

PEMANENAN ENERGI LISTRIK DARI ENERGI MEKANIK PADA MANGKUK PUTAR DI TAMAN BERMAIN

Siti Maspupah¹, Rini Handayani², Marlindia Ike Sari³

^{1,2,3}Program Studi D3 Teknologi Komputer, Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom

¹pupahsima@gmail.com, ²rini.handayani@tass.telkomuniversity.ac.id, ³ike@tass.telkomuniversity.ac.id

Per tahun 2019 terhitung sekitar 633 ruang terbuka hijau di Bandung, yang dimana rata-rata sudah dilengkapi dengan berbagai permainan seperti ayunan, mangkuk putar hingga sepeda statik. Hal ini bisa dijadikan peluang untuk mengatasi keterbatasan energi di Indonesia yang diprediksi pada tahun 2033 bakal melakukan impor energi karena kebutuhan yang terus meningkat setiap tahunnya. Pemanenan energi bisa menjadi solusi, salah satunya dengan memanfaatkan putaran dari permainan *carousel* atau di Indonesia lebih dikenal dengan mangkuk putar. Pengubah energi yang bersumber dari gerakan mangkuk putar ini terdiri atas sistem mekanik yang berfungsi menerima masukan dari putaran mangkuk putar dan mengubahnya menjadi listrik. Sensor MAX471 sebagai pendeteksi arus dan tegangan yang keluar dari sistem mekanik serta dihubungkan dengan step up DC-DC Converter untuk dinaikan tegangannya sebelum disimpan ke *accumulator* sebagai penyimpanan listrik yang dihasilkan. Sistem ini juga dilengkapi dengan mikrokontroler sebagai penerima data dari sensor MAX471 yang nantinya akan menampilkan nilai arus dan tegangan pada LCD. Dari hasil pengujian, rancangan ini dapat mengeluarkan arus DC dengan satuan milliamper, rancangan ini dapat menyimpan dengan rata-rata tegangan pada 0.12V, kecepatan 115 RPM dalam waktu 3,8 menit.

Kata Kunci : Mangkuk Putar, Pemanenan Energi, Ruang Terbuka Hijau, Taman Bermain

In 2019 there are 633 green open spaces in Bandung, which on average have been equipped with various games such as swings, bowls to static bicycles. This can be used as an opportunity to overcome energi limitations in Indonesia, which is predicted in 2033 to import energi because the needs continue to increase every year. Harvesting energi can be a solution, one of which is by utilizing the spin of the carousel game or in Indonesia better known as a rotary bowl. The energi converter that originates from the rotary bowl movement consists of a mechanical sistem that functions to receive input from the rotary bowl rotation and convert it into electricity. MAX471 sensor as a detector of current and voltage coming out of the mechanical sistem and accumulator as storage of electricity generated. This sistem

is also equipped with a microcontroller as receiver of data from the MAX471 sensor which will later display current and

voltage values on the LCD. From the test results, this design can issue DC currents in milliamperes, this design can store with an average voltage at 0.12V, speed of 115 RPM in 3.8 minutes.

Keyword : Energi Harvesting, Green Open Space, Playground

BAB I

1.1 Latar Belakang

Bandung dikenal dengan banyaknya taman yang dikemas dengan unik dan menarik, sehingga mengundang masyarakat untuk datang dan beraktifitas seperti berolahraga atau hanya sekedar bersantai dan menghirup udara segar. Taman inipun dilengkapi dengan berbagai alat olahraga statis dan permainan anak. Hal ini bisa menjadi peluang untuk dapat memanfaatkan energi yang dihasilkan dari kegiatan yang ada di taman atau sering disebut dengan pemanenan energi.

Pemanenan energi merupakan istilah untuk energi yang dihasilkan dari sumber yang biasanya akan hilang seperti cahaya, panas, angin, tekanan bahkan gerakan. Taman bermain menjadi salah satu tempat yang sering dikunjungi dan perkembangannya pun semakin meningkat serta tersebar luas hingga ke tingkat RW. Yang dimana didalamnya terdapat banyak aktifitas dan permainan yang dapat dimanfaatkan untuk penerapan pemanenan energi atau sering juga disebut dengan *energi harvesting*, salah satunya ialah mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pemanfaatan *energi harvesting* diharapkan dapat menjadi solusi dari terbatasnya ketersediaan bahan bakar fosil.

Dalam pelaksanaan perancangan ini, penulis akan membangun pembangkit listrik dengan menggunakan energi mekanik sebagai penggerak generator. Ketika generator berputar maka akan menghasilkan daya listrik dengan arus tidak searah atau DC, arus yang masuk kemudian akan diterima oleh *accumulator* sebagai tempat penyimpanan energi. Hal ini diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif ramah lingkungan disekitar taman bermain.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah dalam penyusunan Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara menghubungkan energi mekanik pada permainan anak ke generator?
2. Bagaimana cara membuat sistem penyimpan energi listrik yang dihasilkan dari permainan anak?
3. Bagaimana menampilkan besar arus dan tegangan yang dihasilkan

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka diambil beberapa tujuan dari penyusunan proyek akhir ini sebagai berikut

1. Menghubungkan energi mekanik pada permainan anak ke generator.
2. Membuat sistem penyimpan energi listrik yang dihasilkan dari permainan anak.
3. Menampilkan besar arus dan tegangan yang dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dapat berisi :

1. Pembuatan sistem *prototype* ini bersumber dari energi mekanik yang dihasilkan dari mangkuk putar.
2. Besarnya arus yang dihasilkan tergantung pada durasi dan kecepatan pemakaian permainan.
3. Besar arus dan tegangan hanya ditampilkan pada volt/ampere meter digital.

1.5 Definisi Operasional

Taman bermain merupakan suatu tempat yang didalamnya terdapat berbagai jenis permainan yang dapat membantu kita menghilangkan penat. Banyak aktifitas fisik yang bermanfaat bagi kesehatan badan serta mental yang bisa dilakukan di taman bermain. Energi mekanik merupakan suatu energi gabungan dari energi potensial dan energi kinetik. Energi mekanik pada taman bermain bisa didapat pada beberapa permainan yang ada pada taman bermain seperti ayunan, mangkuk putar hingga jungkat jungkit.

1.6 Metode Pengerjaan

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari materi-materi yang berkaitan dengan penelitian Proyek Akhir ini, sumber yang digunakan diantaranya ialah jurnal, *manual book*, *website* terpercaya, dan beberapa laporan dari penelitian sebelumnya.

Analisa dan Perancangan Sistem

Melakukan perancangan untuk sistem yang akan dibangun serta memperkirakan alat atau komponen apa saja yang akan digunakan untuk implementasi dan juga membuat langkah-langkah pengerjaan.

Pembangunan Sistem

Membuat *prototype* dari sistem yang sudah dirancang dan melakukan pengerjaan sesuai langkah-langkah yang telah ditetapkan.

Pengujian Sistem

Melakukan uji coba untuk alat yang telah dibuat berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah dibuat.

Kesimpulan

Menyimpulkan dan menganalisa data hasil pengujian untuk dilaporkan.

Pembuatan Laporan Akhir

Membuat laporan akhir dari Proyek Akhir berdasarkan apa yang telah dilakukan dimulai dari perancangan hingga kesimpulan sesuai kaidah yang berlaku.

1.7 Jadwal Pengerjaan

Tabel 1.1 Jadwal Pengerjaan

No	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan Proyek Akhir Tahun 2019																											
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Studi Literatur	■	■	■	■																								
2	Analisa dan Perancangan sistem					■	■	■	■																				
3	Pembangunan Sistem									■	■	■	■	■	■	■	■												
4	Pemecuan Sistem													■	■	■	■	■	■	■	■								
5	Kesimpulan																					■	■	■	■	■	■	■	■
6	Pembuatan Laporan Akhir																									■	■	■	■

BAB II

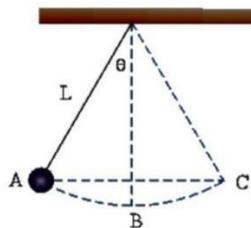
2.1 Energi Harvesting

Energi harvesting atau pemanenan energi merupakan suatu proses pengumpulan energi dari berbagai sumber energi eksternal seperti matahari, panas bumi, air, angin hingga energi mekanik yang memungkinkan dapat dialihkan menjadi energi listrik, lalu menangkap dan mengumpulkannya untuk memenuhi kebutuhan listrik perangkat sehari-hari[1].Pemanenan energi ini muncul karena kekhawatiran manusia akan ketersediaan energi listrik yang dapat diandalkan dalam semua kondisi dan ramah lingkungan, karena dengan ditemukannya metode ini memungkinkan manusia

dapat memanfaatkan kegiatan sehari-hari yang biasanya terbuang atau tidak dimanfaatkan keberadaannya sebagai sumber energi listrik alternative seperti panas matahari yang sepanjang tahun bersinar di Indonesia, mengalirnya air, hembusan angin di dataran tinggi hingga kegiatan berjalan kaki.

2.2 Energi Mekanik Pada Taman Bermain

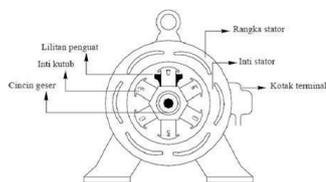
Energi mekanik merupakan jumlah dari energi potensial dan energi kinetik dalam suatu benda yang digunakan untuk melakukan suatu usaha[2], pada taman bermain terdapat berbagai macam permainan yang dapat bermanfaat bagi fisik maupun mental. Energi mekanik di Taman Bermain bisa menjadi potensi energi alternative Karena melimpahnya sumber gerak seperti permainan ayunan, mangkuk putar dan lain lain.



Gambar 2.1 Ayunan[3]

2.3 Generator

Generator merupakan pengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet. Generator memiliki dua komponen utama yaitu bagian diam (stator) dan bagian gerak (rotor) yang berhubungan langsung dengan poros generator yang berputar di pusat stator[4]. Dalam hal ini poros generator digerakan oleh tuas luar yang bersumber dari alat-alat yang bergerak di taman bermain.



Gambar 2.2 Generator[5]

2.4 Arduino

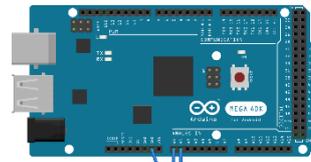
Arduino Mega yaitu board yang menggunakan dasar ATmega328 . Arduino Mega memiliki 14 digital input/output yang dimana terdapat 6 pin sebagai PWM, 6 input analog, 16 MHz osilator, koneksi USB, jack tombol reset. Pin- pin ini semua mendukung kerja mikrokontroler yang hanya terhubung dengan kabel USB dan dapat juga

dialirkan daya AC-DC atau baterai untuk mengaktifkannya[7].

Adapun beberapa board Arduino yang digunakan pada alat ini. Yaitu:

2.4.1 Arduino Mega

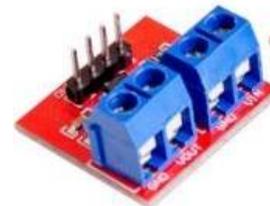
1,0 pinout : tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET hal ini memungkinkan menjadi *buffer* agar beradaptasi dengan tegangan yang sudah disediakan oleh board. Akan lebih kompatibel apabila pengembangannya dibantu menggunakan AVR yang berkerja dalam tegangan 5V dan dengan Arduino karna bekerja dengan 3.3V[7].



Gambar 2.3 Pin Konfigurasi Arduino Mega[8]

2.5 Sensor MAX741

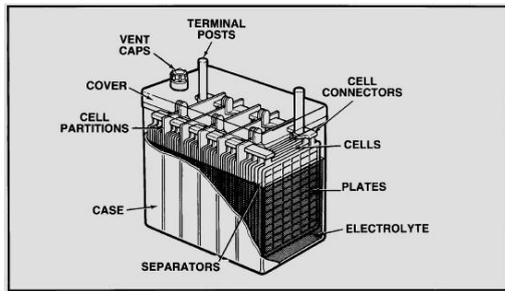
Sensor MAX741 adalah sensor yang dapat mendeteksi tegangan dan arus. Sensor ini juga memiliki kapasitas perhitungan yang terbatas jika arus yang masuk melampaui kapasitasnya maka akan terjadi kerusakan. Sensor tegangan dan arus ini juga memiliki tegangan maksimalnya, yaitu tegangan tidak boleh melebihi 25 V dan arus tidak boleh melebihi 3A.



Gambar 2.4 Sensor MAX741[10]

2.6 Accumulator

Accumulator merupakan sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang bersifat reversibel. Elektrokimia reversibel merupakan istilah yang digunakan untuk proses perubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan begitupun sebaliknya dari listrik menjadi tenaga kimia. Proses pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel[11].



Gambar 2.5 Accu^[11]

2.7 DC Step – Up Boost Converter

Konverter ini digunakan untuk menaikkan tegangan. Terdapat perubahan dari tegangan primer atau tegangan awal ke tegangan sekunder. Dengan memanfaatkan induksi elektromagnetik, dimana lilitan pada sisi sekunder lebih banyak dibandingkan lilitan pada sisi primer. Hal ini membuat tegangan yang dikeluarkan oleh sisi sekunder akan lebih besar. Namun, walaupun tegangan dinaikan, tetapi daya listrik dan frekuensi tetap sama. Selain berfungsi sebagai penaik tegangan, converter ini juga berfungsi sebagai penstabil tegangan yang keluar dari mangkuk putar sebelum disimpan di baterai.

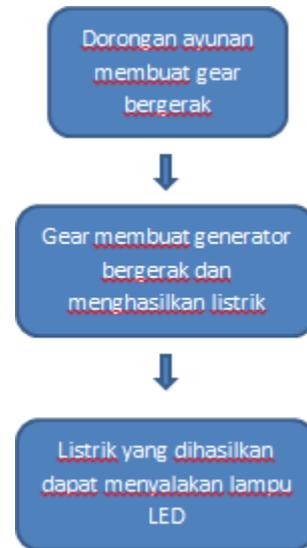


Gambar 2. 6 DC Step – Up Boost Converter

BAB III

3.1 Gambaran Sistem Saat Ini

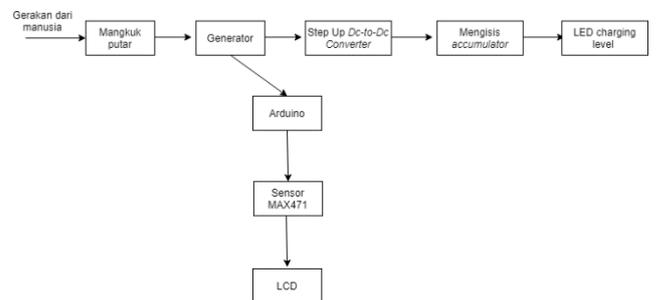
Berikut merupakan gambaran blok diagram saat ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Saat Ini

3.1.1 Gambaran Sistem Usulan

Berikut merupakan gambaran blok diagram usulan.



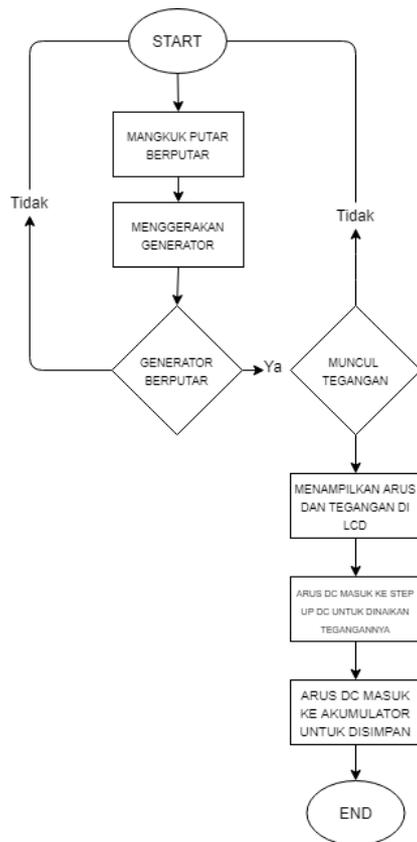
Gambar 3.2 Gambar Blok Diagram Usulan

Pada Gambar 3. Aktivitas anak – anak menyebabkan energi melank pada permianan mangkuk putar. Setelah itu, permainan anak terhubung dengan generator sehingga menghasilkan listrik DC dan dibaca oleh sensor MAX741 arus dan tegangannya. Nilai ysgng didapat dari sensor MAX471 diolah oleh Arduino Mega dana ditampilkan pada LCD. Kemudian listrik DC tersebut dimasukkan kedalam DC to DC step – up yang berfungsi sebagai kontroller dalam menaikkan dan menstabilkan tegangan. Selanjutnya tegangan masuk ke baterai *accu* untuk mengisi daya.

3.1.2 Gambar Diagram Alur Sistem Usulan

Berikut merupakan diagram alur dari sistem yang diusulkan.

3.2 Perancangan Sistem



Gambar 3. 3 Diagram Alur Sistem Usulan

a Software (Perangkat Lunak)

Software yang dibutuhkan dalam membangun rancangan Proyek Akhir ini ialah diantaranya.

Tabel 3.1 Kebutuhan Software

Jenis	Versi	Kegunaan
Arduino Ide	1.6.12	Sebagai aplikasi untuk membuat program yang akan dipasang pada mikrokontroler
Windows	10	Sebagai sistem untuk konfigurasi perangkat lunak lainnya

b Hardware (Perangkt Keras)

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini ialah.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Hardware

Jenis	Jumlah	Spesifikasi/Kegunaan
Generator	1	Sebagai alat perubah gaya mekanik ke listrik
Step Up	1	Untuk menaikkan tegangan sebelum disimpan di accumulator
Accumulator	1	Sebagai penampung daya output
Arduino Mega	1	Sebagai mikrokontroler untuk mendeteksi data dan menampilkan pada LCD
Sensor MAX471	1	Sebagai pembaca nilai tegangan dan arus.

3.3 Skenario Pengerjaan

Parameter parameter yang menjadi acuan proyek akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

- Berhasil mengeluarkan arus dari generator
- Menampilkan jumlah arus dan tegangan pada sensor dan ditampilkan pada LCD.
- Berhasil mengisi daya pada *accu*

BAB IV

4.1 Implementasi

Implementasi merupakan suatu proses penerapan perancangan yang dibuat, tujuan utama dari proses implementasi ini ialah untuk memastikan komponen setiap perancangan dapat digunakan dan memberikan masukan pada pengguna.

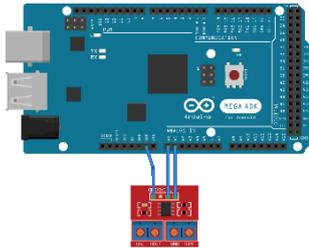
4.1.1 Perangkat Lunak Pembangun

Perngkat lunak pembangun menjelaskan perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem pemanenan energi dari tenaga mekanik ke tenaga listrik, adapun perangkat lunak tersebut ialah sebagai berikut.

- Aplikasi Arduino IDE untuk memprogram kode-kode program.
- Windows 10 Profesional 64 bit sebagai sistem operasi.

4.1.2 Perangkat Keras Pembangun

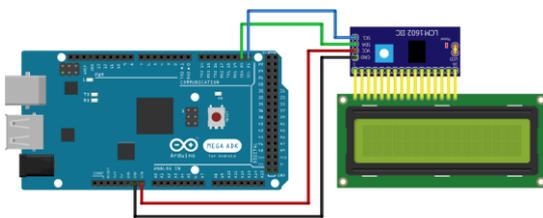
Perangkat keras pembangun menjelaskan perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem pemanenan energi dari tenaga mekanik ke tenaga listrik, adapun perangkat keras yang digunakan ialah sebagai berikut. Pengkabelan sensor arus dan tegangan MAX471 pada Arduino Mega.



Gambar 4.1 Skema pengkabelan sensor dan Arduino Mega

Pada Gambar 4.1 merupakan skema pengkabelan dari sensor arus dan sensor tegangan. Sensor ini berguna untuk membaca tegangan dan arus dari sistem mekanik permainan anak yang nantinya akan ditampilkan di LCD. Port sensor arus dan tegangan berada pada port analog A1 dan A0.

1. Pengkabelan LCD Pada Arduino Mega

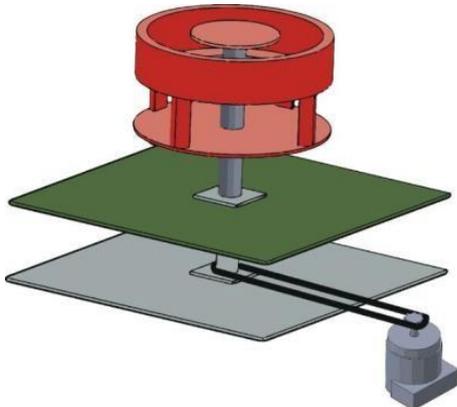


Gambar 4.2 Skema pengkabelan LCD dan Arduino Mega

Pada Gambar 4.2 merupakan skema pengkabelan dari LCD pada Arduino Mega, hal ini berguna untuk menampilkan nilai tegangan dan juga nilai arus yang keluar dari sistem mekanik permainan anak. Karena LCD telah dihubungkan dengan IC LCD sehingga pin yang digunakan diantaranya hanya port GND, VCC, SDA dan SCL.

2. Rangkaian Sistem Mekanik dan Generator

Pada Gambar 4.3 merupakan skema penghubung antara rangkaian sistem mekanik dari mangkuk putar dan generator.



Gambar 4.3 Rangkaian penghubung sistem mekanik dan generator

4.1.3 Pin-Pin Hardware

Berikut adalah pin-pin hardware Arduino yang digunakan adalah sebagai berikut.

Pin 20 Arduino dihubungkan ke SDA I2C LCD

Pin 21 Arduino dihubungkan ke SCL I2C LCD

Pin A1 Arduino dihubungkan ke VT Sensor MAX471

Pin A2 Arduino dihubungkan ke AT Sensor MAX471

Pin 5V Arduino dihubungkan ke VCC I2C LCD

Ground Arduino dihubungkan ke Ground I2C LCD dan Sensor MAX471

4.2 Implementasi Desain

Berikut adalah implementasi dari desain prototype pemanenan energi dari energi mekanik ke energi listrik pada taman bermain.

4.2.1 Tampilan LCD Monitor

Pada gambar 4.4 dapat dilihat kondisi *standby* pada monitor.



Gambar 4.4 Tampilan monitor

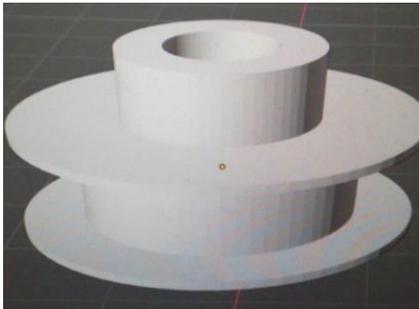
4.2.2 Desain *Prototype* Mangkuk Putar

Pada gambar 4.5 dapat dilihat desain dari *prototype* salah satu permainan pada taman bermain yakni mangkuk putar dengan diameter 15 cm dan berat kurang lebih 500 gram.



Gambar 4.5 Prototype mangkuk putar

Pada gambar 4.6 dibawah ini merupakan gambar poros yang ada dibawah *prototype* mangkuk putar, dengan ukuran diameter dalam 12 mm dan 15 mm untuk diameter luar.

Gambar 4. 6 Gambar Poros Pada *Prototype* mangkuk putar

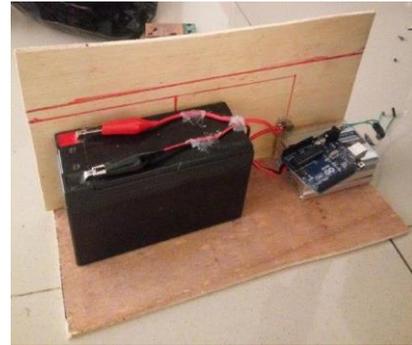
Sedangkan untuk poros pada generator dengan diameter 2 mm dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4. 7 Gambar Poros Pada Generator

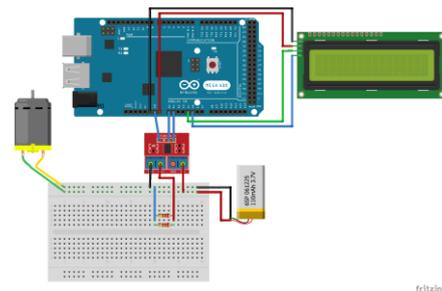
4.2.3 Rangkaian Penyimpanan Listrik

Pada Gambar 4.6 merupakan rangkaian penyimpanan listrik untuk hasil dari pemanenan energi.



Gambar 4.8 Rangkaian Penyimpanan Listrik

4.2.4 Desain Keseluruhan Sistem



Gambar 4.9 Desain Keseluruhan Sistem

Pada gambar diatas, merupakan gambar seluruh rangkaian ketika sudah di gabungkan.

4.3 Batasan Implementasi

Batasan dalam melakukan implementasi desain purwarupa pemanenan energi dari energi mekanik ke energi listrik pada taman bermain adalah sebagai berikut.

Aplikasi ini diimplementasikan hanya menggunakan mikrokontroler Arduino Mega, sensor arus dan tegangan, Step Up dan LCD.

Aplikasi ini akan diimplementasikan secara langsung yang ditampilkan oleh layar LCD dalam satuan miliampere.

Sistem ini hanya dapat membaca tegangan dan arus jika *prototype* bergerak searah jarum jam.

4.4 Pengujian

Pada tahap pengujian dijelaskan mengenai proses pengujian yang dilakukan oleh sistem yang dibangun.

4.4.1 Pengujian Generator

Pada pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa generator berfungsi dengan baik, pengujian dilakukan dengan dua acara, hasil pengujian seperti dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. 1 Pengujian Generator

Kasus dan hasil uji (Data Normal)				
Kondisi perangkat	Yang diharapkan	Lingkungan Pengujian	Pengamatan	Kesimpulan
Generator dapat diputar manual menggunakan tangan	Mengeluarkan tegangan dan arus	Didalam ruangan tertutup	Mengeluarkan tegangan sebesar 2 V	Diterima
Generator diputar menggunakan adaptor 1-9V	Mengeluarkan tegangan dan arus	Didalam ruangan tertutup	Mengeluarkan tegangan sebesar 8 V dan arus 0,27 miliampere	Diterima

Berikut terlampir perbandingan antara *datasheet* pada generator dengan data pengujian langsung guna untuk memastikan bahwa generator berfungsi sesuai spesifikasi yang tertera di *datasheet* [13]. Terdapat nilai arus dan kecepatan yang terdapat pada data dibawah ini merupakan spesifikasi bawaannya.

Tabel 4. 2 *Datasheet* Generator

Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
12	0.14	3500
18	0.15	4500
24	0.16	7000
32	0.17	8100

Sedangkan untuk data yang didapat dari hasil pengujian ialah dapat dilihat seperti table 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Data Pengujian Generator

Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
5	1A	450
12	2A	2650

Setelah dilakukan perbandingan antara *datasheet* dan data pengujian langsung, didapat bahwa arus yang dihasilkan lebih besar sedangkan kecepatannya lebih kecil dari *datasheet* atau spesifikasi bawaannya.

4.4.2 Pengujian Sensor MAX471

Pada Tabel 4.2 Pengujian sensor arus. Pengujian dilakukan bertujuan untuk memastikan nilai yang terbaca oleh sensor sudah valid atau tidak.

Tabel 4. 4 Pengujian sensor

Kasus dan hasil uji (Data Normal)				
Kondisi perangkat	Yang diharapkan	Lingkungan Pengujian	Pengamatan	Kesimpulan
Sensor diberi tegangan dengan adaptor 1 - 12 V	Sensor dapat membaca nilai arus dan tegangan sesuai nilai dari adaptor	Didalam ruangan	Sensor membaca nilai arus dan data nilai muncul di LCD	Diterima
Sensor tidak diberi tegangan sama sekali	Tidak menampilkan nilai	Didalam ruangan	Data nilai tidak ada	Diterima

Berikut merupakan data hasil kalibrasi sensor MAX471 yang membaca tegangan dan arus dari mangkuk putar. Pengujian kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai yang diukur oleh sensor MAX471 dengan nilai yang diukur oleh multimeter.

Sensor MAX471 menggunakan rumus ADC (Analog to Digital Conversion) pada program yang diproses di Arduino agar nilai yang ditampilkan pada LCD merupakan nilai yang sesuai dengan tegangan inputnya. Rumus yang digunakan terus diubah dan disesuaikan agar mendapatkan nilai yang paling mendekati dengan nilai yang terukur oleh multimeter. Dimana rumus tersebut adalah sebagai berikut.

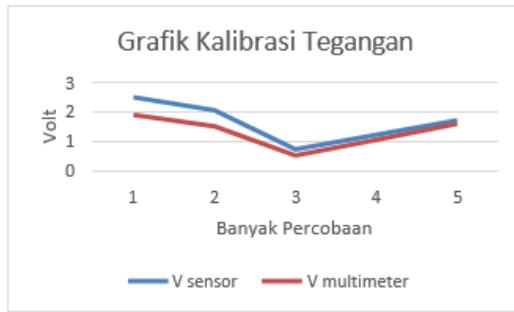
$$\text{Tegangan} = ((\text{Nilai_baca_analog0} * 5.0) / 1023.0) * 5.0$$

$$\text{Arus} = (\text{Nilai_baca_analog1} * 5.0) / 1023.0$$

Maka didapat hasil kalibrasi sebagai berikut seperti pada table 4.5.

Tabel 4. 5 Kalibrasi Sensor

Sensor MAX471		Multimeter		Selisih	
V sensor	mA	V multimeter	mA	V	mA
2,52	0,45	1,92	30	0,6	29,55
2,07	0,33	1,53	20	0,54	19,67
0,75	0,12	0,54	20	0,21	19,88
1,24	0,18	1,07	20	0,17	19,82
1,74	0,24	1,62	20	0,12	19,76
Rata-rata				0,328	21,736



Gambar 4. 1 Grafik Kalibrasi

Melihat hasil dari data yang terdapat pada table 4.8 maka didapat rumus yang yang paling mendekati yakni untuk rumus mencari tegangan karna didapat nilai pada sensor MAX471 terbaca lebih besar dari nilai multimeter maka akan dikurangi dengan nilai rata-rata dari selisih. Kasus sebaliknya untuk arus, karena nilai pada sensor lebih kecil daripada nilai di multimeter, maka akan ditambahkan dengannilai rata-rata dari selisih yang dapat dilihat pada gambar dibawah.

$$\text{Tegangan} = ((\text{Nilai_baca_analog0} * 5.0) / 1023.0) * 5.0) - 0.328$$

$$\text{Arus} = (\text{Nilai_baca_analog1} * 5.0) / 1023.0) + 21.736$$

4.4.3 Pengujian Prototype Mangkuk Putar

Pada Tabel 4.3 terdapat hasil pengujian dari mangkuk putar, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa putaran yang dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan di generator.

Tabel 4. 6 Pengujian Prototype Mangkuk Putar

Diameter (cm)	Berat (gram)	RPM	Banyak Putaran Per detik	Tegangan yang dihasilkan generator
15	500	111	2	1,4
		104	2	1,22
		99,8	2	1,12
		106,7	2	1,08
		107,6	2	1,03
Rata-rata		105,82	2	1,17

4.4.4 Pengujian I2C dan LCD

Pada Tabel 4.3 Pengujian LCD. Pengujian dilakukan oleh penulis yang bertujuan untuk memastikan LCD dan I2C sebagai media komunikasi antara LCD dan mikrokontroler, menampilkan data sesuai dengan yang diperintahkan pada program dan bekerja dengan sesusai.

Tabel 4. 7 Pengujian LCD

Kasus dan hasil uji (Data Normal)				
Kondisi perangkat	Yang diharapkan	Lingkungan Pengujian	Pengamatan	Kesimpulan
LCD dihubungkan dengan Arduino melalui I2C	LCD dapat menyala, lampu indikator I2C menyala	Didalam ruangan tertutup	LCD menyala, lampu indikator I2C menyala	Diterima
Arduino dimasukan perintah untuk menampilkan huruf	LCD menampilkan huruf sesuai dengan perintah dari arduino	Didalam ruangan tertutup	LCD menampilkan huruf	Diterima

4.4.5 Pengujian DC-to-DC Step Up Booster

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas dari komponen, apakah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ada atau tidak.

Pertama-tama pengujian dilakukan dengan menggunakan adaptor 5 V dan 12 V, adapun data yang didapat adalah setelah tegangan keluaran dari dc to dc boost converter diatur menjadi 12.6 V karena tegangan harus lebih tinggi dari kapasitas akumulator yang akan diisi, tegangan keluaran ini dapat diubah-ubah nilainya menggunakan pengatur tegangan keluaran. Adapun data pengujian yang dihasilkan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Pengujian Dc-to-Dc Boost Konverter Menggunakan Adaptor

Tegangan dari adaptor (V)	Tegangan keluaran dari DC-to-DC Boost Converter (V)
3,5	12,6
5	12,6
12	12,6

Selanjutnya pengujian dilakukan menggunakan tegangan keluaran dari mangkuk putar, hasil pengujian tersebut disajikan pada table 4.3 dibawah ini. Adapun diameter dari mangkuk putar yang digunakan pada saat pengukuran ialah 15 cm dengan berat kurang lebih 500 gram.

Tabel 4. 9 Hasil pengukuran mangkuk putar setelah dilengkapi dc to dc boost converter

Kecepatan (RPM)	Arus (mA)	Tegangan eluaran mangkuk putar (V)	Tegangan keluaran mangkuk putar setelah ditempatkan DC-to-DC Boost Converter (V)	Besar kenaikan tegangan
144,3	0,43	2,4	12,6	10,2
135,6	0,45	2,39	12,6	10,21
117,7	0,34	2,35	12,6	10,25
140,7	0,33	2,3	12,6	10,3
138,4	0,4	2,1	12,6	10,5
Rata-rata				10,292

Dari data yang tersaji pada table 4.8, dapat disimpulkan bahwa step up melakukan rata-rata kenaikan sebanyak 10 kali.

4.4.6 Pengujian RPM

Pada pengujian ini dihubungkan semua perangkat dan komponen elektronik menjadi satu kesatuan sistem.

Pada tahap ini dilakukan perhitungan RPM (Revolution Per Minute), perhitungan RPM dilakukan menggunakan Tachometer. Pengujian ini penulis lakukan untuk mengetahui kecepatan dan arus yang dihasilkan dari kecepatan tersebut pada rancangan yang dibuat. Adapun diameter dari mangkuk putar yang digunakan pada saat pengukuran ialah 15 cm dengan berat kurang lebih 500 gram.

Tabel 4. 10 Pengujian RPM

Percobaan Ke	RPM	Arus (mA)	Tegangan yang keluar Pada mangkuk putar (V)
1	144,3	0,43	2,4
2	135,6	0,45	2,39
3	117,7	0,34	2,35
4	140,7	0,33	2,3
5	122	0,33	2,1
6	138,4	0,4	2,1
7	113,5	0,24	1,66
8	108	0,22	1,56
9	127,1	0,22	1,52
10	127,6	0,29	1,42
Rata-rata	127,49	0,325	1,98

4.4.7 Pengujian Sistem Penyimpanan

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem penyimpanan yang telah dirancang, tujuan dilakukannya pengujian ini untuk memastikan tegangan tersimpan pada *accumulator*. Adapun diameter dari mangkuk putar yang digunakan pada saat pengukuran ialah 15 cm dengan berat kurang lebih 500gram.

Tabel 4. 11 Pengujian Sistem Penyimpanan

Percobaan Ke	RPM	V (awal)	V (akhir)	t (menit)	Selisih
1	99	11,9	12,1	5	0,2
2	130	9,8	9,9	3	0,1
3	107	9,9	10	5	0,1
4	127	12	12,1	4	0,1
5	108,7	12,1	12,2	2	0,1
Rata-rata	115,75			3,8	0,12

BAB V

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari kesimpulan pada bab 4, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1 Dengan kecepatan 144 RPM didapat arus sebesar 0,43 mA dan tegangan 2,4 V. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa besar arus dan tegangan yang dihasilkan generator, berbanding lurus dengan kecepatan mangkuk putar ketika diputar.
- 2 Alat yang telah dirancang dapat mengisi *accumulator* dengan rata-rata tegangan pada 0.12V, kecepatan 115 RPM dalam waktu 3,8 menit.
- 3 Nilai tegangan dan arus yang diukur oleh sensor MAX471 dapat ditampilkan pada LCD.
- 4 Arus dan tegangan yang dihasilkan dapat disimpan di *accumulator* dengan terlebih dahulu dinaikkan tegangannya menggunakan step up.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk pengembangan Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut.

- 1 Diharapkan kedepannya alat ini mampu menyimpan arus listrik lebih besar.
- 2 Diperlukan sistem monitoring agar arus dan tegangan yang telah tersimpan dapat terpantau dan tidak melebihi kapasitas *accumulator*.
- 3 Perlu menggunakan generator yang lebih besar agar tegangan yang dihasilkan juga lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Rini Handayani, S.T., M.T, Marlindia Ike Sari, S.T., M.T., Robbi Hendriyanto, S.T., M.T., and Heriyono Lalu, S.T., M.T, "ENERGI CAHAYA MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF UNTUK DITERAPKAN DI GEDUNG PERKULIAHAN," *Telkom University*.

Zara Larasati, "Memahami Energi Mekanik dalam Pertandingan Badminton," *Ruang Guru*, Agustus-2018.

Edi Mashudi M.Pd, "LAPORAN PRAKTIKUM FISIKA AYUNAN SEDERHANA." .

Ae FITZGERALD, *Mesin-mesin listrik*. erlangga.

R. Ananta Wikrama, "CARA KERJA GENERATOR LISTRIK BRUSHLESS DENGAN MENGGUNAKAN PMG (PERMANENT MAGNET GENERATOR)."

"KONVERTER AC TO DC ATAU PENGUBAH ARUS." .

BAYU FEBRIAN, "Desain Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Menggunakan Baling-Baling," *Telkom University*, 2019.

rangga, "Essay: 17. Arduino MEGA dan RaspberryPi." .

[9] "0.96" I2C OLED 128x64- Blue." .

"ACS 712 CURRENT SENSOR." .

Moal Aya, "Pengertian dan Fungsi Batrai (Aki/Accu)," 25-Aug-2014. .

"LM2596 DC-DC Buck Converter Step Down Module." .

[13] ROHM Semiconductor, DC Motor Datasheet
BD6706FV, ROHM
Semiconductor, 2005.