



p-ISSN 2085-8507
e-ISSN 2722-3280

TECHNOLOGIC

VOLUME 15 NOMOR 1 | JUNI 2024

POLITEKNIK ASTRA

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

www.polytechnic.astra.ac.id

Email: editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id

DEWAN REDAKSI

Technologic

Ketua Editor:

Dr. Setia Abikusna, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. (Politeknik Astra)

Dewan Editor:

Lin Prasetyani, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Rida Indah Fariani, S.Si., M.T.I (Politeknik Astra)

Yohanes Tri Joko Wibowo, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng (Politeknik Negeri Sriwijaya)

Mitra Bestari:

Abdi Suryadinata Telaga, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Agung Premono, S.T., M.T. (Universitas Negeri Jakarta)

Harki Apri Yanto, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Ir. Lukas, MAI, CISA, IPM (Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya)

Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin MT., IPM. (Politeknik Negeri Semarang)

Dr. Ir. Sirajuddin, ST., MT., IPU (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Eng. Syahril Ardi, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng. (Politeknik Negeri Sriwijaya)

Asisten Editor:

Asri Aisyah, A.md. (Politeknik Astra)

Kristina Hutajulu, S.Kom. (Politeknik Astra)

Kantor Editor:

Politeknik Astra

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

www.polytechnic.astra.ac.id

Email: editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id

EDITORIAL

Pembaca yang budiman,

Puji syukur kita dapat berjumpa kembali dengan Technologic Volume 15 No. 1, Edisi Juni 2024.

Pembaca, Jurnal Technologic Edisi Juni 2024 kali ini berisi 12 manuskrip.

Atas nama Redaksi dan Editor, kami do'akan semoga dalam keadaan sehat selalu, dan semoga di tahun 2024 semakin sukses dan berjaya, tak lupa kami haturkan terima kasih atas kepercayaan para peneliti dan pembaca, serta selamat menikmati dan mengambil manfaat dari terbitan Jurnal Technologic kali ini.

Perlu kami sampaikan untuk meningkatkan kualitas jurnal, Jurnal Technologic sudah menggunakan OJS versi 3, dalam rangka persiapan akreditasi jurnal, mohon dukungan dari para peneliti dan pembaca agar persiapan tersebut lancar dan mendapat hasil yang maksimal.

Selamat membaca!

DAFTAR ISI

MENINGKATKAN BENEFIT PADA PROSES PENGURASAN AIR DARI KONTROL ELEKTRIK KE KONTROL PNEUMATIK, PADA SISTEM UDARA BERTEKANAN	1
Yohanes Climacus Utama, Fauzan Arya Ramadani, Ade Susilo, Afitro Adam Nugraha, Andreas Edi Widyartono	
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PROSES <i>PURGING ENGINE DIESEL</i> MENGGUNAKAN <i>DIESEL PURGING KIT</i> BERBASIS ARDUINO UNO DI PT ASTRA INTERNATIONAL ISUZU SALES <i>OPERATION CABANG CIPUTAT</i>	7
Prio Sembodo, Ajib Rosadi, Busrah , Afitro Adam Nugraha, Rusdi Febriyanto	
ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR BAJA BENTANG 24 METER STRUKTUR BANGUNAN 3 LANTAI	15
Sofian Arissaputra, Ananda Aprillia	
RANCANG BANGUN ALAT <i>SCALING PORTABEL</i> UNTUK MENURUNKAN WAKTU <i>DOWNTIME</i> PADA <i>DIES</i> TIPE M DI PT. GZB	22
Ferdhika Ariansyah, Nursim	
REKAYASA SISTEM PEMANTAU LEVEL SUSPENSI BELAKANG PADA UNIT KOMATSU DUMP TRUCK HD785-7 DI PT XYZ SITE BATULICIN	28
Elroy FKP Tarigan, Teguh Ramadhan, Nur Rofiq Syuhada	
OPTIMALISASI PROSES DENGAN METODE <i>COMMONIZE BOOTH B</i> UNTUK <i>MATERIAL X** TWO TONE KANSAI PAINT</i> di <i>LINE TOPCOAT ASSEMBLY PLANT</i>	35
Akmal Mukhtariz, Andreas Edi Widyartono, Yohanes P Agung Purwoko, Mahardhika Amri, Rusdi Febriyanto	
PEMANFAATAN ENERGI ANGIN <i>COOLING TOWER</i> SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI AREA <i>PAINTING</i> PT ASTRA DAIHATSU MOTOR KARAWANG	42
Lukman Wijanarno, Ajib Rosadi, Hadiyanto, Afitro Adam Nugraha	
RANCANG BANGUN UNIVERSAL <i>TOOL BIT</i> UNTUK PENGENCANGAN MUR PENGUNCI <i>TIE ROD</i>	49
Yusak Faqih Wibowo, Yohanes C. Utama, dan Ajib Rosadi, Afitro Adam Nugraha	
ANALISA POMPA <i>COOLING WATER SUPPLY</i> UNTUK MENGHASILKAN STANDAR POMPA YANG EFISIEN DI <i>COOLING TOWER</i> 4 PT EFG	56
Fendi Ridho Febrianto, Yohanes P Agung Purwoko, Ade Susilo, Rusdi Febriyanto	
PEMBUATAN JIG POSITIONING UNTUK MENGURANGI <i>CYCLE TIME</i> PROSES <i>ASSY UNIT</i> PEMASANGAN <i>NUT SPRING M5</i> KE <i>LIGHT ASSY FRONT COMB</i> PADA <i>STATION 456 TYPE MU26</i> DI PT.XYZ	64
Nensi Yuselin, Muhamad Usman	

**MENURUNKAN *CYCLE TIME STOCK OPNAME IMPORT PARTS* DENGAN *PATTERN SUPPLY FORM*
BERBASIS *WEBSITE* DI *ASSEMBLING K-LINE 5 PT ASTRA DAIHATSU MOTOR* 71**

Rudi Kiswanto, Yohanes Climacus Utama, Afitro Adam Nugraha, dan Pramastya Widya Naluri

**TINJAUAN PERBANDINGAN METODE PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN DI PROYEK SIERRA
INTERCULTURAL SCHOOL SECARA MANUAL DAN FOTOGRAMETRI 79**

Merdy Evalina Silaban , Muhammad Fajri Eka Prakasa

PEMANFAATAN ENERGI ANGIN *COOLING TOWER* SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI AREA *PAINTING* PT ASTRA DAIHATSU MOTOR KARAWANG

Lukman Wijanarno, Ajib Rosadi, Hadiyanto, Afitro Adam Nugraha*

Program Studi Mesin Otomotif, Jurusan Teknik Otomotif, Politeknik ASTRA

Kampus Cikarang Jl. Gaharu Blok F3 No.1 Cibatu, Kec.Cikarang Selatan, Kab.Bekasi 17530, Indonesia

Email: afitroadam22@gmail.com*

Abstract -- The global energy crisis is driving changes towards more sustainable energy sources. This research explores the potential of harnessing wind energy from Cooling Towers as an efficient alternative. The study was conducted on the Cooling Tower at PT Astra Daihatsu Motor, which has adopted the Sustainable Development Goal's (SDG's) program as part of their commitment to addressing global issues. The research method involved wind energy analysis using wind power formulas and installing HAWT wind turbines on the Cooling Tower chimney. The turbines, along with PMSG type generators, were used to convert wind energy into electricity. Although initial estimates promised a power output of 1,373 watts, the implementation only yielded 79.52 watts with a generator efficiency of 18.7%. Nevertheless, this research noted cost savings of Rp. 660,660/year and a reduction in TCO₂ emissions by 0.416 TCO₂/year. These findings indicate the potential and challenges in harnessing wind energy from Cooling Towers as a sustainable alternative energy source. In addition to reducing reliance on fossil energy sources, harnessing wind energy also has positive environmental impacts by reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: Global energy crisis, Wind energy utilization, Cooling Tower, HAWT wind turbines, PMSG Generator

Abstrak -- Krisis energi global mendorong perubahan menuju sumber energi yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini mengeksplorasi potensi pemanfaatan energi angin dari Cooling Tower sebagai alternatif efisien. Studi dilakukan pada Cooling Tower di PT Astra Daihatsu Motor yang telah mengadopsi program Sustainable Development Goal's (SDG's) sebagai bagian dari komitmen mereka terhadap penanganan masalah global. Metode penelitian melibatkan analisis energi angin menggunakan rumus daya angin, dan pemasangan turbin angin tipe HAWT pada cerobong Cooling Tower. Turbin bersama dengan generator tipe PMSG, digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik. Meskipun estimasi awal menjanjikan daya sebesar 1.373 watt, implementasi hanya menghasilkan 79,52 watt dengan efisiensi generator sebesar 18,7%. Meskipun demikian, penelitian ini mencatat penghematan biaya listrik sebesar Rp. 660.660/tahun dan penurunan emisi TCO₂ sebesar 0,416 TCO₂/tahun. Temuan ini menunjukkan potensi dan juga tantangan dalam memanfaatkan energi angin dari Cooling Tower sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Selain mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil, pemanfaatan energi angin juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Kata Kunci: Krisis energi global, Pemanfaatan energi angin, Cooling Tower, Turbin angin HAWT, Generator PMSG

I. PENDAHULUAN

Krisis energi global menunjukkan kerentanan ketahanan energi yang bergantung pada bahan bakar fosil. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), mayoritas campuran energi primer untuk pembangkit listrik di Indonesia masih bersumber dari batu bara, mencapai 67,21% pada tahun 2022 [6]. Ketergantungan ini sebagian besar didorong oleh dampak negatifnya terhadap iklim Bumi. Analisis dari 116 stasiun pengamatan BMKG menunjukkan suhu udara rata-rata pada bulan Juni 2023 mencapai 27,0°C. Ini melampaui suhu udara normal klimatologi untuk bulan Juni 2023 periode 1991-2020 di Indonesia, yang sebesar 26,5°C (berada dalam rentang normal 20,08°C - 28,63°C).

Berdasarkan data ini, terdapat anomali positif pada suhu udara rata-rata bulan Juni 2023 sebesar 0,5°C. Anomali ini merupakan yang tertinggi sepanjang periode pengamatan sejak 1981 [8].

PT Astra Daihatsu Motor, sebagai salah satu produsen kendaraan roda empat, tengah menerapkan program *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang sejalan dengan tujuan Indonesia dalam menangani masalah global dari berbagai aspek. Salah satu fokus SDGs adalah "Energi Bersih dan Terjangkau" poin 7 dan "Penanganan Perubahan Iklim" poin 13 [7]. Dalam konteks ini, penelitian ini mengamati potensi sumber energi alternatif di lingkungan PT Astra Daihatsu Motor. Salah satu potensi menarik yang dipertimbangkan adalah energi

angin yang dapat dihasilkan dari *Cooling Tower*. *Cooling Tower*, yang sering dikaitkan dengan industri dan pembangkit listrik, dapat menghasilkan aliran udara yang memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi kinetik sebagai sumber energi alternatif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menguji potensi pemanfaatan sumber energi angin dari *Cooling Tower* sebagai alternatif energi yang efisien dan berkelanjutan. Dalam konteks upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta meminimalkan dampak negatif perubahan iklim, pemanfaatan sumber energi alternatif menjadi penting dan mendesak.

Meskipun energi angin telah terbukti menjadi salah satu sumber energi paling ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam beberapa dekade terakhir, potensi energi angin dari *Cooling Tower* belum sepenuhnya dioptimalkan. Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud untuk menjelajahi berbagai aspek pemanfaatan energi angin dari *Cooling Tower*, mulai dari teknologi yang digunakan hingga analisis efisiensi dan dampak lingkungan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi pelaksanaan penelitian ini telah dirinci secara detail sebagai berikut:

Estimasi Potensi Energi Angin:

- a. Identifikasi Lokasi: Tim peneliti melakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi lokasi potensial di sekitar area *Painting* tempat cerobong *Cooling Tower* berada.
- b. Pengukuran Kecepatan Angin: Pengukuran dilakukan menggunakan alat pengukur kecepatan angin yang dipasang pada ketinggian yang representatif untuk mencatat kecepatan dan arah angin secara berkala.
- c. Analisis Potensi Energi Angin: Data kecepatan angin yang terkumpul dianalisis untuk mengestimasi potensi energi angin yang dapat dihasilkan di area tersebut. Ini termasuk menghitung kecepatan rata-rata, distribusi frekuensi kecepatan angin, dan daya angin yang potensial dihasilkan.

Pemilihan Turbin Angin:

- a. Analisis Spesifikasi Turbin: Berdasarkan hasil estimasi potensi energi angin, tim peneliti melakukan analisis untuk memilih turbin angin yang sesuai dengan kebutuhan. Faktor-faktor seperti ukuran, kapasitas daya, dan efisiensi turbin dievaluasi untuk memastikan kesesuaian dengan lingkungan dan kebutuhan energi.

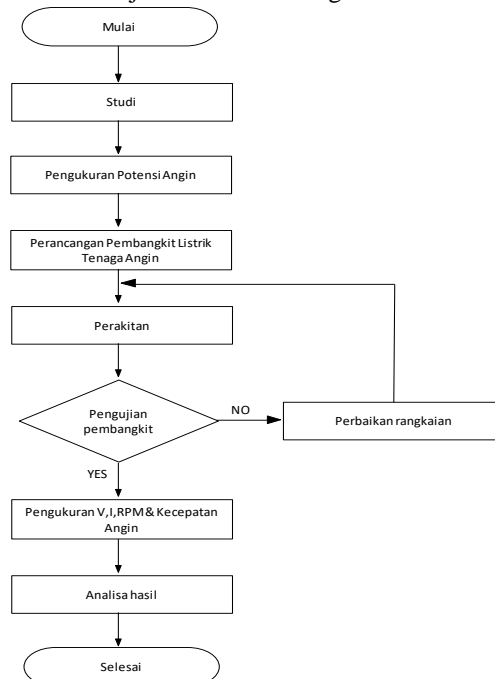
Implementasi:

- a. Perancangan dan pemasangan *Bracket*: Setelah turbin angin dipilih, dilakukan persiapan dan pemasangan *bracket* atau struktur pendukung turbin pada cerobong *Cooling Tower*.
- b. Pemasangan dan Konfigurasi Turbin: Turbin angin dipasang dan dikonfigurasi dengan memperhatikan arah angin dominan dan kecepatannya. Wiring dan sistem penghubung turbin juga dipasang agar dapat terhubung dengan sistem pembangkit listrik.
- c. Uji Fungsionalitas: Setelah pemasangan selesai, dilakukan uji fungsionalitas untuk memastikan bahwa turbin angin dapat beroperasi dengan baik dan menghasilkan energi sesuai dengan estimasi yang telah dilakukan.

Analisis Hasil Pengukuran:

- a. Pengukuran Kinerja: Turbin angin diuji untuk memantau kinerjanya dalam menghasilkan energi. Pengukuran dilakukan secara berkala untuk mencatat produksi energi angin yang dihasilkan.
- b. Evaluasi Efisiensi: Data hasil pengukuran dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan energi angin sebagai sumber energi alternatif di area *Painting*. Ini termasuk perbandingan antara estimasi potensi energi angin dengan hasil yang sebenarnya yang dihasilkan oleh turbin angin.

Berikut metode analisis yang di gunakan dalam penelitian ini dijelaskan dalam diagram alur berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Metode Pelaksanaan

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PLAN

Semua permasalahan yang timbul pasti memiliki faktor nya. Dengan melakukan analisis sebab akibat maka di temukan langkah yang terbaik yang harus di lakukan. Penulis mencoba menganalisa permasalahan yang paling tinggi rasio permasalahan nya dibandingkan dengan permasalahan yang lain nya. Adapun *tools* yang di gunakan untuk menganalisa adalah dengan menggunakan tabel “*why-why Analysis*” pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. *Why-Why Analysis*

Problem	Faktor	Why 1	Why 2	Judge
Belum dilakukan Renewable	Man	Belum tau cara implementasi renewable energy	Minim ilmu tentang renewable energy	x
	Methode	pemanfaatan renewable energy belum merata terhadap semua potensial energy	-	x

3.2 DO

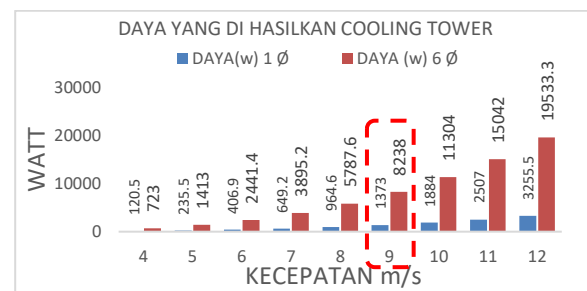
Setelah di temukan penyebab nya di temukan lah batasan target yang diambil untuk menangani masalah yang ada yaitu pada bagian *METHODE* pada *why-why analysis*. Penulis mencoba melakukan pengolahan data sumber *energy* yang ada di area perusahaan untuk di lakukan perhitungan sehingga didapat besaran perolehan target yang di hasilkan pembangkit listrik. Dengan melakukan analisa data dan perhitungan menggunakan rumus yang ada pada dasar teori maka di dapat analisa sumber *energy* yang dapat di manfaatkan di area perusahaan, utamanya di area *Painting*. Adapun data yang di dapat adalah kecepatan dan daya angin *Cooling Tower*. Dijelaskan dalam tabel 2 untuk kecepatan angin yang di hasilkan dan dalam grafik 1 untuk daya angin yang di hasilkan oleh *Cooling Tower*.

Tabel 2. Kecepatan Angin *Cooling Tower*

NO	AREA	KECEPATAN ANGIN
1	Udara Cooling Tower	2,51 M/s

NO	AREA	KECEPATAN ANGIN
2	20 cm dari lingkaran luar cerobong	11,69 M/s
3	40 cm dari lingkaran luar cerobong	11,53 M/s
4	50 cm dari lingkaran luar cerobong	10,53 M/s
5	0,5 meter di atas cerobong titik 20 cm	11,37 M/s
6	0,5 meter di atas cerobong titik 40 cm	11,09 M/s
7	0,5 meter di atas cerobong titik 50 cm	10,51 M/s

Secara keseluruhan, di area *Painting* memiliki 6 *Cooling Tower* dengan 12 lubang. Perolehan daya dikalkulasi dengan melakukan perhitungan dari kecepatan paling rendah hingga tertinggi. Sehingga daya angin yang di hasilkan oleh *Cooling Tower* sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Daya Angin *Cooling Tower*
 Dari data gambar 2, dapat diketahui bahwa 1 buah lubang *Cooling Tower* dengan diameter 2 m dengan kecepatan angin rata-rata 9m/s dapat menghasilkan daya angin rata-rata sebesar 1.373 watt.

3.3 CHECK

3.3.1 Daya Angin

Perhitungan angin sumber (*output Cooling Tower* 9–12 m/s). Perhitungan dengan rugi-rugi daya dapat di hasilkan dengan perhitungan rumus daya angin yang tercantum dalam persamaan (1).

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot Cp$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot (3,14 \cdot 1.1) \cdot 9^3$$

$$P = 1.373 \text{ watt}$$

Turbin HAWT yang digunakan dalam penelitian ini memiliki luas sapuan angin sebesar 1,6 m. Sehingga di dapat hasil perhitungan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot (3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,84) \cdot 9^3$$

$$P = 989 \text{ watt}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa turbin HAWT yang di gunakan hanya menerima daya angin sebesar 72% dari daya total yang dihasilkan oleh *Cooling Tower*.

Nilai koefisien daya pada turbin berkisar 0,35-0,59. Di mana nilai koefisien terbesar bisa di dapat dengan segala komponen dan bahan yang di gunakan di buat dengan se-presisi dan semaksimal mungkin. Pada turbin dengan tipe HAWT pada umumnya menggunakan koefisien daya sebesar 0,43 sehingga jika di lakukan perhitungan maka akan di dapat hasil sebagai berikut:

$$P_{out} = P \cdot C_p$$

$$P_{out} = P \cdot 0,43$$

$$P_{out} = 989 \cdot 0,43$$

$$P_{out} = 425 \text{ watt}$$

3.3.2 Tip Speed Ratio (λ)

Sebelum menentukan nilai TSR (λ), dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kecepatan sudu (ω). Dengan Rpm (n) dari generator sebesar 993 Rpm (didapatkan setelah turbin dipasang), maka nilai ω :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 993}{60}$$

$$\omega = 104 \text{ rad/s}$$

Nilai *Tip Speed Ratio/TSR* (λ) pada rotor yang didapatkan dengan daya generator sebesar 425 watt, turbin angin kecepatan 9 m/s dan panjang *blade* total/rotor 1,68 meter sebesar:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v}$$

$$\lambda = \frac{104 \cdot 0,84}{9}$$

$$\lambda = 9,7$$

3.3.3 Torsi

Nilai torsi yang didapatkan dari data kecepatan angin 9 m/s dengan diameter penampang turbin HAWT pada cerobong *Cooling Tower* sepanjang 1,68 m menghasilkan torsi sebesar:

$$T = \frac{V^2 \cdot r^3}{\lambda}$$

$$T = \frac{9^2 \cdot 0,84^3}{9,7}$$

$$T = 4,9 \text{ Nm}$$

3.3.4 Emisi CO2

Nilai emisi CO₂ didapatkan dari data EF (ESD wilayah Jabodetabek) sebesar 0,82 dan konsumsi listrik dengan nilai sebesar:

$$\text{Konsumsi listrik} = 77 \text{ watt} \times 22 \times 25 \times 12$$

$$= 508,2 \text{ kWh}$$

$$= 0,5082 \text{ mWh}$$

Keterangan: 22 jam kerja dalam satu hari, 25 hari kerja dalam satu bulan dan 12 bulan kerja dalam satu tahun. Jadi dapat dicari nilai emisi CO₂ per tahunnya adalah: Emisi CO₂ = EF x konsumsi listrik

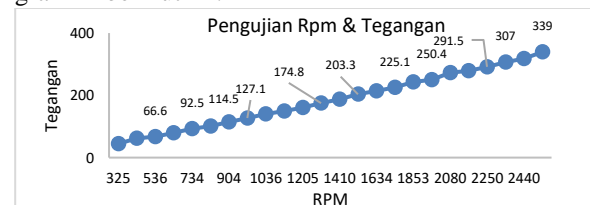
$$= 0,82 \times 0,5082$$

$$= 0,416 \text{ TCO}_2/\text{tahun}$$

3.4 ACTION

3.4.1 Pengujian Generator

Generator yang di gunakan dalam sistem ini adalah generator PMSG yang dijelaskan pada parameter sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan yang dapat dibangkitkan oleh generator dengan putaran yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan memberikan putaran dari yang terendah hingga tegangan yang dikeluarkan sesuai dengan spesifikasi yang di berikan. Hal ini bertujuan juga untuk mengetahui besaran Rpm kerja *actual* dari generator. Untuk penjelasannya tercantum dalam grafik 2 berikut ini:



Gambar 3. Grafik Hubungan Tegangan dan Rpm

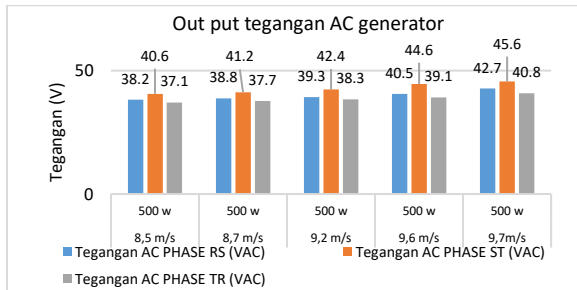
Dari grafik di atas di ambil kesimpulan bahwa saat RPM naik sebesar 2440 RPM tegangan yang di hasilkan naik sebesar 339 V. hal ini membuktikan bahwa semakin besar putaran yang di hasilkan akan mempengaruhi besaran tegangan yang di hasilkan oleh generator.

Korelasi antara RPM (Rotations Per Minute) dan tegangan pada turbin angin adalah bahwa semakin

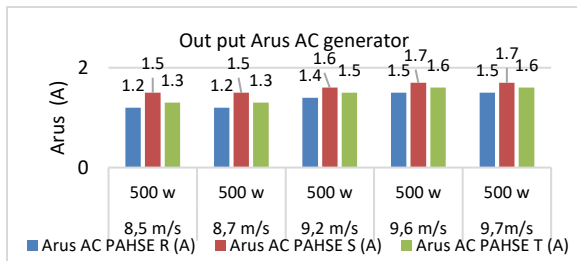
tinggi RPM, semakin tinggi pula kecepatan angin yang didapat dan tegangan listrik yang dihasilkan. Meskipun demikian, hubungan ini bersifat nonlinear, dan faktor lain seperti efisiensi konversi energi juga memengaruhi korelasi tersebut. Pengaturan RPM dapat menjadi strategi penting dalam mengoptimalkan produksi energi listrik dari turbin angin.

3.4.2 Hasil implementasi

Pengukuran *actual* dilakukan untuk menentukan besaran hasil implementasi *wind turbine* dan efisiensi generator terhadap sumber daya angin *Cooling Tower*. Sehingga di dapat hasil perhitungan yang tercantum dalam tabel 3 dengan penjelasan terkait output tegangan RST generator dalam grafik 3 dan arus RST generator dalam grafik 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Output Tegangan RST Generator



Gambar 5. Grafik Arus RST Generator

Pada gambar grafik 4&5 Tegangan dan arus tertinggi yang di dihasilkan berapada pada kecepatan angin 9,7 m/s. semakin besar kecepatan angin maka tetangan berbanding naik semakin tinggi.

Tabel 3. Tegangan DC MPPT & Daya

NO	Kecepatan Angin (m/s)	Beban Lampu (W)	Beban MPPT (vDC)	Arus (A)	Daya yang dihasilkan (Watt)
1	8,50	500	48,5	1,20	58,20
2	8,70	500	48,8	1,27	61,98
3	9,20	500	50,2	1,33	66,77
4	9,60	500	52,2	1,34	69,95

NO	Kecepatan Angin (m/s)	Beban Lampu (W)	Beban MPPT (vDC)	Arus (A)	Daya yang dihasilkan (Watt)
5	9,70	500	56,8	1,40	79,52

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran *actual* setelah implementasi generator *wind turbine* tipe SM3-2000 yang di pasang pada *Cooling Tower* hanya dapat menghasilkan 79,52 Watt. Di mana efisiensi generator sebesar 18,7% dari sumber daya angin yang dapat di terima oleh *wind turbine*.

Output daya listrik yang dihasilkan akan digunakan untuk kebutuhan alternatif listrik di PT Astra Daihatsu Motor khusus nya di area *Painting* dengan pemilihan berdasarkan data berikut:

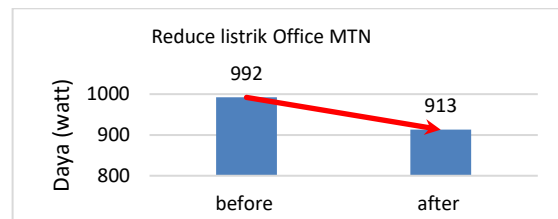
Konsumsi peralatan di semua jalur

Tabel 4. Konsumsi peralatan semua jalur

No	AREA	DAYA (KWH)
1	EXHAUST	464
2	AIR SUPLY	355
3	SPRAYBOOTH	207
4	ED INS	178
5	PTC	321
6	UNIT BUFFER	238
7	PCS MIXING	20
8	OFFLINE T/UP	41
9	FINAL INS	20
10	ED DAN T/C OVEN	307
11	LIGHTING	79

Total penggunaan listrik di *line*.

Data di atas adalah penggunaan *energy* yang di suplai oleh PLN. Sehingga atas pertimbangan daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dan konsumsi listrik di PT ADM maka alokasi sumber daya alternatif digunakan untuk suplai lampu *office MTN* di area *painting*. Berikut merupakan *impact* pengurangan konsumsi listrik yang dijelaskan dalam grafik 9.



Gambar 6. Grafik Reduce Listrik Office MTN

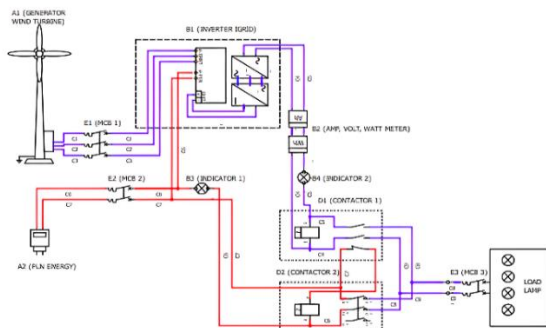
Dari grafik di atas. Dapat di simpulkan dengan pengimplementasian turbin generator pada cooling tower dapat menurunkan salah satu penggunaan Listrik di area painting khususnya area office sebesar 79 watt. Hasil berikut saving berikut terhitung dengan rugi rugi daya akibat hambatan penghantar.

3.4.3 Standarisasi

Agar penelitian yang diambil bisa dijadikan acuan standard untuk dilakukannya pemasangan di lain tempat di area perusahaan. Sebuah acuan dibuat dalam bentuk *wiring diagram system* dan *design bracket* sebagai bahan pertimbangan apabila dilakukan pemasangan sistem di lain area.

Dilakukan uji kekuatan terhadap *bracket* yang bertujuan untuk menguji ketahanan *bracket*. Sehingga sistem bisa dipastikan aman untuk dilakukan pemasangan. Berikut hasil *design* dan uji tekan pada *design*, serta *wiring diagram system* pembangkit listrik:

- a. *Wiring diagram system* pembangkit listrik *On-Grid*.



Gambar 7. *Wiring Diagram System* Pembangkit Listrik *On-Grid*

Pada sistem pembangkit yang dipasang menggunakan sistem *ON-Grid*. Sistem ini bekerja tanpa menggunakan baterai sebagai penyimpan *energy*, melainkan menggunakan PLN sebagai sumber *back-up* secara langsung yang terintegrasi langsung dengan Inverter *I-Grid*.

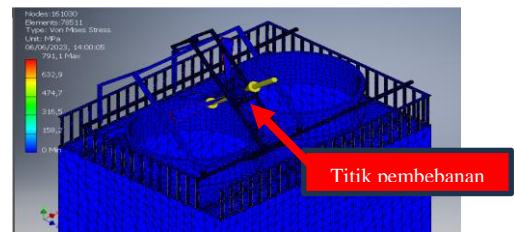
- b. *Design bracket wind turbine generator*.



Gambar 8. *Design Bracket Wind Turbine Generator*

Pada gambar 8 dapat di lihat bentuk dan posisi pemasangan *bracket* sekaligus posisi arah penempatan turbin. Fungsi *bracket* ini sebagai penopang turbin untuk mendapatkan kecepatan angin paling optimal. Sedangkan untuk Material yang digunakan dalam pembuatan *bracket* ini adalah besi *hollow* dengan ukuran 5x5 dan Plat generator menggunakan ss400 tebal 10mm. sedangkan untuk posisi penempatan turbin di pasang di titik Tengah cerobong yang menghadap arah datang angin cooling tower dengan sudut kemiringan 60° sesuai dengan kemiringan cerobong cooling tower.

- c. Pengujian *bracket* dengan *software* Inventor.



Gambar 9. Pengujian *Bracket* Dengan *Software* Inventor

Hasil pengujian menunjukkan *bracket* mampu dibebani dengan beban maksimal 719 MPa dengan batas optimum ± 474 MPa. Dengan beban generator *Wind Turbine* sebesar 15 kg, maka *design bracket* di atas bisa dikatakan kuat dalam proses pengujian dan *bracket* layak untuk di lakukan pembuatan.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang di peroleh dari penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pembangkit listrik turbin angin ini dapat di ketahui bahwa kecepatan yang di hasilkan *Cooling Tower* konstan pada titik lajur anginnya. Sehingga dengan kecepatan konstan pada titik tengah menghasilkan kecepatan angin sebesar 9 m/s dengan perolehan besaran tegangan yang di dapat saat pengujian dengan keseluruhan sistem rata-rata 50 volt DC.
2. Pengujian tanpa sistem dilakukan dengan memberikan Gaya putar pada generator. Didapat hasil tegangan yang bervariasi pada setiap RPM nya. hasil pengujian pada kecepatan 2500 RPM menghasilkan tegangan sebesar 350 VAC pada output generator.

3. Pengujian keseluruhan rangkaian sistem pembangkit pada saat kecepatan 9 m/s, tegangan yang di hasilkan adalah 48-56 volt.
4. Hasil yang di dapat dari pembangkit listrik tenaga angin *Cooling Tower* hanya dapat menghasilkan 79,52Watt. Di mana efisiensi generator sebesar 18,7% dari sumber daya angin yang dapat di terima oleh *wind turbine*.
5. Hasil perhitungan menunjukkan besaran lost energy secara perhitungan sebesar 42%, sedangkan actual setelah terinstal terjadi lost energy angin sebesar 82,3%.
6. Efisiensi generator hanya 18,7% dipengaruhi oleh:
 - Design blade yang kurang efisien (jumlah sudu kurang banyak, semakin banyak jumlah blade RPM akan semakin besar) contoh di dasar teori.
 - Design bracket terdapat celah sehingga menyebabkan *lost energy*.
 - Efisiensi generator dipengaruhi juga oleh konstruksi dari generator itu sendiri (jumlah lilitan dan kuat medan magnet).
7. Dari sistem pembangkit listrik tenaga angin *Cooling Tower* ini diperoleh penghematan pengeluaran biaya pembayaran listrik sebesar Rp. 660.660/tahun dan membantu menurunkan emisi CO₂ sebesar 0,416 TCO₂/tahun.
8. Langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi dan daya hasil dari turbin angin:
 - Melakukan penerapan rasio transmisi pada generator
 - Melakukan metode multi generator pada sistem rasio
 - Pemilihan generator dengan efisiensi lebih tinggi
 - Perubahan jumlah blade dari 3 blade menjadi 5 blade
 - Peningkatan lilitan dan medan magnet pada generator.
9. Dengan adanya penelitian ini dapat dibuktikan bahwa sumber energi angin dari *Cooling Tower* dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif sebagai pengganti energi listrik, yang mana juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan sumber energi yang di hasilkan yaitu dapat mengurangi emisi TCO₂ yang menyebabkan pencemaran lingkungan.
10. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan teknologi, model bisnis baru, integrasi sumber energi terbarukan, dan

pengembangan kebijakan yang mendukung energi terbarukan. Dengan terus mengembangkan ide ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pencapaian tujuan keberlanjutan energi dan penanganan perubahan iklim secara global.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 30–36. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3648>
- [2]. Adi Sayoga, I. M., Wiratama, I. K., Mara, M., & Catur, A. D. (2014). PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE TERHADAP AERODINAMIK PERFORMAN PADA RANCANGAN KINCIR ANGIN 300 Watt. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 103–109. <https://doi.org/10.29303/d.v4i2.59>
- [3]. Huda, R. M., & Rizianiza, I. (2017). *Effect of Tip Speed Ratio on Power Generated Prototype of Horizontal Axis Wind Turbine with Three Blades*. 126–129.
- [4]. Jain, A., Shankar, S., & Vanitha, V. (2018). Power generation using Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) based variable speed wind energy conversion system (WECS): An overview. *Journal of Green Engineering*, 7(4), 477–504. <https://doi.org/10.13052/jge1904-4720.742>
- [5]. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/bauran-energi-indonesia-masih-didominasi-batu-bara-pada-2022>
- [6]. <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>
- [7]. <https://sdgs.bappenas.go.id/dashboard/>
- [8]. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Pusat Data dan Informasi Sumber Daya Mineral dan Energi, 2008. Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia, Jakarta.