

RSV-P (ROAD SPEED BUMP'S VIBRATION POWER PLANT): PEMANFAATAN SPEED BUMP SEBAGAI MEDIA KONVERSI GETARAN JALAN MENJADI ENERGI LISTRIK ALTERNATIF EBT BERBASIS IOT

**Djody Rizqy Rahman, Muhamad Kholiq Iqbal Basith, Tiffany Rachmania
Darmawan, Safira Firdaus Mujiyanti, S.T, M.T.**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu energi utama yang diperlukan manusia dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam skala rumah tangga maupun skala industri. Energi listrik dihasilkan dari alat pembangkit listrik yang dapat memproduksi tegangan listrik dengan cara mengubah suatu energi menjadi energi listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam sebagai bahan baku seperti Batu Bara, Minyak Bumi dan Nuklir. Namun, dari pembangkit listrik tersebut muncul permasalahan, yaitu berkurangnya cadangan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui serta polusi yang dihasilkan dapat memicu terjadinya pemanasan global dan diperburuk dengan semakin padatnya pengguna kendaraan bermotor. Oleh sebab itu, perlu diberikan solusi alternatif penghasil energi listrik baru terbarukan dan ramah lingkungan dari energi yang selama ini tanpa disadari terbuang begitu saja. Salah satunya adalah energi mekanik berupa getaran yang dihasilkan akibat kendaraan bermotor yang melintas pada *speed bump*. Menanggapi permasalahan tersebut, kami berinovasi untuk menciptakan teknologi tepat guna berupa pembangkit listrik tenaga getaran pada *speed bump* berbasis *Internet of Things (RSV-P)*. Alat tersebut dapat menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada lampu penerangan jalan. Sistem prototipe alat RSV-P ini menggunakan *NodeMcu* sebagai *microcontroller* yang mengendalikan *piezoelectric* sebagai *converter* getaran menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan akan disimpan dalam baterai yang berfungsi sebagai daya untuk menghidupkan lampu jalan dan LCD untuk menampilkan tegangan yang dihasilkan. Untuk kedepannya, alat ini diharapkan mampu memberikan alternatif EBT yang ramah lingkungan untuk memberikan sumber energi penerangan jalan pada daerah tertentu, serta dapat membantu mengurangi jumlah polusi udara yang dihasilkan dari proses industri konversi suatu energi menjadi energi listrik.

Kata Kunci: EBT, *Internet of Things*, *Microcontroller*, *Piezoelectric*, *Speed Bump*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Menurut studi yang dilakukan oleh Kebede et al. (2010) menyatakan bahwa semakin besar jumlah penduduk suatu negara, maka semakin tinggi pula kebutuhan energi di wilayah tersebut. Rata-rata peningkatan kebutuhan energi tiap tahunnya sebesar 36 juta *barrel oil equivalent* (BOE) dari tahun 2000 hingga 2014. Peningkatan kebutuhan energi dipengaruhi oleh semakin meningkatnya jumlah penduduk Indonesia. Sumber energi dibagi menjadi dua berdasarkan ketersediaannya, yaitu energi fosil tak terbarukan (*non-renewable energy*) dan energi terbarukan (*renewable energy*) (Fauzi, 2006). Selama ini kebutuhan energi dipenuhi oleh sumber daya tak terbarukan seperti minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Kondisi ini terlihat secara dominan digunakan untuk pembangkit listrik, bahan bakar, kebutuhan rumah tangga, dan kegiatan aktivitas yang masih banyak menggunakan energi tak terbarukan. Sementara cadangan minyak bumi, gas bumi, dan batu bara semakin menipis. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM Tahun 2015-2019, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel diperkirakan akan habis pada 13 tahun mendatang. Kebutuhan yang semakin meningkat menyebabkan energi tidak selamanya dapat memenuhi kebutuhan dalam jangka panjang.

Selain cadangan yang semakin menipis, energi tak terbarukan juga menyebabkan polusi udara yang cukup besar karena dapat menyebabkan pemanasan global. Kandungan solusi yang berbahaya adalah limbah gas CO_2 yang dihasilkan dari pembangkit listrik. Gas CO_2 merupakan salah satu golongan gas rumah kaca. Efek gas rumah kaca akan menyebabkan radiasi sinar infra merah dari bumi dan akan kembali ke permukaan bumi karena tertahan oleh gas rumah kaca. Selain itu, gas Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Oksida (NO_2) adalah limbah gas yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Fosil dimana dua jenis ini merupakan sumber deposisi asam sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan yang cukup serius

Dampak negatif yang dihasilkan dari energi tak terbarukan menyebabkan banyak orang mengembangkan sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan dapat menjadi solusi pemenuhan kebutuhan energi dan peluang yang sangat besar apabila melihat kondisi saat ini. Namun, sumber energi terbarukan belum banyak dimanfaatkan padahal memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat diproduksi dalam waktu relatif singkat dibandingkan dengan sumber energi tak terbarukan, sifatnya yang terbarukan

membuat cadangan energi tidak dapat habis dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi listrik terbarukan adalah energi mekanik berupa getaran yang dihasilkan akibat kendaraan bermotor yang melintas.

Permasalahan lain yang dihadapi Indonesia adalah permasalahan kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor yang melintas di jalan raya saat ini semakin lama semakin meningkat. Rasio kendaraan bermotor yang melintas di jalan semakin besar. Jutaan energi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor perlu dimanfaatkan. Pemanfaatan ini dapat dilakukan menggunakan *speed bump*. *Speed bump* dalam Bahasa Indonesia “Polisi Tidur” dianggap mengganggu laju kendaraan karena pengemudi harus mengurangi kecepatan kendaraannya. Dalam hal ini, *speed bump* dapat digunakan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tegangan dari kendaraan bermotor

Menanggapi permasalahan tersebut, kami menciptakan sebuah inovasi teknologi tepat guna berupa pembangkit listrik tenaga getaran pada *speed bump* berbasis *Internet of Things*. Alat ini bernama RSV-P (*Road Speed Bump's Vibration Power Plant*): Pemanfaatan *Speed Bump* Sebagai Media Konversi Getaran Jalan Menjadi Energi Listrik Alternatif EBT berbasis IOT. RSV-P merupakan alat penghasil energi listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada lampu penerangan jalan. Alat ini memanfaatkan penyimpanan energi yang disimpan dalam baterai yang berfungsi sebagai daya dalam menghidupkan lampu jalan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil desain dan *prototype* RSV-P?
2. Bagaimana cara kerja RSV-P dalam menghasilkan energi listrik?
3. Bagaimana analisis sistem kerja RSV-P dalam menghasilkan energi listrik?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada pembuatan karya tulis ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil desain dan *prototype* RSV-P
2. Mengetahui dan menjelaskan cara kerja RSV-P dalam menghasilkan energi listrik
3. Menganalisis sistem kerja RSV-P dalam menghasilkan energi listrik

D. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat pembuatan RSV-P adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, RSV-P sebagai wujud pengimplementasian ide dan ilmu yang harapannya dapat bermanfaat bagi masa depan
2. Bagi masyarakat, RSV-P dapat membantu masyarakat dalam menyediakan energi yang ramah lingkungan
3. Bagi instansi penghasil energi listrik, berperan dalam menciptakan inovasi energi terbarukan yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan
4. Bagi pemerintah, RSV-P turut serta untuk menjadi alternatif Energi Listrik Terbarukan yang dapat menggantikan energi fosil tak terbarukan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. State of The Art (Teknologi Serupa Yang Telah Ada)

Berikut adalah penelitian-penelitian yang berkaitan dengan teknologi tersebut :

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian terdahulu

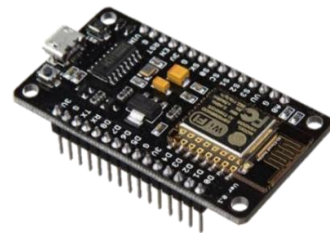
Tahun	Peneliti	Hasil
2017	(M. Iqbal Ramli , Irfan, 2017)	Penelitian ini berisi tentang pembuatan perancangan Sound Energy Harvesting Berbasis Piezoelektrik yang menjadikan Pantai Losari sebagai ruang publik hemat energi, sebagai dampak dari pemanfaatan kebisingan untuk menghasilkan energi listrik. Pengambilan data dilakukan dengan masukan getaran bunyi atau suara. Kemudian bunyi yang dihasilkan ditangkap oleh mikrophone kondensor. dan gelombang bunyi dikonversikan piezoelektrik menjadi energi listrik.
2017	(Aidil Akmal, 2017)	Penelitian ini membuat inovasi <i>renewable energi</i> dengan membuat <i>prototype</i> dengan menggunakan piezoelektrik sebagai bahan utama dimana mengubah pijakan kaki manusia menjadi energi listrik. Pengambilan data dilakukan dari getaran yang berasal dari pijakan manusia. Pengujian <i>prototype</i> diambil di masing-masing tempat.

2019	(Abdul, Gustama, dan Nafis,	Penelitian ini memanfaatkan suata untuk dikonversi menjadi energi listrik dengan nilai frekuensi nilai tertinggi 760-780 Hz, energi yang dihasilkan dari alat yang dibuat dipengaruhi oleh variasi intensitas gelombang bunyi. Besarnya tingkat gelombang bunyi berbanding lurus dengan besarnya energi yang dihasilkan
2018	(Dimas, Jhav, Sahrudin, Mujirudin, Harry, Oktarina, Akhiruddin, 2018)	Pada penelirian ini menciptakan energi terbarukan menggunakan pemanfaatan getaran bebas mekanis sepeda motor sebagai sumber penghasil getaran energi dengan penyusunan secara seri dan penyusunan sensor secara parallel dengan membuat model prototipe skala kecil yang diuji dengan multimeter digital DT830B.
2018	Imbarothur, Andi, dan Sugeng, 2018)	Penelitian ini menggambarkan bagaimana piezoelektrik sebagai generator listrik dirandang di lantai menggunakan energi dari langkah kaki. Dengan merancang piezoelektrik di lantai, energi limbah dari langkah kaki dapat dimanfaatkan. daya dihasilkan lebih banyak daya dengan menghubungkan piezoelektrik secara paraler untuk mengkompensasi daya yang sangat rendah.

B. Komponen Alat

1. NodeMcu

NodeMcu adalah sebuah platform IOT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting Lua*. NodeMcu bisa dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266, karena telah mengemas ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler dengan kapabilitas akses Wifi juga komunikasi *USB to serial*.



Gambar 2.1 NodeMcu

2. Piezoelectric

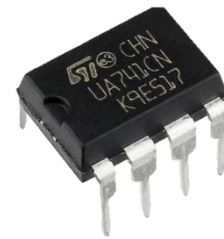
Piezoelektrik merupakan komponen elektronika yang banyak digunakan untuk perangkat yang berhubungan dengan bunyi atau sebagai transduser yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsipnya yakni ketika energi frekuensi akustik diterapkan, maka jenis klip pegas yang terhubung dengan massa seismik akan mengkilat dan kemudian mengalami ekspansi dan kontraksi. Ekspansi dan mengakibatkan lapisan tipis antara kristal dengan housing akan bergetar dan akan menghasilkan sinyal berupa tegangan yang akan diteruskan ke prosesor.



Gambar 2.2 Piezoelectric With Modul

3. IC LM741 (Op-Amp)

IC LM741 adalah salah satu IC Op-Amp yang memiliki 8 pin. IC Op-Amp ini terdapat 2 jenis bentuk, yaitu tabung dan kotak, tetapi yang umum adalah yang berbentuk persegi. Op-Amp banyak digunakan dalam sistem analog komputer, penguat video/gambar, penguat audio, osilator, detektor dan lainnya. LM741 biasanya bekerja pada tegangan positif/negatif 12 volt, di bawah itu IC tidak akan bekerja.



Gambar 2.3 IC LM741

4. LCD 16x2 (Liquid Crystal Display) With I2C Modul

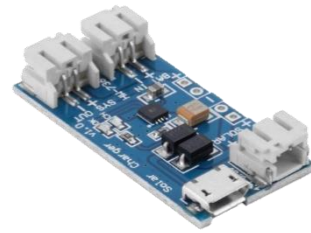
LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan Kristal cair yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matrix. Dalam perancangan system memakai mikrokontroler, LCD memperlihatkan suatu data yang dihasilkan dari sensor yang digunakan. Dengan tambahan modul I2C, maka LCD 16x2 hanya memerlukan dua pin untuk mengirimkan data dan dua pin untuk pemasok tegangan.



Gambar 2.4 LCD With I2C Modul

5. Modul Charger CN3065

Modul Charger CN3065 adalah modul pengisi daya linier arus konstan atau tegangan konstan lengkap untuk baterai isi ulang Li-ion dan Li Polimer sel tunggal. ADC 8-bit *on-chip* dapat menyesuaikan arus pengisian secara otomatis berdasarkan kemampuan *output* catu daya *input*, sehingga CN3065 sangat cocok untuk sistem pembangkit energi. Selanjutnya, CN3065 secara khusus dirancang untuk bekerja dalam spesifikasi daya USB.



Gambar 2.5 Modul Charger CN3065

6. Blynk App

Blynk App adalah aplikasi *smartphone* berbasis *Internet of Things* untuk mengontrol Arduino, NodeMcu dan sejenisnya. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi dan lain-lain. Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama yaitu Aplikasi, Server, dan *Libraries*. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara *smartphone* dan *hardware*.. NodeMcu akan dikontrol dengan melalui Blynk App dengan menggunakan Chip ESP8266 yang telah tersambung dengan internet berupa Wifi.



Gambar 2.6 Blynk App

C. Peralatan Pembuatan

1. Bahasa Pemrograman

Menurut (Fadillah et al, 2018) “Bahasa pemrograman ialah notasi yang dipakai untuk mencatat program (komputer) ”. NodeMcu menggunakan sebuah kode program khusus yang mirip dengan struktur bahasa C.



Gambar 2.7 Tampilan Pemrograman NodeMcu

2. Arduino IDE

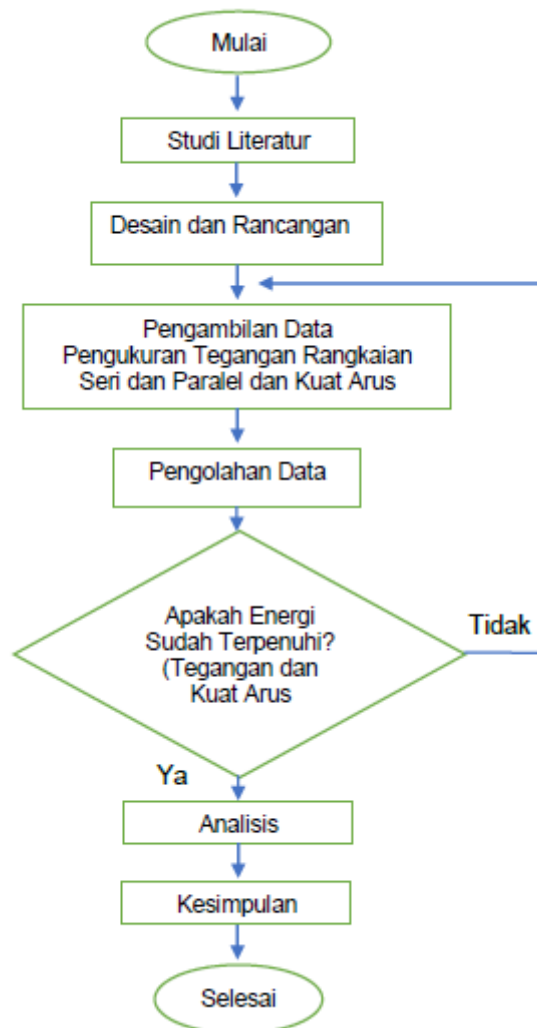
Menurut (Fadillah et al, 2018) untuk memprogram board NodeMcu, butuh software IDE bawaan dari Arduino, aplikasi ini bermanfaat untuk membuat, membuka dan mengedit *source code*. Pemrograman NodeMcu dan Arduino menggunakan bahasa pemrograman C++. Bahasa pemrograman ialah notasi yang dipakai untuk mencatat program (komputer).



Gambar 2.8
Software Arduino IDE

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

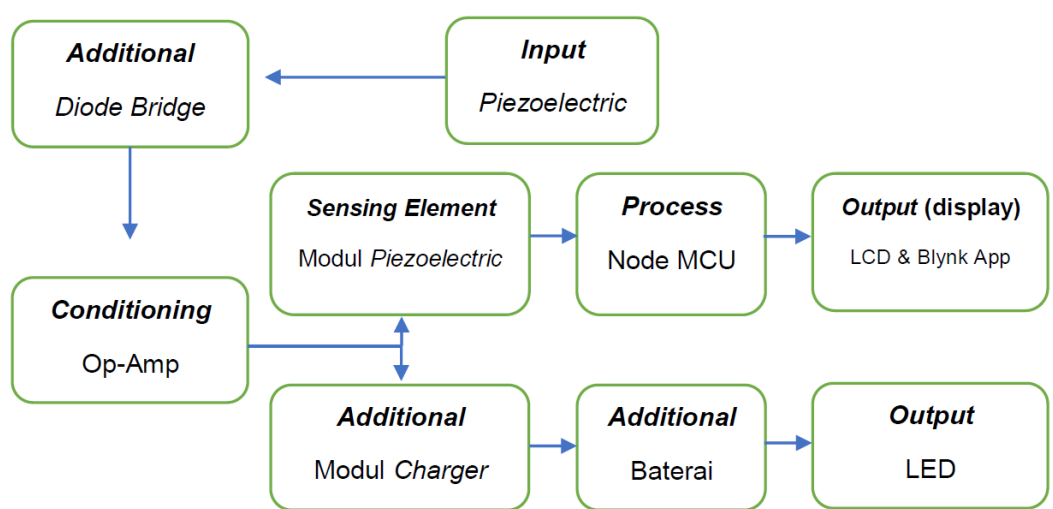
A. Flowchart



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Berdasarkan *flowchart* tersebut, penelitian dimulai dengan mencari studi literatur yang dibutuhkan melalui beberapa sumber. Setelah studi literature didapatkan, maka dilanjutkan ke pembuatan desain dan rancangan *prototype* alat. Selanjutnya pengambilan data melalui pengukuran tegangan rangkaian seri dan paralel dan kuat arus dilakukan. Setelah itu, pengolahan data dibuat berdasarkan pengambilan data. Jika data sudah diolah, maka perlu dipastikan apakah energi sudah terpenuhi. Jika ya, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya dan jika tidak, maka pengambilan data diulangi kembali. Setelah tahap pengolahan data selesai, dilanjutkan ke analisis data dan sistem alat lalu membuat kesimpulan dan selesai.

B. Diagram Blok



Gambar 3.2 Diagram Blok Rangkaian Alat

Penjelasan diagram blok alat, sebagai berikut :

1. Piezoelectric (Input)

Berfungsi untuk menangkap getaran *knock* hasil interaksi *antara speed bump* dengan roda kendaraan yang melintas yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik.

2. IC LM741 (Op-Amp) (Signal Conditioning Element)

IC LM741 berfungsi untuk menguatkan sinyal *output* berupa tegangan hasil dari *piezoelectric*.

3. Modul Piezoelectric (Sensing Element)

Modul *piezoelectric* memiliki fungsi yang sama seperti sensor tegangan, yaitu membaca tegangan yang dihasilkan dari *input*.

4. NodeMCU (Signal Processing Element)

NodeMCU berperan sebagai sinyal pemroses yang berfungsi sebagai pengelola

data hasil dari *input* berupa sensor yang kemudian akan menghasilkan data berupa *output*.

5. Output

Output merupakan keluaran dari semua proses yang telah dijalankan. Komponen *output* terdiri dari :

a) LCD

LCD berfungsi sebagai indikator hasil dari *input* untuk menampilkan besar tegangan yang dihasilkan.

b) Blynk App

Blynk App memiliki fungsi yang hampir sama dengan LCD yaitu sebagai indikator hasil dari *input*. Namun dengan adanya Blynk App, tegangan yang dihasilkan oleh alat RSV-P ini dapat dimonitoring dengan melalui *smartphone*.

c) LED

LED di sini kami analogikan seperti lampu penerangan jalan sesuai dengan konsep tujuan yang telah kami buat.

6. Additional Element

Additional element merupakan beberapa komponen tambahan. Beberapa komponen tersebut yaitu :

a) Diode Bridge

Berfungsi untuk menyalurkan arus keluaran *piezoelectric* yang awalnya AC (Alternating Current) menjadi DC (Direct Current).

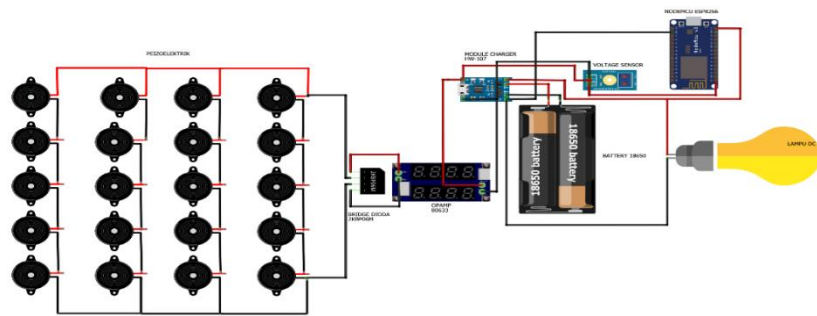
b) Modul Charger

Berfungsi sebagai penghubung antara Op-Amp dengan baterai, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat ditampung pada baterai.

c) Baterai

Berfungsi sebagai penyimpan energi listrik hasil konversi getaran pada *speed bump* dengan bantuan *piezoelectric*.

C. Skema Rangkaian Alat



Gambar 3.3 Skema Rangkaian Alat

D. Metode Pembuatan

Metode pengembangan sistem kontrol adalah cara yang dilakukan untuk merancang hingga mengevaluasi sistem yang telah dirancang. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode prototipe. Metode ini dimulai dengan merancang sistem berdasarkan kebutuhan user, setelah itu dilakukan proses penulisan dan penanaman sistem pada mikrokontroler. Tahap implementasi digabung bersama dengan tahap evaluasi, karena saat ada kesalahan pada sistem maka perbaikan dilakukan pada saat itu juga.

1. Perancangan Sistem Kontrol

Tahap ini menghasilkan desain perangkat keras yang akan digunakan. Pengembangan yang awalnya berdiri sendiri mulai digabungkan dengan bahan elektronika lain hingga membentuk suatu rangkaian elektronik atau perangkat keras yang bisa digunakan dalam penelitian.

2. Penulisan dan Embed Sistem

Setelah desain alat telah selesai maka dibuat program atau source code untuk mikrokontroler sebagai pengontrol alat elektronika lainnya. Pada tahap ini dituliskan program untuk mikrokontroler dan modem dengan platform NodeMcu menggunakan Software Arduino IDE dan menanamkan perintah pada mikrokontroler untuk memanipulasi rangkaian elektronika menjadi sistem terpadu.

3. Tahapan Penerapan (Implementasi)

Tahap ini merupakan kegiatan untuk mengimplementasikan program pada perangkat keras yang telah dirancang. Dengan memasang 20 buah *piezoelectric* sebagai *converter* getaran pada jalan menjadi energi listrik. Serta melakukan pengujian alat untuk mengetahui seberapa jumlah tegangan yang dihasilkan pada tiap sampel kendaraan dengan beban yang bervariasi. Tahap implementasi juga ditambahkan revisi *source code system* menyesuaikan kebutuhan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengamatan

Hasil pengujian RSV-P dilakukan melalui uji coba alat rangkaian seri dan uji coba rangkaian paralel. Berikut ini tabel hasil pengujian RSV-P berdasarkan rangkaian seri dan paralel :

Tabel 4.1 Hasil Uji Coba Alat Rangkaian Seri

Beban (Kg)	Kecepatan (Km/Jam)	Getaran (Hertz)	Volt (V)	Arus (μ A)	Daya (μ W)
146	5	22998	3.312	2.8	9.2736
	10	29458	3.561	2.9	10.3269
	15	35678	3.978	3.1	12.3318
161	5	26676	3.526	3.0	10.578
	10	32148	3.856	3.1	11.9536
	15	37396	4.236	3.3	13.9788
186	5	28176	4.693	3.1	14.5483
	10	33863	5.213	3.2	16.6816
	15	39813	5.732	3.4	19.4888

Pengujian pada rangkaian seri dilakukan menggunakan 3 beban, yakni 146 kg, 161 kg, dan 186 kg. Masing-masing beban menggunakan 3 kecepatan pada pengujian RSV-P, yakni 5 km/jam, 10 km/jam, 15 km/jam. Berdasarkan beban dan kecepatan yang digunakan, maka didapatkan hasil berupa getaran dengan satuan hertz, tegangan dengan volt, arus dengan μ A, dan daya dengan satuan μ W.

Tabel 4.2 Hasil Uji Coba Alat Rangkaian Paralel

Beban (Kg)	Kecepatan (Km/Jam)	Getaran (Hertz)	Volt (V)	Arus (μ A)	Daya (μ W)
146	5	22998	1.375	21.5	29.5625
	10	29458	1.523	22	33.506
	15	35678	1.823	23.1	42.1113
161	5	26676	1.532	22.1	33.8572
	10	32148	1.768	23.5	41.548
	15	37396	1.985	24	47.64
186	5	28176	1.638	24.5	40.131
	10	33863	2.025	24.8	50.22
	15	39813	2.432	25.3	61.5043

Pengujian pada rangkaian paralel juga dilakukan menggunakan 3 beban, yakni 146 kg, 161 kg, dan 186 kg. Masing-masing beban menggunakan 3 kecepatan pada pengujian RSV-P, yakni 5 km/jam, 10 km/jam, 15 km/jam. Berdasarkan beban dan

kecepatan yang digunakan, maka didapatkan hasil berupa getaran dengan satuan hertz, tegangan dengan volt, arus dengan satuan μA , dan daya dengan satuan μW .

B. Pembahasan

RSV-P merupakan suatu prototipe alat yang diciptakan untuk memberikan inovasi pembangkit energi listrik yang baru dan terbarukan. Pengaplikasian alat ini tidak hanya ditujukan pada jalan raya yang memiliki tingkat kepadatan kendaraan bermotor yang cukup ramai seperti jalan tol, namun jalan raya umum juga sangat layak digunakan sebagai media pengaplikasian alat ini.

Dengan memanfaatkan tekanan mekanik hasil kontak antara speed bump dengan roda kendaraan yang melintas sehingga menghasilkan suatu getaran knock, getaran tersebut kemudian dikonversi menjadi energi listrik yang nantinya disimpan untuk digunakan sebagai sumber energi lampu penerangan jalan. Untuk mendapatkan data uji coba, dilakukan pengujian dengan menggunakan sampel kendaraan roda dua dengan tiga variasi massa dengan kecepatan yang berbeda-beda. Selain itu, parameter utama yang diuji adalah tegangan yang dihasilkan dan ditambah dengan pengukuran nilai getaran, kuat arus serta besar daya yang dihasilkan. Pada tahap ini semua komponen telah terhubung dan diprogram sesuai dengan konsep yang telah kami buat.

Berdasarkan data dari uji coba yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa dari percobaan alat menggunakan sampel beban dan kecepatan kendaraan yang bervariasi, menghasilkan hasil tegangan yang berbeda-beda. Pada percobaan pertama dengan beban 146 kg dan tiga variasi kecepatan kendaraan, prototipe RSV-P menghasilkan besar tegangan sekitar 2,21V – 3,97V dengan kuat arus sebesar 2,8 – 33,1 μA pada rangkaian seri dan pada rangkaian paralel mendapatkan tegangan sebesar 1,37V – 1,53V dengan kuat arus 21,5 – 23,1 μA .

Untuk uji coba alat pada percobaan kedua dengan beban yang lebih berat dibandingkan dengan percobaan pertama, dihasilkan besar tegangan sekitar 3,52V – 4,23V dengan kuat arus sebesar 3,0 – 3,3 μA pada rangkaian seri dan pada rangkaian paralel mendapatkan tegangan sebesar 1,53V – 1,98 serta kuat arus 3,0 – 3,3 μA dengan tiga variasi kecepatan kendaraan dan jumlah piezoelectric yang sama dengan percobaan pertama. Dapat diketahui bahwa percobaan kedua mengalami peningkatan secara drastis dari segi tegangan, kuat arus maupun frekuensi getaran yang dihasilkan.

Pada percobaan yang ketiga, prototipe RSV-P juga mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan percobaan yang kedua, yaitu dengan menghasilkan jumlah tegangan yang cukup besar dan konstan pada angka 4.69V – 5.73V pada rangkaian seri dengan beban kendaraan sebesar 186 kg, tanpa adanya perubahan variasi kecepatan

sampel kendaraan. Namun pada rangkaian paralel mendapatkan tegangan sebesar 1,63V – 2,43V. Dapat disimpulkan bahwa jumlah tegangan dan kuat arus sangat dipengaruhi oleh jumlah dan beban kendaraan melintas. Semakin banyak kendaraan yang melintas, maka jumlah tegangan yang dihasilkan juga lebih besar. Selain itu waktu kendaraan yang melintas juga sangat berpengaruh pada stabilitas tegangan yang dihasilkan prototipe RSV-P ini.

C. Analisis Ekonomi

Berikut adalah analisis ekonomi komponen alat yang digunakan dalam penelitian serta biaya per komponen alatnya :

Tabel 4.3 Rincian Ekonomi Alat

Komponen Alat	Jumlah	Biaya
Node Mcu ESP8266	1	Rp 40.000,-
Modul Piezoelectric	1	Rp 10.000,-
Piezoelectric 35mm	20	Rp 70.000,-
IC Op-Amp LM741	1	Rp 2.000,-
Modul Charger CN3065	1	Rp 21.000,-
Bridge Dioda KBP307	1	Rp 1.500,-
LCD I2C 16x2	1	Rp 35.000,-
Baterai 18650 6800mAH	2	Rp 30.000,-
Holder Baterai 18650	2	Rp 10.000,-
Total		Rp 219.500,-
Rencana Penjualan		-

Untuk pengembangan kedepannya, kami berencana untuk melakukan pengujian pada Pembangkit Listrik Tenaga Getaran pada *speed bump* secara lebih lanjut, sehingga didapatkan data pengujian berupa konsep desain serta ketahanan alat yang sesuai dengan standar pabrik sehingga layak untuk direalisasikan pada jalan raya umum maupun jalan tol. Selanjutnya, kami juga berencana untuk memproduksi Pembangkit Listrik Tenaga Getaran pada *speed bump* serta menjualnya secara massal. Sehingga dapat membantu memberikan alternatif energi listrik baru terbarukan sebagai sumber energi lampu penerangan jalan pada beberapa daerah. Selain itu, kami juga berkomitmen untuk membantu Indonesia menuju *zero emission* dengan adanya alat RSV-P ini.

Berdasarkan hasil analisa, perencanaan produksi dengan biaya produksi Rp. 219.500,- dapat menghasilkan 1 buah prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Getaran pada *speed bump* berbasis *Internet of Things*. Dapat disimpulkan bahwa prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Getaran pada *speed bump* ini cukup ekonomis dari segi harga jika dibandingkan dengan pembangkit listrik alternatif di pasaran.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan inovasi yang berjudul “RSV-P (Road Speed Bump’s Vibration Power Plant) : Pemanfaatan Speed Bump Sebagai Media Konversi Getaran Jalan Menjadi Energi Listrik Alternatif EBT berbasis IOT” dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah terealisasikan sistem prototipe alat RSV-P (Road Speed Bump’s Power Plant) menggunakan *piezoelectric* sebagai konversi getaran yang dihasilkan pada *speed bump* menjadi energi listrik yang digunakan sebagai sumber energi lampu penerangan jalan.
2. Hasil rancangan alat ini menggunakan beberapa komponen elektronika yaitu *piezoelectric* sebagai *converter*, *dioda bridge* sebagai penyalaras arus, Op-Amp sebagai penguat tegangan, NodeMcu sebagai pengelola data serta LCD dan Blynk App sebagai sistem *monitoring*.
3. Jumlah tegangan yang dihasilkan prototipe RSV-P untuk mengisi baterai sangat dipengaruhi oleh jumlah, kecepatan dan beban kendaraan yang melintas. Semakin banyak kendaraan yang melintas, maka jumlah tegangan yang dihasilkan juga lebih besar. Selain itu waktu kendaraan yang melintas juga sangat berpengaruh pada stabilitas tegangan yang dihasilkan.

B. Saran

Dalam proses pembuatan prototipe alat, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu pemilihan komponen yang digunakan harus tepat agar dapat berjalan sesuai dengan prinsip kerja yang telah ditentukan, selain itu, rangkaian komponen juga perlu diperhatikan agar didapatkan hasil yang efisien.

Selain itu, dikarenakan alat ini masih berbentuk prototipe jadi diperlukan penelitian lebih lanjut seiring dengan proses pengembangan *prototype*, khususnya pada desain ketahanan prototipe sehingga dapat diaplikasikan pada jalan raya umum maupun jalan tol sesuai dengan standar pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Almanda, E. Dermawan, A. I. Ramadhan, E. Diniardi and A. N. Fajar, "Analisis Desain Optimum Model Piezoelektrik PVDF Untuk Sumber Pembangkit Listrik Air Hujan Berskala Mini," Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015, 2015.
- [2] F. R. Witjaksono, "Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Monorail Sebagai Sumber Energi Listrik Di Pelabuhan," Institusi Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [3] Wahyudi. Hidayatullah, M. Syukri and S. , "KITEKTRO," Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik, vol. 1, no. 3, pp. 63-67, 2016.
- [4] A. N. Krisdianto. SB, "Studi Karakteristik Energi Yang Dihasilkan Mekanisme Vibration Energi Harvesting Dengan Metode Piezoelectric Untuk Pembebanan Frontal Dan Lateral," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.
- [5] Wahyudi. "Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi," Analisis Hasil Belajar Mahasiswa Pada Pokok Bahasan Hukum Ohm dan Kirchoff Dalam Mata Kuliah Elektronika Dasar 1, vol. 1, no. 2, pp. 129-135, 2015.
- [6] Hill, D., Tong, N., "Assessment of Piezoelectric Materials for Roadway Energi Harvesting", DNV KEMA, California Energi Commission, California, 2013.
- [7] Sofyna. M.C., Margiansyah. A., "Desain Sistem Pengujian Karakteristik Piezoelektrik dan Pengembangannya sebagai Modul Pemanen Energi", Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2014.
- [8] Untoro. T., "Pengembangan Kopling Mekanik Untuk Pemanenan Energi Dengan Piezoelektrik Yang Memanfaatkan Vibrasi Frekuensi Rendah", Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2015.
- [9] Anonymous, "Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 3 Tahun 1994 Tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pemakai Jalan", Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 1994.
- [10] Steven Jendri Sokop, Dringhuzen J. Mamahit, S. R. U. S. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer vol.5 no.3 (2 016), ISSN : 2301-8402, 5(3), 13–23
- [11] P. Taylor, T. Abiola, O. Salau, A. O. Adeyefa, and S. A. Oke. 2014. Vehicle speed control using road bumps," Transport, Vol XIX, No 3,130–136.
- [12] D. Chambers. 2014. Final project report assessment of piezoelectric materials for roadway energi Cost of Energi and Demonstration Roadmap.
- [13] Andhi Kusumo, 2018. Rancang Bangun Speed bump sebagai Pembangkit Listrik, Program Studi Teknik Mesin Industri, ATMI Cikarang.
- [14] International Energy Agency (IEA). (2010). World Energy Outlook. France: International Energy Agency, Economic Analysis Division