

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK
PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE
CANTILEVER BEAM**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



DISUSUN OLEH :

CAHRUDIN

NIM: 30601700009

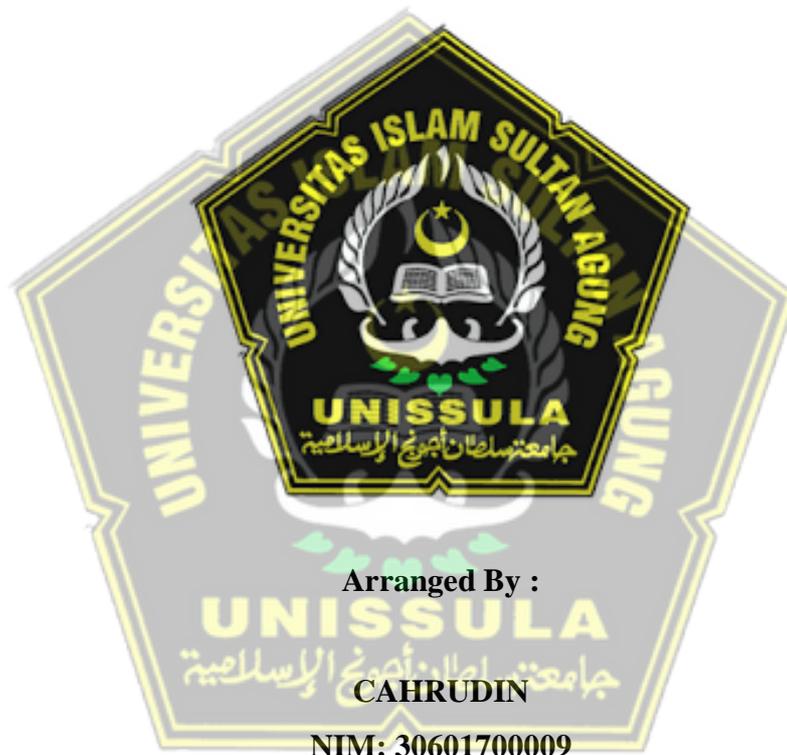
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

FINAL PROJECT

***DESIGN OF A PROTOTYPE PIEZOELEKTRIC POWER PLANT
USING THE CANTILEVER BEAM METHOD***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)
at Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung*



Arranged By :

CAHRUDIN

NIM: 30601700009

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE CANTILVER BEAM**" ini disusun oleh:

Nama : CAHRUDIN
NIM : 30601700009
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Senin
Tanggal : 25 April 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


Eka Nuryanto Budisusila, ST.,MT
NIDN : 0619107301


Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT
NIDN : 0619076401

UNISSULA

Mengetahui,
Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Purni Hapsari, S.T.,MT
NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE CANTILVER BEAM**” ini telah dipertahankan didepan penguji dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Senin

Tanggal : 25 April 2022

TIM PENGUJI

Anggota I



Dr. Ir. H. Muhammad Haddin, MT.
NIDN : 0618066301

Anggota II



Jenny Putri Hapsari, ST., MT
NIDN : 0607018501

Ketua Penguji



Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN : 210616054

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cahrudin
NIM : 30601700009
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul **“RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE CANTILEVER BEAM”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, April 2022



Cahrudin

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cahrudin

NIM : 30601700009

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Ciseureuh, RT 02/01, Kec.Ketanggungan, Kab.Brebes

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul :
**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK
PIEZOELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE CANTILVER BEAM.**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukuk yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, April 2022

Yang Menyatakan



Cahrudin

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

Allah SWT yang telah memberikan keberkahan dan kemudahan, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir saya dengan lancar.

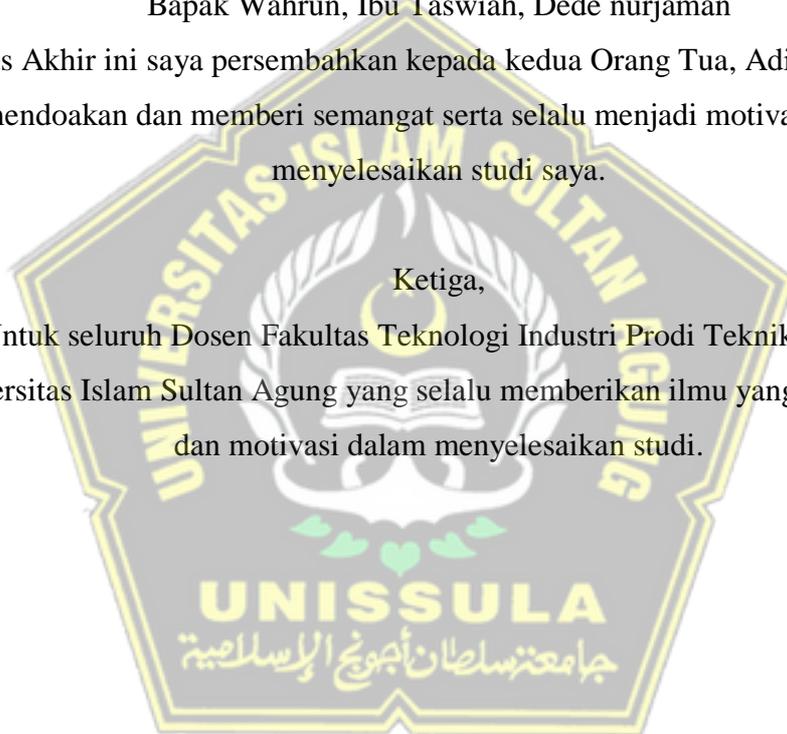
Kedua,

Bapak Wahrun, Ibu Taswiah, Dede nurjaman

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua Orang Tua, Adik saya yang terus mendoakan dan memberi semangat serta selalu menjadi motivasi saya dalam menyelesaikan studi saya.

Ketiga,

Untuk seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi dalam menyelesaikan studi.



HALAMAN MOTTO

“Sekeras apapun batu tetap akan tergerus dengan air yang membasahnya setiap saat walaupun tetes demi tetes”

(Cahrudin)

“Barang siapa yang tidak bisa menahan rasa lelahnya belajar, maka dia akan menanggung rasa perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“Jadilah seperti pohon besar yang kuat ketika diterpa badai dan jadilah seperti padi yang berisi ketika diberi kenikmatan”

(Azam firdaus)



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Rasa syukur penulis kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat. Shalawat serta Salam tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin ya Yaa Robbaalalamin.

Penyusun Tugas Akhir ini adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan jazaakumullah khoiron katsiroh dan terimakasih yang tiada hingganya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.Hum selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj.Novi Marlyana, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Eka Nuryanto Budisusila, ST., MT dan Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua Bapak Wahrun dan Ibu Taswiah yang saya cintai, akan senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, perhatian, kesabaran,

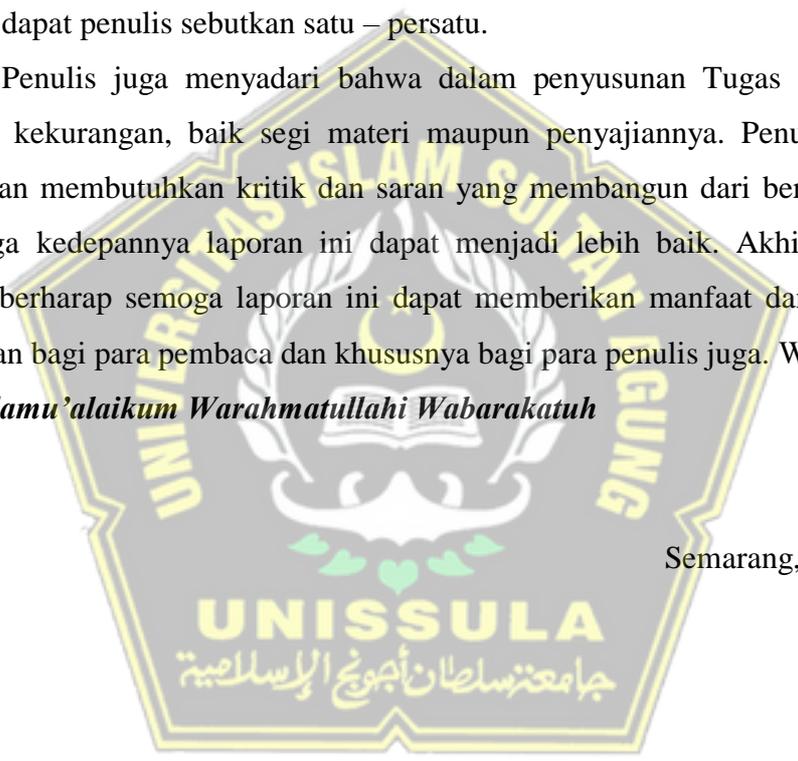
dan kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

7. Kepada teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2017 yang senantiasa memberikan keceriaan, dukungan, semangat, dan doa.
8. Kepada Sahabat – sahabat saya ndaru,adzik,amal,taufik,eko,dedi,tomo dan hajir yang telah menjadi teman dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Tidak lupa pula kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu, mendukung, dan mendoakan dalam penyusunan Tugas Akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan, baik segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan membutuhkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepannya laporan ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis sangat berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi para penulis juga. Wallahu'lam.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, April 2022



Cahrudin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
FINAL PROJECT	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Perancangan	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5

2.2.	Landasan Teori	6
2.2.1	Listrik	6
2.2.2	Besaran-besaran listrik	6
2.2.3	Cantilever Beam	8
2.2.4	Teori Piezoelektrik	9
2.2.5	Boost (Step Up) Converter	14
2.2.6	Gaya pegas	14
2.2.7	Getaran	15
2.2.8	Hukum Hooke dan Elastisitas	16
2.2.9	Penyearah Regulator dan Voltage Doubler	19
2.2.10	Kapasitor	21
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN.....		22
3.1	Deskripsi Umum.....	22
3.2	Perancangan prototype pembangkit listrik piezoelektrik	22
3.2.1.	Perencanaan Perangkat Keras (Hardware).....	22
3.2.2.	Perancangan Elektronik	25
3.3	Deskripsi Tugas Akhir /Flow Chart	28
3.4	Langkah Penelitian	29
BAB IV DATA DAN ANALISA		30
4.1.	Hasil Pembuatan Prototipe	30
4.1.1.	Hasil Prototipe.....	30
4.1.2.	Hasil pengambilan data	33
4.1.3.	Hasil perhitungan prototipe cantilever dan prototipe papan biasa ..	42
4.2.	Analisa.....	44
BAB V PENUTUP.....		48

5.1	KESIMPULAN	48
5.2	SARAN.....	48
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafk hubungan Daya Aktif, Reaktif dan Daya Nyata	8
Gambar 2. 2 Cantilever beam.....	9
Gambar 2. 3 koordinat polarisasi material piezo	10
Gambar 2. 4 Efek piezoelektrik	11
Gambar 2. 5 Persamaan Piezoelektrik	12
Gambar 2. 6 Boost (Step Up) Converter	14
Gambar 2. 7 rangakain boost (step up) converter	14
Gambar 2. 8 Pertambahan panjang pegas	15
Gambar 2. 9 Mekanisme pegas	15
Gambar 2. 10 Panjang pegas bertambah.....	17
Gambar 2. 11 (a) Pertambahan panjang gas.....	18
Gambar 2. 12 (b) Kemiringan grafik.....	18
Gambar 2. 13 Penyearah jembatan.....	19
Gambar 2. 14 Rangkaian dioda zener sebagai regulator tegangan	20
Gambar 2. 15 Rangkaian menggunakan kapasitor.....	21
Gambar 3. 1 Rancang prototipe piezoelektrik.....	23
Gambar 3. 2 Rancang shacker / besotan	23
Gambar 3. 3 Rancang papan piezoelektrik dan cantilever beam	24
Gambar 3. 4 Rangkaian Seri Piezoelektrik	25
Gambar 3. 5 Rangkaian Paralel Piezoelektrik.....	25
Gambar 3. 6 Skema Rangkaian.....	26
Gambar 3. 7 Stuktur Piezoelektrik	26
Gambar 3. 8 Skema Rectifier	27
Gambar 3. 9 Flowcart alur tugas akhir	28
Gambar 4. 1 Prototipe piezoelektrik menggunakan metode kantilever beam	30
Gambar 4. 2 Prototipe Tampak Belakang	31
Gambar 4. 3 Prototipe Piezo Metode Papan	31
Gambar 4. 4 Hasil perancangan piezoelektrik	32
Gambar 4. 5 Hasil Perancangan rectifier	32

Gambar 4. 6 Hasil Perancangan Penyimpanan energi	32
Gambar 4. 7 Pengukuran Rangkaian Seri Prototipe Papan Biasa Menggunakan Multimeter.....	33
Gambar 4. 8 Pengukuran Rangkaian Paralel Prototipe Papan Biasa Menggunakan Multimeter.....	33
Gambar 4. 9 Pengukuran Prototipe Cantilever Beam Menggunakan Multimeter	34
Gambar 4. 10 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 3 kg.	36
Gambar 4. 11 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 6 kg.	36
Gambar 4. 12 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 10 kg.	37
Gambar 4. 13 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 3 kg.	37
Gambar 4. 14 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 6 kg	37
Gambar 4. 15 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 10 kg.	37
Gambar 4. 16 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 3 kg.....	38
Gambar 4. 17 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 6 kg.....	38
Gambar 4. 18 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 10 kg.....	38
Gambar 4. 19 Pengukuran Tegangan Pada Titik 1,2, dan 3 pada Rangkaian Penyimpanan.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Sheet Piezoelektrik	13
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Prototipe 1 dan 2 Tanpa Menggunakan Rangkaia.....	34
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tegangan Pada Rangkaian Penyimpanan Menggunakan Multimeter Pada Titik 1	40
Tabel 4. 3 Hasil Tegangan Hitung, Tegangan Ukur dan Galat	43



ABSTRAK

Abstrak – Listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting baik untuk masyarakat umum maupun untuk perindustrian. Tetapi seiring berkembangnya jaman energi fosil semakin terbatas dan banyak terjadi efek negatif terutama pada lingkungan. Maka untuk meminimalkannya, penulis merancang prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam dengan media pijakan manusia. Selain permasalahan tersebut penulis ingin mengetahui pengaruh dari cantilever beam dibandingkan dengan metode papan biasa.

Metode cantilever beam merupakan plat yang dijepit dan pada ujung plat tersebut diberi beban, sehingga ketika terkena tekanan plat akan mengayun dan beban pada ujung plat tersebut akan mengenai piezoelektrik yang dibawahnya.

Hasil dari prototipe cantilever beam yaitu prototipe dapat menekan piezoelektrik lebih dari satu kali, tetapi beban yang menempel pada cantilever ringan sehingga daya yang dihasilkan sangat kecil walaupun dengan beban yang berat. Sementara prototipe papan biasa menghasilkan daya besar karena beban langsung mengenai piezoelektrik. Daya listrik yang didapat dari prototipe cantilever dengan beban 3 kg, 6 kg, dan 10 kg adalah 0,03 V, 0,15 V, 0,4 V dengan arus 0,1 A. sementara untuk prototipe papan biasa yang dirangkai seri menghasilkan tegangan 2,93 V, 17,72 V, 28,38 V dengan arus 0,33 A, 1,26 A, 1,79 A.

Kata Kunci : Energi terbarukan, Piezoelektrik, Cantilever beam

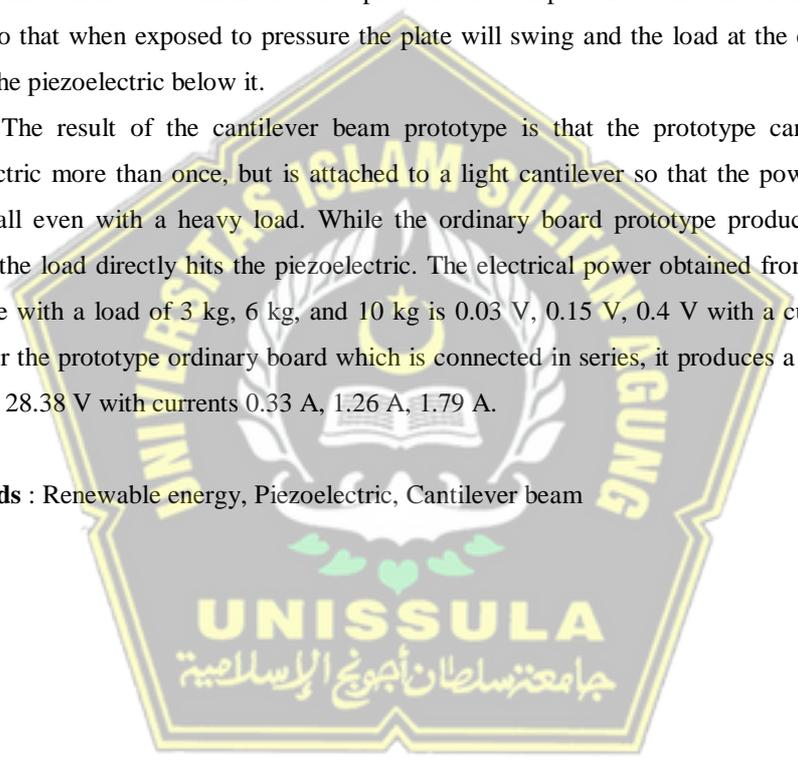
ABSTRACT

Abstract – Electricity is a very important need both for the general public and for industry. But along with the development of the era of fossil energy is increasingly limited and many negative effects occur, especially on the environment. So to make it, the author designed a piezoelectric power plant using the cantilever beam method with human footing media. In addition to these problems, the writer wants to know what effect the cantilever beam has compared to the ordinary plank method.

The cantilever beam method is a plate that is clamped and at the end of the plate is given a load, so that when exposed to pressure the plate will swing and the load at the end of the plate will hit the piezoelectric below it.

The result of the cantilever beam prototype is that the prototype can compress the piezoelectric more than once, but is attached to a light cantilever so that the power generated is very small even with a heavy load. While the ordinary board prototype produces large power because the load directly hits the piezoelectric. The electrical power obtained from the cantilever prototype with a load of 3 kg, 6 kg, and 10 kg is 0.03 V, 0.15 V, 0.4 V with a current of 0.1 A. While for the prototype ordinary board which is connected in series, it produces a voltage 2.93 V, 17.72 V, 28.38 V with currents 0.33 A, 1.26 A, 1.79 A.

Keywords : Renewable energy, Piezoelectric, Cantilever beam



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting saat ini baik untuk masyarakat umum maupun untuk perindustrian. Sebenarnya banyak sekali tuntutan yang tak terbatas terutama untuk porsi energi namun semakin berkembangnya jaman sumber energi fosil semakin terbatas, sekarang telah terciptanya isu global untuk sumber energi masa depan dikarenakan sumber energi fosil semakin hari semakin menipis dan banyak terjadi efek negatif terutama pada lingkungan.

Untuk meminimalkan efek negative yang disebabkan oleh penggunaan sumber daya alam yang digunakan pembangkit listrik seperti pencemaran lingkungan dan efek rumah kaca maka digunakanlah suatu sistem energi masa depan/terbarukan. Salah satu manfaat energi terbarukan yaitu dapat menghasilkan daya yang lumayan besar dan dapat meminimalkan konsumsi sumber daya alam. Keinginan untuk dapat menghemat energi merupakan hal yang dapat menghasilkan dampak positif yang signifikan untuk jangka panjang.

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu membahas tentang prototipe pembangkit energi listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam yang dapat digunakan untuk peralatan dengan konsumsi energi rendah. Salah satu keunggulan metode cantilever beam adalah dapat menekan piezoelektrik lebih dari satu kali, sehingga listrik yang didapatkan lebih maksimal. Selain itu banyak barang-barang elektronik yang menggunakan energi rendah dan sebagian besar didukung oleh energi baterai. Salah satu kasus yang pernah terjadi yaitu kehabisan daya saat mereka berada ditempat umum tanpa listrik untuk diisi.

Pembangkit listrik energi terbarukan ini diusulkan dengan pijakan kaki dengan metode cantilever beam yang nantinya dapat menghasilkan energi listrik. Sumber energi listrik ini didapatkan dengan konversi energi kinetik yang dihasilkan dari gerakan manusia dengan menggunakan pengaturan mekanik dan sistem pemanenan piezoelektrik secara bersama-sama dengan manajemen daya yang efisien digunakan untuk mengisi baterai. Sehingga konsumen bisa menghemat energi listrik yang digunakan dari sumber energi listrik yaitu dengan aktivitas sehari-hari walaupun tidak harus khawatir tentang masa pakai baterai dalam instrumen elektronik.

Pembangkit listrik energi terbarukan yang dibuat tidak dapat membuat perubahan yang besar khususnya pada sumber daya alam yang melimpah, akan tetapi dapat meminimalkan sumber energi listrik yang digunakan dan dapat digunakan untuk barang elektronik dengan tenaga kecil. Perancang membuat prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam dengan memanfaatkan suatu gerakan manusia. Prototype yang dimaksud sebagai pengembangan dan pengujian saja.

1.2.Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diterangkan diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara membuat suatu prototype pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam.
- b. Bagaimana pengaruh dari cantilever beam sebagai media tekanan pada prototype pembangkit listrik energi tekanan.
- c. Berapakah daya listrik yang didapat dari prototype pembangkit listrik energy tekanan dengan pembebanan yang bervariasi.

1.3.Batasan Masalah

Agar dapat lebih mudah dan mendalam terkait perancangan maka batasan masalah yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Perancangan ini memakai piezoelektrik yang berbahan keramik (PZT).
2. Perancangan ini memberikan beban yang bervariasi pada prototype pembangkit listrik piezoelektrik.
3. Perancangan ini berfokus pada metode cantilever beam sebagai desain perancangan penekan piezoelektrik.

1.4. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Membuat prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam.
2. Menghasilkan efek dari metode cantilever beam pada prototype pembangkit listrik piezoelektrik.
3. Menghasilkan daya listrik yang didapat dari prototype pembangkit listrik piezoelektrik dengan pembebanan yang bervariasi.

1.5. Manfaat

Beberapa manfaat dari perancangan yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Sebagai perkembangan dari prototype pembangkit listrik piezoelektrik sebelumnya.
2. Sebagai bentuk upaya terhadap pengurangan sumber energi fosil yang dipakai pada pembangkit listrik lainnya.
3. Sebagai upaya untuk mengurangi efek negative seperti pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembangkit listrik.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan Proposal Tugas akhir ini yaitu menggunakan sistematika penulisan agar dapat memperjelas pemahaman terhadap materi yang dijadikan objek pelaksanaan Tugas Akhir. Adapun sistematika penulisannya sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan jurnal-jurnal yang mendukung dengan judul prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam dan landasan teori yang digunakan sesuai dengan judul diatas sehingga dapat membangun dalam melakukan perancangan yang akan dilakukan.

BAB III : METODE PERANCANGAN

Bab ini berisikan perencanaan dan pembuatan prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam atau desain yang akan dibuat agar mendapatkan hasil yang maksimal, serta akan dilakukan pengujian dan pengambilan data yang dihasilkan oleh prototipe tersebut yaitu berupa tegangan dan arus.

BAB IV : DATA DAN ANALISA

Pada bab ini yaitu berisi data hasil pengujian dari prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam dan juga analisa dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada prototipe tersebut.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari laporan tugas akhir dan saran untuk menyempurnakan laporan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa perancangan yang terkait dengan judul “Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Piezoelektrik Menggunakan Metode Cantilever Beam” antara lain:

- a. Polisi Tidur menggunakan Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. Dimana penelitian ini memanfaatkan waste vibration energi pada pembangkit listrik berbasis piezoelektrik dari suatu gerakan kendaraan bermotor. Dalam penelitiannya tersebut saat diberi masukan 60 kali lindsan bermotor pada polisi tidur berbasis piezoelektrik dapat menghasilkan daya listrik sekitar 2.166mWh dengan efisiensi nilai 2.87 % dengan masukan manual [1].
- b. Prototipe Alat Penghasil Listrik Dari tekanan Mekanik Berbasis Piezoelektrik. Dimana dalam penelitiannya membahas tentang pembuatan prototipe alat penghasil listrik dari tekanan mekanik dengan konfigurasi rangkaian seri dan parallel serta pengaruh pembebanan tekanan yang bervariasi. Dalam pengujiannya menggunakan 2 objek yaitu menggunakan beban manusia dan beban selain manusia, untuk beban menggunakan manusia dengan rangkaian seri menghasilkan tegangan rata-rata 3,867 v – 10,366 v dengan berat 20 kg -55 kg dan beban selain manusia menghasilkan tegangan 0,093 v – 1,33 v dengan berat 1 kg- 5 kg. Dan untuk beban menggunakan manusia dengan rangkaian parallel menghasilkan tegangan rata-rata 2,23 v – 4,6 v dengan berat 20 kg -55 kg dan beban selain manusia menghasilkan tegangan 0,196 v – 0,503 v dengan berat 1 kg- 5 kg [2].

- c. Studi Elektrik Travel Bag Solar Dan Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik Portabel Bersekala Mikro. Dalam penelitiannya yaitu untuk memaksimalkan fungsi dan performa prototipe elektrik travel bag. Hasil pengujian yang telah dilakukan pada *solar cell polycrystalline* mampu menghasilkan tegangan 18 V dari pukul 11.00 -14.00 WIB dengan nilai tegangan 19,44 V dan arus 36,2 mA, sementara hasil pengujian pada piezoelektrik rangkaian seri dengan berat 5 kg menghasilkan tegangan 2,670 V dengan arus 0,007 A dan pada piezoelektrik rangkaian parallel dengan berat 5 kg menghasilkan tegangan 3,82 V dengan arus 0,004 A [3].
- d. Rancang Bangun Sistem Energi Harvesting Diruang Bising Menggunakan Piezoelektrik Array. Dalam penelitiannya yaitu menggunakan teknik pemanenan energi dengan memanfaatkan sumber energi dari kebisingan mesin winder di sebuah pabrik pemintalan benang menggunakan piezoelektrik array yang berjumlah 24 dengan rangkaian seri. Penujian prototipe dilakukan diruangan dengan tingkat kebisingan 5,8 dBA, keluaran rancang bangun tersebut menghasilkan sinyal dengan nilai amplitudo maksimum 3,32 Vpp untuk frekuensi 50,42 Hz dan daya maksimum 0,45 mili Watt pada daya terukur 0,16 mW [4].

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Listrik

Salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia yaitu energi listrik dan sudah banyak dimanfaatkan terutama pada alat-alat elektronik. Sumber energi listrik didapatkan dari berbagai macam energi seperti: energi panas, energi angin, energi gerak, energi air, dan energi-energi lainnya [2].

2.2.2 Besaran-besaran listrik

1. Tegangan listrik

Tegangan Listrik adalah perpindahan muatan listrik dari tempat satu ketempat lainnya. Tegangan listrik di ukur menggunakan voltmeter,

tegangan listrik bisa disebut beda potensial listrik di karenakan ukuran perbedaan titik satu dan titik yang kedua mengalami perbedaan [5].

2. Hambatan listrik

Semua penghantar listrik terbuat logam ataupun metal. Tetapi ada salah satu komponen elektronika yang dapat menghambat arus listrik yaitu resistor. Resistor terbuat dari arang (carbon). Resistor merupakan bahan listrik yang daya hantar listriknya rendah dikarenakan tidak memiliki electron bebas, maka dari itu electron sulit bergerak melewati atom lainnya. Untuk pengukuran nilai menggunakan alat dengan nama Ohmmeter dan satuan dari resistor adalah Ohm.

3. Arus listrik

Jumlah muatan listrik yang timbul akibat dari pergerakan electron-electron didalam suatu rangkaian listrik disebut dengan arus listrik, dan satuannya adalah ampere (A). Arus listrik biasanya diukur menggunakan amperemeter [2].

4. Daya listrik

Dalam satuan ukur atau Sistem satuan Internasional (SI) daya listrik merupakan Watt, hal tersebut ditentukan akibat perubahan energi terhadap satuan waktu dalam wujud tegangan serta arus. Tegangan jatuh pada beban (volt) dikalikan dengan arus yang mengalir melewati beban (ampere) kedua hal tersebut sama dengan daya yang diserap oleh beban setiap saat. Daya listrik dibagi menjadi 3 tipe ialah daya nyata, daya reaktif serta daya nyata [6].

1. Daya aktif (watt)

Merupakan daya yang berbentuk daya kerja semacam daya panas, mekanik, cahaya, dan sebagainya. Sehingga didapat rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (2.1)$$

2. Daya reaktif (Var)

Adalah daya yang dibutuhkan oleh perlengkapan listrik dengan sistem kerja elektromagnetis. Sehingga daya reaktif dinyatakan dalam satuan Var dengan rumus:

$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (2.2)$$

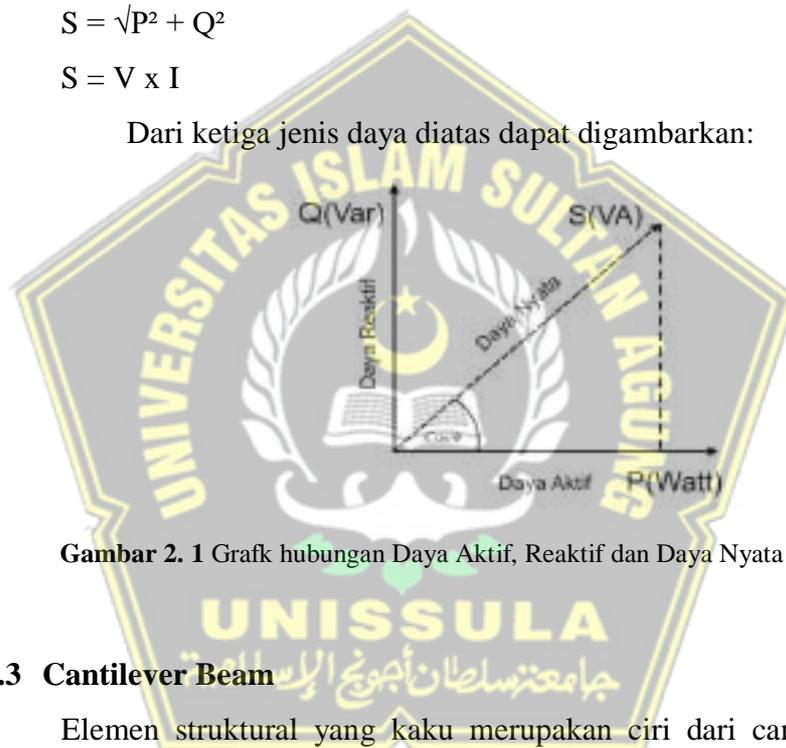
3. Daya nyata (VA)

Merupakan suatu penjumlahan vector dari daya aktif serta daya reaktif, dengan satuan VA dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.3)$$

$$S = V \times I \quad (2.4)$$

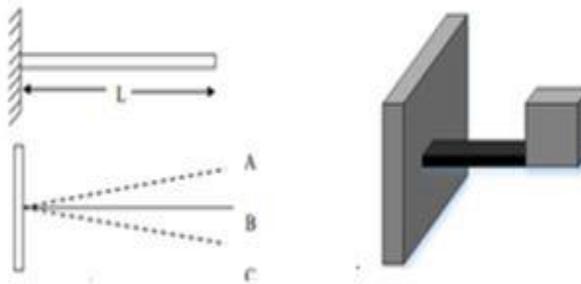
Dari ketiga jenis daya diatas dapat digambarkan:



Gambar 2. 1 Grafk hubungan Daya Aktif, Reaktif dan Daya Nyata [6]

2.2.3 Cantilever Beam

Elemen struktural yang kaku merupakan ciri dari cantilever beam, bagaikan plat atau balok yang salah satu ujungnya ditancapkan, lalu disambungkan pada salah satu penyangga dengan bentuk biasanya vertikal. Sambungan tersebut biasanya memiliki permukaan datar dan tegak lurus seperti dinding. Pada salah satu ujung cantilever beam akan diberi gaya transversal. Ketika sudah diberi gaya, maka akan dilakukan sebuah perhitungan momen ditumpuan yang dijepit dan perhitungan terhadap gaya-gaya reaksi. Pemberian gaya tersebut dapat memberikan rotasi dan defleksi pada batang [7].



Gambar 2. 2 Cantilever beam [8]

2.2.4 Teori Piezoelektrik

2.2.4.1 Piezoeletrositas

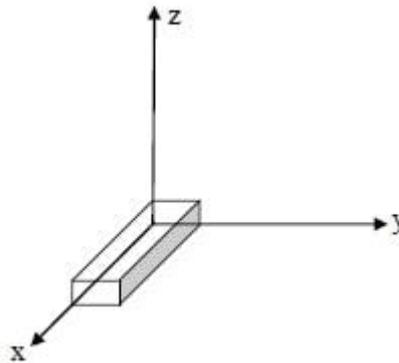
Piezoelektrisitas merupakan suatu bahan yang dapat menimbulkan muatan listrik yang disebabkan oleh sebuah gaya pada permukaan segment bahan, dan juga terjadi karena adanya distribusi muatan listrik pada sel – sel kristal pada permukaan segment bahan tersebut. Rentang nilai 1 – 100 pico coloumb/Newton merupakan koefisien muatan piezoelektrik [2].

2.2.4.2 Efek Piezoelektrik

Efek piezoelektrik merupakan suatu pengaruh yang reversible, dimana ditemukan pengaruh piezoelektrik langsung (direct piezoelektrik efek) dan pengaruh piezoelektrik balikan (sonverse piezoelektrik effect). Pengaruh piezoelektrik langsung merupakan implementasi potensial listrik dampak adanya tekanan mekanik. Sementara itu pengaruh piezoelektrik kebalikan merupakan implementasi tekanan dampak pemberian tegangan listrik, seperti Kristal *lead zirconate titanate* akan menghadapi perubahan dimensi hingga maksimal 0,1 % apabila diberi tegangan listrik. Secara simetris muatan listrik positif dan negatife pada Kristal piezoelektrik tersebar walaupun terpisah. Dan akhirnya Kristal piezoelektrik bersifat netral [8].

Secara sederhana besarnya efek piezoelektrik bisa dijelaskan menggunakan vector dari polarisasi.

$$P = P_{xx} + P_{yy} + P_{zz} \quad (2.5)$$



Gambar 2. 3 koordinat polarisasi material piezo [8]

Dari gambar 2.3 x, y, z menerangkan sebuah konvensional sistem orthogonal pada sumbu Kristal. Maka axial stress (σ) bisa dituliskan:

$$P_{xx} = d_{11} \sigma_{xx} + d_{12} \sigma_{yy} + d_{13} \sigma_{zz} \quad (2.6)$$

$$P_{yy} = d_{21} \sigma_{xx} + d_{22} \sigma_{yy} + d_{23} \sigma_{zz} \quad (2.7)$$

$$P_{zz} = d_{31} \sigma_{xx} + d_{32} \sigma_{yy} + d_{33} \sigma_{zz} \quad (2.8)$$

Koefisien piezoelektrik sepanjang sumbu orthogonal pada Kristal adalah d_{mn} . Unit per gaya atau C/N merupakan koefisien [8].

2.2.4.3 Bahan Piezoelektrik

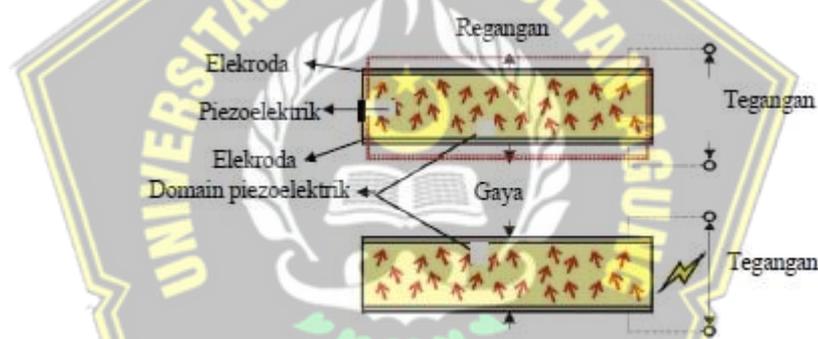
Bahan piezoelektrik merupakan salah satu material yang dapat menghasilkan medan listrik apabila terkena tekanan atau dikenai renggangan. Ataupun sebaliknya, bila suatu medan listrik diterapkan, maka material piezoelektrik akan mengalami tekanan mekanis atau regangan. Diantara bahan piezoelektrik alami yaitu: Garam Rossel, Turmalin, Kuarsa (Quartz, SiO_2) dan berlinite. Sementara untuk piezoelektrik buatan yaitu: Lead Titanate ($PbTiO_3$), Barium titanate ($BaTiO_3$), Lead Zirconium Titanate (PZT) dan lain sebagainya. Ada 3 jenis material piezoelektrik yaitu : [2]

- 1) Kristal, seperti *Gallium Orthophosphate* ($GaPO_4$), *Quartz* (SiO_2)
- 2) Keramik, seperti *Lead Zirconate Titanate* (PZT), *Barium Titanate* ($BaTiO_3$)
- 3) Polimer, seperti *Polyvinylidene Diflouride* (PVDF)

2.2.4.4 Karakteristik Bahan Piezoelektrik

Akibat dari keramik yang terpolarisasi maka terciptalah bahan Piezoelektrik sehingga menyebabkan sebagian molekul bermuatan positif dan beberapa bagian lainnya bermuatan negative. Selanjutnya elektroda-elektroda menempel pada kedua sisi yang berlawanan dan akibat dari gaya mekanik tersebut, medan listrik yang dihasilkan dapat berubah-ubah. Molekul yang terpolarisasi akan menyesuaikan dengan medan listrik disaat medan listrik tersebut melewati material, sehingga dihasilkan dipole/moment yang terinduksi dengan struktur kristal material atau molekul. Fenomena electrostriction (efek piezoelektrik) merupakan suatu penyesuaian molekul mengakibatkan material berubah dimensi [2].

Gambar 2.4 merupakan Efek dari suatu piezoelektrik



Gambar 2. 4 Efek piezoelektrik [8]

- A : Merupakan kondisi yang belum diberi medan listrik atau tekanan.
- B : Merupakan kondisi dimana telah diberi suatu medan listrik, bahan bertambah panjang.
- C : Merupakan kondisi dimana diberi medan yang berlawanan, dan bahan memendek.
- D : Merupakan kondisi dimana sudah diberi tekanan, suatu induksi polarisasi dan tegangan luar terjadi.

2.2.4.5 Aplikasi Bahan Piezoelektrik

Salah satu sifat unik yang dimiliki oleh bahan piezoelektrik yang dapat diaplikasikan terutama pada sensor dan penghasil energi listrik ialah

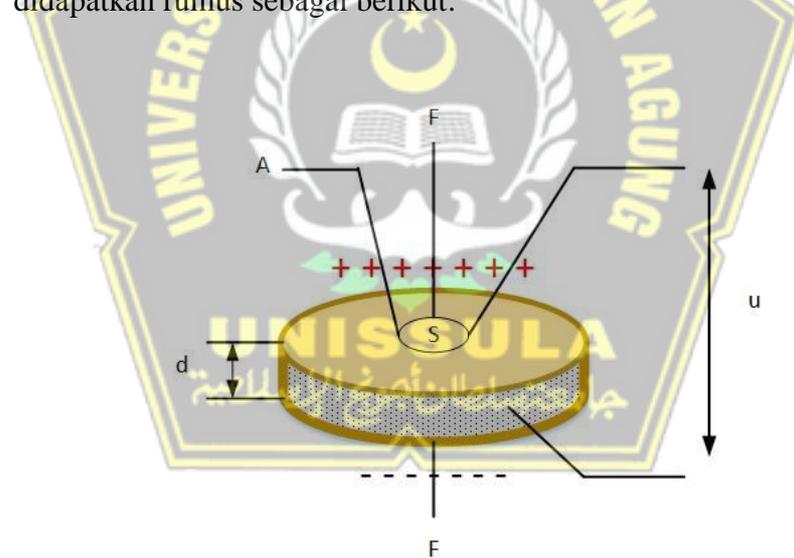
bahan polymer piezoelektrik PVdF yang digunakan sebagai (*impact force sensor*) untuk mengukur beban benturan, untuk mengukur reaksi beban dinamis (*shoes insole sensor*), mengukur beban dan deformasi yang besar (*elastic band sensor*) biasanya digunakan pada peralatan fitness untuk mengukur kekuatan tarikan anggota badan [8].

Selain contoh pengaplikasian bahan piezoelektrik diatas contoh pengaplikasian lainnya yaitu sebagai berikut:

1. Sebagai pematik rokok elektrik.
2. Sebagai actuator untuk mengatur suatu kebutuhan yang presisi contohnya adalah pada mesin printer.
3. Sebagai tranduser.

2.2.4.6 Rumus perhitungan piezoelektrik

Untuk mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan dari piezoelektrik didapatkan rumus sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Persamaan Piezoelektrik [9]

$$u = \frac{d_{33}xd}{e_{33}xA} \times F \quad (2.9)$$

- u : Voltage (V)
 F : Gaya/Gaya penumpukan (N)
 A : Luas area elektroda/Diameter (mm)

- d : Ketebalan elektroda piezo (mm)
 d33, e33 : Koefisien piezoelektrik dari bahan yang digunakan (Pc/N) yaitu 98 dan 148 (Pc/N).

Dari gambar 2.5 diatas dapat dijelaskan bahwa jumlah energi akan bertambah secara linier terhadap jumlah tegangan yang diaplikasikan. Ketika kita memberi sebuah tekanan (F) pada piezoelektrik yang lebih besar, maka tegangan yang dihasilkannya akan lebih besar pula. Tetapi hal itu tergantung dari diameter (A) dan bahan pembuatan piezoelektrik tersebut (d33, e33) [10].

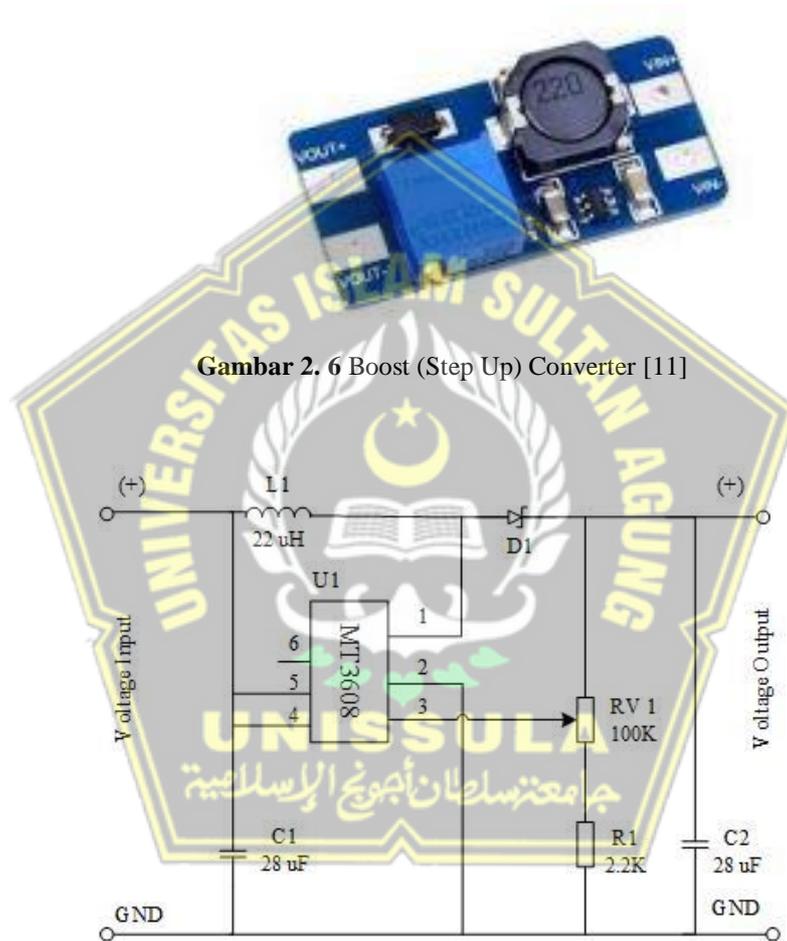
2.2.4.7 Data Sheet Piezoelektrik

Tabel 2. 1 Data Sheet Piezoelektrik

Type	7BB-20-6L0
Resonance Frequency	6.3kHz
Resonant Frequency Tolerance	± 0.6 kHz
Resonant Impedance (R1)	1000 Ω
Capacitance	10nF
Capacitance Tolerance	$\pm 30\%$
Measurement Condition of Capacitance	[1kHz]
Operating Temperature Range	-20 °C to 70 °C
Storage Temperature Range	-30 °C to 80 °C
Shape	With lead wire
Plate Size	20mm
Element Size	14mm
Plate Material	Brass
Specification of Lead Wire	AWG32
Lead Length	50mm
Drive Type	External Drive
EIAJ Part Number	PD-SU2-C20-63
Mass	844mg

2.2.5 Boost (Step Up) Converter

Boost converter yang digunakan pada prototipe ini adalah modul MT3608 yang dimana modul tersebut dapat bekerja dengan tegangan masukan dari 2 - 24 volt dan arus maksimal 2 A, selain itu modul MT3608 dilengkapi dengan variable potentiometer yang berfungsi untuk mengubah tegangan keluaran [11].

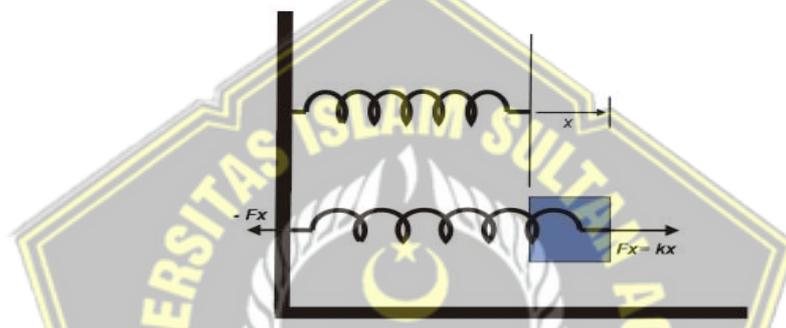


Gambar 2. 7 rangkain boost (step up) converter [11]

2.2.6 Gaya pegas

Benda lentur yang mengalami pemampatan maupun perenggangan yaitu termasuk dalam kategori benda yang memiliki sisi elastisitas. Gaya pegas merupakan gaya yang dapat kembali ke keadaan semula. Disebabkan karena dipengaruhi oleh sifat elastisitas pada benda tersebut sehingga dapat kembali ke keadaan semula.

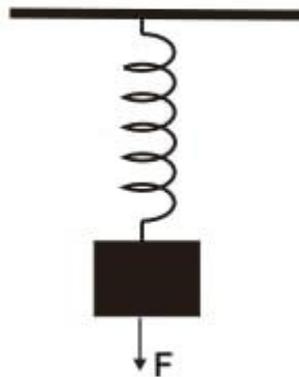
Ketika diberi gaya pada pegas maka akan dapat mengakibatkan kerengangan. Agar dapat meningkatkan gaya secara bertahap maka pada ujung pegas diperlukan gaya yang berlawanan dan sama. Bila gaya yang diterapkan pada ujung tidak bekerja maka hal tersebut disebabkan karena ujung kiri pegas tertahan. Ketika pegas mengalami pertambahan panjang maka hal tersebut disebabkan karena ujung pada pegas tersebut bekerja dan bergerak. Untuk mengembalikan pegas ke keadaan semula maka dengan melepas tarikan pada ujung pegas. Agar lebih faham terkait penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 2.8 [2].



Gambar 2. 8 Pertambahan panjang pegas [2]

2.2.7 Getaran

Getaran adalah suatu gerakan bolak-balik benda yang berulang-ulang dari posisi awalnya. Untuk menjelaskan getaran yang paling sederhana yaitu dengan mengilustrasikan suatu pegas yang diberi beban pada ujung pegas tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.9 [2].



Gambar 2. 9 Mekanisme pegas [2]

Komponen mekanik mempunyai berat dan property menyerupai pegas. Ketika tidak diberikan gaya otomatis tidak ada beban yang bergerak, yang berarti tidak ada suatu getaran. Maka dari itu getaran merupakan suatu respon yang disebabkan oleh adanya gaya dari sistem eksternal.

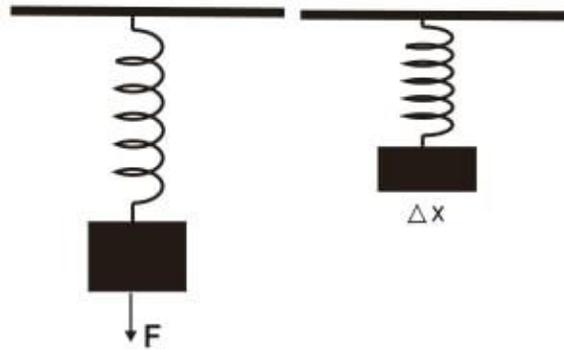
2.2.8 Hukum Hooke dan Elastisitas

2.2.8.1 Pengertian Hukum Hooke dan Elastisitas

Dua istilah yang saling berkaitan adalah Hukum Hooke dan elastisitas. Benda yang terbuat dari karet biasanya orang-orang menganalogikan dengan istilah kata elastisitas. Contoh dari teori elastisitas yaitu permen karet dan karet gelang. Ketika karet ditarik maka akan bertambah panjang hingga batas tertentu dan ketika dilepas maka akan kembali ke keadaan semula. Akan tetapi permen karet ketika ditarik maka akan bertambah panjang hingga batas tertentu dan ketika dilepas maka tidak akan kembali ke keadaan semula. Hal ini terjadi karena karet gelang merupakan benda yang bersifat elastis dan permen karet merupakan benda yang bersifat plastis. Apabila karet gelang ditarik secara terus menerus maka sifat elastisitasnya akan hilang maka perlunya kejelian untuk membedakan mana yang plastis dan elastis.

Teori elastisitas menyimpulkan bahwa suatu kemampuan benda yang dapat mengembalikan kebentuk semula setelah gaya pada benda tersebut dihilangkan. Batas elastis yaitu suatu benda tidak dapat kembali ke bentuk semula dikarenakan gaya yang diberikan terlalu besar terhadap benda tersebut. Beda lainnya dengan teori elastisitas, Robert Hooke memperkenalkan sebuah gagasan yaitu hukum hooke yang meneliti tentang hubungan antara gaya yang bekerja terhadap benda elastis/pegas agar benda tersebut dapat kembali ke bentuk semula.

Dari teori Hukum Hooke diatas menyimpulkan bahwa jumlah gaya yang terbatas dapat menghilangkan sifat elastis benda dan tidak melewati batas elastisnya pada benda [2].



Gambar 2. 10 Panjang pegas bertambah [2]

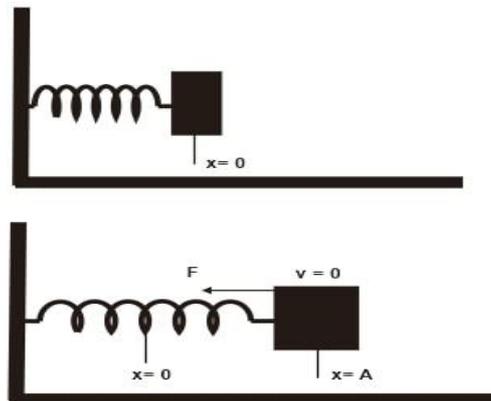
2.2.8.2 Konsep Hukum Hooke dan Elastisitas

Bunyi Hukum Hooke yaitu:

“Jika gaya tarik yang diberikan pada sebuah pegas tidak melampaui batas elastis bahan maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus/sebanding dengan gaya tariknya”.

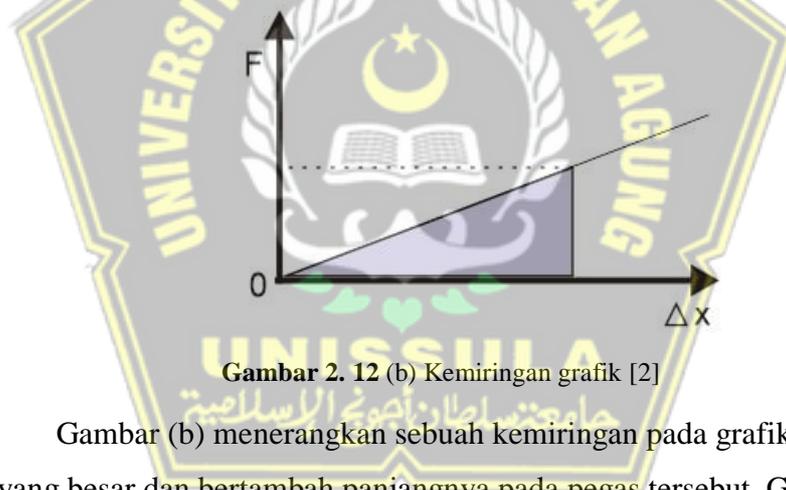
Apabila gaya yang diberikan pada benda elastisitas terlalu besar sehingga melampauinya, maka hal yang akan terjadi pada benda adalah tidak bisa kembali ke keadaan awal dan apabila gaya yang diberikan terus bertambah yang akan terjadi adalah suatu kerusakan pada benda tersebut. Hukum Hooke diatas hanya untuk batas elastisitasnya saja.

Dari gagasan tersebut dapat disimpulkan terkait dengan konsep hukum Hooke yang menjelaskan tentang gaya yang diberikan pada sebuah pegas dengan ditinjau dari pertambahan panjang pada pegas tersebut. Perbandingan gaya dengan pertambahan panjang pegas yaitu konstan. Untuk lebih memahaminya bisa dilihat pada gambar grafik berikut ini [2].



Gambar 2. 11 (a) Pertambahan panjang gas [2]

Gambar (a) menerangkan pegas akan bertambah panjang jika ditarik kearah kanan. Bertambahnya panjang pegas tersebut tergantung dari gaya tariknya besar atau tidak. Semakin besar gayanya semakin panjang juga pegasnya.



Gambar 2. 12 (b) Kemiringan grafik [2]

Gambar (b) menerangkan sebuah kemiringan pada grafik ketika diberi gaya yang besar dan bertambah panjangnya pada pegas tersebut. Gambar diatas merupakan sifat pegas atau ketetapan pegas. Hukum Hooke memiliki rumus sistematis sebagai berikut:

$$F = k \cdot \Delta x \quad (2.10)$$

Keterangan : F = Gaya luar yang diberikan (N)

K = Konstanta pegas (N/m)

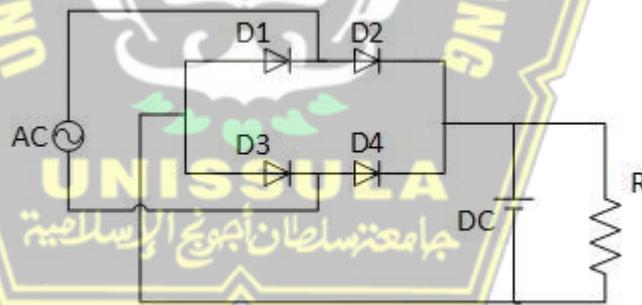
Δx = Pertambahan panjang pegas dari posisi normalnya (m)

2.2.9 Penyearah Regulator dan Voltage Doubler

Regulator dan penyearah adalah komponen-komponen elektronik yang terdiri dari regulator tegangan dan juga penyearah jembatan yang dirangkai dalam satu papan PCB. Regulator tegangan berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran sedangkan penyearah gelombang penuh yaitu berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik bolak-balik (AC) menjadi sinyal listrik searah (DC).

Penyearah sistem jembatan merupakan penyearah dengan menggunakan empat buah dioda yang disusun model jembatan yang dapat bekerja secara bergantian pada tiap fase sinyal sinusoidal. Penyearah dengan sistem jembatan ini mampu menghasilkan keluaran gelombang penuh.

Sebuah penyearah sistem jembatan sederhana menggunakan empat buah dioda yang disusun model jembatan. Tetapi dalam penyearah ini hanya dua yang bekerja pada fase sinyal sinus. Dioda D1 dan D3 dengan arah tegangan positif dari sinyal sinus, untuk D2 dan D4 dengan arah tegangan negatif dari sinyal sinus [2].

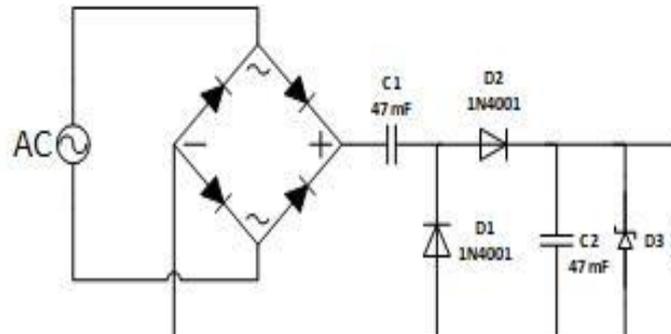


Gambar 2. 13 Penyearah jembatan [2]

Agar tegangan output pada power supply stabil maka digunakanlah regulator tegangan. Bila penyearah tidak menggunakan regulator biasanya tegangan output DC berubah-ubah nilainya saat dioperasikan. Ketidakstabilan pada power supply diakibatkan karena terdapat perubahan diinput AC dan beban yang bervariasi.

Agar tidak terjadi suatu perubahan catu daya pada regulator tegangan yang berdampak terutama pada peralatan elektronik maka pada rangkaian regulator tegangan khususnya untuk power supply yaitu menggunakan

diode zener. Untuk lebih jelasnya khususnya rangkaian sederhana menggunakan diode zener bisa dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini. [2]



Gambar 2. 14 Rangkaian dioda zener sebagai regulator tegangan [2]

Gambar diatas merupakan rangkaian pencatu daya sederhana dengan diode zener sebagai regulator tegangan. Diode zener terhubung secara parallel dengan kapasitor dan resistor. Regulator tersebut hanya membutuhkan diode zener yang terpasang seri dengan resistor dan kapasitor. Pada rangkaian diatas diode zener terpasang pada posisi reverse bias, dan hanya dengan tegangan reverse biaslah diode zener akan berkonduksi [2].

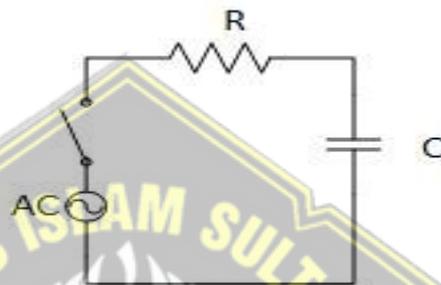
Selain diode zener yang digunakan sebagai regulator, terdapat pula rangkaian double voltage (pelipat tegangan). Rangkaian pelipat tegangan tersebut terdiri dari dua buah dioda 1N4001 yang digunakan sebagai *rectifier* dan untuk menghasilkan *output* DC yang lebih rata, sekaligus untuk menghilangkan *ripple* maka pada rangkaian diatas menggunakan dua buah kapasitor 47 mF. Harapannya dengan rangkaian tersebut, *output* tegangan DC yang didapat bisa sama dengan nilai *peak-to-peak* sinyal masukan dari piezoelektrik. Yang artinya rangkaian tersebut dapat mengalikan nilai *peak* sinyal *input* akibat kapasitor dan dioda yang bekerja secara bersamaan secara efisien [4].

2.2.10 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen listrik yang dapat menyimpan energy listrik. Bila kapasitor dihubungkan dengan tegangan maka selang berapa waktu akan terisi muatan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = C V \quad (2.11)$$

Gambar dibawah ini merupakan kapasitor yang belum terhubung dengan sumber tegangan dan dalam keadaan kosong [2].



Gambar 2. 15 Rangkaian menggunakan kapasitor [2]

Bila saklar dalam kondisi tertutup maka kapasitor akan terhubung dengan tegangan, dan kapasitor akan terisi muatan. Akan tetapi tidak seketika langsung penuh perlu waktu untuk mengisi. Dan didapati rumus sebagai berikut:

$$V(t) = V (1 - e^{-t/RC}) \quad (2.12)$$

BAB III

METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Deskripsi Umum

Prinsip kerja Prototype alat Pembangkit listrik piezoelektrik sebagai berikut: ketika ada kendaraan atau beban yang melewati dan menyetuhkan plat yang digunakan sebagai penompang beban maka akan menimbulkan tekanan pada piezoelektrik yang kemudian menghasilkan tegangan. Setelah mendapatkan tegangan keluaran piezoelektrik berupa tegangan AC kemudian disearahkan untuk disimpan ke baterai dan untuk menghidupkan lampu dimana lampu di prototype kali ini berupa lampu DC. Riectifier berupa diode dengan sistem jembatan agar lebih aman dari tegangan feedback.

Perancangan dan pembuatan prototype pembangkit listrik piezoelektrik yang dilakukan pada tugas akhir ini memiliki tahapan penelitian. yaitu perancangan perangkat keras (hardware) meliputi perancangan dan pembuatan prototype pembangkit listrik piezoelektrik dengan menggunakan piezoelektrik sebagai penghasil tegangan, rectifier sebagai pengubah tegangan AC ke DC dan sebagai keamanan bila terjadi feedback, baterai sebagai penyimpanan sementara muatan listrik, lampu DC sebagai penerangan atau output dari prototype pembangkit listrik piezoelektrik.

3.2 Perancangan prototype pembangkit listrik piezoelektrik

Perancangan prototype pembangkit listrik piezoelektrik meliputi perancangan perangkat keras (Hardware) dan perancangan elektronik. Kantilever menggunakan plat tipis yaitu penggaris dan menggunakan piezoelektrik PZT.

3.2.1. Perencanaan Perangkat Keras (Hardware)

Pada tahapan ini dilakukan perancangan hardware untuk mendukung dari prototype pembangkit listrik piezoelektrik mulai dari merancang pijakan perototipe, merancang cantilever dan tempat piezoelektrik.

Adapun bahan yang digunakan untuk membuat prototipe perangkat kantilever beam adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|---------|
| 1. Papan acp (aluminium composit panel) | 2 buah |
| 2. Papan kayu | 1 buah |
| 3. Triplek | 4 buah |
| 4. Penggaris | 40 buah |
| 5. Mur dan baut | 40 buah |
| 6. Plat besi | 2 buah |
| 7. Shaker/besotan | 4 buah |

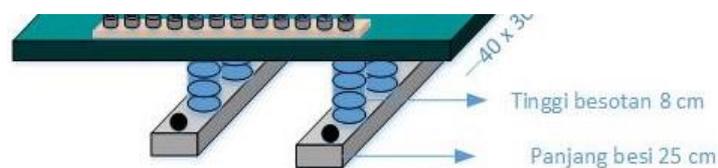


Gambar 3. 1 Rancang prototipe piezoelektrik

Dilihat pada gambar 3.1 merupakan rancangan prototipe yang nantinya akan dibuat dengan merancang hardware (perangkat keras) dan software.

Perangkat keras tersebut terdiri dari merancang shaker atau besotan, merancang papan sebagai tempat piezoelektrik, merancang cantilever beam, merancang papan pijakan dan merancang penutup prototipe.

1. Merancang Shaker atau besotan



Gambar 3. 2 Rancang shacker / besotan

Dapat dilihat pada gambar 3.1 perancangan shaker atau besotan ini dilengkapi besi dengan panjang 25 cm, lebar 3 cm dan pada ujung besi tersebut diberi lubang sebagai tempat mur atau baut. Besi dengan panjang 25 cm nantinya akan dipasangkan ketanah agar prototipe tidak lepas. Besi tersebut menopang besotan atau shaker yang mempunyai tinggi 8 cm, jarak shaker atau besotan dalam satu besi yaitu 10 cm. Besotan atau shacker tersebut saya ambil dari bekas tangki yang biasanya dipakai para petani untuk memberi obat ke tanaman. Dalam satu besi terdapat dua buah besotan atau shaker jadi dalam prototype besotan atau shaker terdapat 4 buah besotan. Fungsi besotan atau shaker tersebut yaitu agar prototipe dapat bergerak keatas dan kebawah, sehingga kantilever beam dapat bergerak dan selanjutnya dapat menekan piezoelektrik.

2. Rancang Papan piezoelektrik dan Cantilever beam



Gambar 3. 3 Rancang papan piezoelektrik dan cantilever beam

Pada gambar 3.4 di atas besotan atau shacker terdapat sebuah papan dengan jenis papan ACP (Alumunium Composite) sebagai tempat piezoelektrik dengan luas 1200 cm² panjang 40 cm dan lebar 30 cm. Alumunium Composit ini merupakan material alumunium yang biasanya dipakai untuk lapisan plafon,eksterior fasad bangunan maupun tembok. Pada gambar 3.2 ACP (Alumunim Composite) digunakan sebagai tempat piezoelektrik, akan tetapi piezoelektrik itu sendiri tetap di atas triplek dengan tebal 1cm, panjang ada yang 24 cm dan juga ada yang 14 cm.

Diatas papan ACP (Alumunium Composit) terdapat papan kayu dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 6 cm. Papan kayu tersebut

berfungsi untuk menjepit plat dan plat tersebut menggunakan penggaris stainless dengan panjang 10 cm dan lebar 1 cm, pada ujung plat tersebut dilengkapi mur atau baut sebagai beban yang nantinya dapat digunakan untuk menekan piezoelektrik. Plat yang dijepit dengan menggunakan papan tersebut dinamakan dengan sistem cantilever beam, akan tetapi cantilever beam disini didesain dengan memberi beban pada ujung plat menggunakan mur atau baut agar plat dapat mengayun keatas dan kebawah sehingga dapat menekan piezoelektrik.

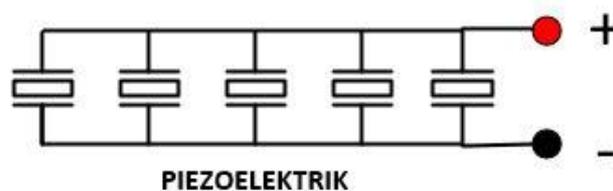
Dalam dua sisi papan kayu ada yang 8 buah piezoelektrik, ada juga yang 12 piezoelektrik. Jadi untuk keseluruhan dengan 4 buah sisi terdapat 40 buah piezoelektrik dengan jarak antar piezoelektrik sebesar 1 cm.

3.2.2. Perancangan Elektronik

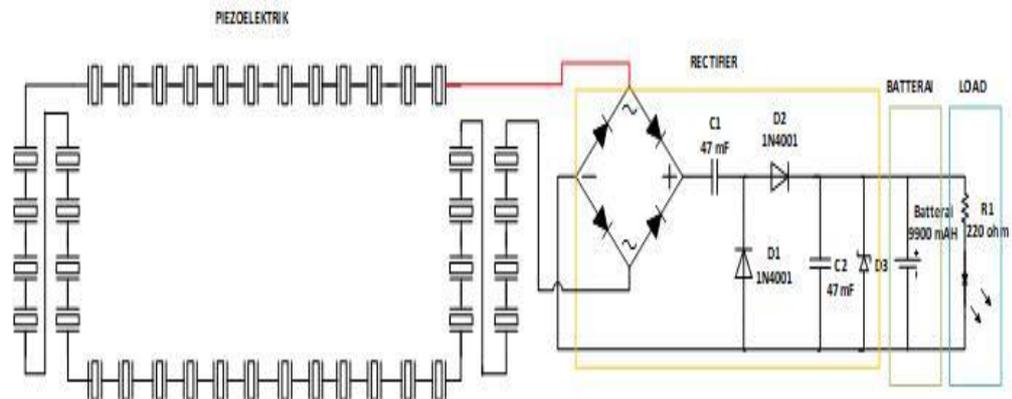
Dalam perencanaan prototype pembangkit listrik tenaga piezoelektrik ini memakai bahan piezoelektrik jenis PZT, rectifier, baterai dan beban. Dalam prototype terdapat 40 buah piezoelektrik dengan ukuran 20 mm dirangkai seri, 1 buah rectifier terdiri dari dioda bridge 1N4001 dan juga kapasitor 47 mF yang berfungsi untuk menghilangkan ripple dan juga agar menghasilkan output DC yang lebih rata. 1 buah baterai yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik dan sebuah beban yaitu led.



Gambar 3. 4 Rangkaian Seri Piezoelektrik



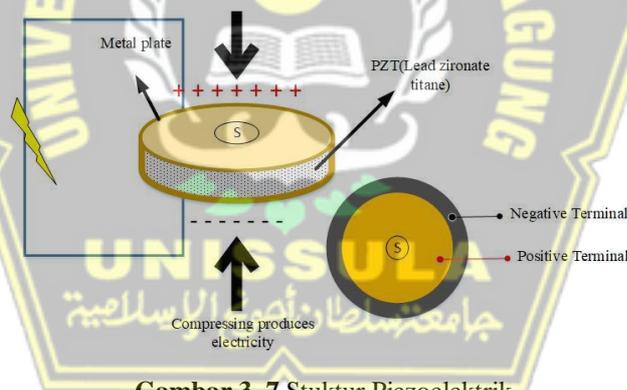
Gambar 3. 5 Rangkaian Paralel Piezoelektrik



Gambar 3. 6 Skema Rangkaian

a. Perancangan Piezoelektrik

Pada penelitian ini, piezoelektrik jenis PZT digunakan untuk mendapatkan tegangan dari tekanan plat yang di pijak oleh manusia atau benda lainnya. Dan keluaran daya yang dihasilkan oleh piezoelektrik adalah arus bolak balik maka perlu disearahkan menggunakan rangkaian rectifier.



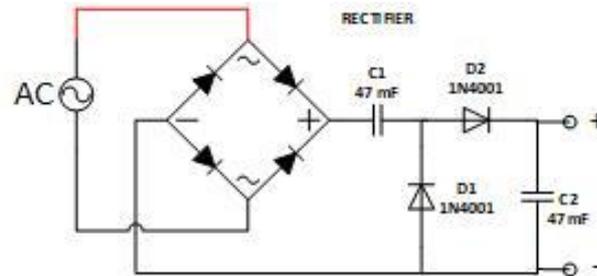
Gambar 3. 7 Stuktur Piezoelektrik

Terlihat digambar 3.7 Komponen piezoelektrik terdapat dua buah bagian yaitu positif dan negatif. Bahan piezoelektrik terdiri dari dua buah metal dan lead zirconatet titanate.

b. Perancangan Rectifier

Pada penelitian ini, piezoelektrik dihubungkan dengan rectifier untuk mengubah tegangan AC ke tegangan DC sekaligus untuk menstabilkan daya keluaran yang dihasilkan oleh piezoelektrik. Selain itu terdapat pula diode zener sebagai regulator yang berfungsi untuk mengamankan sebagian

peralatan elektronik akibat dari perubahan catu daya. Selanjutnya dengan sistem dioda bridge dari rectifier disambungkan ke baterai dan beban.



Gambar 3. 8 Skema Rectifier [2]

Seperti yang terlihat pada gambar 3.8 dimana terdapat 4 buah diode sebagai penyearah kemudian melewati kapasitor sebagai menyimpan muatan awal.

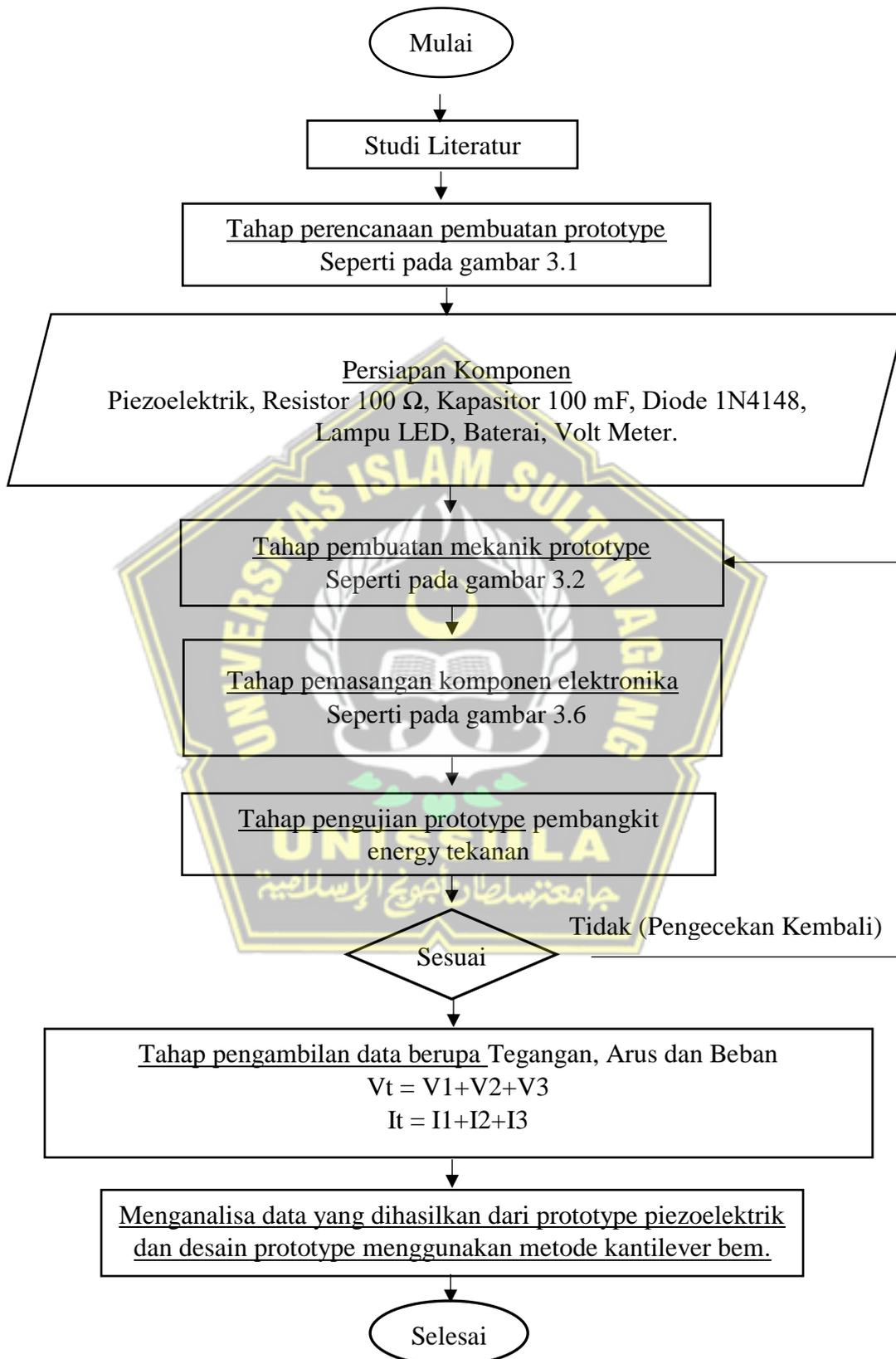
c. Perancangan Baterai

Penelitian kali ini menggunakan baterai dengan jenis Ni-MH 1,2 volt dengan kapasitas 1000 mAh, pada prototype piezoelektrik tidak memerlukan kapasitas baterai yang besar di karenakan keluaran piezoelektrik tidak besar. Kelebihan baterai Ni-MH yaitu membutuhkan perawatan yang relatif standard an usai pakai yang panjang. Selain dua hal tersebut baterai Ni-MH mengandung sedikit bahan beracun terhadap lingkungan sehingga relative lebih mudah untuk didaur ulang.

d. Perancangan Beban

Beban yang digunakan dalam prototype rancang bangun pembangkit listrik tenaga piezoelektrik kali ini adalah sebuah lampu led dengan tegangan 10 volt dan daya 3 W.

3.3 Deskripsi Tugas Akhir /Flow Chart

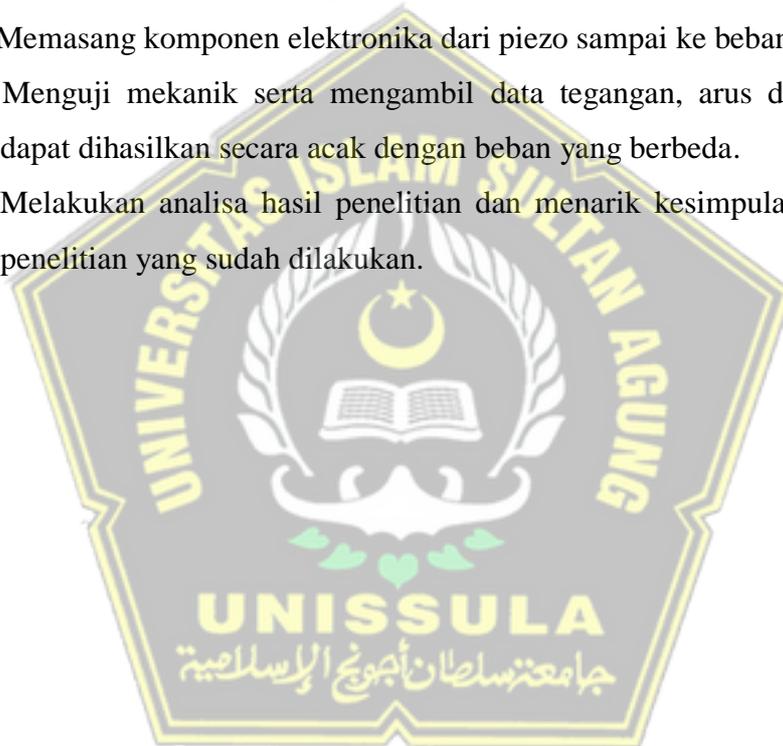


Gambar 3. 9 Flowcart alur tugas akhir

3.4 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan perencanaan seperti pada gambar 3.2.
2. Menyiapkan bahan bahan yang diperlukan dalam pembuatan rancang bangun prototype pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam seperti piezoelektrik, dioda, baterai, led, resistor, papan dll.
3. Membuat mekanik untuk prototype cantiliever beam.
4. Memasang komponen elektronika dari piezo sampai ke beban .
5. Menguji mekanik serta mengambil data tegangan, arus dan daya yang dapat dihasilkan secara acak dengan beban yang berbeda.
6. Melakukan analisa hasil penelitian dan menarik kesimpulan dari analisa penelitian yang sudah dilakukan.



BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Hasil Pembuatan Prototipe

4.1.1. Hasil Prototipe

Dalam proses pembuatan prototipe piezoelektrik melewati dua tahap. Tahap yang pertama adalah proses pembuatan mekanik prototipe, seperti pembuatan pijakan, cantilever, besotan, dan tempat piezoelektrik. Proses yang kedua adalah proses perancangan komponen-komponen elektronika, seperti perancangan piezoelektrik, rectifier, dan penyimpanan energi listrik.

1. Tahap pertama yang harus dilakukan dalam membuat suatu prototipe adalah dengan membuat desain prototipe terlebih dahulu seperti pada gambar 3.1 Adapun hasil dari desain yang telah dirancang pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Prototipe piezoelektrik menggunakan metode kantilever beam



Gambar 4. 2 Prototipe Tampak Belakang



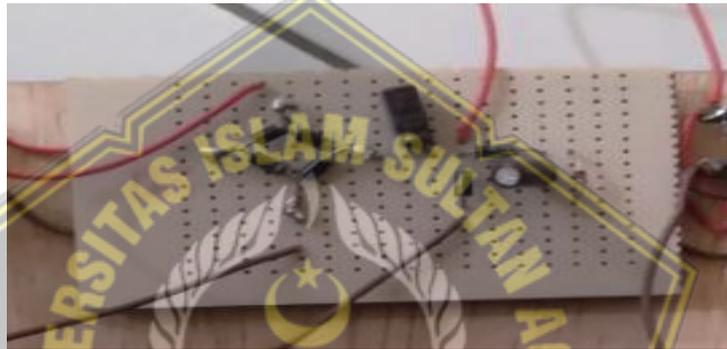
Gambar 4. 3 Prototipe Piezo Metode Papan

Pada gambar diatas terdapat dua jenis rancangan prototipe, yang pertama menggunakan metode cantilever beam dan yang kedua menggunakan metode papan biasa. Prototipe yang kedua menggunakan lima buah piezo elektrik dirangkai seri dan lima buah piezoelektrik dirangkai paralel. Tujuan dari dibuatnya prototipe yang kedua adalah untuk mengetahui kinerja prototipe dengan metode papan biasa apakah lebih efisien dengan prototipe yang menggunakan metode cantilever beam. Prototipe kedua ada yang dirangkai seri dan juga ada yang dirangkai paralel.

2. Tahap yang kedua yaitu proses merangkai komponen elektronik seperti merangkai piezoelektrik, rectifier, dan penyimpanan energi listrik. Adapun hasil dari desain yang telah dirancang pada gambar 3.4 adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Hasil perancangan piezoelektrik



Gambar 4. 5 Hasil Perancangan rectifier



Gambar 4. 6 Hasil Perancangan Penyimpanan energi

Pada gambar rangkaian diatas terdiri dari rangkaian piezoelektrik yang dirangkai seri, rangkaian rectifier terdiri dari diode sebagai penyearah, diode zener sebagai penstabil tegangan dan kapasitor sebagai rangkaian voltage doubler. Sementara pada rangkaian elektronik prototipe metode papan biasa yaitu menggunakan piezoelektrik yang dirangkai seri dan juga yang dirangkai paralel dengan masing-masing piezo lima buah.

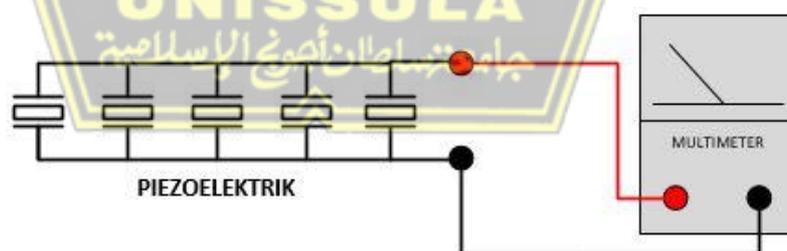
4.1.2. Hasil pengambilan data

4.1.2.1 Hasil pengambilan data menggunakan multimeter

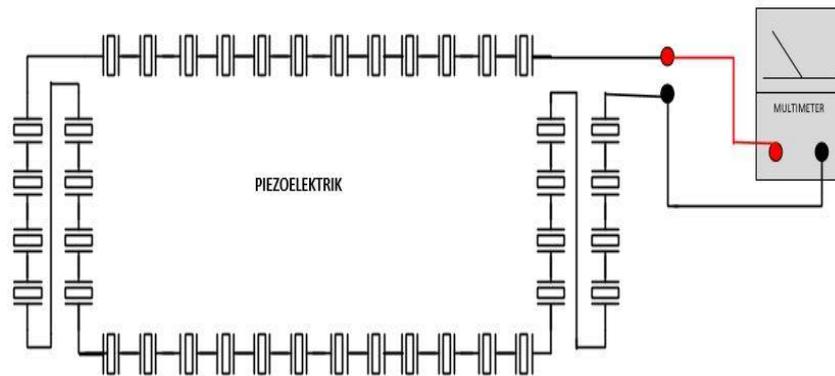
Proses pengambilan data yang pertama yaitu dengan menggunakan multimeter, dengan tujuan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe piezoelektrik cantilever beam dan prototipe piezoelektrik menggunakan papan biasa. Tekanan yang diberikan pada kedua prototipe tersebut berupa tekanan kecil, sedang dan besar dengan berat kurang lebih 3 kg, 6 kg, dan 10 kg. Masing-masing berat tersebut diberikan pada kedua prototipe agar dapat mengetahui perbedaan tegangan dan arus yang dihasilkan. Adapun hasil dari pengujian prototipe piezoelektrik cantilever beam menggunakan multimeter adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Pengukuran Rangkaian Seri Prototipe Papan Biasa Menggunakan Multimeter



Gambar 4. 8 Pengukuran Rangkaian Paralel Prototipe Papan Biasa Menggunakan Multimeter



Gambar 4. 9 Pengukuran Prototipe Cantilever Beam Menggunakan Multimeter

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Prototipe 1 dan 2 Tanpa Menggunakan Rangkaian

NO	PROTOTIPE	TEKANAN	PERCOBAAN TEGANGAN (V)	PERCOBAAN ARUS (mA)
1	Prototipe papan biasa (seri)	3 Kg	2,93	0,33
		6 Kg	17,72	1,26
		10 Kg	28,38	1,79
2	Prototipe papan biasa (paralel)	3 Kg	1,76	0,08
		6 Kg	18,33	0,42
		10 Kg	20,58	1,00
3	Prototipe cantilever beam	3 Kg	0,03	0,1
		6 Kg	0,15	0,1
		10 Kg	0,40	0,1

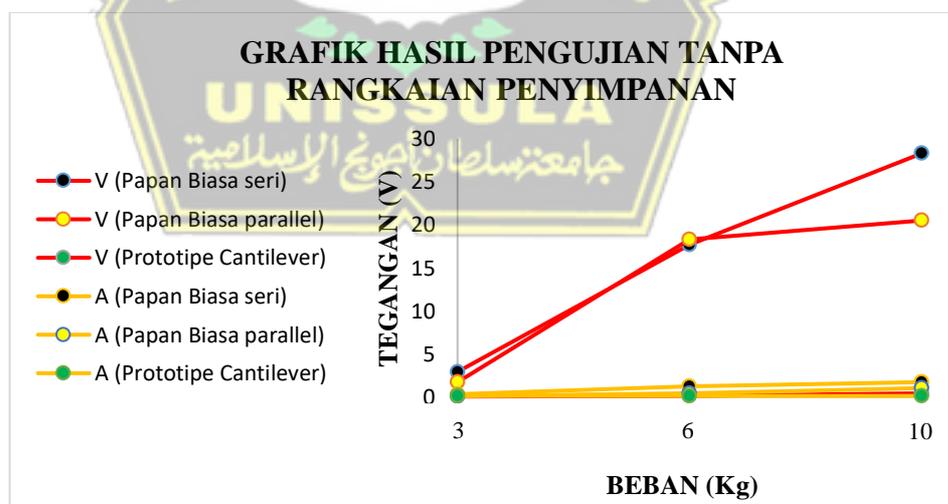
Tabel 4.1 menunjukkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh prototipe cantilever beam yang dirangkai seri dan prototipe menggunakan papan biasa dengan lima buah piezo dirangkai seri dan lima buah piezo dirangkai paralel, ketiga pengujian tersebut tanpa menggunakan rangkaian penyimpanan. Pengujian pertama yaitu pada prototipe cantilever beam dengan beban yang berbeda, beban yang pertama yaitu menggunakan beban 3 kg menghasilkan tegangan 0,03 V dengan arus 0,1 mA, beban yang kedua dengan berat 6 kg menghasilkan tegangan 0,15 V dengan arus 0,1 mA dan

yang terakhir yaitu dengan beban 10 kg menghasilkan tegangan 0,40 dengan arus 0,1 mA.

Pengujian yang kedua yaitu pada prototipe menggunakan papan biasa dengan rangkaian seri. Untuk beban yang pertama dengan berat 3 kg menghasilkan tegangan 2,93 V dengan arus 0,33 mA, beban yang kedua dengan berat 6 kg menghasilkan tegangan 17,72 V dengan arus 1,26 mA dan beban yang terakhir pada rangkaian seri yaitu dengan berat 10 kg menghasilkan tegangan 28,38 V dengan arus 1,79 mA.

Pengujian yang terakhir pada prototipe menggunakan papan biasa dengan rangkaian paralel. Beban yang pertama yaitu dengan berat 3 kg pada rangkaian paralel menghasilkan tegangan 1,76 V dengan arus 0,08 mA, untuk beban yang kedua yaitu dengan berat 6 kg menghasilkan tegangan 18,33 V dengan arus 0,46 mA dan yang terakhir menggunakan berat beban 10 kg menghasilkan tegangan 20,58 V dengan arus 1,00 A.

Ketiga data percobaan diatas dapat dilihat perbedaan dari grafik sebagai berikut:

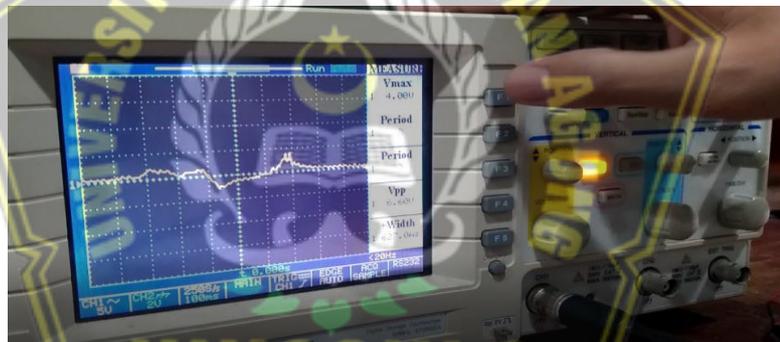


Grafik diatas menunjukkan perbedaan yang besar pada prototipe satu dan dua terutama pada tegangan, prototipe dua jauh lebih besar dibandingkan dengan prototipe satu akan tetapi untuk hasil pengukuran arus dari kedua prototipe tersebut tidak jauh berbeda.

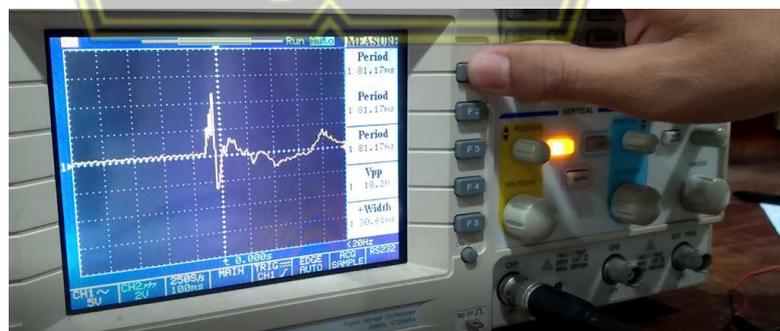
4.1.2.2 Hasil pengambilan data menggunakan osiloskop pada prototipe cantilever dan prototipe papan biasa

Proses pengambilan data yang kedua yaitu dengan menggunakan osiloskop, dengan tujuan untuk mengetahui gelombang tegangan yang dihasilkan oleh prototipe piezoelektrik cantilever beam dan prototipe piezoelektrik menggunakan papan biasa. Tekanan yang diberikan pada kedua prototipe tersebut berupa tekanan kecil, sedang dan besar dengan berat kurang lebih 3 kg, 6 kg, dan 10 kg. Masing-masing berat tersebut diberikan pada kedua prototipe agar dapat mengetahui perbedaan gelombang yang dihasilkan.

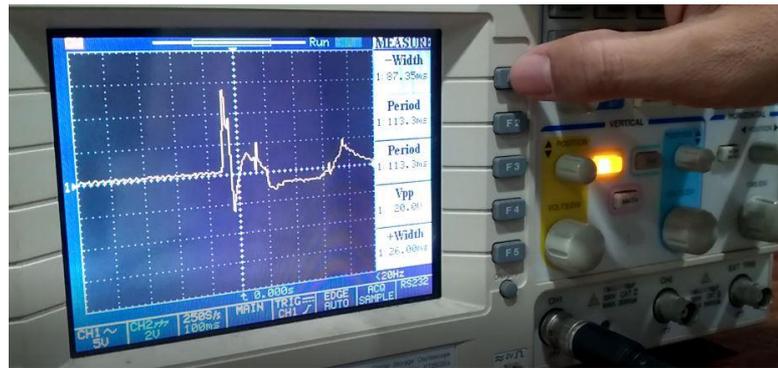
Adapun hasil dari pengujian prototipe piezoelektrik cantilever beam menggunakan osiloskop adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 10 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 3 kg.



Gambar 4. 11 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 6 kg.



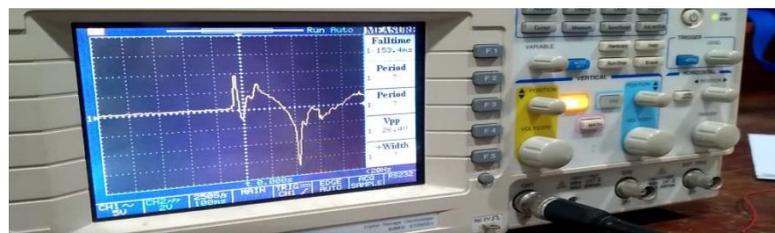
Gambar 4. 12 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian seri menggunakan berat 10 kg.



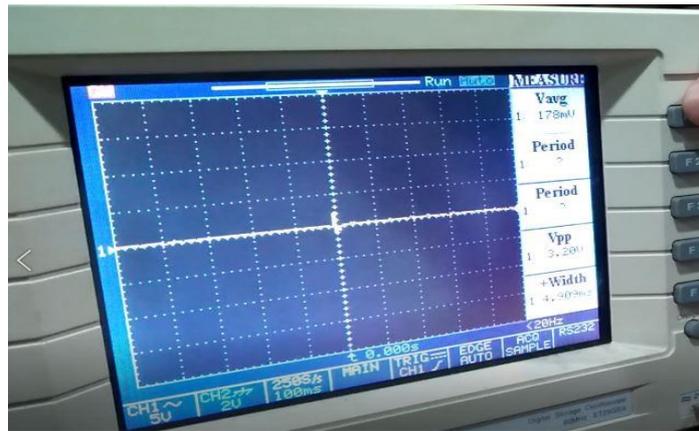
Gambar 4. 13 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 3 kg.



Gambar 4. 14 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 6 kg



Gambar 4. 15 Gelombang hasil pengujian prototipe papan biasa rangkaian paralel menggunakan berat 10 kg.



Gambar 4. 16 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 3 kg



Gambar 4. 17 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 6 kg.



Gambar 4. 18 Gelombang hasil pengujian prototipe cantilever beam menggunakan berat 10 kg.

Pada gambar 4.11 sampai 4.13 merupakan gambar gelombang yang dihasilkan prototipe menggunakan papan biasa dengan rangkaian seri, ketiga gambar gelombang tersebut sudah terlihat bahwa gambar 4.13 merupakan gelombang yang paling besar dengan nilai V_{pp} 20,0 Volt sementara untuk gambar 4.15 dan 4.16 adalah 6,60 volt dan 18,2 volt.

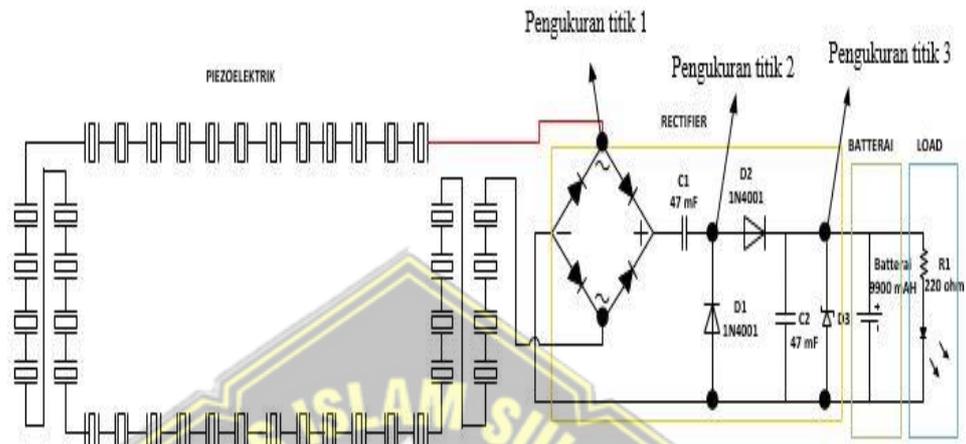
Selanjutnya untuk gambar 4.14 sampai 4.16 merupakan gambar gelombang yang dihasilkan oleh prototipe menggunakan papan biasa dengan rangkaian paralel, dari ketiga gambar gelombang tersebut sudah terlihat bahwa gambar 4.16 merupakan gelombang yang paling besar dengan nilai V_{pp} 26,4 Volt sementara untuk gambar 4.14 dan 4.15 yaitu 9,80 volt dan 16,0 volt.

Pada gambar yang terakhir yaitu pada gambar 4.17 sampai 4.19 merupakan gambar gelombang tegangan yang dihasilkan oleh prototipe cantilever beam, dari ketiga gelombang tersebut sudah terlihat bahwa gambar 4.19 merupakan gelombang yang paling besar dengan nilai V_{pp} 8,00 Volt sementara untuk gambar 4.17 dan 4.18 adalah 3,20 volt dan 7,20 volt.

4.1.2.3 Hasil pengambilan data pada rangkaian penyimpanan menggunakan multimeter

Proses pengambilan data yang ketiga yaitu mengukur tegangan dan arus pada rangkaian penyimpanan menggunakan multimeter, dengan tujuan untuk mengetahui tegangan dan arus pada rangkaian penyimpanan tersebut. Pengukuran tersebut dilakukan pada prototipe piezoelektrik cantilever beam dan prototipe piezoelektrik menggunakan papan biasa. Tekanan yang diberikan pada kedua prototipe tersebut berupa tekanan kecil, sedang dan besar dengan berat kurang lebih 3 kg, 6 kg, dan 10 kg. Masing- masing berat tersebut diberikan pada kedua prototipe agar dapat mengetahui perbedaan tegangan dan arus yang dihasilkan.

Adapun hasil dari pengujian tegangan prototipe piezoelektrik cantilever beam pada rangkaian penyimpanan menggunakan multimeter adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 19 Pengukuran Tegangan Pada Titik 1,2, dan 3 pada Rangkaian Penyimpanan

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tegangan Pada Rangkaian Penyimpanan Menggunakan Multimeter Pada Titik 1

NO	PROTOTIPE	TEKANAN	PERCOBAAN		
			TITIK 1 (mV)	TITIK 2 (mV)	TITIK 3 (mV)
1	Papan biasa (seri)	3 Kg	423	22,3	12,3
		6 Kg	517	32	26,7
		10 Kg	987	57,5	65,7
2	Papan biasa (paralel)	3 Kg	1333	58,2	48,5
		6 Kg	1450	80,5	62,6
		10 Kg	2887	209,5	223,1
3	Papan cantilever	3 Kg	64	30	60
		6 Kg	255	80	90
		10 Kg	616	130	180

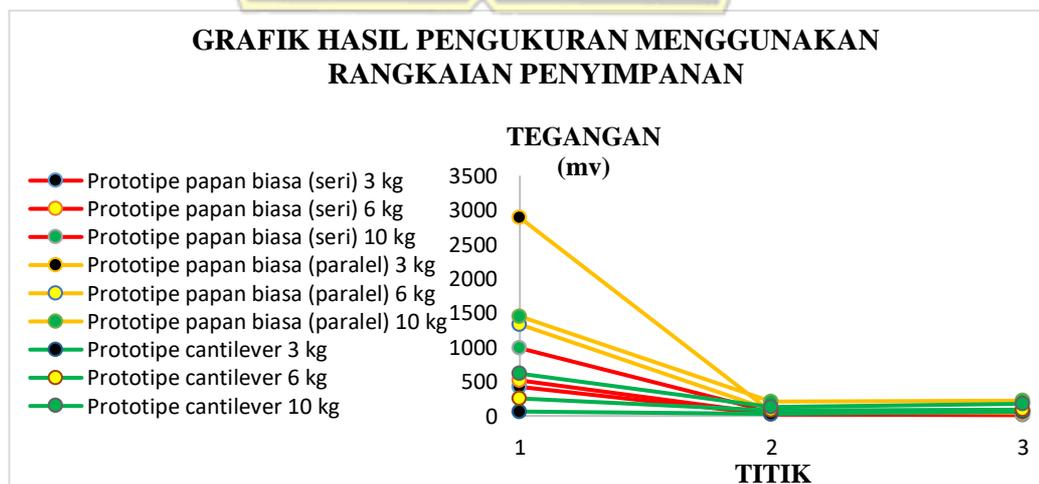
Tabel 4.2 menunjukkan tegangan yang dihasilkan oleh prototipe cantilever beam dan prototipe menggunakan papan biasa pada rangkaian penyimpanan

dititik 1, 2, dan 3. Dari data diatas pengujian yang pertama yaitu menggunakan prototipe papan biasa (seri) dengan berat beban 3 kg pada titik 1, 2 dan 3 menghasilkan tegangan 423 mV, 22,3 mV, 12,3 mV sedangkan dengan beban 6 kg pada titik 1, 2 dan 3 menghasilkan tegangan 517 mV, 32 mV, 26,7 mV dan yang terakhir menggunakan beban 10 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 987 mV, 57,5 mV, dan 65,7 mV.

Pengujian yang kedua yaitu pada prototipe papan biasa (paralel) dengan berat beban 3 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 1333 mV, 58,2 mV, 48,5 mV sedangkan untuk beban 6 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 1450 mV, 80,5 mV, 62,5 mV dan yang terakhir menggunakan beban 10 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 2887 mV, 209,5 mV, dan 223,1 mV.

Pengujian yang ketiga yaitu dilakukan pada prototipe cantilever beam dengan berat beban 3 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 64 mV, 30 mV, 60 mV sedangkan untuk berat beban 6 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 255 mV, 80 mV, 90 mV dan yang terakhir yaitu menggunakan berat beban 10 kg pada titik 1, 2, dan 3 menghasilkan tegangan 616 mV, 130 mV, dan 180 mV.

Dari tabel 4.2 didapatkan grafik sebagai berikut:



Pada grafik diatas menunjukkan adanya perbedaan pada pengujian prototipe cantilever beam dan prototipe papan biasa terutama pada tegangan, prototipe yang menggunakan papan jauh lebih besar dibandingkan dengan prototipe cantilever.

4.1.3. Hasil perhitungan prototipe cantilever dan prototipe papan biasa

Berdasarkan rumus pengukuran tegangan dan arus yang terdapat pada bab 3 adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan berat 3 kg pada prototipe

$$u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F$$

u : Voltage (V)

F : Gaya/Gaya penumpukan (N)

A : Luas area elektroda/Diameter (mm)

d : Ketebalan elektroda piezo (mm)

d_{33}, e_{33} : Koefisien piezoelektrik dari bahan yang digunakan (Pc/N)

Diketahui: d = 0,35 mm m = 3 Kg

A = 20 mm g = 9,8 m/s²

d_{33} = 98 Pc/N R = 10 ohm

e_{33} = 148 Pc/N piezo = 40 (dirangkai seri)

Ditanya :

a). F?..

e). It?....

b). u / piezo ?...

f). Vt?.....

c). i / piezo ?...

g). Pt?.....

d). P / piezo?...

Dijawab :

a). F = m x g
 = 3 kg x 9,8 m/s²
 = 29,4 N

b). $u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F$

$$u = \frac{98 \times 0,35}{148 \times 20} \times 29,4 \text{ N} \quad u = \frac{34,3}{2960} \times 29,4 \quad u = 0,34 \text{ V/piezo}$$

$$\text{c). } i = \frac{V}{R} \quad i = \frac{0,34}{10} \quad i = 0,034 \text{ A}$$

$$\text{d). } P = V \times I = 0,34 \times 0,034 = 0,01156 \text{ Watt}$$

$$\text{e). } I_t = I_1 = I_2 = I_3 \dots I_{40} \text{ (seri)} = 0,034 \text{ A}$$

$$\text{f). } V_t = V_1 + V_2 + \dots + V_{40} \text{ (seri)} = 0,34 \text{ V} \times 40 = 1,36 \text{ Volt}$$

$$\text{g). } P_t = I_t \times V_t = 0,034 \times 1,36 = 0,04 \text{ Watt}$$

Setelah mendapatkan perhitungan tegangan diatas, maka untuk mendapatkan perhitungan presentase galat dan untuk tegangan piezoelektrik, digunakan rumus menghitung galat :

$$\% \text{ galat} = \frac{P_{\text{hitung}} - P_{\text{ukur}}}{P_{\text{hitung}}} \times 100 \%$$

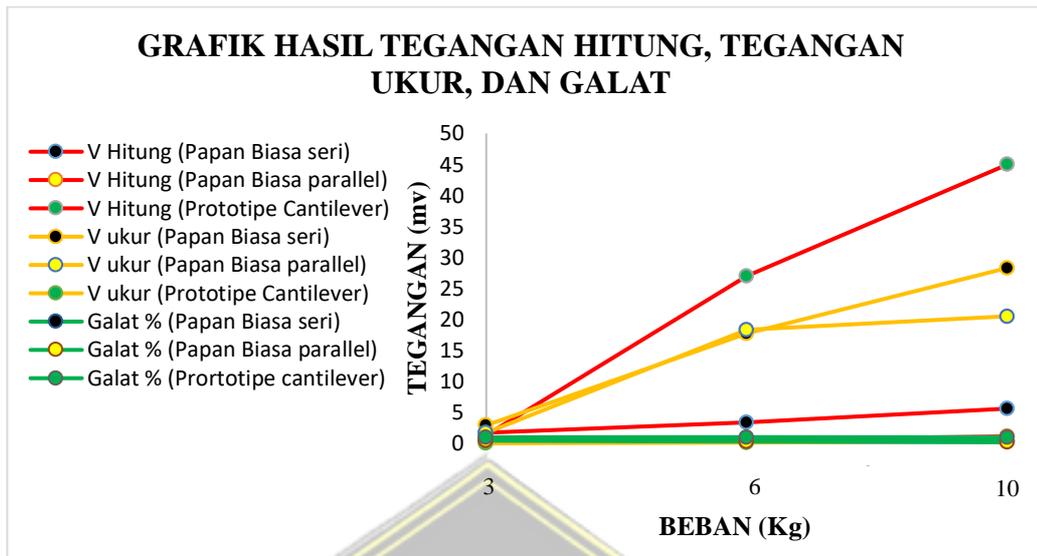
- Perhitungan galat tegangan dengan berat 3 Kg pada prototipe

$$\begin{aligned} \% \text{ galat} &= \frac{1,36 - 0,03}{1,36} \times 100 \% \\ &= 97,7 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tegangan dan galat diatas dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4. 3 Hasil Tegangan Hitung, Tegangan Ukur dan Galat

Jenis Prototipe	Berat (Kg)	Tegangan Hitung	Tegangan Ukur	Galat %
Papan Biasa (Seri)	3 Kg	1,7	2,93	72,3
	6 Kg	3,4	17,72	42,1
	10 Kg	5,65	28,38	40,8
Papan Biasa (Paralel)	3 Kg	0,34	1,76	41,7
	6 Kg	0,68	18,33	25,95
	10 Kg	1,13	20,58	17,21
Cantilever Beam	3 Kg	1,36	0,03	97,7
	6 Kg	27,2	0,15	99,4
	10 Kg	45,2	0,4	99,1



Pada grafik diatas didapatkan bahwa prototipe yang menggunakan papan biasa menghasilkan tegangan ukur yang cukup bagus dibandingkan dengan protoitpe papan biasa. Padahal seharusnya prototipe cantilever jauh lebih bagus dibandingkan papan biasa berdasarkan perhitungan. Dan ternyata hal tersebut disebabkan adanya permasalahan seperti kurangnya tekanan yang mengenai piezoelektrik yaitu berupa mur yang terdapat pada cantilever sebagai beban penekan piezoelektrik dan plat cantilever yang kurang elastis. Sehingga tegangan yang dihasilkan kurang maksimal, dan mengakibatkan nilai error yang tinggi.

Dari segi mekanis prototipe cantilever lebih baik dikarenakan dapat menekan piezoelektrik dua kali lipat atau lebih karena terdapat plat yang mengayun untuk menekan piezoelektrik tersebut, sebaliknya dengan prototipe papan biasa yang hanya dapat satu kali tekan saja karena tidak terdapat plat yang mengayun.

4.2. Analisa

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan pada bab 4 ini, maka analisa yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

Pengujian yang pertama adalah pengujian tegangan dan arus tanpa menggunakan rangkaian penyimpanan pada prototipe cantilever beam dan prototipe menggunakan papan biasa. Kedua prototipe tersebut diukur menggunakan multimeter digital, prototipe cantilever ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg menghasilkan tegangan 0,03 V, 0,15 V, 0,40 V dengan ketiga arus 0,1 A. Sementara pada prototipe yang kedua yaitu menggunakan papan biasa yang dirangkai seri ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg didapatkan tegangan 2,93 V, 17,72 V, 28,38 V dengan arus 0,33 A, 1,33 A, dan 1,79 A. Dan yang terakhir pada prototipe yang kedua menggunakan rangkaian parallel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg didapatkan tegangan 1,76 V, 18,33 V, 20,58 V dengan arus 0,08 A, 0,42 A, 1,00 A.

Pengujian yang kedua yaitu pengujian tegangan yang dihasilkan prototipe cantilever dan prototipe papan biasa menggunakan rangkaian penyimpanan. Percobaan prototipe cantilever pada titik yang pertama ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg dan 10 kg menghasilkan tegangan 64 mV, 225mV, dan 616 mV. Sementara pada percobaan prototipe papan biasa yang dirangkai seri ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg menghasilkan tegangan 423 mV, 517 mV, dan 987 mV. Dan yang terakhir pada prototipe kedua dengan rangkaian parallel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg dan 10 kg menghasilkan tegangan 2887 mV, 1333 mV, dan 1450 mV.

Pengujian yang ketiga yaitu pengujian tegangan yang dihasilkan oleh prototipe cantilever dan prototipe papan biasa menggunakan rangkaian penyimpanan. Percobaan prototipe cantilever pada titik kedua ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg menghasilkan tegangan 30 mV, 80 mV, dan 130 mV. Sementara pada prototipe biasa yang dirangkai seri pada titik kedua ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 10 kg menghasilkan tegangan 22,3

mV, 32,0 mV, dan 57,5 mV . dan percobaan yang terakhir yaitu pada prototipe biasa yang dirangkai paralel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 19 kg menghasilkan tegangan 58,2 mV, 80,5 mV, dan 209 mV.

Pengujian yang keempat yaitu pengujian tegangan yang dihasilkan oleh prototipe cantilever dan prototipe papan biasa menggunakan rangkaian penyimpanan. Percobaan prototipe cantilever pada titik ketiga ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg menghasilkan tegangan 60 mV, 90 mV, dan 180 mV. Sementara pada prototipe biasa yang dirangkai seri pada titik kedua ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 10 kg menghasilkan tegangan 12,3 mV, 26,7 mV, dan 65,7 mV . dan percobaan yang terakhir yaitu pada prototipe biasa yang dirangkai paralel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 19 kg menghasilkan tegangan 48,5 mV, 62,6 mV, dan 223,1 mV.

Pengujian yang kelima yaitu pengujian gelombang tegangan yang dihasilkan oleh prototipe cantilever dan prototipe papan biasa menggunakan osiloskop. Percobaan prototipe cantilever ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg menghasilkan gelombang tegangan 3,2 Vpp, 7,2 Vpp, dan 8,00 Vpp. Sementara pada prototipe biasa yang dirangkai seri ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 10 kg menghasilkan gelombang tegangan 6,60 Vpp, 18,2 Vpp, dan 20,0 Vpp . dan percobaan yang terakhir yaitu pada prototipe biasa yang dirangkai paralel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 19 kg menghasilkan gelombang tegangan 9,80 Vpp, 16,0 Vpp, dan 26,4 Vpp.

Pengujian yang keenam yaitu perhitungan galat yang dihasilkan oleh prototipe cantilever dan prototipe papan biasa dengan hasil membandingkan perhitungan dan pengukuran pada kedua prototipe tersebut. Percobaan prototipe cantilever ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, dan 10 kg dengan nilai tegangan hitung 1,36 V, 27,2 V, 45,2 V dan tegangan ukur 0,03 V, 0,15 V, 0,4 V menghasilkan galat 97,7 %, 99,4 %, dan 99,1 %. Sementara pada prototipe biasa yang dirangkai seri ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 10 kg dengan nilai tegangan hitung 1,7 V, 3,4 V, 5,65 V dan tegangan ukur 2,93 V, 17,72 V, 28,38 V menghasilkan galat 72,3 %, 42,1

%, dan 40,8 %. dan percobaan yang terakhir yaitu pada prototipe biasa yang dirangkai paralel ketika diberi tekanan 3 kg, 6 kg, 19 kg dengan nilai tegangan hitung 0,34 V, 0,68 V, 1,13 V dan tegangan ukur 1,76 V, 18,33 V, 20,58 V menghasilkan galat 41,7 %, 25,95 %, dan 17,21 %.

Pada tabel 4.2 sampai 4.4 pengujian prototipe biasa yang dirangkai seri dan paralel didapatkan hasil yang berbeda. Pada rangkaian paralel didapatkan nilai tegangan yang lebih besar jika dibandingkan dengan piezoelektrik yang dirangkai seri, Secara teori seharusnya piezo yang dirangkai seri mendapatkan nilai tegangan yang lebih besar. Hal tersebut terjadi ada beberapa faktor yang pertama setelah saya perhatikan kabel yang digunakan pada rangkaian seri pada prototipe biasa lebih panjang jika dibandingkan dengan rangkaian paralel sehingga banyak terjadi tegangan jatuh yang dihasilkan dan akhirnya tegangan pada rangkaian seri lebih sedikit dibandingkan dengan rangkaian paralel ditambah pula dengan rangkaian pada rectifier. Kedua yaitu penyolderan pada rangkaian seri kurang begitu kuat sehingga tegangan output yang dihasilkan tidak maksimal. Ketiga adalah pengaruh dari rangkaian rectifier karena pada tabel 4.1 yang tidak menggunakan rangkaian rectifier, rangkaian seri dapat menghasilkan tegangan lebih besar terhadap rangkaian paralel dan sesuai teori.

Dari analisis data diatas bahwa perancangan prototipe piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam kurang maksimal. Hal tersebut disebabkan karena beberapa faktor, pertama adalah beban yang menempel pada cantilever kurang berat sehingga proses penekanan pada piezoelektrik kurang maksimal akibatnya daya yang dihasilkan sedikit (minim). Berat gaya yang diberikan akan sangat berpengaruh terhadap hasil dari piezoelektrik begitu juga dengan struktur desain pijakan piezoelektrik akan berpengaruh besar terhadap hasil yang didapatkan, karena apabila desain tidak bagus dirancang energi yang dihasilkan oleh piezoelektrik tidak akan maksimal [10].

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Penelitian ini telah selesai membuat prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam seperti pada gambar 4.1 dan bahan yang digunakan terdapat pada bab 3. Metode cantilever beam yaitu dengan menggunakan plat yang dijepit dan pada ujung plat tersebut diberi beban agar dapat mengayun dan menekan piezoelektrik.
2. Prototipe pembangkit listrik piezoelektrik menggunakan metode cantilever beam tidak dapat bekerja secara maksimal dikarenakan perancangan piezoelektrik yang kurang efisien dan juga beban yang terdapat pada cantilever kurang berat sehingga daya yang dihasilkan sedikit, maka perlunya perubahan perancangan mekanik yang lebih bagus dan efisien.
3. Daya listrik yang dihasilkan prototipe cantilever pada pengujian tanpa rangkaian dengan beban 3 kg, 5 kg, dan 10 kg adalah 0,03 V, 0,15 V, 0,4 V dengan arus 0,1 A. Selanjutnya pada prototipe papan biasa yang dirangkai seri dan dirangkai parallel dengan beban yang sama menghasilkan tegangan 2,93 V, 17,72 V, 28,38 V dengan arus 0,33 A, 1,26 A, 1,79 A dan 1,76 V, 18,33 V, 20,58 V dengan arus 0,08 A, 0,42 A, dan 1 A.

5.2 SARAN

1. Perlunya suatu pengembangan alat agar efisien, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat lebih maksimal.
2. Perlunya penambahan berat beban yang terpasang pada cantilever sehingga tekanan yang mengenai piezoelektrik dapat lebih maksimal dan menghasilkan energi listrik yang maksimal.

3. Perlunya pengujian menggunakan jenis piezoelektrik yang lain seperti PVDF dan menggunakan ukuran yang berbeda. Sehingga dapat diketahui berapa tegangan yang dapat dihasilkan dengan ukuran yang lebih besar dan jenis piezoelektrik yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. I. N. Elfi Yulia, Eka Permana Putra, Ir. Estiyanti Ekawati, M.T., Ph.D, “Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor,” *Ortop.Traum.Protez.*, vol. No.10, no. 1, pp. 34–38, 2016.
- [2] A. A. MADIA, “Prototipe alat penghasil listrik dari tekanan mekanik berbasis piezoelektrik,” vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [3] R. Pratama and J. Saputra, “Studi electric travel bag solar cell dan piezoelectric sebagai pembangkit listrik portabel berskala mikro,” 2018.
- [4] H. Yuliana, R. Yusaniar, and B. Zainal, “Rancang Bangun Sistem Energy Harvesting di Ruang Bising Menggunakan Piezoelektrik Array,” vol. 19, no. 01, pp. 69–78, 2020.
- [5] ulul ilmi, “STUDI PERSAMAAN REGRESI LINEAR UNTUK PENYELESAIAN PERSOALAN DAYA LISTRIK,” *J. Tek.*, vol. 11, no. 1, p. 1085, 2019.
- [6] R. Sulistyowat and D. D. Febriantoro, “Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler,” *Iptek*, vol. 16, no. Mikrokontroler, pp. 10–21, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/4.-RINY-FINAL-hal-24-32.pdf>.
- [7] N. C. J. George, A. Hool, *Kantilever*, vol. 1, no. 1920. 2008.
- [8] I. Purwasih, “Rancang Bangun Sumber Energi Terbarukan Secara Hybrid (Kumparan dan Bahan Piezoelektrik Pvd) dengan Memanfaatkan Cantilever sebagai Penggetar,” pp. 1–79, 2010.
- [9] W. G. Ali and G. Nagib, “Design considerations for piezoelectric energy harvesting systems,” 2012, doi: 10.1109/ICEngTechnol.2012.6396115.
- [10] J. Tgk, S. Abdurrauf, B. Aceh, and B. Aceh, “Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik,” *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 63–67, 2016.
- [11] A. P. Abiyasa, I. W. Sukadana, I. W. Utama, and I. W. Sugarayasa, “Datalogger Portabel Online Untuk Remote Monitoring Menggunakan Arduino Mikrokontroler,” *Semin. Nas. Tek. Elektro*, pp. 5–10, 2017.