



**PENGARUH SUDUT INLET DAN KECEPATAN ANGIN  
TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN  
OLEH PEMANEN ENERGY HYBRID  
KINCIR ANGIN MINI DAN PIEZOELEKTRIK**

**SKRIPSI**

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

**KOKOM KOMALASARI**

**172110091**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA  
2022**

## **PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok , 10 Desember 2022

Mahasiswa,



**Kokom Komalasari**

NIM. 172110091

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

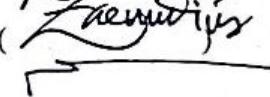
Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Kokom Komalasari  
NIM : 172110091  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : PENGARUH SUDUT INLET DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH PEMANEN ENERGI HYBRID KINCIR ANGIN MINI DAN PIEZOELEKTRIK

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Pengaji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

### DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Adhes Gamayel, Ph.D.



Pembimbing 2 : Mohamad Zaenudin, S.Pd., M. Sc.Eng. (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 10 Desember 2022

## HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Kokom Komalasari  
NIM : 172110091  
Program Studi : Teknik mesin  
Judul Skripsi : PENGARUH SUDUT INLET DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH PEMANEN ENERGY HYBRID KINCIR ANGIN MINI DAN PIEZOELEKTRIK

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

### DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Ayu Nurul Haryudiniarti, S.T., M.T.



Penguji 2 : Sinta Restuasih, S.T., M.T.



Penguji 3 : Yasya Khalif Perdana Saleh, S.T., M.Sc.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Desember 2022

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak, Adhes Gamayel, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I JGU;
- (2) Bapak, Adhes Gamayel, S.T, M.T, selaku wakil rektor 1 JGU;
- (3) Ibu, Sinka Wilyanti, S.T, M.T, selaku Dekan Teknik JGU;
- (4) Bapak, Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikirannya unntuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (5) Bapak, Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng Kaprodi JGU;
- (6) Orang tua, dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral ;
- (7) Roddyka Gustiana Dan Raihana Wardatul Humairah, Suami dan Anak saya yang selalu menjadi motivasi saya untuk menyelesaikan skripsi ini;
- (8) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membala segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok , 10 Desember 2022  
Penulis

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kokom Komalasari  
NPM : 172110091  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (None-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

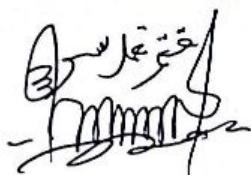
### **PENGARUH SUDUT INLET DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH PEMANEN ENERGY HYBRID KINCIR ANGIN MINI DAN PIEZOELEKTRIK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan,mengali media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 10 Desember 2022

Yang menyatakan



**Kokom Komalasari**  
NIM.172110091

## ABSTRAK

Piezoelektrik adalah sebuah alat yang dapat memanen energi berupa listrik ketika mengalami defleksi, dan bisa juga mengalami perubahan dimensi akibat adanya perubahan tekanan atau gaya tarik yang dialami piezoelektrik tersebut. Dimensi piezoelektrik yang kecil dan tipis menyebabkan defleksi yang kecil dihasilkan oleh piezoelektrik, itulah kelemahan yang dimiliki oleh piezoelektrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran potensi energi listrik yang dihasilkan oleh pemanen energi dengan sistem hybrid kincir angin mini dan juga piezoelektrik. Penelitian ini dilakukan dengan metode nyata, didalam terowongan angin yang dipasangi bluff body dengan sudut, serta sudu kincir angin mini yang dipasangi karet (rubber) sebagai area kontak untuk menimbulkan tumbukan pada piezoelektrik yang dilapisi sirip. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah sudut inlet angin  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ , dan  $60^\circ$  dan kecepatan angin 6 m/s, 7 m/s, dan 8m/s. Piezoelektrik dan kincir angin mini dipasang pada terowongan angin dengan bluff body yang membentuk sudut inlet  $40^\circ$  dilengkapi penyearah aliran listrik (rectifier), dan sebuah kapasitor sebagai penyimpan arus sementara. Pengukuran energi listrik menggunakan sistem akuisisi data yaitu DATAQ, dan dilakukan selama 60 detik pada pengujian arus AC dan juga arus DC. Hasil pengujian tegangan listrik tertinggi pada metode arus AC dengan menggunakan sudut  $40^\circ$ , dan sirip 6 mm dengan sudu 0,5 mm, Kecepatan angin 8 m/s yaitu sebesar 12,67 volt. Dan hasil pengujian yang didapatkan voltase tertinggi pada metode arus DC yaitu sebesar 11,44 volt. Kecepatan angin, sudut terowongan, sudu area kontak pada kincir angin dan besarnya dimensi sirip sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh alat pemanenan energi ini. Semakin kecil sudut kecepatan angin yang dipengaruhi oleh dinding sudut pada terowongan lebih luas, sehingga membuat tumbukan antara sirip dengan sudu menumbuk area kontak secara menyeluruh dan membuat lendutan yang dihasilkan oleh sirip lebih kuat.

**Kata kunci:** Pemanen energi sistem *hybrid*, Piezoelektrik, *rectifier*, *rubber*, *sudut*

## ABSTRACT

*Piezoelectric is a device that can harvest energy in the form of electricity when it experiences deflection, and can also change dimensions due to changes in pressure or tensile force experienced by the piezoelectric. The small and thin dimensions of the piezoelectric cause a small deflection produced by the piezoelectric, which is the weakness of the piezoelectric. The purpose of this study is to determine the amount of potential electrical energy generated by energy harvesters with a hybrid system of mini windmills and also piezoelectric. This research was carried out using a real method, in a wind tunnel which was fitted with a bluff body with an angle, as well as mini windmill blades which were fitted with rubber (rubber) as a contact area to cause collisions on the piezoelectric which was covered with fins. The independent variables in this study were wind inlet angles of 40°, 50° and 60° and wind speeds of 6 m/s, 7 m/s and 8m/s. Piezoelectric and mini windmills are installed in a wind tunnel with a bluff body that forms an inlet angle of 40° equipped with a rectifier and a capacitor as a temporary current storage. Electrical energy measurement uses a data acquisition system, namely DATAQ, and is carried out for 60 seconds on testing AC currents and also DC currents. The results of the highest voltage test were on the AC current method using an angle of 40°, and 6 mm fins with a 0.5 mm blade. The wind speed was 8 m/s, which was 12.67 volts. And the test results obtained the highest voltage in the DC current method, which is 11.44 volts. Wind speed, tunnel angle, contact area blades on the windmill and the dimensions of the fins greatly affect the voltage generated by this energy harvesting device. The smaller the wind speed angle which is affected by the wider corner walls of the tunnel, thus making the collision between the fin and the blade hit the contact area as a whole and making the deflection produced by the fin stronger.*

**Keywords:** Hybrid system energy harvester, Piezoelectric, rectifier, rubber, angle

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	iv
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS.....</b>	v
<b>ABSTRAK .....</b>	vi
<b>ABSTRACT .....</b>	vii
<b>DAFTAR ISI.....</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	5
2.1 Penelitian Terkait Pemanfaatan Piezoelektrik .....	5
2.2 Piezoelektrik.....	12
2.2.1 Bahan Piezoelektrik .....	13
2.2.2 Prinsip Kerja Teknologi Piezoelektrik.....	14
2.2.3 Implementasi Teknologi Piezoelektrik .....	16
2.3 Kincir angin.....	17
2.3.1. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT).....	18
2.3.2 Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) .....	19
2.3.3 Energi angin .....	19

2.3.4 Generator.....	23
2.3.5 Generator AC (Alternator) .....	25
2.3.6 Generator DC .....	26
2.4 Kantilever.....	27
2.4.1 Karakteristik Cantilever .....	28
2.5 Sudut .....	29
2.5.1 Sudut .....	30
2.5.2 Jenis-jenis Sudut .....	30
2.5.3 Hubungan antar Sudut.....	31
2.5.4 Hubungan Antar Sudut apabila Dua Garis Sejajar.....	32
2.5.5 Sudut-Sudut Dalam Berseberangan (sama besar).....	32
2.5.6 Sudut Dalam Sepihak.....	32
2.5.7 Sudut Luar Sepihak.....	32
2.5.8 Sudut bertolak belakang (sama besar).....	33
2.6 Saluran Inlet (Pengambilan) dan Saluran Outlet (Pembuangan) .....	33
2.7 Hukum Bernoulli.....	34
2.8 Penyearah atau Rectifier .....	35
2.8.1 Resistor .....	36
2.8.2 Kapasitor .....	37
2.8.3 Dioda.....	37
2.8.4 Transformator.....	38
2.9 Energi Mekanik.....	39
2.9.1 Energi Potensial .....	39
2.9.2 Energi Kinetik .....	39
2.9.3 Energi Mekanik.....	40
2.10 Kekuatan .....	40

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	42
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	42
3.2 Variabel Penelitian .....	43
3.2.1 Variabel Bebas .....	43
3.2.2 Variabel Terikat .....	43
3.2.3 Variabel Terkontrol.....	43
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	44
3.4 Skema Penelitian.....	45
3.4.1 Skema Instalasi Alat Penelitian.....	45
3.4.2 Variasi Sudut Inlet Angin.....	46
3.5 Rancangan Pengolahan Data.....	47
3.6 Analisis Data Berdasar Grafik .....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	48
4.1 Hasil Pengukuran Kecepatan Angin .....	48
4.2 Hasil Pengujian Pengaruh Sudut Inlet Angin.....	49
4.2.1 Pengujian Metode Arus AC Pada Kecepatan Angin 6 m/s.....	49
4.2.2 Peangujian Metode Arus AC Pada Kecepatan Angin 7 m/s .....	53
4.2.3 Pengujian Metode Arus AC Pada Kecepatan Angin 8 m/s.....	57
4.2.4 Pengujian Metode Arus DC Pada Kecepatan angin 6 m/s.....	61
4.2.5 Pengujian Metode Arus DC Pada Kecepatan angin 7 m/s.....	63
4.2.6 Pengujian Metode Arus DC Pada Kecepatan angin 8 m/s .....	65
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	68
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	69
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	71

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kata "piezoelektrik" berasal dari bahasa Latin piezein yang berarti "hancur" dan piezo yang berarti "ditekan". Benda piezoelektrik pertama kali ditemukan oleh Jacques dan Pierre Curie pada tahun 1880. Kata piezo berarti berat atau tekanan, artinya efek piezoelektrik yang terjadi ketika arus listrik dihasilkan oleh suatu benda berada di bawah tekanan berat mesin. Elemen piezoelektrik memiliki beberapa keunggulan penting dibandingkan mekanisme deteksi lainnya. Pertama dan terpenting, perangkat menghasilkan tegangan sendiri. Oleh karena itu, elemen ini tidak memerlukan catu daya eksternal untuk beroperasi (Wijanto, dkk., 2018)

Perangkat piezoelektrik sangat berguna dalam aplikasi di mana konsumsi daya sangat terbatas. Efek piezo juga memiliki aturan penskalaan menarik yang berguna untuk perangkat kecil. Kelemahan utama dari penginderaan piezoelektrik ini adalah sensitivitasnya hanya baik untuk sinyal yang berubah seiring waktu. Penginderaan piezoelektrik tidak dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kepekaan terhadap besaran statis. Namun, dengan adanya sinyal yang berubah terhadap waktu, penggunaan perangkat deteksi piezoelektrik harus dipertimbangkan secara serius.

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pemanfaatan piezoelektrik dalam energi alternatif seperti, pengaruh bentuk penampang *bluff body* terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik (Asep, dkk 2022). Pemasangan piezoelektrik pada trampolin (Gamayel, dkk. 2020). Pemanfaatan piezoelektrik pembangkit energi listrik dengan tenaga ombak (Chahyo, dkk. 2019). Pengukuran tegangan listrik dari piezoelektrik penambahan *bluff body* segitiga (Kasum, dkk. 2018). Energi listrik menggunakan piezoelektrik dengan pengujian sistem pengubahan energi suara (Wijayanto. 2018). Piezoelektrik *model hybridsolar cell* (Diniardi, dkk. 20018).

Pengaruh sudut serang terhadap kinerja turbin angin heliks gorlov dengan penambahan curveplate ( Faadhil, dkk 2018). Sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil (Nawawi, dkk,2017). Prototipe alat penghasil listrik dari piezoelektrik (Madia, 2017). Analisa pengaruh variasi bentuk sudu, sudut serang dan kecepatan arus pada turbin arus tipe sumbu vertikal terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin (Oktavianto,dkk 2017). Piezoelektrik sebagai penghasil energi listrik dari sepatu (Maulana. 2016). Polisi tidur menghasilkan energi listrik menggunakan piezoelektrik (Yulia, dkk. 2016). Analisa sudut serang bilah pada turbin angin sumbu horizontal enam bilah datar sebagai penggerak pompa (Wardoyo, dkk 2016). Berdasarkan beberapa hasil penelitian di atas, maka perlu dilakukan kegiatan penelitian dan penelitian yang berkesinambungan terhadap alat pemanen energi piezoelektrik, untuk meningkatkan hasil tegangan yang lebih maksimal.

Penelitian lebih lanjut berkembang untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan oleh elemen piezoelektrik. Salah satunya adalah pemanen angin baru disajikan, yang didasarkan pada getaran dan derap yang diinduksi pusaran. Ada beberapa peneliti yang menggunakan mekanisme ini seperti, pemanfaatan energi suara menjadi energi listrik dengan bahan piezo elektrik memanfaatkan energi tekanan tambahan yang berasal dari angin untuk kawasan industri output hasil lebih tinggi pada kecepatan angin 5m/s dibandingkan pada kecepatan angin 4m/s yaitu 0,53V dan 39,6 $\mu$ Ax (Juanaldo, dkk 2021).

Fenomena *vortex – induced vibration* (VIV) menggunakan batang kantilever dan *bluff body*. Hasil output tertinggi 0,1 mW pada kecepatan angin 1,192 m/s (Akaydin, dkk 2012). Memanfaatkan fenomena VIV dengan bluff body yang dihubungkan dengan empat coil spring. Hasil menunjukkan mekanisme yang diuji bekerja optimal pada kecepatan angin 3,3 – 4,6 m/s (correa, dkk 2014). Piezoelektrik pada sistem kantilever dengan penambahan *bluff body* diperoleh energi listrik yang terbesar 0,034 mV dengan kecepatan aliran udara 2 m/s (Gamayel, 2017).

Berdasarkan dari beberapa penelitian diatas mengenai pemanfaatan pemanen enegi piezoelektrik dengan translasi energi angin berdasarkan getaran yang di induksi pusaran. Sangat jarang ditemukan penelitian tentang pemanen energi hybrid kincir angin mini dan piezoelektrik dengan menggunakan sudut inlet angin.

Peneliti memicu pada penelitian (Oktavianto,dkk 2017). Analisa pengaruh variasi bentuk sudu, sudut serang dan kecepatan arus pada turbin arus tipe sumbu vertikal terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin, dan (Akaydin, dkk 2012) Fenomena *vortex – induced vibration* (VIV) menggunakan batang kantilever *dan bluff body*.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, maka dari itu peneliti fokus melakukan penelitian tentang hybrid dengan kincir angin yang menimbulkan pola aliran fluida, pada penumbukan piezoelektrik. Untuk menentukan daerah yang memiliki kecepatan fluida tertinggi akibat pemasangan *kincir angin dan sudut inlet angin*. Piezoelektrik dipasang pada daerah yang memiliki kecepatan aliran fluida tertinggi, agar dapat menghasilkan tegangan listrik yang maksimal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai *kincir angin mini , sudut inlet angin*, piezoelektrik dan variasi kecepatan angin yang di timbulkan dari blower untuk mendapatkan tegangan listrik yang maksimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh sudut inlet dan kecepatan angin terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh pemanen energy hybrid kincir angin mini dan piezoelektrik ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk meneliti pengaruh sudut inlet terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh pemanen energi hybrid kincir angin mini dan piezoelektrik.
2. Untuk mengamati pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh pemanen energy hybrid kincir angin mini dan piezoelektrik.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan mempunyai dampak positif untuk semua pihak antara lain sebagai berikut:

- A. Peneliti : Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang potensi energi listrik yang dihasilkan pada pengaruh sudut inlet angin yang dipakai pada pemanen energi hybrid kincir angin mini dan piezoelektrik.

- B. Mahasiswa : Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan serta menambah wawasan mahasiswa untuk berinovasi mengenai energi terbarukan.
- C. Masyarakat : Hasil penelitian ini dapat diwujudkan menjadi benda yang bermanfaat dalam sistem energi baru terbarukan dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari menjadi sumber energi baru dan menghemat energi yang ada.

### 1.5 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang ada, maka penelitian ini perlu adanya batasan masalah pada beberapa hal sebagai berikut :

1. Pieoelektrik yang digunakan adalah jenis piezo-keramik PZT (plumbum zirconate-Titanate) dengan ukuran  $80 \times 33$  mm.
2. Kincir angin terbuat dari plastik PP (Polypropylene) dengan diameter 100 mm dan lebar sudut 60 mm dan area kontak yang terbuat dari *rubber* 0,5 mm dan dihubungkan dengan generator DC type RK370.
3. Untuk variasi kecepatan angin, karena kecepatan maksimal blower adalah 8 m/s, sedangkan kecepatan terendah untuk memutar kincir angin adalah 6 m/s maka diambil batasan masalah pada kecepatan angin sebesar 6 m/s, 7 m/s dan 8 m/s.
4. Sudut inlet yang digunakan yaitu  $40^\circ$ ,  $50^\circ$  dan  $60^\circ$ . Karena semakin kecil sudut kecepatan angin yang digunakan maka semakin luas dinding sudut yang mengalami penyempitan pada terowongan angin, sehingga membuat angin yang keluar pada sudut inlet lebih kencang dan menyebabkan tumbukan antara sirip dengan sudut menumbuk area kontak secara menyeluruh dan membuat lendutan yang dihasilkan oleh sirip lebih kuat

## DAFTAR PUSTAKA

- Ade, R. H. (2020). Prototipe Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Pijakan Kaki Manusia Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif, (Vol. 5, pp. 220-225).
- Alminda, D., Dermawan, E., Diniardi, E., & Ramadhan, A. I. (2016). Pengujian desain model piezoelektrik pvdf berdasarkan variasi tekanan. *Prosiding Semnastek*.
- Gamayel, A. (2017, November). Pengaruh Bentuk Bluff Body Terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan Piezoelektrik dengan Sistem Kantilever. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoka* (Vol. 2, pp. E1-E5).
- Gamayel, A. dan Octavianus, G. (2021). Tutorial Ansys Workbench Untuk Bidang Mekanikal. Jilid 1. Media Sains Indonesia. Kota Bandung.
- Gamayel, A., Mulyana, F., & Sunardi, A. (2020). Pengaruh ketinggian bola jatuh terhadap tegangan listrik yang dihasilkan trampolin sebagai pemanen energi dengan pemasangan piezoelektrik. In *Prosiding Seminar NasionalTeknoka*.
- Gamayel, A. (2017) "Panen Energi Menggunakan Piezoelektrik Sistem Kantilever dengan Penambahan Bluff Body." *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 6, No. 4, , hlm.273-276.
- Hasibuan, J. A., Ekaputri, C., & Sasmono, S. (2021). Perancangan Prototipe Konversi Energi Suara Menjadi Energi Listrik Dengan Bahan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Tekanan Tambahan Yang Berasal Dari Angin Untuk Kawasan Industri. *eProceedings of Engineering*,
- Hasibuan, J. A., Ekaputri, C., & Sasmono, S. (2021). Perancangan Prototipe Konversi Energi Suara Menjadi Energi Listrik Dengan Bahan Piezoelektrik Memanfaatkan Energi Tekanan Tambahan Yang Berasal Dari Angin Untuk Kawasan Industri. *eProceedings of Engineering*, 8(5).
- Ibrahim, F. (Ed.). (2013). *Bahan dan Perangkat Piezoelektrik: Praktik dan Aplikasi*. Direksi-Buku Sesuai Permintaan.

- Karyasa, T. B.(2011). Dasar – dasar Getaran Mekanik. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Kasum, K., Mulyana, F., & Gamayel, A. (2018). Piezoelektrik sebagai pemanen energi dengan penambahan bluff body segitiga. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(2), 747-752.
- Shaputra, C., & Rasyid, R. (2019). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 8(4), 342-347.
- Supriadi, A., Gamayel, A., & Ariyansah, R. (2022). Pengaruh Bentuk Penampang Bluff Body Persegi, Belah Ketupat, Dan Segitiga Terhadap Tegangan Listrik Yang Dihasilkan oleh Piezoelektrik. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(2),19-25.