

# OPTIMISASI DAYA PEMBANGKIT PADA WINDBELT GENERATOR DENGAN METODE *PERTURB & OBSERVE (P&O)*

Achmad Rizky<sup>1</sup>, Sujono<sup>2</sup>, Nifty Fath<sup>3</sup>, Nazori Az<sup>4</sup>, Suwasti Broto<sup>5</sup>  
Program Studi Teknik Elektro: Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

<sup>1</sup>[1752500213@student.budiluhur.ac.id](mailto:1752500213@student.budiluhur.ac.id)

<sup>2</sup>[sujono@budiluhur.ac.id](mailto:sujono@budiluhur.ac.id)

<sup>3</sup>[nifty.fath@budiluhur.ac.id](mailto:nifty.fath@budiluhur.ac.id)

<sup>4</sup>[nazori@budiluhur.ac.id](mailto:nazori@budiluhur.ac.id)

<sup>5</sup>[suwasti.broto@budiluhur.ac.id](mailto:suwasti.broto@budiluhur.ac.id)

## ABSTRAK

Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi energi alternatif pengganti energi fosil karena ramah lingkungan dan tidak menghasilkan emisi karbon. Energi baru terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam yang tersedia di bumi dalam jumlah yang besar, salah satu contoh pemanfaatan energi angin. Perlu dikembangkan energi angin menjadi energi listrik. Windbelt generator merupakan salah satu yang dapat memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik. Windbelt dapat memanfaatkan gerak atau getaran pita yang tertiuip oleh angin kemudian menggerakkan magnet yang berada di dekat kumparan dan menginduksi kumparan tersebut sehingga menghasilkan arus listrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi besat GGL induksi dari sebuah windbelt generator yaitu : ukuran pita, ukuran magnet, jumlah lilitan kumparan, dan kecepatan angin. Agar daya yang dihasilkan windbelt tetap berada pada titik maksimum meskipun dengan kecepatan angin yang berubah-ubah maka diperlukan sebuah sistem Maksimum Power Point Tracking (MPPT). Oleh karena itu penelitian ini dirancang sebuah sistem MPPT dengan menggunakan metode Perturb & Observe (P&O) dengan cara mengendalikan ketegangan (tension) pita berdasarkan tegangan keluaran windbelt. Nilai rata-rata yang dihasilkan oleh windbelt generator sebesar 1,67 Volt pada pengujian sistem tanpa beban. Pada pengujian sistem menggunakan beban tegangan keluaran dari windbelt generator mengalami penurunan yang drstis karena arus yang dihasilkan sangat kecil sehingga tidak mampu untuk melewati beban.

Kata kunci: EBT; MPPT; P&O; Windbelt; Generator

## ABSTRACT

New and Renewable Energy (EBT) is an alternative energy to replace fossil energy because it is environmentally friendly and does not produce carbon emissions. Renewable energy is energy that comes from nature available on earth in large quantities, one example of the use of wind energy. It is necessary to develop wind energy into electrical energy. Windbelt generator is one that can utilize wind energy into electrical energy. The windbelt can take advantage of the motion or vibration of the ribbon blown by the wind and then move the magnet near the coil and induce the coil to produce an electric current. Several factors that affect the magnitude of the induced emf of a windbelt generator are: the size of the tape, the size of the magnet, the number of turns of the coil, and the wind speed. In order for the power generated by the windbelt to remain at its maximum point even with changing wind speeds, a Maximum Power Point Tracking (MPPT) system is needed. Therefore, this study designed an MPPT system using the Perturb & Observe (P&O) method by controlling the tension of the band based on the windbelt output voltage. The average value generated by the windbelt generator is 1.67 Volts in the no-load system test. In testing the system using a load, the output voltage from the windbelt generator experienced a drastic decrease because the current generated was so small that it was unable to pass through the load.

Keywords: EBT; MPPT; P&O; Windbelt; Generator

## I. PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan (EBT) merupakan energi yang berasal dari alam yang tersedia dalam jumlah yang besar, yaitu: matahari, angin, air dan sebagainya [1]. Penggunaan energi baru terbarukan sebagai pengganti energi fosil sangat diperlukan karena energi baru terbarukan termasuk ramah lingkungan yang tidak menghasilkan emisi karbon. Untuk itu perlu dikembangkan sumber energi listrik yang dapat diperbaharui diantaranya yaitu energi angin. Energi angin dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan kincir angin. Untuk membuat kincir angin memerlukan biaya yang tidak sedikit dan wilayah dengan kecepatan angin yang lebih dari 5 m/s [2]. Menurut data dari kementerian ESDM Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan. Salah satu potensinya yaitu energi angin dengan potensi sebesar 60,6 Gigawatt [3]. Sebagai inoasi pengembangan energi angin dengan berkecepatan rendah namun tetap menghasilkan daya listrik yang optimal yaitu *windbelt* generator. *Windbelt* generator merupakan teknologi yang dikembangkan oleh Shawn Frayne[4]. *Windbelt* memanfaatkan gerak atau getaran pita yang tertiuip oleh angin sehingga menggerakkan magnet yang berada di dekat kumparan dan menginduksi kumparan tersebut sehingga menghasilkan arus listrik.

Pada jurnal yang membahas tentang perancangan sistem *tracking* panel surya *single axis menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT)* berdasarkan metode *perturb & Observe (P&O)*. metode *Perturb & Observe (P&O)* yaitu *perturb* yang berarti mengubah dan *observe* berarti menghitung perubahan daya akibat *perturb* sebelumnya [5]. Dimana dengan MPPT tersebut bertujuan untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan. Hasil dari pengujian menunjukan bahwa panel surya yang bekerja dnegan motor juga MPPT dengan algoritma P&O dapat bekerja dengan baik. Efisiensi daya yang dihasilkan mampu mencapai 86,5% [6].

Pada jurnal yang membahas tentang pemanfaatan *windbelt* sebagai mikro generator. Metode penelitian dengan cara mencoba variasi kecepatan angin, ketegangan (*tension*) pita, lebar pita, panjang pita, ukuran magnet, posisi magnet, diameter kawat. Hasil dari pengujian ini mendapatkan parameter *windbelt* dengan ukuran pita (1 m x 12mm), posisi magnet 12 cm, kecepatan angin 12 m/s, ketegangan pita 1.244 N menghasilkan tegangan keluaran sebesar 21 Volt, 346,08 mW. Sedangkan daya keluaran pada kecepatan angin 6 m/s ketegangan pita 0.816 N sebesar 82.02 mW dan 4 m/s ketegangan pita 0.612 N sebesar 24.54 mW [7].

Pada jurnal yang membahas mengenai perancangan sebuah *windbelt* sebagai mikro generator pembangkit listrik dalam skala yang kecil. Untuk mendapatkan rancangan *windbelt* yang optimal maka harus meperhatikan beberapa faktor yaitu: Panjang pita, kecepatan angin, jumlah lilitan kumparan dan ukuran magnet. Hasil dari pengujian

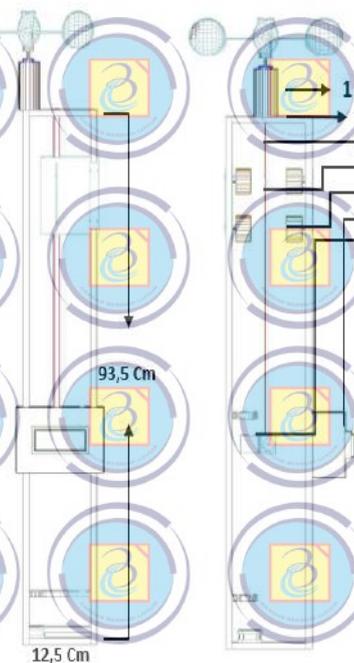
ini mendapatkan rancangan *windbelt* dengan nilai optimasi terbaik dengan menggunakan pita ukuran 60 cm x 20 mm, ukuran magnet dengan diameter 18 mm x 2 mm, 2000 lilitan kumparan dan kecepatan angin 4 m/s. dengan setup *windbelt* tersebut mendapatkan tegangan keluaran sebesar 5 Volt dengan arus 146 mA serta daya sebesar 0,73 mW [8].

Untuk penelitian terhadap *windbelt* generator sebelumnya yang membahas sistem MPPT dan *windbelt* oleh karena itu dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem *windbelt* generator dengan cara mengoptimisasikan tegangan (*tension*) pita menggunakan metode *perturb & observe* untuk mendapatkan hasil keluaran yang maksimal dengan cara mengendalikan ketegangan pita secara otomatis berdasarkan hasil tegangan keluarannya.

## II. RANCANGAN SISTEM

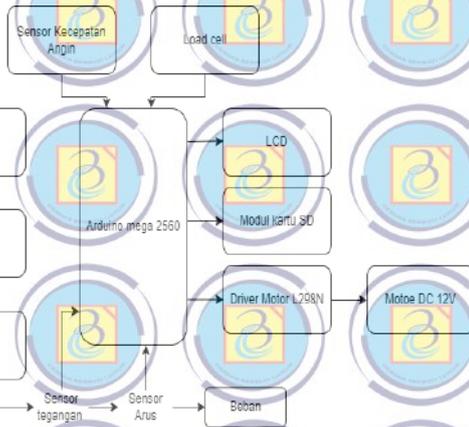
### A. Konstruksi Windbelt Generator

Konstruksi *windbelt* generator memiliki dimensi 93,5 Cm x 12,5 CM x 12,5 CM. dengan Panjang pita 72 Cm. Pada bagian paling atas rangka terdapat sensor kecepatan angin (1) sebagai pengukur kecepatan angin, disamping sensor kecepatan angin terdapat sensor *load cell* (2) sebagai pengukur ketegangan (*tension*) pita, dibawah sensor *loadcell* terdapat pita (3) yang diberi dua pasang magnet (4), kumparan yang berada diantara pita yang terbentang (5), pada bagian tengah rangka terdapat box kontrol (6), yang didalamnya terdapat sensor INA219 sebagai pengukur tegangan dan arus, *rectifier*, HX711, *driver* motor L298N, modul kartu SD dan LCD 20x4. Dibelakang box kontrol terdapat Motor DC (7) yang berfungsi sebagai penggerak *tension* pita seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Konstruksi Windbelt Generator

### B. Diagram Blok Sistem



Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 2 dapat dijelaskan prinsip kerja dari sistem optimisasi daya pembangkit pada *windbelt* generator dengan metode *perturb & observe* (P&O), yaitu ketika pita berisolasi maka generator akan menghasilkan energi listrik dengan arus AC. Kemudian arus AC diubah menjadi arus DC oleh *rectifier* / penyearah, sensor arus dan sensor tegangan berfungsi sebagai mengukur daya yang dihasilkan oleh *windbelt* generator. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pusat pengendali keseluruhan sistem dan tempat algoritma *perturb & observe* diprogram di dalamnya. Algoritma P&O ini bekerja dengan cara membandingkan daya yang dihasilkan sebelumnya dengan data yang dihasilkan saat ini dan menentukan tindakan yang harus dilakukan agar bisa mencapai titik daya yang maksimal yang mampu dihasilkan *windbelt* generator.

Untuk mencapai titik daya yang maksimal, sistem optimisasi ini melakukan proses pengaturan ketegangan (*tension*) pita menggunakan sebuah aktuator berupa motor DC 12 V. sensor kecepatan angin berfungsi untuk mengukur kecepatan angin yang berhembus. LCD digunakan untuk menampilkan daya *output* yang dideteksi oleh sensor dan modul kartu SD digunakan untuk menyimpan data untuk keperluan analisa data.

### C. Perhitungan GGL induksi Pada Windbelt Generator

Dalam merancang sebuah *windbelt* generator, diawali dengan melakukan perhitungan untuk mengetahui besar tegangan induksi yang dihasilkan oleh *windbelt* generator menggunakan persamaan. Dalam merancang sebuah *windbelt* harus memperhatikan beberapa faktor yaitu: kuat medan magnet, jumlah lilitan pada kumparan, serta penempatan magnet terhadap kumparan. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung GGL induksi pada *windbelt* generator jika diketahui:

- Jumlah lilitan (N) = 3000 lilit
- Frekuensi getaran pita (f) = 50 Hz

- Luas penampang kumparan (A) =  $7,08 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
- Kuat medan magnet (B) = 0,041 Tesla

Besar GGL induksi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \epsilon &= 4,44 \times N \times f \times A \times B \quad (1) \\ &= 4,44 \times 3000 \times 50 \times 7,08 \times 10^{-4} \times 0,041 \\ &= 19,33 \text{ Volt} \end{aligned}$$

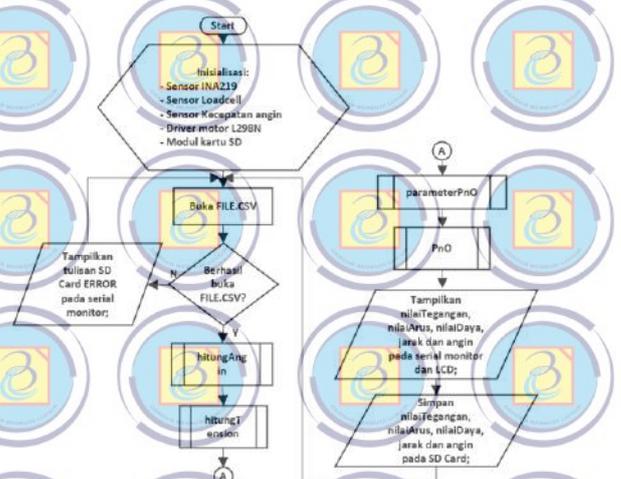
Karena konstruksi *windbelt* yang menepatkan magnet diantara kedua kumparan saat pita sedang berisolasi, persentase fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan tidaklah maksimal. Jika persentase fluks magnet yang dihasilkan kumparan sebesar 10% maka besar GGL induksi pada kumparan menjadi:

$$\epsilon = 19,33 \times 0,1 = 1,933 \text{ volt}$$

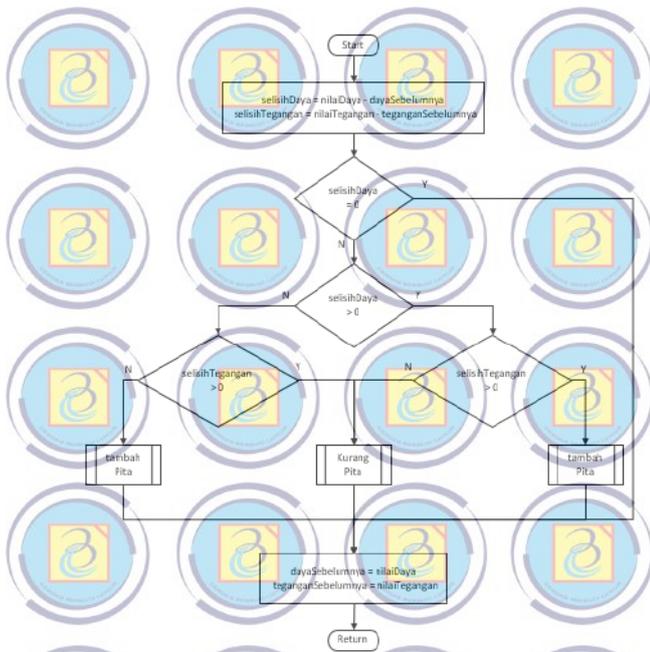
Maka dari *windbelt* yang dirancang dapat menghasilkan induksi sebesar 1,933 Volt per kumparannya.

### D. Diagram Alir Sistem

Pada gambar 3 dapat dijelaskan bahwa alur kerja sistem dari *windbelt* generator diawali dengan melakukan inialisasi terhadap semua perangkat yang terhubung langsung pada Arduino Mega 2560. Kemudian menuliskan dan membuka *file* dengan format .CSV, jika *file* .CSV berhasil dibuka, kemudian akan menjalankan hitungAngin, hitungTension, parameterPnO dan PnO. Kemudian menampilkan semua hasil yang terukur oleh sensor pada LCD dan menyimpan pada kartu SD. Lalu kembali untuk melakukan proses membuka *file* .CSV. Namun jika *file* .CSV tidak berhasil terbuka, maka akan menampilkan tulisan "Kartu SD ERROR" pada LCD dan *serial monitor* di PC.



Gambar 3 Diagram Alir Sistem



Gambar 4 Diagram Alir Sub-sub Program P&O

### E. MPPT Pada Windbelt Generator

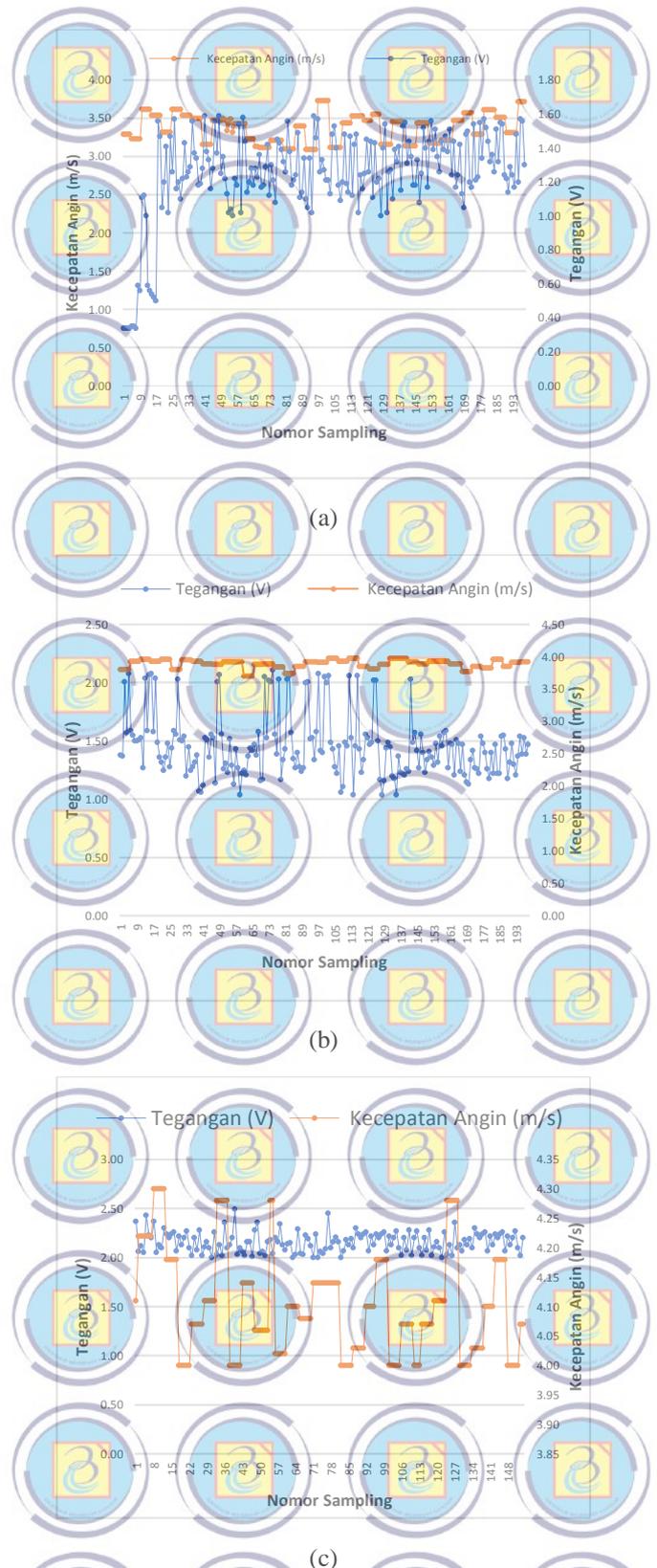
Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa MPPT P&O pada *windbelt* diawali dengan mencari selisih daya sebelumnya dengan daya saat ini dan mencari selisih tegangan. Apabila selisih daya sama dengan nol maka tidak perlu melakukan pengendalian, sedangkan selisih daya yang terukur tidak sama dengan nol, maka sistem akan mengukur selisih tegangan. Hasil dari selisih tegangan menjadi penentu apakah ketegangan pita *windbelt* akan ditambah atau dikurang agar mencapai titik daya yang maksimal. Kemudian menyimpan parameter selisih daya dan selisih tegangan yang digunakan sebagai acuan proses berikutnya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengujian sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja optimisasi daya keluaran pada *windbelt* generator dengan metode P&O. pengujian ini dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi keseluruhan sistem tanpa beban dan keseluruhan sistem menggunakan beban resistor dengan nilai hambatan 560 Ohm. Pengujian ini menggunakan sumber angin yang berasal dari kipas angin dengan 3 mode kecepatan angin.

### A. Pengujian Keseluruhan Sistem Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan menggunakan kipas angin yang memiliki tiga mode kecepatan yaitu rendah, sedang dan tinggi. Selanjutnya mengatur jarak kipas angin dengan rangka sejauh 25 Cm. Dilakukan pengukuran tegangan keluaran setelah melewati *rectifier*/penyearah agar tegangan dapat terukur menggunakan sensor INA219. Selanjutnya menyimpan data pada modul kartu SD. Grafik hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 5a, 5b dan 5c.



Gambar 5 Grafik Pengujian Sistem Dengan Mode Kecepatan (a) Rendah, (b) Sedang, (c) tinggi

Berdasarkan grafik hasil pengujian sistem tanpa beban diketahui nilai rerata tegangan yang dihasilkan oleh *windbelt* dari setiap mode kecepatan angin dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

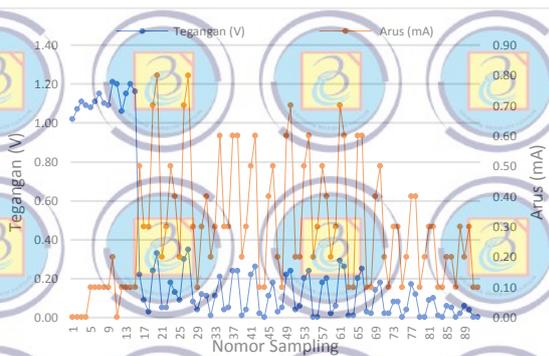
Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban

No	Angin (m/s)	Ketegangan Pita (N)	Tegangan (V)
1	3,43	0,81	1,31
2	3,88	0,91	1,46
3	4,12	0,93	2,16

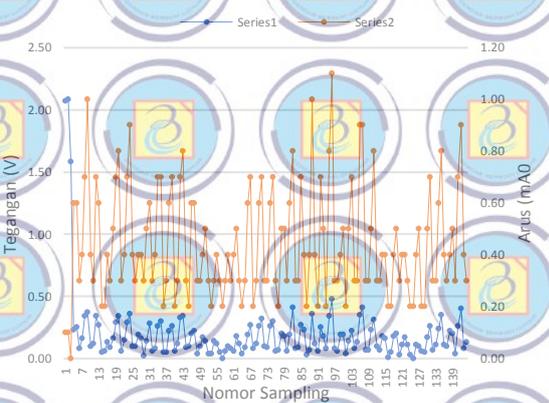
Berdasarkan tabel 1 didapatkan hasil rerata pengujian sistem tanpa menggunakan beban. Mode kecepatan kipas angin rendah didapatkan tegangan tertinggi 1,59 Volt dengan kecepatan angin 3,73 m/s dengan ketegangan pita 1,39 N. Mode kecepatan angin sedang mendapatkan tegangan tertinggi 2,11 Volt dengan kecepatan angin 3,98 m/s dengan ketegangan pita 1,41 N. Mode kecepatan angin tinggi didapatkan tegangan tertinggi sebesar 2,49 Volt dengan kecepatan angin 4,30 m/s pada ketegangan pita 1,29 N.

**B. Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Beban**

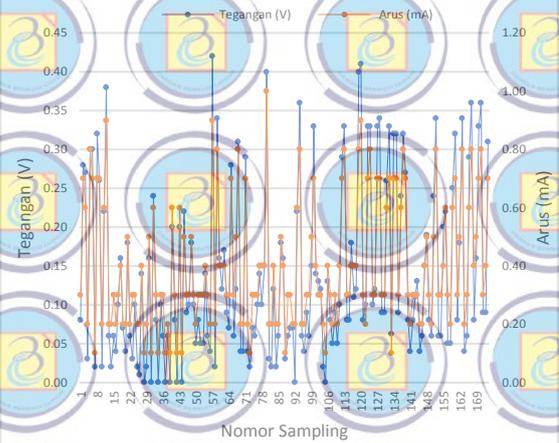
Pengujian ini dilakukan menggunakan sumber angin yang memiliki tiga mode kecepatan angin yaitu rendah, sedang dan tinggi. Menggunakan beban berupa resistor 560 Ohm. Grafik hasil pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 6a, 6b dan 6c.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Sistem Dengan Kecepatan Angin (a) Rendah, (b) Sedang dan (c) Tinggi

Berdasarkan grafik hasil pengujian sistem menggunakan beban diketahui nilai rerata tegangan yang dihasilkan oleh *windbelt* dari setiap mode kecepatan angin dapat ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Menggunakan Beban

No	Angin (m/s)	Ketegangan Pita (N)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	3,38	0,96	0,10	0,34
2	3,88	1,00	0,16	0,45
3	4,12	1,73	0,14	0,40

Setelah dilakukan pengujian sistem menggunakan beban resistor 560 Ohm dapat dilihat hasil nilai rerata pada tabel 2. Telah terjadi penurunan tegangan keluaran secara drastis pada *windbelt*, penurunan tegangan dapat terjadi karena arus yang dihasilkan kumparan *windbelt* sangat kecil sehingga tidak dapat melewati beban. Kapasitas daya yang lemah terjadi karena perubahan fluks magnet yang kecil dan kumparan *windbelt* yang menghasilkan arus yang sangat kecil.

**IV. KESIMPULAN**

Hasil dari pengujian sistem tanpa menggunakan beban dapat disimpulkan bahwa semakin besar angin yang berhembus maka akan semakin tinggi juga tegangan yang dihasilkan oleh *windbelt* generator. Sedangkan pengujian keseluruhan sistem menggunakan beban resistor 560 Ohm dapat disimpulkan bahwa arus yang dihasilkan oleh *windbelt* generator tidak cukup untuk melewati beban yang membuat tegangan keluaran mengalami penurunan yang drastis. Sistem yang sudah dirancang belum bisa bekerja dengan efektif pada kedua kondisi karena daya yang dihasilkan kecil.

## REFERENSI

- [1] "Energi Baru Terbarukan (EBT) / Renewable Energy (Download Gratis Materi PDF)," 2022. <https://el.iti.ac.id/energi-baru-terbarukan-ebt-renewable-energy-download-gratis-materi-pdf/> (accessed Jun. 06, 2022).
- [2] H. Kurniadi, A. D. Yuliani, I. A. Khairunnisa, S. S. Putri, E. Wardoyo, and I. R. Nugraheni, "Survei Penempatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Di Tanah Laut Berdasarkan Citra Radar Banjarmasin," *Pros. SNFA (Seminar Nas. Fis. dan Apl.*, vol. 4, p. 129, 2019, doi: 10.20961/prosidingsnfa.v4i0.35920.
- [3] DEN, "Issn 2527-3000," p. 9, 2019.
- [4] N. Untoro, "Karakterisasi Windbelt Sebagai Generator Listrik," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 4, pp. 295–299, 2014, [Online]. Available: <http://ejnteti.jteti.ugm.ac.id/index.php/JNTEETI/article/view/417/338>.
- [5] E. Tridiyanto and T. R. Widcaksono, "Maximum Power Point Tracking dengan Algoritma Perturb and Observation untuk Turbin Angin," *Setrum*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [6] I. Winarno and L. Natasari, "Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2017, no. November, pp. 1–9, 2017.
- [7] V. A. Vinayan, T. C. Yap, and Y. I. Go, "Design of Aeroelastic Wind Belt for Low-Energy Wind Harvesting," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 268, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/268/1/012069.
- [8] M. Hidayat and E. Suseno, "Pembuatan Generator Mikro Windbelt Dengan Optimasi Parameter Pita Dawai Dan Magnet," *Youngster Phys. J.*, vol. 5, no. 3, pp. 123–130, 2016.