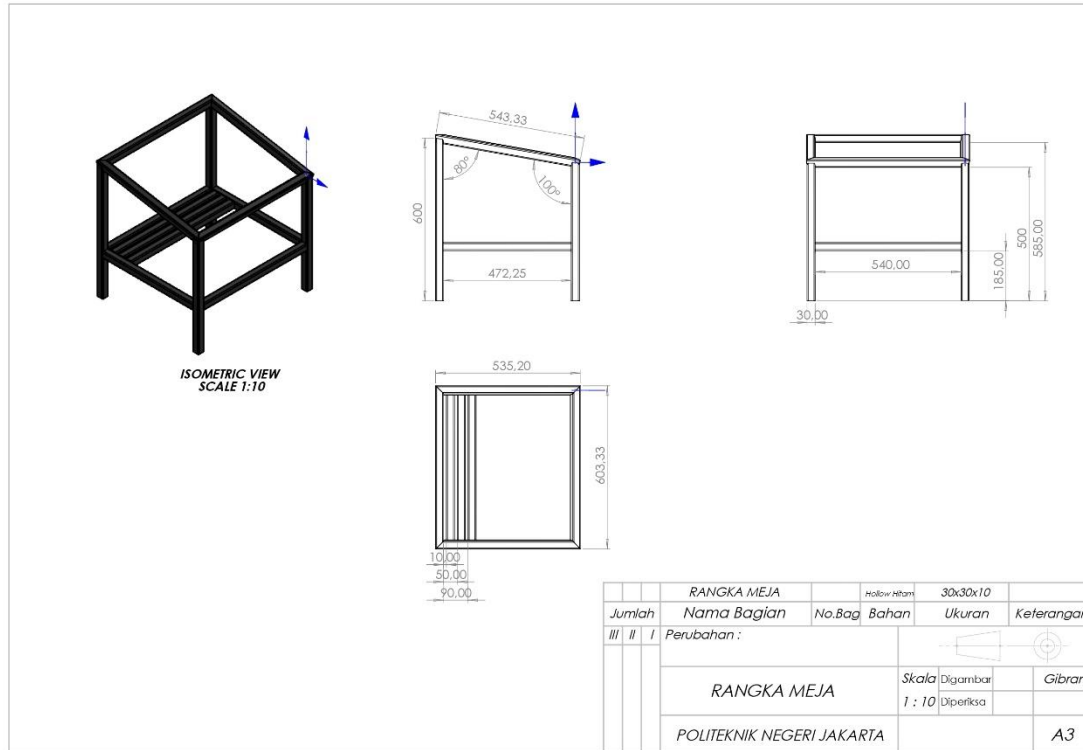


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Desain Gambar Kerja Rangka

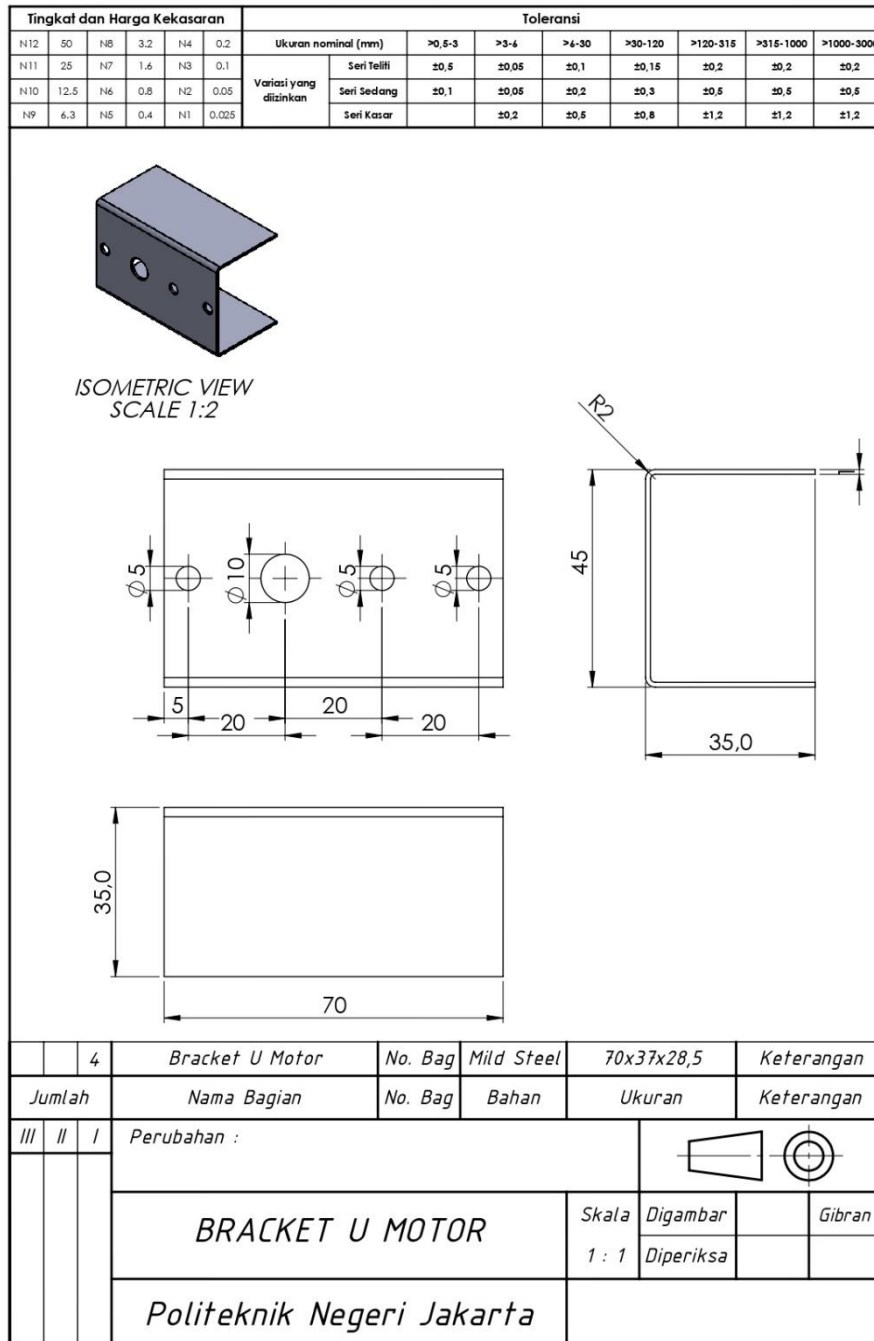




Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Desain Gambar Kerja Bracket U Motor

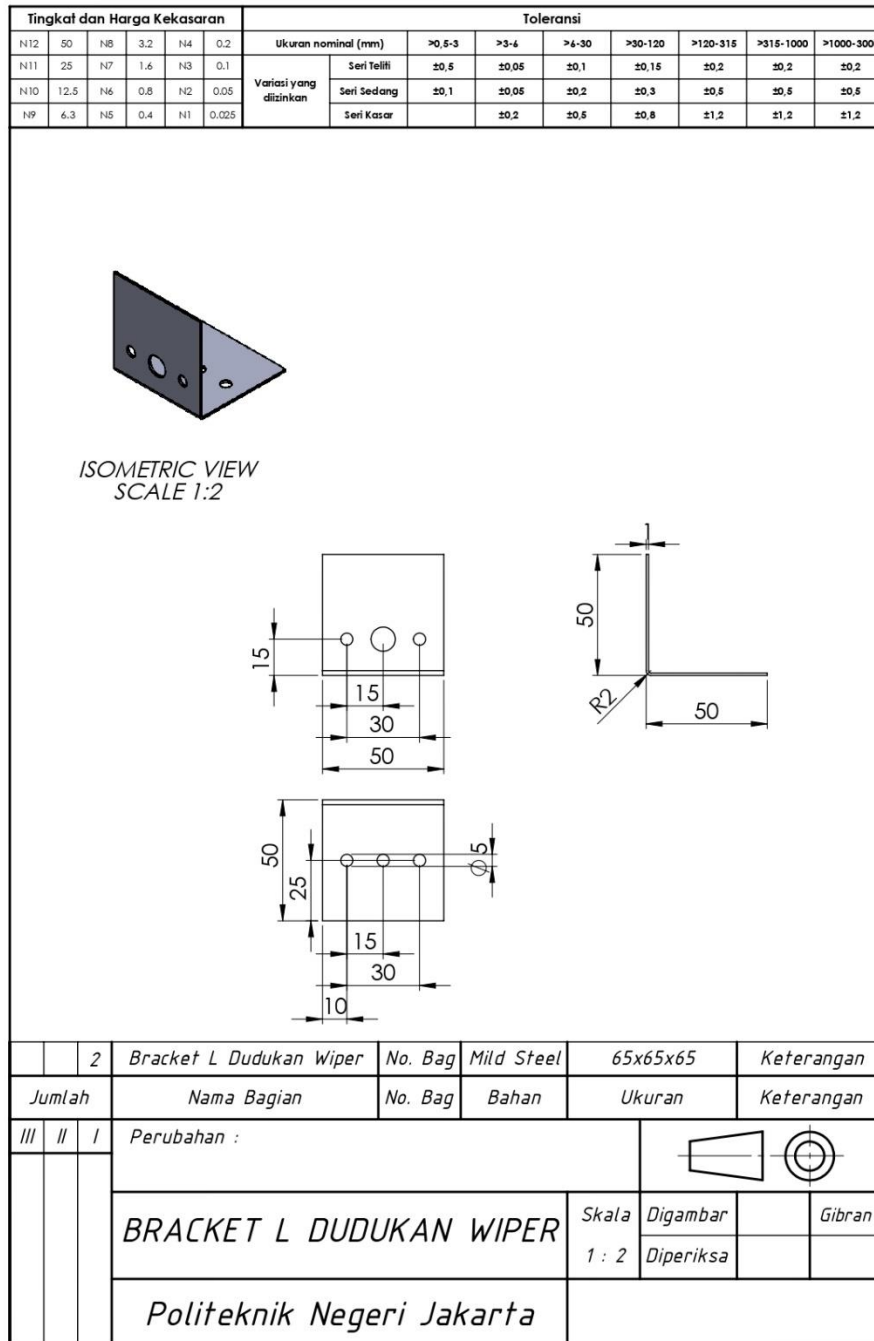




Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7. Desain Gambar Kerja Bracket L Dudukan Wiper

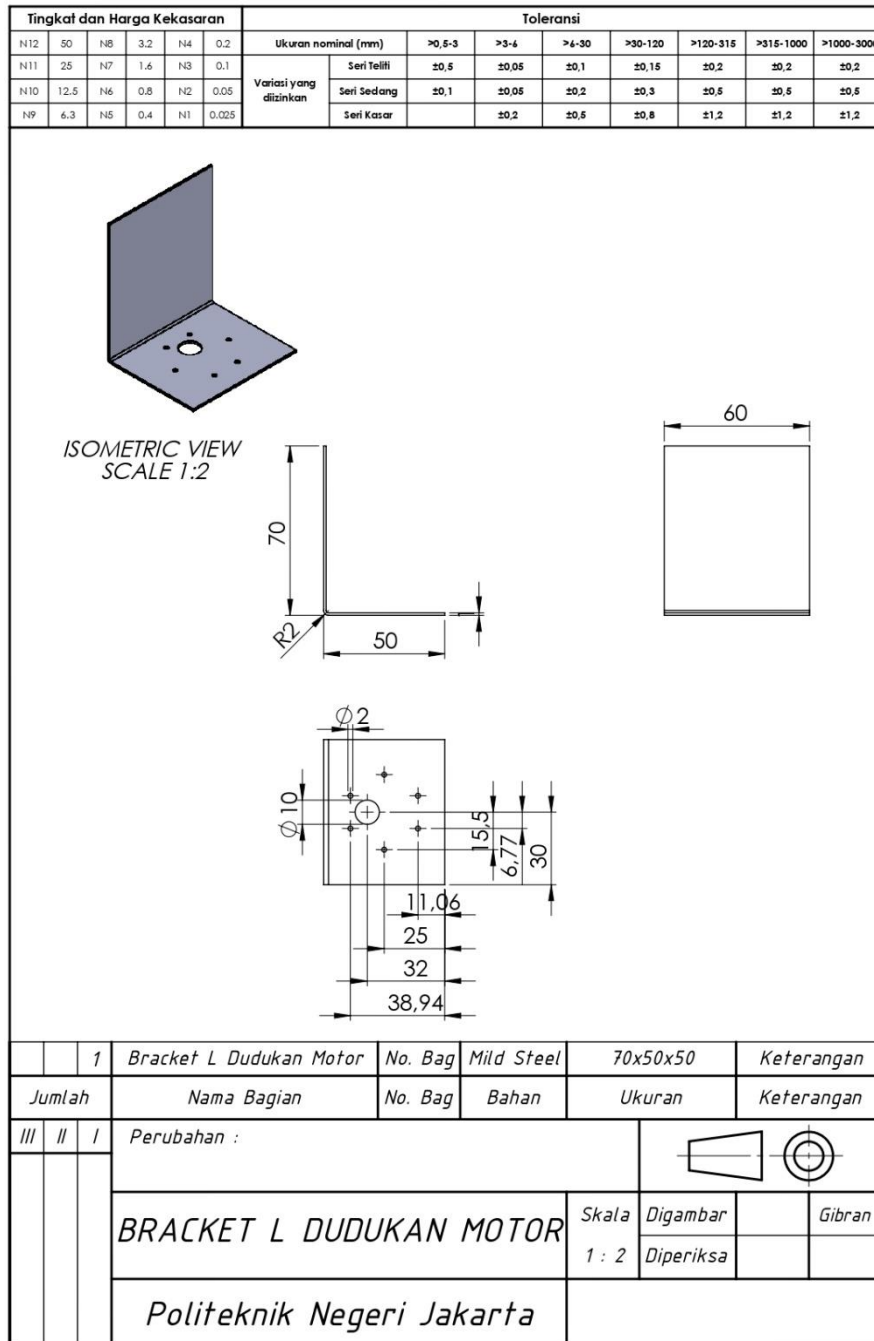




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8. Desain Gambar Kerja Bracket L Dudukan Motor





Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9. Desain Gambar Kerja Bracket L dan U Rangka

