

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA
PADA EMPAT PANEL BERUKURAN 2384 x 1096 mm
DI POLMAN BANDUNG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE VDI 2221**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Akmal Dwi Azhari

221411008



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA PADA EMPAT PANEL BERUKURAN 2384 x 1096 mm DI POLMAN BANDUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE VDI 2221

Oleh:

Akmal Dwi Azhari

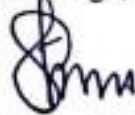
221411008

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 27 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 196707011992031001

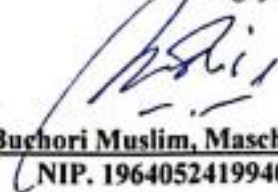
Pembimbing II,



Rani Nopriyanti, S.Si., M.T.
NIP. 199011032022032008

Disahkan,

Ketua Penguji,



Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL, M.T.
NIP. 196405241994031002

Penguji I,



Dhion Khairul Nugraha, S.T., M.T.
NIP. 199003102022031002

Penguji II,



Dede Sujana, S.Pd., M.Pd.
NIP. 196902082002121002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Akmal Dwi Azhari
NIM : 221411008
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Pembersih Panel Surya pada Empat Panel Berukuran 2384×1096 mm di Polman Bandung dengan Menggunakan Metode VDI 2221

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 27 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

Akmal Dwi Azhari
221411008

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Akmal Dwi Azhari
NIM : 221411008
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Pembersih Panel Surya pada Empat Panel Berukuran 2384×1096 mm di Polman Bandung dengan Menggunakan Metode VDI 2221

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 27 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

Akmal Dwi Azhari
221411008

MOTO PRIBADI

Hidup adalah perjalanan panjang yang penuh ujian dan pembelajaran. Setiap langkah mengajarkanku arti kesabaran, kerja keras, dan keikhlasan. Aku percaya, keberhasilan bukan sekadar hasil akhir, melainkan proses jatuh bangun yang ditempa oleh usaha tanpa henti. Gagal tidak membuatku berhenti, justru menjadi alasan untuk bangkit lebih kuat. Tujuanku bukan hanya mengejar kesuksesan pribadi, tetapi juga memberi manfaat dan kebahagiaan bagi orang-orang yang kucintai. Dalam lelah aku menemukan alasan untuk tetap melangkah, karena aku yakin tidak ada yang mustahil selama kupunya doa ibu.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, dan kakak saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah. Hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan memohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari keburukan diri kami dan dari kejahatan amal perbuatan kami. Barang siapa diberi petunjuk oleh Allah, maka tidak ada yang dapat menyesatkannya. Dan barang siapa yang disesatkan oleh-Nya, maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Aku bersaksi bahwa tidak ada sembahyan yang berhak disembah selain Allah semata, tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul: “Rancang Bangun Sistem Pembersih Panel Surya pada Empat Panel Berukuran 2384 × 1096 mm di Polman Bandung dengan Menggunakan Metode VDI 2221.”

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (D-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materil, secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan tugas akhir ini. Secara khusus, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.S.T., M.T.
2. Ketua Jurusan Manufaktur, Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T., M.T., IPM.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T.
4. Para Pembimbing Tugas Akhir, bapak Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1, dan Ibu Rani Nopriyanti, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk

memberikan bimbingan, saran dan bantuan selama proses pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dede Buchori Muslim, Mash.Ing.HTL, M.T. selaku Ketua Penguji, Bapak Dhion Khairul Nugraha, S.T., M.T. selaku Penguji 1, dan Bapak Dede Sujana, S.Pd., M.Pd. selaku Penguji 2.
6. Panitia tugas akhir yang telah membantu terselenggaranya seluruh rangkaian kegiatan dengan baik, lancar, dan sesuai dengan yang direncanakan.
7. Teristimewa, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada orang tua tercinta, Ibu Yanti Piyanti Mala dan Bapak Ade Rohimat, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan. Doa, kasih sayang, dukungan moral maupun materi yang tidak pernah putus, serta kepercayaan yang diberikan menjadi dorongan luar biasa dalam proses penyusunan karya tulis ini.
8. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kakak tercinta, Wulan Alifia Sari S.AB. atas dukungan penuh yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
9. Kepada kedua rekan satu tim, Fahry Irsyady A.Md.T dan Ghazi Noer Alamin A.Md.T. yang selalu solid bekerja sama sejak awal hingga akhir proyek.
10. Kepada terkasih Jasmine Azzahra Kireina, S.M., penulis ucapkan terimakasih karena selalu menjadi pemicu semangat dan selalu membersamai selama proses pembuatan Tugas Akhir ini.
11. Kepada teman-teman kelas 4MED dan 4MEE yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini dan penulis anggap seperti keluarga.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin ya Rabbal ‘Alamiin.

Bandung, 27 Agustus 2025

Akmal Dwi Azhari

ABSTRAK

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi di Indonesia, namun kinerjanya dipengaruhi oleh kebersihan permukaan panel surya. Akumulasi debu, kotoran, maupun noda dapat menurunkan efisiensinya. Oleh karena itu, diperlukan sistem pembersih panel surya yang dapat bekerja secara otomatis. Penelitian ini membahas rancang bangun sistem pembersih panel surya pada empat panel berukuran 2384×1096 mm di Politeknik Manufaktur Bandung dengan menggunakan metode perancangan VDI 2221. Metode penelitian dilakukan melalui tahapan klasifikasi tugas, perancangan konsep, perancangan wujud, serta perancangan terperinci. Alternatif konsep dievaluasi menggunakan kriteria teknis dan ekonomis sehingga diperoleh desain yang optimal berupa sistem pembersih dengan rangka aluminium profile, motor DC sebagai penggerak, transmisi timing belt-pulley, roller brush nylon, serta mist nozzle sebagai sprayer. Sistem dilengkapi sensor posisi (limit switch) dan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino. Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan torsi total 5,15 Nm dengan daya 32,36 Watt, sehingga dipilih motor DC yang memiliki spesifikasi torsi 10 Nm dan daya 80 Watt dengan faktor keamanan mendekati 2. Prototipe berhasil direalisasikan melalui proses pemesinan, fabrikasi, dan perakitan sesuai dengan rancangan. Uji coba menunjukkan sistem mampu menjaga kebersihan panel surya dari debu serta kotoran ringan, sehingga mendukung peningkatan penyerapan energi cahaya matahari. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi dalam menjaga kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Panel Surya, Pembersih Otomatis, VDI 2221, Energi Surya, Arduino.

ABSTRACT

Solar energy is one of the renewable energy sources with great potential in Indonesia, but its performance is affected by the cleanliness of the solar panel surface. Accumulation of dust, dirt, and stains can reduce its efficiency. Therefore, an automatic solar panel cleaning system is needed. This study discusses the design of a solar panel cleaning system for four 2384×1096 mm panels at the Bandung Manufacturing Polytechnic using the VDI 2221 design method. The research method was carried out through the stages of task classification, concept design, physical design, and detailed design. Alternative concepts were evaluated using technical and economic criteria to obtain an optimal design in the form of a cleaning system with an aluminium profile frame, a DC motor as the drive, a timing belt-pulley transmission, a nylon roller brush, and a mist nozzle as a sprayer. The system is equipped with a position sensor (limit switch) and is controlled by an Arduino microcontroller. The calculation results showed a total torque requirement of 5.15 Nm with a power of 32.36 Watts, so a DC motor with a torque specification of 10 Nm and a power of 80 Watts with a safety factor close to 2 was selected. The prototype was successfully realised through a process of machining, fabrication, and assembly in accordance with the design. Tests show that the system is capable of keeping solar panels clean from dust and light dirt, thereby supporting increased solar energy absorption. Thus, this system can be a solution in maintaining the performance of Solar Power Plants (SPPs) in a sustainable manner.

Keywords: Solar Panels, Automatic Cleaner, VDI 2221, Solar Energy, Arduino.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	II-1
II.1.1 Prinsip Kerja PLTS	II-1
II.1.2 Sistem PLTS <i>Off-grid</i>	II-1
II.1.3 Komponen Utama PLTS	II-2
II.2 Efisiensi Panel Surya dan Faktor yang Mempengaruhinya	II-3
II.2.1 Intensitas Cahaya	II-4
II.2.2 Suhu	II-4
II.2.3 Sudut Kemiringan dan Posisi	II-4
II.2.4 Kerugian Akibat Debu dan Kotoran	II-5
II.2.5 Akibat Bayangan.....	II-5
II.3 Sistem Pembersih Panel Surya.....	II-5
II.3.1 Konsep Sistem Pembersih Otomatis	II-5
II.3.2 Jenis-jenis Sistem Pembersih	II-6
II.3.3 Metode Pembersihan	II-6

II.3.4	Perbandingan Pembersihan Manual dengan Otomatis.....	II-8
II.4	Sistem Kontrol dan Mikrokontroler	II-9
II.4.1	Sistem Kontrol	II-9
II.4.2	Mikrokontroler	II-10
II.4.3	Komponen Kunci Sistem Kontrol	II-12
II.5	Komponen Mekanis Sistem Pembersih	II-13
II.5.1	Motor dan Perhitungan Daya	II-13
II.5.2	Poros.....	II-14
II.5.3	Sistem Transmisi (<i>Timing Belt</i> dan <i>Pulley</i>)	II-15
II.5.4	<i>Bearing</i>	II-20
II.5.5	Pompa Air DC.....	II-22
II.6	Metode Perancangan VDI 2221	II-22
II.6.1	Tahapan Metode VDI 2221	II-23
II.6.2	Penerapan dalam Sistem Pembersih Panel Surya	II-23
II.7	Studi Penelitian Terdahulu	II-24
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian	III-1
III.2	Proses Perancangan Metode VDI 2221	III-2
III.3	Penjabaran Tugas (<i>Clarification of the Task</i>).....	III-3
III.3.1	Daftar Kehendak	III-3
III.3.2	Daftar Tuntutan	III-4
III.4	Perancangan Konsep Produk (<i>Conceptual Design</i>).....	III-6
III.4.1	Menguraikan Fungsi Keseluruhan	III-6
III.4.2	Alternatif Kontruksi Fungsi Bagian	III-7
III.4.3	Kotak Morfologi	III-17
III.4.4	Alternatif Fungsi Kombinasi (AFK)	III-17
III.4.5	Evaluasi Terhadap Nilai Teknis dan Ekonomis.....	III-20
III.5	Perancangan Wujud Produk (<i>Embodiment Design</i>).....	III-22
III.6	Perancangan Terinci (<i>Detail Design</i>)	III-23
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Perancangan	IV-1
IV.1.1	Menentukan Beban dan Kondisi Alat	IV-1
IV.1.2	Perhitungan Berat, Diameter Poros dan Defleksi Maks.....	IV-5
IV.1.3	Menentukan Beban dan Kondisi Roller Brush	IV-9
IV.1.4	Mencari Torsi dan Daya pada Alat	IV-12
IV.1.5	Mencari Torsi dan Daya pada Roller Brush.....	IV-15

IV.1.6	Torsi dan Daya yang Terjadi pada Motor	IV-17
IV.1.7	Perhitungan Transmisi Timing Belt dan Timing pulley	IV-18
IV.1.8	Perhitungan Usia Bearing	IV-20
IV.1.9	Pemilihan Pompa Sprayer	IV-24
IV.2	Pembuatan Alat	IV-26
IV.2.1	Proses Persiapan.....	IV-27
IV.2.2	Proses Pemesinan	IV-28
IV.2.3	Proses Pembengkokan (<i>Bending</i>).....	IV-28
IV.2.4	Proses Pengelasan	IV-29
IV.2.5	Proses Perakitan	IV-30
IV.2.6	Hasil Pembuatan.....	IV-30
IV.3	Pengujian Sistem.....	IV-31
IV.4	Hasil Ketercapaian Daftar Tuntutan.....	IV-33
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran.....	V-2
	DAFTAR PUSTAKA	iii
	LAMPIRAN.....	vi

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 5M PowerGrip GT 2 Power Rating Table – 9mm Belt Width.....	II-19
Tabel II.2 5M PowerGrip GT 2 Power Rating Table – 15mm Belt Width.....	II-20
Tabel II.3 5M PowerGrip GT2 Power Rating Table – 25mm Belt Width.....	II-20
Tabel II.4 Faktor V, X, dan Y	II-21
Tabel II.5 Penelitian Terdahulu.....	II-24
Tabel III.1 Daftar Tuntutan	III-4
Tabel III.2 Tuntutan Fungsi dan Sub Fungsi	III-7
Tabel III.3 Alternatif Konstruksi Fungsi dan Sub Fungsi Bagian	III-8
Tabel III.4 Kotak Morfologi	III-17
Tabel III.5 Alternatif Fungsi Kombinasi 1.....	III-18
Tabel III.6 Alternatif Fungsi Kombinasi II.....	III-19
Tabel III.7 Parameter Penilaian.....	III-20
Tabel III.8 Penilaian Aspek Teknis.....	III-20
Tabel III.9 Penilaian Aspek Ekonomis	III-21
Tabel IV.1 Gaya Reaksi Tumpuan.....	IV-4
Tabel IV.2 Spesifikasi Material Poros	IV-6
Tabel IV.3 Gaya Reaksi Tumpuan Roller Brush	IV-11
Tabel IV.4 Spesifikasi Pompa Sinleader SL-3500/YL-5015A	IV-26
Tabel IV.5 Hasil Pengujian Sistem Pembersih Panel Surya.....	IV-32
Tabel IV.6 Hasil Ketercapaian Daftar Tuntutan	IV-34

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Instalasi Komponen Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	II-2
Gambar II.2 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	II-2
Gambar II.3 MPPT.....	II-3
Gambar II.4 <i>Inverter</i> PSW 3000W.....	II-3
Gambar II.5 Baterai LiFePO4.....	II-3
Gambar II.6 <i>Water Sprayer</i>	II-7
Gambar II.7 <i>Roller Brush</i>	II-7
Gambar II.8 <i>Wiper</i> Pada Solar Panel.....	II-7
Gambar II.9 Robot Pembersih Panel Surya.....	II-8
Gambar II.10 Sistem Manual dengan Tiang Teleskopik.....	II-8
Gambar II.11 Logika Kontrol.....	II-10
Gambar II.12 ARDUINO UNO.....	II-11
Gambar II.13 ESP 32.....	II-11
Gambar II.14 Motor DC.....	II-13
Gambar II.15 Poros Silinder.....	II-14
Gambar II.16 Timing Belt dan Timing Pulley.....	II-16
Gambar II.17 PowerGrip GT2 Belt Pitch Selection Guide.....	II-17
Gambar II.18 Pompa Air DC.....	II-22
Gambar III.1 Diagram Alir Proses Rancang Bangun.....	III-1
Gambar III.2 Diagram Alir Perancangan Metode VDI 2221.....	III-2
Gambar III.3 Diagram Blok Fungsi Sistem Panel Surya.....	III-6
Gambar III.4 Alternatif Fungsi Kombinasi 1.....	III-18
Gambar III.5 Alternatif Fungsi Kombinasi II.....	III-19
Gambar III.6 Perbandingan Nilai Teknis dan Ekonomis.....	III-21
Gambar III.7 Perancangan Wujud Produk.....	III-22
Gambar IV.1 DBB Alat pada Kemiringan Maksimum 45°.....	IV-2
Gambar IV.2 Defleksi Maksimum pada Poros.....	IV-8
Gambar IV.3 DBB Roller Brush pada Kemiringan Maksimum 45°.....	IV-9
Gambar IV.4 DBB Sistem Transmisi.....	IV-14
Gambar IV.5 Motor wiper FE 111.....	IV-18

Gambar IV.6 Basic Load Ratings Bearing 6000ZZ.....	IV-20
Gambar IV.7 Basic Load Ratings Bearing KFL 000 []	IV-22
Gambar IV.8 Total Static Head Secara Aktual	IV-25
Gambar IV.9 Pompa <i>Sisnleader</i> SL-3500/YL-5015A	IV-25
Gambar IV.10 Komponen Standar.....	IV-27
Gambar IV.11 Komponen Nonstandar	IV-27
Gambar IV.12 Proses Pemesinan.....	IV-28
Gambar IV.13 Proses Pembengkokan Plat Cover	IV-28
Gambar IV.14 Proses Pengelasan	IV-29
Gambar IV.15 Proses Perakitan	IV-30
Gambar IV.16 Hasil Pembuatan	IV-31
Gambar IV.17 Proses Pengujian Alat	IV-32
Gambar IV.18 Perbandingan Kondisi Panel Sebelum dan Sesudah Uji Pembersihan	IV-33

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** Gambar Kerja
- Lampiran B** *Operation Plan*
- Lampiran C** Sumber Terjadinya Pembebanan
- Lampiran D** Spesifikasi Motor Wiper FE111 / D63
- Lampiran E** Skema Rangkaian Sistem Kontrol

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

SIMBOL

P	= Daya	[Watt]
T	= Torsi	[Nm]
n	= Putaran per menit	[Rpm]
D	= Diameter	[mm]
d	= Diameter poros	[mm]
M	= Momen lentur	[Nm]
I	= Momen inersia	[mm ⁴ atau m ⁴]
δ	= Defleksi maksimum	[mm]
w	= Beban merata per satuan panjang	[N/m atau N/mm]
L	= Panjang total balok atau poros	[m atau mm]
E	= Modulus elastisitas material	[N/mm ² atau MPa]
μ	= Koefisien gesek	-
α	= Sudut kemiringan	[derajat]
V	= Beban putaran	-
Fr	= Beban radial	[N]
Fa	= Beban aksial	[N]
C	= Kapasitas beban dinamis bantalan	[N]
$C0$	= Kapasitas beban statis bantalan	[N]
$L10$	= Umur bantalan dalam juta putaran	[Putaran]
Lh	= Umur bantalan dalam jam	[Jam]

SINGKATAN

PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
DC	Direct Current
AC	Alternating Current
MPPT	Maximum Power Point Tracking
IoT	Internet of Things
RTC	Real-Time Clock
DHP	Design Horsepower
SF	Service Factor
AFK	Alternatif Fungsi Kombinasi
PWM	Pulse Width Modulation
IP	Ingress Protection
UV	Ultraviolet
PLC	Programmable Logic Controller
SCC	Solar Charge Controller
LiFePO4	Lithium Iron Phosphate
GT2	Gates PowerGrip Timing Belt Series 2
HP	Horsepower
fpm	feet per minute
rpm	revolutions per minute
mm	milimeter

Nm	Newton meter
W	Watt
kg	kilogram
m	meter
L	liter
min	menit
s	detik
V	Volt
A	Ampere

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Politeknik Manufaktur Bandung (Polman Bandung) saat ini tengah berupaya mengadopsi konsep kampus hijau sebagai bagian dari komitmennya dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan serta mendukung keberlanjutan energi. Upaya ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang menyebutkan bahwa Indonesia memprioritaskan penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif [1]. Sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat melimpah. Rata-rata intensitas cahaya matahari mencapai sekitar 4,8 kWh/m² per hari, dengan potensi energi surya yang diperkirakan mencapai 112.000 GWp per hari di seluruh wilayah Indonesia [2]. Kondisi ini menjadikan energi surya sebagai pilihan untuk pemenuhan kebutuhan listrik secara berkelanjutan.

Di lingkungan kampus, pemanfaatan energi surya melalui instalasi panel surya menjadi salah satu solusi potensial dalam mendukung transisi energi. Selain mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, penerapan panel surya juga diharapkan mampu memenuhi sebagian kebutuhan listrik kampus secara efisien dan ramah lingkungan [3].

Namun demikian, sistem panel surya juga memiliki tantangan teknis dalam pengoperasiannya. Salah satu kendala utama adalah penurunan efisiensi akibat *shading parsial*, yaitu kondisi ketika sebagian permukaan panel surya tertutup oleh objek asing atau kotoran seperti debu dan kotoran hewan [4]. Berdasarkan hasil penelitian [4] menunjukkan bahwa dalam kondisi panel tertutup sebagian, efisiensi daya keluaran dapat menurun drastis hingga 14%, sedangkan pada kondisi tanpa *shading* efisiensi dapat meningkat hingga 40%, tergantung pada pencahayaan yang diterima [4]. Hal ini menandakan bahwa penempatan panel yang kurang tepat maupun akumulasi kotoran pada permukaan panel dapat secara signifikan mengurangi kinerja sistem panel surya.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan dan pembuatan sistem pembersih panel surya di lingkungan Polman Bandung. Sistem ini bertujuan untuk meminimalkan penumpukan debu pada permukaan panel secara berkala, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kinerja solar panel.

Dalam proses perancangannya, digunakan pendekatan metodologis VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure), yang merupakan metode sistematis untuk merancang suatu produk. Metode ini akan diterapkan dalam rancang bangun sistem pembersih panel surya dengan mempertimbangkan kebutuhan, fungsi, serta pemilihan komponen yang sesuai. Metode VDI 2221 terdiri dari beberapa tahapan, dan setiap tahapan memiliki fungsinya masing-masing dan berkesinambungan [5].

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka muncul gagasan untuk merancang bangun sistem pembersih panel surya pada empat panel berukuran 2384×1096 mm di Polman Bandung dengan menggunakan metode VDI 2221

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan sistem pembersih yang mampu membersihkan permukaan panel surya?
2. Bagaimana tahapan proses pembuatan sistem pembersih pada panel surya?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan sistem pembersih dalam mengurangi kotoran pada permukaan panel surya?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, agar dapat dibahas lebih spesifik dan terarah maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas tentang rancangan sistem pembersih yang dirancang menggunakan metode VDI 2221.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada panel surya *photovoltaik* untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) 2200 Wp di Polman Bandung.

3. Sistem pembersih yang dirancang difokuskan pada penghilangan debu dan kotoran ringan, tanpa mempertimbangkan kondisi cuaca, pembersihan terhadap noda berat, seperti minyak, kotoran hewan atau zat kimia dan faktor eksternal lainnya.
4. Analisis pada penelitian ini difokuskan pada bagaimana penggunaan sistem pembersih dapat membantu meningkatkan tingkat kebersihan permukaan panel surya.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Dari rumusan masalah yang telah dipaparkan diatas, penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat sistem pembersih yang memberikan pengaruh dalam membersihkan permukaan panel surya, dengan mempertimbangkan aspek desain, mudah digunakan, dan sesuai dengan karakteristik panel surya.
2. Mengembangkan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menambahkan fitur pembersih pada panel surya.
3. Menjaga kebersihan permukaan panel surya untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini diantaranya adalah:

1. Sistem pembersih ini dapat membantu memastikan panel surya tetap bersih dari kotoran, sehingga meningkatkan performa dan daya hasil energi listrik yang berasal dari panel surya.
2. Menjamin sistem pembersihan yang terjadwal, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan energi yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Mengurangi pengaruh debu dan kotoran dapat meningkatkan kestabilan kinerja panel surya, yang bergantung pada performa panel surya yang konsisten.
4. Menjaga permukaan panel surya bebas dari debu, sehingga meningkatkan penyerapan energi matahari menjadi listrik.

I.5 Sistematika Penulisan

Bagian ini berisi penjelasan secara ringkas mengenai susunan laporan tugas akhir.

Sistematika laporan Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi metode penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan dari TA untuk peneliti selanjutnya.