

**Perancangan dan Pembuatan Sistem
Dinamometer Generator Untuk Pengujian Turbin Angin
Sumbu Silang 10 W**

*Design and Fabrication of a Dynamometer Generator System for
Testing a 10 W Cross-Axis Wind Turbine*

SKRIPSI

**Disusun oleh:
Nama: Anggi Farhan Permana
NPM: 183030021**



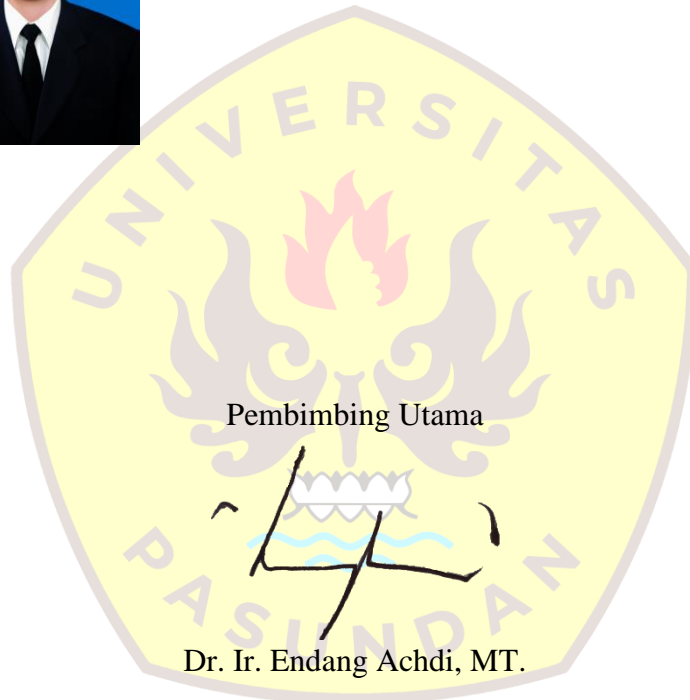
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Perancangan dan Pembuatan Sistem Dinamometer Generator Untuk Pengujian Turbin Angin Sumbu Silang 10 W



Nama: Anggi Farhan Permana
NPM: 183030021



Pembimbing Utama

Dr. Ir. Endang Achdi, MT.

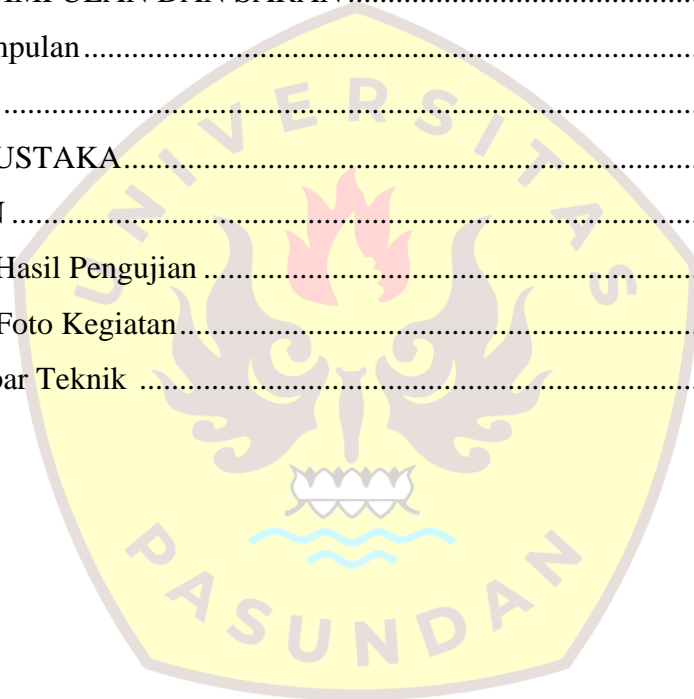
Pembimbing Pendamping

Ir. Bukti Tarigan, MT.

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	1
3. Tujuan	2
4. Manfaat	2
5. Batasan Masalah	2
6. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Energi Angin	4
2. Turbin Angin	4
3. Prinsip Kerja Turbin Angin	5
4. Aerodinamika Sudu Turbin	9
5. Dinamometer	11
6. Generator	12
7. Mikrokontroler	12
8. Transmisi	12
9. Pemilihan Material Rangka Dinamometer Generator Turbin Angin	14
10. Pengelasan SMAW	14
11. Persamaan	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
1. Tahapan Penelitian	19

2. Tempat Penelitian	21
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN	22
1. Perancangan	22
2. Pengadaan Komponen	25
3. Perencanaan Proses Produksi	27
4. Pembuatan	27
5. Perakitan	30
6. Uji Fungsional	31
7. Pembahasan	34
8. Biaya Pembuatan	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
1. Kesimpulan	38
2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42
1. Data Hasil Pengujian	42
2. Foto-Foto Kegiatan	44
3. Gambar Teknik	47



ABSTRAK

Upaya pemanfaatan energi baru dan terbarukan dalam pembangkit listrik dilakukan secara terus-menerus. Pembangkit listrik yang tersedia saat ini sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil, selain persediaan semakin menipis juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial tetapi pemanfaatannya untuk pembangkit listrik masih sangat rendah. Dua jenis turbin angin yang sudah lama digunakan dalam pembangkit listrik yaitu turbin angin poros horizontal dan turbin angin poros vertikal. Sekitar tahun 2016 telah dikembangkan konsep baru model turbin angin sumbu silang. Faktor penting yang menjadi pertimbangan di dalam menerapkan turbin angin di antaranya yaitu performansi. Performansi turbin angin sumbu silang di dapat melalui pengujian. Bagian penting dalam pengujian performansi turbin angin di antaranya yaitu alat pengukur daya atau dikenal sebagai dinamometer. Pada penelitian ini diupayakan perancangan dan pembuatan sistem dinamometer generator. Perancangan dinamometer adalah meliputi kriteria perancangan, pemilihan komponen, analisis, dan perakitan. Dinamometer yang dipilih yaitu jenis dinamometer generator. Dinamometer generator terdiri dari generator DC, rantai dan sproket, potensiometer, dan mikrokontroler. Kriteria perancangan meliputi yaitu dinamometer generator yang mampu mengukur arus dan tegangan listrik secara konsisten pada putaran rendah. Dinamometer sebelumnya menggunakan generator DC kapasitas 60 W pada putaran sekitar 20000 rpm. Turbin angin yang diuji putarannya tidak mencapai putaran generator tersebut sehingga tidak mampu membangkitkan energi listrik. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi generator DC sebelumnya yaitu mengganti dengan generator DC yang daya dan putarannya lebih rendah. Dalam penelitian ini generator DC yang dipergunakan mempunyai spesifikasi daya 40 W pada putaran sekitar 13000 rpm. Untuk menaikkan putaran generator yang berasal dari putaran turbin dipergunakan transmisi rantai dan sproket. Transmisi rantai dan sproket memiliki rasio putaran 10,3. Potensiometer dipergunakan untuk mengatur beban tahanan listrik pada generator DC dengan kisaran beban 100 – 800 Ω . Dari hasil uji fungsional, dinamometer generator mampu membangkitkan listrik secara konsisten. Dengan demikian dinamometer generator dapat dipergunakan untuk pengujian performansi model turbin angin sumbu silang 10 W.

Kata kunci: Energi angin, Dinamometer generator, Turbin angin sumbu silang.

ABSTRACT

Efforts to utilize new and renewable energy in power plants are carried out continuously. The power plants available today still mostly run on fossil fuels. The use of fossil fuels, in addition to dwindling supplies, also has a negative impact on the environment. Wind energy is one of the potential renewable energy sources but its utilization for power generation is still very low. Two types of wind turbines that have long been used in power generation are horizontal shaft wind turbines and vertical shaft wind turbines. Around 2016 a new concept of cross-axis wind turbine model has been developed. Important factors that are considered in implementing wind turbines include performance. Cross-axis wind turbine performance is obtained through testing. An important part of testing the performance of wind turbines includes a power measuring device or known as a dynamometer. In this research, efforts were made to design and manufacture a generator dynamometer system. The design of the dynamometer includes the criteria of design, component selection, analysis, and assembly. The chosen dynamometer is the type of generator dynamometer. The generator dynamometer consists of a DC generator, a chain and sprocket, a potentiometer, and a microcontroller. Design criteria include a generator dynamometer that is able to measure electric current and voltage consistently at low revolutions. Previous dynamometers used DC generators with a capacity of 60 W at a rotation of about 20000 rpm. The wind turbine whose rotation test does not reach the rotation of the generator so it is not able to generate electrical energy. Efforts made to overcome previous DC generators are replacing with DC generators with lower power and rotation. In this study, the DC generator used has a power specification of 40 W at a rotation of about 13000 rpm. To increase the rotation of the generator derived from the rotation of the turbine, a chain transmission and sprocket are used. The chain and sprocket transmission has a rotation ratio of 10.3. Potentiometers are used to regulate the electrical resistance load on DC generators with a load range of 100 – 800 Ω . From the results of functional tests, the generator dynamometer is able to generate electricity consistently. Thus the generator dynamometer can be used for testing the performance of 10 W cross-axis wind turbine models.

Keywords: *Wind energy, Generator dynamometer, Cross axis wind turbine.*

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pengembangan pemanfaatan sumber energi terbarukan mencakup usaha dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi surya dan angin sebagai sumber daya untuk pembangkit listrik. Salah satu target dari pengembangan energi terbarukan adalah meningkatkan efisiensi pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan [1]. Pembangkit listrik yang tersedia saat ini sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil, selain persediaan makin menipis juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial tetapi pemanfaatannya untuk pembangkit listrik masih sangat rendah [2]. Secara umum turbin angin horizontal lebih efisien daripada turbin angin poros vertikal. Kedua jenis turbin angin ini dirancang untuk mengubah energi angin yang datang secara horizontal. Berdasarkan sejumlah penelitian, sifat angin di sekitar struktur tinggi di daerah perkotaan dapat dianggap sebagai aliran angin dalam arah horizontal dan vertikal atau dapat dijelaskan sebagai arah yang acak [3]. Melihat peruntukan dari desain turbin angin poros horizontal dan turbin angin poros vertikal maka dikembangkan jenis baru model turbin angin sumbu silang [4]. Pada penelitian sebelumnya memiliki suatu masalah tentang validitas dinamometer generator DC yang masih diragukan karena tidak bekerja sesuai dengan teori dan hasil pengembangan orang lain. Dinamometer generator DC tidak membangkitkan listrik pada kecepatan putar kurang dari 1000 rpm. Sehingga data performansi turbin angin yang didapat menyimpang jauh dari teori performansi turbin angin dan hasil beberapa kajian.

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan pada paragraf di atas, maka melalui penelitian ini upaya yang dilakukan untuk mengatasi dinamometer generator DC sebelumnya yaitu mengganti dengan generator DC daya dan putaran lebih rendah, sistem transmisi daya menggunakan rantai dan sproket yang memiliki perbandingan putaran lebih besar. Dengan penggantian bagian generator DC dan transmisi daya diharapkan dapat mengukur arus dan tegangan listrik yang dibangkitkan oleh dinamometer generator pada putaran kurang dari 1000 rpm dan dapat terbaca oleh mikrokontroler arduino UNO.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di latar belakang, agar upaya yang akan dilakukan dapat menanggulangi permasalahan yang dikemukakan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimanakah merancang dan membuat sistem dinamometer generator DC yang dapat mengukur arus dan tegangan yang dibangkitkan oleh dinamometer generator pada putaran kurang dari 1000 rpm.

3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu merancang dan membuat sistem dinamometer generator DC yang dapat mengukur arus dan tegangan listrik pada putaran kurang dari 1000 rpm untuk pengujian performansi turbin angin sumbu silang 10 W.

4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menambah bahan pengetahuan dan informasi bagi masyarakat yang berkaitan dengan sistem dinamometer generator untuk pengujian turbin angin putaran dan daya rendah.

5. Batasan Masalah

Agar tujuan penelitian ini dapat tercapai dengan baik, maka pembatasan masalah ini dibatasi pada perancangan dan pembuatan sistem dinamometer generator DC meliputi penggantian generator DC daya dan putaran rendah serta penggantian sistem transmisi daya menggunakan rantai dan sproket.

6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup beberapa hal penting yang perlu diuraikan dalam penelitian, yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini membahas dasar teori yang berkaitan dengan sistem pembangkit listrik dengan turbin angin.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang diagram alir penelitian, penjelasan diagram alir penelitian, dan tempat penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

Bab ini adalah hasil pembahasan dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan seluruh rangkuman penelitian yang disimpulkan dan saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan kutipan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian skripsi tentang turbin angin sebagai pembangkit listrik.

LAMPIRAN

Berisikan lampiran berupa data dan dokumentasi hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

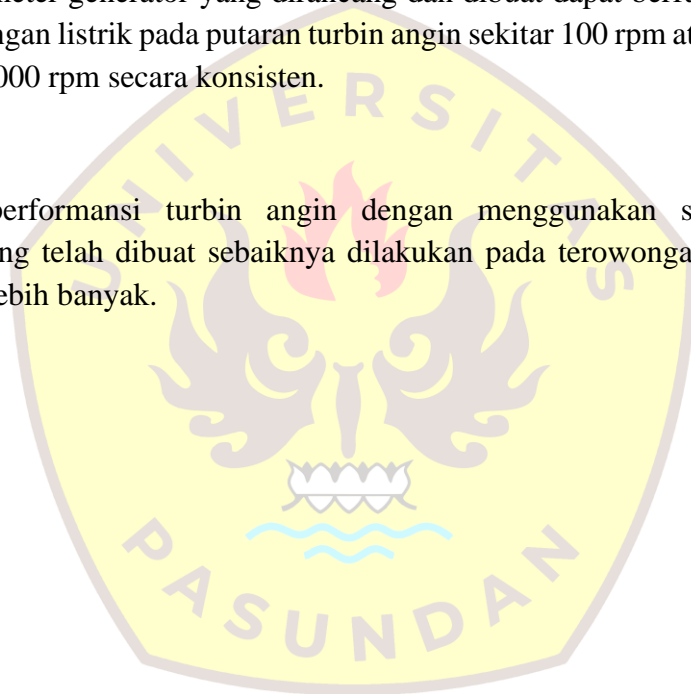
1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan sistem dinamometer generator DC untuk pengujian turbin angin, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Dinamometer generator yang dirancang menggunakan jenis dinamometer generator memiliki spesifikasi daya dengan kapasitas 40 W dan putaran maksimum 13000 rpm.
- b. Bagian utama sistem dinamometer generator yaitu: generator DC, sensor putaran, rangka dudukan dinamometer generator, rantai dan sproket, potensiometer, mikrokontroler.
- c. Dinamometer generator yang dirancang dan dibuat dapat berfungsi mengukur arus dan tegangan listrik pada putaran turbin angin sekitar 100 rpm atau putaran generator sekitar 1000 rpm secara konsisten.

2. Saran

Pengujian performansi turbin angin dengan menggunakan sistem dinamometer generator yang telah dibuat sebaiknya dilakukan pada terowongan angin agar variasi putarannya lebih banyak.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Casini, "Small Vertical Axis Wind Turbines for Energy Efficiency of Buildings," *J. Clean Energy Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 56–65, 2015, doi: 10.7763/jocet.2016.v4.254.
- [2] E. Achdi, B. Fajar, S. H. Winoto, and I. Lufti, "Preliminary Test on Cross Axis Type Wind Turbine," *Adv. Sci. Lett.*, vol. 24, no. 12, pp. 9620–9622, 2018, doi: 10.1166/asl.2018.13093.
- [3] W. T. Chong, M. Gwani, C. J. Tan, W. K. Muzammil, S. C. Poh, and K. H. Wong, "Design and Testing of a Novel Building Integrated Cross Axis Wind Turbine," *Appl. Sci.*, vol. 7, no. 3, 2017, doi: 10.3390/app7030251.
- [4] W. J. Rumbiak, "Pengujian Dan Analisis Performansi Model Turbin Angin Tipe Poros Silang Kapasitas Daya 10 W," 2021.
- [5] M. F. Nugraha, "Pengujian Turbin Angin Tipe Poros Silang," *J. Inf.*, vol. 2, no. 30, pp. 1–17, 2017.
- [6] R. Nanang, Gunarto, and E. Sarwono, "Study Eksperimental Berbagai Macam Jenis Sudu Turbin Angin Sumbu Horisontal Skala Laboratorium," *Repos. Univ. Muhammadiyah Pontianak*, vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2017.
- [7] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, "Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i2.99.
- [8] A. M. Siregar and F. Lubis, "Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif," *J. Ilm. "MEKANIK" Tek. Mesin ITM*, vol. 5, no. 1, pp. 39–40, 2019.
- [9] T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, and E. Bossanyi, *Wind Energy Handbook*. 2011.
- [10] J. M. Pinar Pérez, F. P. García Márquez, A. Tobias, and M. Papaelias, "Wind Turbine Reliability Analysis," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, no. March, pp. 463–472, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.03.018.
- [11] M. K. Johari, M. A. A. Jalil, and M. F. M. Shariff, "Comparison of Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) and Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 74–80, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.13.21333.
- [12] S. Rehman, M. Mahbub Alam, L. M. Alhems, and M. Mujahid Rafique, "Horizontal Axis Wind Turbine Blade Design Methodologies for Efficiency Enhancement A Review," *Energies*, vol. 11, no. 3, 2018, doi: 10.3390/en11030506.

- [13] M. M. M. Saad and N. Asmuin, "Comparison of Horizontal Axis Wind Turbines and Vertical Axis Wind Turbines," *IOSR J. Eng.*, vol. 4, no. 8, pp. 27–30, 2014, doi: 10.9790/3021-04822730.
- [14] T. A. Adlie, T. A. Rizal, and Arjuanda, "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 KW," *J. Ilm. Jurutera*, pp. 71–75, 2015, [Online]. Available: www.teknik.unsam.ac.id
- [15] M. Saputra, "Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah," *J. Mekanova Tek. Mesin Univ. Teuku Umar*, vol. 2, no. 1, pp. 74–83, 2016.
- [16] P. M. Anderson Fellow, "Stability Simulation Of Wind Turbine System," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 53, no. 3, pp. 13–13, 2020, doi: 10.1109/mc.2020.2974641.
- [17] Y. Prasetyo and T. Multazam, "Analisa Perbedaan Kinerja Turbin Angin Tipe Savonius Dengan Savonius Helius," *J. Geuthèë Penelit. Multidisiplin*, vol. 2, no. 2, p. 259, 2019, doi: 10.52626/jg.v2i2.40.
- [18] M. Zemamou, M. Aggour, and A. Toumi, "Review of Savonius Wind Turbine Design and Performance," *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 383–388, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.11.047.
- [19] Ismail, E. Pane, and Triyanti, "Optimasi Perancangan Turbin Angin Vertikal Tipe Darrieus Untuk Penerangan Di Jalan Tol," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. November, p. 12, 2017.
- [20] S. Gunawan, H. Hasan, and S. Januariyansah, "Perbandingan Kinerja Mesin Sistem Konvensional dan Injeksi Menggunakan Generator sebagai Dinamometer," *RODA J. Pendidik. dan Teknol. Otomotif*, vol. 1, no. 2, p. 31, 2021, doi: 10.24114/roda.v1i2.28124.
- [21] B. Santoso, B. Gilang, and D. Danardono, "Dinamometer Generator AC 10 kW Pengukur Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor 100 CC," vol. 15, no. Snttm Xiv, pp. 22–28, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ulm.ac.id/731/%0Ahttp://eprints.ulm.ac.id/731/1/MT13.pdf>
- [22] T. Hardy and W. Jewell, "Emulation of a 1.5MW Wind Turbine with a DC Motor," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–8, 2011, doi: 10.1109/PES.2011.6039597.
- [23] W. Musial and B. McNiff, "Wind Turbine Testing in the NREL Dynamometer Test Bed," *Renew. Energy*, no. June, 2000, [Online]. Available: <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28411.pdf>
- [24] N. Sinaga and A. Dewangga, "Pengujian dan Pembuatan Buku Petunjuk Operasi Chassis Dinamometer Tipe Water Brake," pp. 8–12.

- [25] F. Hamdi, "Prinsip Kerja Generator DC," *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2019.
- [26] Y. Makasudede, "Generator DC," pp. 8–45, 1953.
- [27] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, "Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [28] I. Zulfa, H. Syahputra, and A. Faisal, "Rancang Bangun System Kontrol Alat-alat Listrik Menggunakan Bluetooth Berbasis Mikrokontroler," *J. Ilm. Elektron. Dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 188–199, 2021, [Online]. Available: <http://journal.stekom.ac.id/index.php/elkompag188>
- [29] H. Marpaung, Suriansyah, and N. R. Ismail, "Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekerasan Dan Mikrostruktur Sprocket Drive Dan Sprocket Driven," *Widya Tek. Vol. 24 No 1*, vol. 23, no. 39870423, pp. 946–952, 2016.
- [30] L. Kong and R. G. Parker, "Steady Mechanics of Belt-Pulley Systems," *J. Appl. Mech. Trans. ASME*, vol. 72, no. 1, pp. 25–34, 2005, doi: 10.1115/1.1827251.
- [31] H. Mahmudi, "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt Pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah," *J. Mesin Nusant.*, vol. 4, no. 1, pp. 40–46, 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i1.16201.
- [32] K. Weman, *Welding Processes Handbook*. 2003. doi: 10.1533/9781855738539.