

## Energy Harvesting Pada Ban Mobil Menggunakan Piezoelektrik Transducer Untuk WSN Suhu Ban

Muhammad Humam Alfarisy<sup>1</sup>, Aji Gautama Putrada<sup>2</sup>, Maman Abdurohman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>humamalfarisy@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ajigps@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>abdurohman@telkomuniversity.ac.id

---

### Abstrak.

Perkembangan dunia yang sangat pesat membuat kebutuhan sumber energi untuk masyarakat semakin meningkat. Adanya peningkatan kebutuhan dikhawatirkan akan menipisnya sumber daya yang digunakan. Kendaraan bermotor seperti mobil adalah salah satu konsumen terbesar. Sejumlah energi yang dihasilkan mobil untuk gerakan terbuang percuma melalui panas dan getaran yang dihasilkan oleh mobil. Namun sebenarnya energi yang terbuang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi. *Energy harvesting* menjadi salah satu yang menyita perhatian penelitian beberapa tahun terakhir. Dalam tugas akhir ini dirancang alat *energy harvesting* dari tekanan ban mobil menggunakan *piezoelektrik transducer* untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan, mekanismenya ban kendaraan tertanam lapisan *piezoelektrik* dengan memanfaatkan energi yang terbuang melalui putaran tekanan ban yang bersentuhan dengan permukaan jalan yang dikonversikan menjadi energi listrik, energi tersebut disimpan dibaterai AAA untuk menyimpan energi listrik dan mengimplementasikan alat monitoring suhu berbasis *Internet of Things* dengan konsep *wireless sensor network*, selanjutnya melakukan simulasi pengujian untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan dari *energy harvesting piezoelektrik* dan konsumsi energi listrik alat monitoring suhu berbasis *internet of things*. Berdasarkan hasil simulasi pengujian yang dilakukan, simulasi pengujian pertama diketahui energi listrik yang dihasilkan dari perangkat pemanen *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil setelah dilakukan simulasi pengujian mobil bergerak jalan selama 1 jam energi listrik yang dihasilkan 511,8 mAh. Simulasi pengujian kedua diketahui konsumsi energi listrik alat monitoring suhu berkonsep *Internet of Things NodeMCU ESP8266* dengan sensor *Lm35* dalam monitoring suhu ruangan dalam waktu 1 jam adalah 211 mAh. dari hasil simulasi pengujian tersebut diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh perangkat pemanen energi *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil dapat digunakan sebagai sumber energi listrik perangkat *Internet of Things* dalam monitoring suhu ruangan.

**Kata kunci :** *Energy harvesting, Piezoelektrik, Internet of things, Wireless Sensor Network, tekanan ban.*

---

### Abstract

The rapid development of the world makes the need for energy sources for the community increases. There is an increasing need for fear that the resources used will be depleted. Motor vehicles such as cars are one of the biggest consumers. Some of the energy that the car produces for movement is wasted through the heat and vibrations generated by the car. But actually the wasted energy can be used as an energy producer. *Energy harvesting* has become one of the main areas of research attention in recent years. In this final project, an energy harvesting tool from car tire pressure is designed using a piezoelectric transducer to determine the electrical energy generated, the mechanism is that vehicle tires are embedded in a piezoelectric layer by utilizing the energy wasted through the tire pressure rotation in contact with the road surface which is converted into electrical energy. stored in AAA batteries to store electrical energy and implement an *Internet of Things*-based temperature monitoring tool with the concept of a wireless sensor network, then perform a test simulation to determine the electrical energy generated from piezoelectric energy harvesting and electrical energy consumption internet of things-based temperature monitoring tool. Based on the results of the test simulations carried out, the first test simulation found that the electrical energy generated from the piezoelectric harvester device from the pressure of the car tires was carried out after a simulation of testing the car moving for 1 hour produced 511.8 mAh of electrical energy. The second test simulation shows that the electrical energy consumption of the *Internet of Things NodeMCU ESP8266*-based temperature monitoring tool and the *Lm35* sensor in monitoring room temperature within 1 hour is 211 mAh. from the test simulation results, it is known that the electrical energy produced by piezoelectric energy harvesting devices from car tire pressure can be used as a source of electrical energy for *Internet of Things* devices in monitoring room temperature.

**Keywords :** *Energy harvesting, Piezoelectric, Internet of things, Wireless Sensor Network, tire pressure.*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Dunia berkembang sangat cepat membuat kebutuhan sumber energi untuk masyarakat semakin meningkat. konsumsi semua bentuk energi di seluruh dunia meningkat pesat karena meningkatnya penduduk, urbanisasi, dan perkembangan kehidupan standar. Sekitar 42% emisi global pada tahun 2013 adalah produk sampingan listrik dan panas terutama dari bahan bakar fosil sumber daya[18]. Di antara semua unit yang bergantung pada energi, mobil sebenarnya adalah salah satu konsumen terbesar. Sejumlah besar energi yang dihasilkan mobil untuk gerakan terbuang percuma melalui panas dan getaran. Meskipun berbagai bagian mobil mengalami getaran (mesin, kursi penumpang, dan badan kendaraan) dan perubahan bentuk konstan (ban). upaya awal perlu dilakukan untuk menunjukkan menunjukkan kelayakan pemanfaatan energi menggunakan pemanen energi *piezoelektrik* di mobil[5].

Dengan adanya masalah tersebut bahwa pemanfaatan energi dengan menggunakan pemanen energi. Dengan berkembangnya teknologi, *piezoelektrik* sebagai salah satu solusi pemanfaatan sebagai alat *energy harvesting*. Penelitian mengenai *piezoelektrik* sebelumnya pernah dilakukan dengan penelitian secara matematis dengan menghitung dari jarak tempuh dari kendaraan dan kecepatan. Secara keseluruhan, metode yang diusulkan adalah pilihan yang sangat baik untuk menghasilkan tenaga saat mobil sedang bergerak [4].

Pada penelitian terbaru 2020 terdapat penelitian menggunakan alat *piezoelektrik* mampu menghasilkan output daya dalam 1 jam saat kendaraan digerakkan pada 80 km/j adalah 89,8627 Wh[6]. Pada tahun 2005 terdapat penelitian yang membuktikan bahwa alat *piezoelektrik* lebih efektif dari pada MFC, disebutkan bahwa MFC tidak cocok sebagai alat pemanen energi karena karakteristik dari alat MFC yang belum diketahui. PZT terbukti lebih banyak efektif dalam lingkungan getaran acak biasanya ditemui saat berhadapan dengan getaran sekitar [7].

Maka tugas akhir ini akan mengimplementasikan sebuah alat *energy harvesting piezoelektrik* dengan memanfaatkan defleksi dan getaran tekanan ban mobil yang menjadi salah satu bagian mobil yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanen energi listrik dan alat monitoring suhu berbasis *Internet of things* dengan konsep *wireless sensor network*. Selanjutnya mengukur apakah energi listrik yang dihasilkan dari *energy harvesting piezoelektrik* dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alat monitoring suhu berbasis *Internet of things*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan alat pemanen energi (*energy harvesting*) dengan *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil dan alat monitoring suhu berbasis *Internet of Things* konsep *wireless sensor network* ?
2. Bagaimana menilai energi listrik yang dihasilkan *energy harvesting* dengan *piezoelektrik* dari tekanan ban dan konsumsi energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things* ?

### 1.3 Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan alat pengujian *energy harvesting* dengan perangkat *piezoelektrik* untuk menghasilkan energi listrik.
2. Mengimplementasikan alat monitoring berbasis *Internet of Things* dengan konsep *wireless sensor network*.
3. Menganalisis energi listrik yang dihasilkan *energy harvesting piezoelektrik* dan konsumsi energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things*.
4. Menganalisis energi listrik yang dihasilkan dari *energy harvesting piezoelektrik* dapat digunakan sebagai sumber energi perangkat *IoT*.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini ialah:

1. Membuat alat *piezoelektrik energy harvesting* dari tekanan ban mobil dan alat monitoring berbasis *Internet of Things*.
2. Perancangan alat *energy harvesting* terdiri dari komponen mobil, ban mobil, *piezoelektrik*, kapasitor, dioda, kabel, kabel usb, baterai AAA.
3. Perancangan alat monitoring suhu terdiri dari komponen *NodeMCU ESP8266*, sensor *Lm 35*, kabel jumper *male to male*, holder baterai, kabel usb, baterai AAA, hp android samsung dan aplikasi *blynk* sebagai sistem kontrol.
4. Menganalisis energi listrik yang dihasilkan dari *energy harvesting piezoelektrik* .
5. Menganalisis konsumsi energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Studi Terkait

Pada saat ini penelitian mengenai pengujian alat pemanen energi (*energy harvesting*) antara lain *piezoelektrik*, *termoelektrik* dan alat lainnya telah banyak dikembangkan, mulai dari analisis dengan perhitungan matematis, percobaan pengujian alat. Dari pengujian alat yang dikembangkan *piezoelektrik* terbukti menghasilkan hasil yang positif baik dalam penelitian secara matematis dan pengujian alat .

Penelitian mengenai *piezoelektrik* sebelumnya pernah dilakukan dengan penelitian secara matematis dengan menghitung dari jarak tempuh dari kendaraan dan kecepatan. Secara keseluruhan, metode yang diusulkan adalah pilihan yang sangat baik untuk menghasilkan tenaga saat mobil sedang bergerak [4]. Tumpukan PZT digunakan untuk mengubah regangan mekanis menjadi listrik. Akhirnya model analitik energi ban sistem pemanenan diturunkan. Model memprediksi bahwa 2,95 mW daya yang bisa digunakan akan diperoleh dari PZT yang dipasang di ban. Dengan konsep array *piezo*, 14 tumpukan perangkat *piezoelektrik* dengan ukuran yang sama dapat ditempatkan di dalam ban. Karena itu sekitar 42 mW tenaga listrik diperkirakan akan dipanen menggunakan PZT [5].

Pada penelitian terbaru 2020 terdapat penelitian prediksi perhitungan dengan menggunakan alat *piezoelektrik* mampu menghasilkan output daya dalam 1 jam saat kendaraan digerakkan pada 80 km/j adalah 89,8627 Wh[6]. Pada tahun 2005 terdapat penelitian yang membuktikan bahwa alat *piezoelektrik* lebih efektif dari pada MFC, disebutkan bahwa MFC tidak cocok sebagai alat pemanen energi karena karakteristik dari alat MFC yang belum diketahui. PZT terbukti lebih banyak efektif dalam lingkungan getaran acak biasanya ditemui saat berhadapan dengan getaran sekitar [7].

### 2.2 Energy harvesting

Pemanenan energi atau *energy harvesting* telah menyita perhatian beberapa tahun belakangan ini. Kebutuhan energi dari tahun ke tahun bahkan bisa dibilang dari hari ke hari yang semakin meningkat membuat kebutuhan energi semakin menipis. Banyak alat yang diciptakan untuk menghasilkan energi tetapi banyak juga alat yang diciptakan untuk mengkonsumsi energi baik dalam skala besar ataupun skala kecil. Konsumsi semua bentuk energi di seluruh dunia meningkat pesat karena meningkatnya penduduk, urbanisasi, dan perkembangan kehidupan standar. Sekitar 42% emisi global pada tahun 2013 adalah produk sampingan listrik dan panas terutama dari bahan bakar fosil sumber daya[18].

Pada abad ke-21, pengembangan energi terbarukan sistem pemanenan adalah desain teknologi yang paling penting tantangan karena peningkatan pemanasan global dan lainnya isu yang berkaitan dengan lingkungan[3]. Pemanenan energi merupakan cara yang paling efektif untuk menjawab kekurangan energi, berbagai permasalahan lingkungan dan produksi sumber tenaga yang berkelanjutan dari lingkungan. Teknologi pemanenan energi memungkinkan pengambilan energi listrik dari energi sekitar. Sejumlah sumber energi ambien yang dapat dipanen ada termasuk limbah panas, getaran, kebisingan akustik, gelombang elektromagnetik, angin, air yang mengalir, gerakan manusia dan energi matahari[10].

Pemanen energi berbasis getaran telah menerima perhatian selama beberapa tahun terakhir. Mekanisme transduksi dasar yang dapat dilakukan digunakan untuk dikonversi dari getaran ke listrik. Karena berkurangnya kebutuhan daya elektronik komponen kecil untuk memberi daya pada perangkat elektronik dengan menggunakan energi getaran yang tersedia [1].

Beberapa prototipe mengenai alat pemanen energi telah banyak dibuat dan diterapkan. *Piezoelektrik* sebuah perangkat yang dimanfaatkan sebagai alat pemanen energi dengan memanfaatkan energi getaran atau tekanan. Banyaknya energi yang terbuang salah satunya oleh kendaraan seperti mobil, alat *piezoelektrik* ini bisa dimanfaatkan sebagai pemanen energi untuk memanfaatkan energi yang terbuang oleh mobil.

### 2.3 Piezoelektrik

*Piezoelektrik* adalah salah satu alat pemanen energi (*energy harvesting*) yang digunakan dengan memanfaatkan dari energi getaran atau tekanan. *Piezoelektrik* diklasifikasikan sebagai perangkat yang dapat mengubah energi getaran atau tekanan menjadi listrik.

Transduser paling banyak digunakan untuk memanen dan menghasilkan energi dengan menggunakan *piezoelektrik*. *Piezoelektrik* digunakan untuk memanen dan menghasilkan listrik dari energi mekanik dengan berbagai sumber seperti pijakan kaki, pergerakan kendaraan atau peralatan listrik [11].

Bidang pemanenan energi semakin menjadi penting terbukti dari semakin banyaknya publikasi dan prototipe produk. Penggunaan pemanen energi adalah untuk memberi daya pada node sensor nirkabel. Tantangan utama dalam implementasinya [9].

### 2.4 Internet of Things

Teknologi *Internet of Things (IoT)* yaitu desain di mana objek dapat mengirimkan data dengan jaringan tanpa interaksi manusia ke computer, di mana data yang dihasilkan dari alat (sensor) tersebut melekat pada objek yang dipilih[16]. Internet untuk segalanya yaitu sebuah

perkembangan yang menjanjikan sebagai komunikasi masa depan, akan membuat semuanya pintar (ponsel, mobil, perangkat elektronik), dan mereka terhubung satu sama lain secara langsung dan memproses informasi di mana-mana [17].

## 2.5 Ban

Ban adalah komponen dari kendaraan yang berguna sebagai penggerak dari kendaraan. bisa dibidang komponen yang sangat penting, bahan yang terbuat dari karet yang kemudian didalamnya disuplai angin sesuai kapasitas ini berguna juga sebagai penyeimbang kendaraan dari permukaan jalan jika tidak rata.

Ban yaitu komponen dari mobil yang berguna untuk meredakan getaran faktor dari jalan yang tidak rata, menahan bobot kendaraan dan bebannya, melangsungkan dorongan dan pengereman, Dan menjaga keseimbangan antara kendaraan dan tanah untuk memudahkan pergerakan [2].

Terdapat 3 tipe ban diantaranya :

1. Tipe ban bias adalah ban tali yang sering digunakan sebagai rangka ban. Alurnya berbentuk zigzag.
2. Tipe ban radial adalah ban dengan struktur rangka sabuk yang dibentuk dengan sudut terhadap bulatan ban, sehingga jika dilihat dari samping, kabelnya mengarah ke tengah atau ubun- ubun ban dalam arah radial.
3. Tipe ban tubeless yaitu ban didesain tidak memakai ban menggunakan dalam [2].

## 2.6 Baterai

Baterai saat ini ialah salah satu perangkat penyimpan daya yang paling banyak digunakan. Ada dua jenis baterai yaitu baterai satu kali pakai dan baterai recharge. Baterai satu kali pakai ialah baterai yang memiliki masa pakai satu kali saat baterai habis dan tidak bisa digunakan lagi. Baterai cas atau recharge yaitu baterai yang bisa dicas daya kembali. Hukum pembangkitan daya oleh baterai sekunder sama saja hukum baterai primer. Tetapi reaksi kimia baterai sekunder ini dapat dibalik. Ketika baterai dipakai dengan mengkoneksikan bobot ke terminal baterai, arus mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Ketika sumber daya eksternal terhubung ke baterai sekunder, arus mengalir dari elektroda positif ke elektroda negatif, sehingga mengisi baterai. Jenis baterai isi ulang yang paling umum termasuk baterai Ni-cd (*Nickel- Cadmium*), Ni-MH (*Nickel-Metal Hydride*) dan Li-Ion (*Lithium-Ion*) [8].

## 2.7 NodeMCU ESP8266

*NodeMCU* adalah mikrokontroler yang serupa dan dapat dikonfigurasi untuk terhubung ke internet untuk *Internet of Things (IoT)*. Papan pengembangan *NodeMCU* terbuka papan sumber pada mikrokontroler *Esp8266* dengan terintegrasi pemancar *Wi-Fi*. *NodeMCU* adalah lingkungan yang lengkap dari perangkat keras dan perangkat lunak untuk *IoT*. *NodeMCU* adalah sumber *Internet of Things* sebagai platform, untuk mengirimkan data ke *server cloud*. menggunakan operasi *xtos system* [14]. Saat ini, modul *ESP* mendukung tiga mode hemat daya, yaitu mode *modem-sleep*, *light-sleep* dan *deep-sleep* dengan konsumsi arus masing-masing 15 mA, 0,9 mA dan 10 A. [15].

## 2.8 Wireles sensor Network

Kemajuan teknologi saat ini, berbagai penelitian terkait jaringan sensor mulai banyak dikembangkan. Menanggapi permintaan pasar yang terus meningkat untuk *wireless sensor network (WSN)* praktis, konsep *wireless sensor network (WSN)* pemanenan energi telah diproduksi. Beberapa simpul *wireless sensor network (WSN)* dapat memanen energi dari lingkungan (matahari, angin, energi panas, tekanan). Mereka mendapatkan masa pakai yang sangat lama karena banyaknya siklus pengisian ulang. Kemajuan penting dalam teknologi komunikasi nirkabel, elektro-mekanis dan digital elektronik memungkinkan untuk menyebarkan *wireless sensor network (WSN)* skala besar [12].

kebutuhan pemanenan energi di node *wireless sensor network (WSN)* dan dengan cepat meningkat dari hari ke hari karena jumlah penggunaan yang besar, *wireless sensor network (WSN)* digunakan untuk mengirimkan kondisi fisik atau lingkungan seperti suhu, kelembaban, dll. Teknik dibidang pemanenan energi juga disebut pemanenan listrik dan pemindahan energi. Dengan bantuan teknik ini dapat mengubah energi sekitar menjadi energi elektronik dan menyimpannya, yang kemudian dapat menjadi sumber daya untuk elektronika nirkabel [13].

Jaringan sensor nirkabel dianggap sebagai bagian penting dari *Internet of Things*. Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan keandalan dan daya tahan jaringan sensor nirkabel untuk kemajuan terbaru dalam teknologi penghasil energi.

## 2.9 Aplikasi Blynk

*Blynk* adalah aplikasi yang dipakai untuk mengontrol *Arduino*, *Rasbery Pi*, *Wemos* dan modul serupa untuk iOS atau Android melalui Internet. Bagi orang yang baru pertama kali menggunakannya, aplikasi ini sangat mudah digunakan. Ini memiliki berbagai fungsi untuk memudahkan pemakai ketika menggunakannya. Membuat proyek di platform ini sangat mudah,

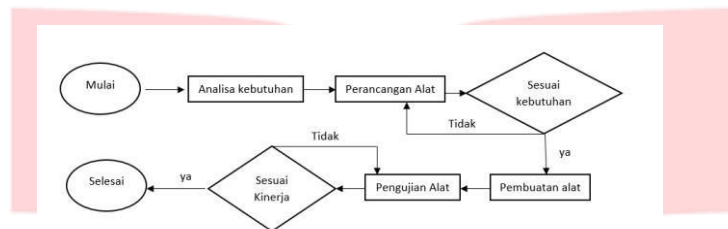
kurang dari 10 menit, menggunakan drag and drop. *Blynk* tidak dikaitkan ke modul dan papan tertentu. Di platform ini, pengguna dapat mengendalikan semuanya pada jarak yang jauh, di mana saja pengguna terhubung ke internet. Ini disebut *IoT (Internet of Things)* [16].

### 2.10 Sensor Lm35

Sensor suhu yaitu *Lm35* ialah komponen yang dipakai dalam mendeteksi suhu yang berfungsi mengubah satuan suhu menjadi satuan listrik berupa nilainya. Dibandingkan dengan sensor suhu lainnya, *Lm35* memberikan presisi tinggi dan desain sederhana, menggunakan sensor *Lm35* sebagai mikrokontroler. Selain itu, alat itu memiliki impedansi output yang kecil dan linieritas yang tinggi, jadi bisa dengan gampang dikoneksikan ke loop kontrol khusus [19].

## 3. Sistem yang dibangun

### 3.1 Gambaran umum dan alur rancangan sistem



Picture 1. System overview.

Pada desain sistem tugas akhir ini, yaitu menjelaskan tahapan dari pembuatan alat pemanen energi tahapannya yaitu dengan menganalisa kebutuhan alat dan komponen yang dibutuhkan, tahap berikutnya melakukan perancangan alat, jika sudah sesuai dengan kebutuhan maka dilakukan pembuatan alat setelah alat yang dibuat jadi lakukan pengujian terhadap alat yang sudah dibuat, jika alat yang dibuat sudah sesuai dengan kinerja maka lakukan pengujian sesuai rencana skema simulasi pengujian alat tersebut.

### 3.2 Analisis Kebutuhan

Berikut adalah beberapa peralatan yang diperlukan guna membuat perancangan alat tugas akhir ini:

No	Bahan dan Alat	Jumlah (pcs)
1.	<i>Piezoelektrik</i>	5
2.	Mobil	1
3.	Ban mobil	1
4.	Baterai AAA	4
5.	Kabel	2
6.	Tester digital	1
7.	Dioda 1N4001	12
8.	Kapasitor 100mF 25V	3
10.	<i>NodeMCU ESP8266</i>	1
11.	Sensor <i>Lm35</i>	1
12.	<i>Holder</i> baterai AAA	1
13.	Kabel USB	1
14.	Kabel Jumper <i>male to male</i>	3
15.	<i>Hp</i> android samsung	1

Table 1. List of tools dan materials.

### 3.3 Perancangan alat

#### 4.3.1 Perancangan alat energi harvesting

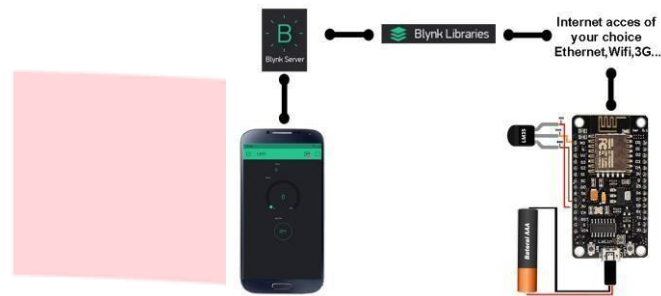


Picture 2. Design of energy harvesting tools.

Desain ini adalah rancangan alat yang akan dibuat dan koneksi dari berbagai bagian sistem pemanenan diilustrasikan pada Gambar 2. Rancangan alat Dalam konfigurasi

ini, alat *piezoelektrik* adalah komponen utama yang digunakan sebagai pemanen energi listrik yang di hasilkan oleh tekanan ban, terdapat rangkaian kapasitor dan dioda yang digunakan sebagai alat yang menstabilkan aliran listrik yang dihasilkan dari pemanen *piezoelektrik*, kemudian energi listrik ditransfer ke baterai sebagai alat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan.

#### 4.3.2 Perancangan alat monitoring suhu berbasis *Internet of Things*



Picture 3. *Internet of Things* based electrical energy consumption measurement tool design .

Rancangan alat pengukuran konsumsi energi listrik dengan membangun alat monitoring suhu berbasis *Internet of Things* dengan konsep *wireless sensor network*. Dalam monitoring suhu ruangan komponen yang dibutuhkan dalam perancangan alat sesuai pada Gambar 4 yaitu *NodeMCU ESP8266*, baterai AAA, sensor *Lm35*, kabel jumper *male to male*, dan kabel usb. Perancangan alat pengujian ini dibuat untuk mengukur konsumsi energi listrik *NodeMCU ESP8266* dalam monitoring suhu ruangan.

#### 3.4 Simulasi Pengujian Alat

Simulasi pengujian yang dilakukan ditugas akhir ini ialah mengukur energi listrik yang dihasilkan dari *piezoelektrik* sebagai perangkat *energy harvesting* pada tekanan ban mobil saat mobil bergerak memanfaatkan defleksi dan getaran ban mobil. Untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan, pengukuran dilakukan dengan menggunakan baterai AAA sebagai penampung energi listrik yang dihasilkan dari *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil.

Tahap berikutnya yaitu melakukan simulasi pengujian konsumsi energi listrik dari alat berbasis *Internet of Things* dengan konsep *wireless sensor network NodeMCU ESP8266* dan sensor *Lm35* dalam monitoring suhu ruangan dan baterai AAA yang digunakan sebagai sumber energi listrik alat tersebut. Sistem kontrol yang digunakan dalam monitoring suhu ruangan dilakukan dengan menggunakan aplikasi *blynk*. Perhitungan hasil kedua pengujian tersebut dalam satuan mAh, berdasarkan dari website *elektrologi.iptek.web.id* satuan mAh dapat diubah menjadi satuan energi seperti Joule atau Wh ataupun kWh, namun untuk menentukan mAh yang dihasilkan perlu mengetahui tegangan (voltase) baterai, perhitungan dilakukan berdasarkan kurva gambar 3 dan rumus dibawah. Satuan mAh digunakan untuk menyesuaikan dengan kapasitas yang tertera pada baterai yang digunakan.

Perhitungan simulasi pengujian dilakukan dengan menentukan waktu 1 jam agar waktu pengujian energi harvesting sama dengan konsumsi energi alat monitoring berbasis *IoT*. Untuk menentukan 1 jam perhitungan dilakukan dengan menghitung *wattage* terlebih dahulu setelah mendapatkan *wattage* maka energi listrik yang dihasilkan *energy harvesting* dan konsumsi energi listrik dapat diasumsikan. Sifat pengujian ini simulasi karena menggunakan data terhitung bukan data pengamatan. Pengujian simulasi ini juga untuk mengetahui apakah energi yang dihasilkan dari tekanan ban dapat digunakan sebagai sumber energi alat monitoring berbasis *IoT*.

$$W = P \cdot t$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$

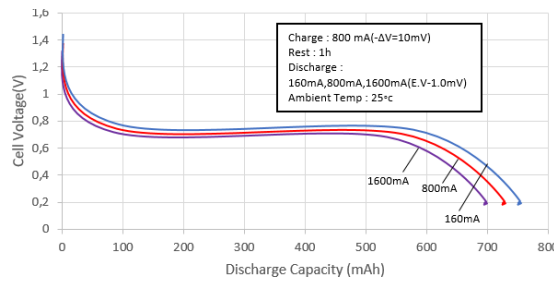
P = daya listrik (W)

W = energi listrik (J/kWh/mAh)

t = waktu (j)

I = arus listrik (A)

V = tegangan (V)



Picture 4. Battery capacity calculation curve

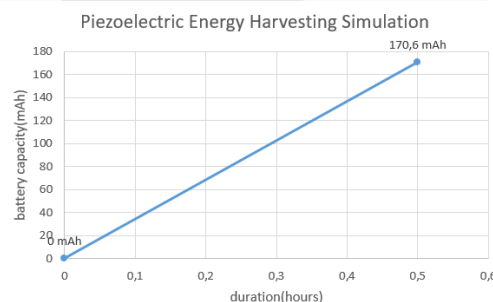
#### 4. Evaluasi

##### 4.1 Hasil Simulasi Pengujian

Penulis telah melakukan simulasi pengujian alat yang dirancang pada tugas akhir ini, terdapat dua simulasi pengujian yang dilakukan. Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan dari perangkat pemanen *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil, baterai AAA bertipe Li-Ion (*Lithium-Ion*) berkapasitas 1,4 V 450 mAh digunakan sebagai alat penyimpanan energi listrik, perangkat pemananen energi akan berkerja saat mobil bergerak jalan dengan memanfaatkan defleksi dan getaran ban mobil untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kapasitas awal 1,00 V 0 mAh pengujian dilakukan dengan waktu 20 menit naik menjadi 1,16 V 170,6 mAh. Berdasarkan grafik pada gambar 5 sebelum melakukan simulasi pengujian, diketahui energi listrik yang ada pada baterai adalah 0 mAh, setelah dilakukan simulasi pengujian mobil bergerak jalan selama 1 jam energi yang dihasilkan dari perangkat pemanen *piezoelektrik* adalah 511,8 mAh.

Nama baterai	Baterai AAA
Jenis baterai	Li-Ion ( <i>Lithium-Ion</i> )
Kapasitas baterai	1,4 V 450 mAh
Recharge baterai	500 kali
Dimensi Baterai	1 x 4,4 cm

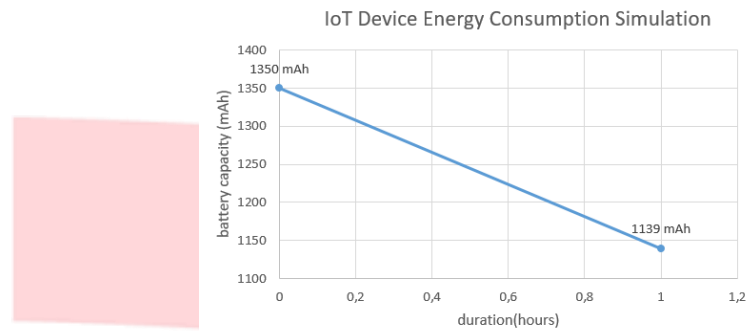
Table 2. Battery specifications



Picture 5. Energy harvesting *piezoelektrik* simulation graph.

Simulasi pengujian berikutnya dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi listrik alat monitoring berbasis *IoT* dengan konsep *wireless sensor network NodeMCU ESP8266* dan sensor *Lm35* dalam monitoring suhu ruangan dengan sistem kontrol yang digunakan aplikasi *blynk*. *NodeMCU ESP8266* yang digunakan membutuhkan sumber daya listrik 3,2 V. Total ada 3 baterai AAA berjenis Li-Ion (*Lithium-Ion*) digunakan sebagai sumber energi listrik *NodeMCU ESP8266*, total kapasitas baterai yang digunakan sebagai sumber energi listrik alat monitoring ini adalah 4,23 V 1.350 mAh. Tahap berikutnya yaitu melakukan monitoring suhu ruangan dengan perangkat *IoT* yang sudah dirancang, pengujian dilakukan dengan waktu 30 menit dengan hasil 0,34 V 105,5 mAh.

Gambar 6 menunjukkan grafik hasil perhitungan simulasi pengujian konsumsi energi listrik baterai AAA dalam satuan mAh yang digunakan sebagai sumber energi listrik alat berbasis *IoT* dalam monitoring suhu ruangan, baterai AAA awalnya memiliki energi listrik 1350 mAh setelah digunakan sebagai sumber energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things* dalam monitoring suhu ruangan dengan durasi waktu 1 jam, berdasarkan hasil perhitungan energi listrik yang tersimpan pada baterai AAA tersisa 1139 mAh. Jadi konsumsi energi listrik pada alat berbasis *Internet of things* dalam monitoring suhu ruangan adalah 211 mAh.



Picture 6. Simulation of electrical energy consumption of *IoT* based tools.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi pengujian yang dilakukan terdapat dua simulasi pengujian, simulasi pengujian pertama diketahui energi listrik yang dihasilkan dari perangkat pemanen *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil setelah dilakukan simulasi pengujian mobil bergerak jalan selama 1 jam energi listrik yang dihasilkan 511,8 mAh. Simulasi pengujian kedua diketahui konsumsi energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things* dengan konsep *wireless sensor network NodeMCU ESP8266* dan sensor *Lm35* dalam monitoring suhu ruangan dalam waktu 1 jam adalah 211 mAh. Dari hasil simulasi pengujian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh perangkat pemanen energi *piezoelektrik* dari tekanan ban mobil dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alat monitoring suhu berbasis *Internet of Things*.

Adapun saran dari penelitian ini untuk pengembangan sistem selanjutnya menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari perangkat pemanen energi secara langsung sebagai sumber energi listrik alat monitoring berbasis *Internet of Things*.

## REFERENSI

- [1] Erturk ,Alper dan Daniel J. Inman “PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING “. *John Wiley & Sons, Ltd.* ISBN: 978-0-470-68254-8 2011.
- [2] Handoyo, Yopi. “*analisis performance ban dengan alat drum test*”. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, Vol. 2, No. 1, Februari 2014 , Universitas Islam 45, Bekasi.
- [3] Sharma, H., Haque, A., & Jaffery, Z. A. (2018). “*An Efficient Solar Energy Harvesting System for Wireless Sensor Nodes*”. *2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES) 2018*.
- [4] Kamran,Muhammad, Dr. Raziq Yaqub, dan Dr. Azzam ul Asar. “Autonomously Battery Charging Tires For EVs Using Piezoelectric Phenomenon”. *Proceedings of the International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV); Athens, (2017)*.
- [5] Khameneifar ,Farbod dan Siamak Arzanpour.” ENERGY HARVESTING FROM PNEUMATIC TIRES USING PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS “. *ASME Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, SMASIS08 2008*.
- [6] Pandey ,Aditya , Tejas Bansal , Amey Konde , Rushikesh Giri4, dan Sarvesh Gandhi. “Energy Generation in Tyres using Piezoelectric Material”. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 9 Issue 07, July- 2020.
- [7] Sadono, Henry A., Daniel J. Inman dan Gyuhae Park. “Comparison of Piezoelectric Energy Harvesting Devices for Recharging Batteries”. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 2005 16: 799.

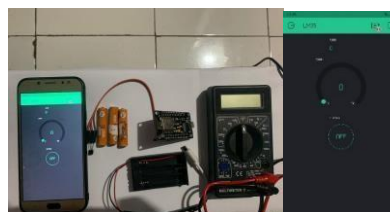


- [8] Yantoro ,Wahyu Dwi, Raja Harahap.”Analisis Efisiensi Penggunaan Baterai Lithium Polymer 48V 25Ah pada Sepeda Motor Listrik Yang Dirancang Dengan Daya 3 Kw”. Departemen Teknik Elektro Sub konsentrasi Teknik Energi Listrik 2019.
- [9] Kim ,Hyunuk, Yonas Tadesse, dan Shashank Priya. “Piezoelectric Energy Harvesting”. *Energy Harvesting Technologies, Springer Science&Business Media, LLC* DOI 10.1007/978-0-387-76464-11,2009.
- [10] Jayarathne,W. M. ,W. A. T. Nimansala, dan S. U. Adikary. “Development of a Vibration Energy Harvesting Device Using Piezoelectric Sensors”. 2018 *Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn)* ,IEEE 2018.
- [11] Burham,N., M. N. A. Malek, A. A. Aziz, N. I. Shuhaimi dan A. M. Markom.” Development of piezoelectric energy harvesting via vehicle movements”. *International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*,2019.
- [12] Shakhov, Vladimir. “On Efficiency Improvement of Energy Harvesting Wireless Sensor Networks”. *39th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*,IEEE 2016.
- [13] Deepti dan Sukesha Sharma. “Energy Harvesting using Piezoelectric for Wireless Sensor Networks”. *2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES) - Delhi, India (2016.7.4- 2016.7.6)*, IEEE 2016.
- [14] Jayaysingh, R., David, J., Joel Morris Raaj, M., Daniel, D., & BlessyTelagathoti, D. (2020). *IoT Based Patient Monitoring System Using NodeMCU*. 2020 *5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*.IEEE 2020.
- [15] Olubiyi O. Akintade,Thomas K. Yesufu, Lawrence O. Kehinde.”*Development of Power Consumption Models for ESP8266-Enabled Low-Cost IoT Monitoring Nodes*”. Department of Electronic and Electrical Engineering, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. *Advances in Internet of Things* , Vol.9 No.1, January 2019.
- [16]Kurniawan, F., Nurhayati, H., Arif, Y. M., Harini, S., Nugroho, S. M. S., & Hariadi, M. (2018). *Smart Monitoring Agriculture Based on Internet of Things*. 2018 *2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIconCIT)*.
- [17]Panahi, F. H., Moshirvaziri, S., Mihemmedi, Y., Panahi, F. H., & Ohtsuki, T. (2018). *Smart Energy Harvesting for Internet of Things*. 2018 *Smart Grid Conference (SGC)*.
- [18]Han, F., Bandarkar, A. W., & Sozer, Y. (2019). *Energy Harvesting from Moving Vehicles on Highways*. 2019 *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*.
- [19]Artiyasa Marina, Aidah N. R., Edwinanto, Anggy P. J. “Aplikasi Smart home NodeMcu IoT Untuk Blynk”. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*. Vol. 7, No. 1, September 2020.

Lampiran.



Picture 7. Piezoelektrik Energy harvesting simulation tools.



Picture 8. IoT based test simulation tools.