



Rancang Bangun Instalasi Lampu PJU Termodifikasi LDR Berbasis Material Piezoelektrik pada Polisi Tidur

Mohammad Afif¹⁾ dan Nugraheni Puspita Rini²⁾

¹⁾ Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

²⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Email: alif1228@gmail.com

ABSTRAK-Teknologi polisi tidur listrik terdiri dari lempeng utama, pegas, lempeng piezoelektrik dan baterai penyimpan tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh prototipe skala mini dengan luas penampang sebesar 0,2 cm² sebanding dengan frekuensi dan besarnya berat benda yang diberikan. Nilai tegangan vs besar gaya berat benda berturut-turut adalah 0,88 V (3,92 N); 1,0675 V (4,9 N); 1,235 V (5,88 N) dan 1,405 V (6,86 N). Nilai tegangan total vs frekuensi pemberian gaya berat benda yang diberikan berturut-turut adalah 5,126 V (15s per 60s); 7,634 V (10s per 60s); dan 13,772 V (5s per 60s). Data yang diterbitkan bps.go.id (2015) menyebutkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai angka 114.209.266. Hal ini merupakan suatu potensi yang sangat besar mengingat polisi tidur listrik merupakan teknologi yang mampu mengkonversi tekanan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor saat melewatinya menjadi energi listrik melalui mekanisme deformasi.

Kata Kunci: Listrik, Piezoelektrik, Polisi Tidur Listrik, Prototipe, Tekanan

I. PENDAHULUAN

Rasio elektrifikasi Indonesia pada tahun 2013 hanya mencapai 75% (Indonesia Energy Outlook & Statistics 2004 dan RUKN 2004-2013). Mirisnya lagi, hingga tahun 2016 Indonesia masih menjadi negara dengan rasio elektrifikasi terendah di Asia Tenggara (Okezone 2016). Bahkan penerangan jalan umum di perkotaan pun masih meninggalkan beberapa permasalahan yang belum terselesaikan seperti tidak tersedianya sarana dan prasarana penerangan jalan umum di beberapa daerah serta menunggaknya tagihan listrik penerangan jalan umum hingga puluhan miliar.

Pemutusan aliran listrik Penerangan Jalan Umum (PJU) yang diakibatkan ketidakmampuan PEMDA dalam melunasi tagihannya sangat marak terjadi di Indonesia. Sepertihalnya pada daerah Bekasi, listrik PEMDA Bekasi diputus secara sepihak oleh PLN akibat menunggak (Siswoyo 2015); PEMDA SUMUT (Bangun 2015); PEMDA

Aceh Timur (Wahyuni 2016); dan PEMKOT Semarang (Kencana 2016).

Terlebih lagi pajak PJU merupakan salah satu sumber penerimaan daerah yang besar bagi Pemerintah Daerah. Kota Pekanbaru sebagai contohnya, kota ini memiliki tagihan listrik PJU yang menembus angka Rp 35,5 miliar (Bisnis Indonesia 2011). Padahal dana yang fantastis ini dapat saja dialihfungsikan untuk kepentingan pembangunan daerah di bidang lainnya. Hal ini bisa saja terwujud jika ditemukan suatu teknologi tepat guna yang efisien, murah dan dapat diaplikasikan oleh pemerintah setempat untuk menghasilkan energi listrik terbarukan.

Faktanya walaupun Indonesia berada di daerah khatulistiwa, namun dengan adanya musim hujan pembangkit listrik tenaga matahari kurang begitu efektif. Pembangkit listrik tenaga angin hanya efektif pada daerah yang memiliki kekuatan angin yang besar guna menggerakkan baling-baling. Pun

demikian dengan pembangkit listrik tenaga gelombang laut, hanya berpotensi diaplikasikan di daerah pantai selatan Jawa yang memiliki gelombang laut cukup besar. PLTA dan PLTN membutuhkan investasi sangat mahal dan proses konstruksi yang lama. PLTN juga berbahaya bagi makhluk hidup jika terjadi kebocoran reaktor sedangkan PLTA dapat merusak ekosistem perairan di sekitar waduk.

Pemanfaatan bahan piezoelektrik dapat menghasilkan beda potensial yang cukup besar sehingga banyak digunakan sebagai sumber tegangan tinggi. Prinsip kerja dari piezoelektrik adalah reaksi reversibel penghasilan tegangan listrik akibat pemberian tekanan/renggangan. Piezoelektrik sudah mulai digunakan di Jepang, tepatnya di stasiun kereta api listrik East Japan Railway Company (JR East) sebagai alternatif energi sistem ticketing dan display keberangkatan. Pengaplikasian piezoelektrik tersebut dimisalkan jika satu langkah tekanan kaki yang dapat menyalakan lampu dengan daya 60 Watt selama satu detik, maka dengan sedikit perhitungan manajemen JR East Station yakin bahwa dengan lantai yang efektif diinjak sebesar 25 meter kuadrat maka akan menghasilkan daya sebesar 1400 kW. Energi ini dapat menjalankan satu buah kereta listrik (Saputri 2011).

$\text{PbZr}_{0,52}\text{Ti}_{0,48}\text{O}_3$ (PZT) merupakan material piezoelektrik yang diaplikasikan pada teknologi polisi tidur listrik sebagai penghasil energi listrik bagi instrumen kelistrikan, yang salah satunya adalah lampu penerangan jalan yang termodifikasi Light Depent Resistor. Sistem polisi tidur listrik terdiri lempeng utama, pegas, lempeng piezoelektrik dan baterai penyimpan tegangan listrik. Data yang diterbitkan bps.go.id (2015) menyebutkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai angka 114.209.266. Hal ini merupakan suatu potensi yang sangat besar mengingat polisi tidur listrik merupakan teknologi yang

mampu mengkonversi tekanan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor saat melewatinya menjadi energi listrik melalui mekanisme deformasi.

II. METODE PENELITIAN

Dilakukan pengujian mengenai pengaruh tekanan dan frekuensinya terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh prototipe sesuai dengan langkah-langkah berikut .

2.1. Uji Pengaruh Pemberian Gaya Berat Benda terhadap Tegangan

Disiapkan prototipe polisi tidur listrik yang terdiri dari pegas berdiameter 2 mm, lempeng utama yang terbuat dari akrilik berukuran 10 x 5 cm, baterai sebagai alat penyimpan tegangan listrik, dan lempeng piezoelektrik dan lempeng piezoelektrik dengan luas muka 0,2 cm². Selanjutnya, ditekan dengan gaya berat sesuai Tabel 1. dan diukur voltasenya.

Tabel 1. Variasi Jumlah Gaya Berat Benda

No.	MASSA BENDA (M)	Gaya Berat Benda (W)
1.	0,700 kg	6,86 N
2.	0,600 kg	5,88 N
3.	0,500 kg	4,90 N
4.	0,400 kg	3,92 N

2.2. Uji Pengaruh Frekuensi Pemberian Gaya Berat Benda terhadap Tegangan

Disiapkan prototipe polisi tidur listrik. Berat benda yang diberikan dibuat konstan sebesar, 6,860 N dengan pemberian frekuensi yang bervariasi dan diukur voltase totalnya.

Tabel 2. Variasi Pemberian Gaya Berat Benda

No.	GAYA BERAT BENDA	Frekuensi Pemberian Tekanan
1.	6,86 N	Setiap 5s selama 60s
2.	6,86 N	Setiap 10s selama 60s
3.	6,86 N	Setiap 15s selama 60s

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

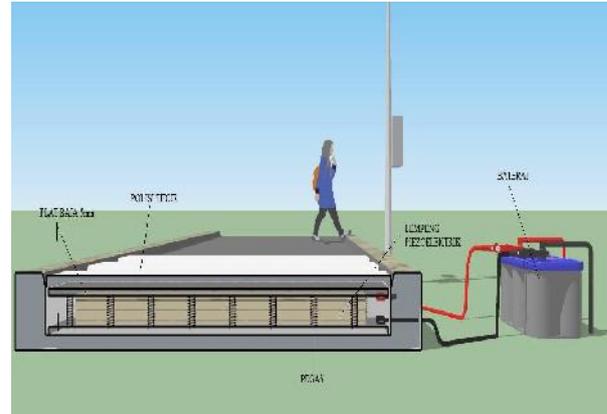
Berdasarkan pengujian dan studi atas penelitian yang telah dibahas maka dapat dibuat model atau rancangan sistem polisi

tidur listrik. Teknologi polisi tidur listrik terdiri dari lempeng utama, pegas, baterai penyimpan tegangan listrik, dan lempeng piezoelektrik pada Gambar 1. Di antara baterai dan lampu penerangan jalan yang telah dimodifikasi menggunakan LDR terdapat stabilizer. Instrumen stabilizer digunakan sebagai penyetabil tegangan yang dihasilkan oleh material Piezoelektrik ke dalam baterai. Inverter berfungsi sebagai pengubah arus DC yang dihasilkan oleh baterai menjadi arus AC yang diikuti dengan penguatan tegangan oleh *travo step up*.

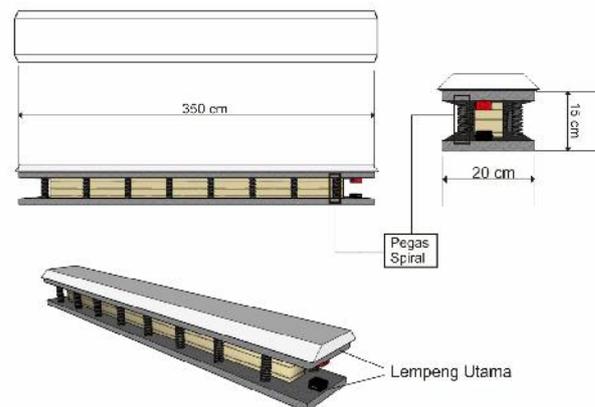
LDR adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut dan biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya, pada saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk atau bisa juga dikatakan bahwa LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya, pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik atau bisa juga dikatakan bahbahwa LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang (Supatmi 2011).

Lempeng utama berfungsi sebagai penerima tekanan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor saat melintasi polisi tidur listrik. Tekanan ini kemudian akan memendekkan pegas. Pegas yang memendek mengakibatkan terjadinya transfer tekanan menuju lempeng piezoelektrik. Tekanan yang diterima oleh lempeng piezoelektrik akan dikonversi menjadi tegangan listrik akibat perubahan konduktivitas dari struktur

material piezoelektrik. Tegangan listrik yang dihasilkan dihubungkan pada baterai yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan tegangan. Lempeng utama dan lempeng piezoelektrik ini dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan dan kondisi berdasarkan penelitian dan telaah pustaka untuk mendukung optimalisasi produksi tegangan listrik.



Gambar 1. Rancang bangun polisi tidur listrik

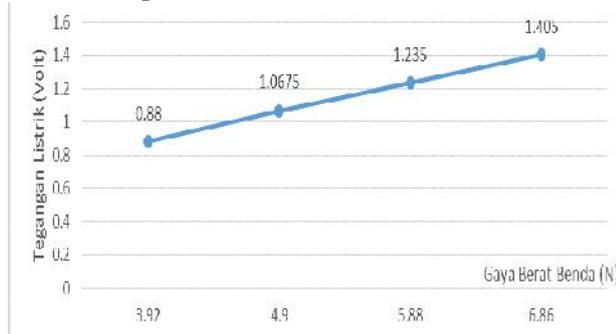


Gambar 2. Reaktor sistem polisi tidur listrik

3.1. Efek Gaya Berat Benda dan Frekuensi Pemberian Gaya Berat Benda terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan

Berdasarkan percobaan yang telah kami lakukan, pemberian berat benda sebesar 6,86 N memberikan nilai tegangan yang lebih besar dibandingkan variasi pemberian tekanan lainnya pada Grafik yang ditunjukkan Gambar 3. Nilai tegangan vs besar gaya berat benda yang dihasilkan berturut-turut adalah 0,88 V (3,92 N); 1,0675 V (4,9 N); 1,235 V (5,88 N) dan 1,405 V (6,86 N). Tenaga listrik yang dihasilkan oleh prototipe skala mini dengan luas muka material

piezoelektrik sebesar 0,2 cm² berbanding lurus dengan besarnya tekanan yang diberikan pada material.



Gambar 3. Grafik hubungan gaya berat benda dengan tegangan listrik.

Semakin banyak frekuensi berat benda yang mengenai material piezoelektrik akan menghasilkan tegangan listrik yang semakin besar. Nilai tegangan total vs frekuensi tekanan yang diberikan berturut-turut adalah 5,126 V (15''/60''); 7,634 V (10''per60'') dan 13,772 V (5''per60'') yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4..

Data yang diterbitkan bps.go.id (2015) menyebutkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai angka 114.209.266. Hal ini merupakan suatu potensi yang sangat besar mengingat teknologi polisi tidur listrik merupakan teknologi yang mampu mengkonversi tekanan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor saat melewatinya menjadi energi listrik melalui mekanisme deformasi. Sehingga diperlukan sebuah tindakan untuk merealisasikan teknologi ini.



Gambar 4. Grafik hubungan frekuensi pemberian gaya berat benda dengan tegangan total.

IV. KESIMPULAN

1. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh prototipe skala mini dengan luas muka

sebesar 0,2 cm² sebanding dengan frekuensi dan besarnya gaya berat benda yang diberikan pada material. Nilai tegangan vs besar gaya berat benda yang dihasilkan berturut-turut adalah 0,88 V (3,92 N); 1,0675 V (4,9 N); 1,235 V (5,88 N) dan 1,405 V (6,86 N).

2. Nilai tegangan total vs frekuensi pemberian gaya berat benda yang diberikan berturut-turut adalah 5,126 V (15''/60''); 7,634 V (10''per60'') dan 13,772 V (5''per60'').

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman yang telah mendukung penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, S., 2015. *Nunggak Tagihan, PLN Putuskan Aliran Listrik di Kantor Pemda Sumut*. Diakses dari <http://waspada.co.id/fokus-redaksi/nunggak-tagihan-pln-putuskan-aliran-listrik-di-kantor-pemda-sumut> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Bisnis Indonesia. 2011. *PLN Minta Bantuan Kejaksaaan Tagih Tunggakan Listrik Pemkot Pekanbaru*. Diakses dari <http://www.bisnissumatra.com/index.php/2011/09/pln-minta-bantuan-kejaksaaan-tagih-tunggakan-listrik-pemkot-pekanbaru> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Ciceron, B. 2011. Structural and Electrical Properties of BNT-BT0.08 Ceramics Pespburossed by Spark Plasma Sintering. *World Academy of Science, Engineering and Technology*.
- Delfia, U., Mahyudin, A., Ahda, S., 2014. Pengaruh Penambahan SrTiO₃ Pada Struktur Dan Sifat Listrik Bahan Piezoelektrik BNT-BT. *Jurnal Fisika Unand*, 3 (1).
- Donnelly, H., dan Yamashita, 2007. *Cristal Grown and Electrical Properties of*

- Lead-Free Piezoelectric Material. $(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})\text{TiO}_3 - \text{BaTiO}_3$. *Japanese Journal Applied Physics*, **40**, 5722-5726.
- DJLPE-DESDM. 2005. Indonesia Energy Outlook & Statistics 2004. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2014. Diakses dari <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Kartika, D. L. dan Pratapa, S., 2014. Sintesis Fe_2O_3 dari Pasir Besi dengan Metode Logam Terlarut Asam Klorida. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, **3** (2) 2337-3520.
- Kencana, D., 2016. *Pemkot Semarang Punya Tunggalan Listrik*. Diakses dari <http://jateng.metrotvnews.com/read/2016/01/18/212927/pemkot-semarang-punya-tunggalan-bayar-listrik> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Li, X.J., Wang, Q., Li, Q.L., 2007. Effects of MnO_2 Addition on Microstructure And Electrical Properties Of $(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})_{0,94}\text{Ba}_{0,06}\text{TiO}_3$ Ceramics. *J Electroceram* **20**:89-94.
- Okezone. 2016. Rasio Elektrifikasi Indonesia Terendah di Asia Tenggara. Diakses dari <http://okezone.com/read/2016/07/22/320/14444756/rasio-elektrifikasi-indonesia-terendah-di-asia-tenggara>. pada tanggal 17 Mei 2017.
- Saputri, W. 2011. Penggunaan Piezoelektrik Sebagai Sumber Energi Led Street Light Untuk Penerangan Jalan. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Andalas. Padang.
- Siswoyo, H. 2015. Pemda Tunggak Bayar Listrik, Lampu di Bekasi Disegel PLN. Diakses dari <http://jabar.pojoksatu.id/bekasi/2015/12/31/tagihan-listrik-menunggak-pju-disegel> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Slamet, P., and Febrianto, E.Y. 2012. Pemurnian Serbuk Zirkonia dari Zirkon. *Telaah Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, **30** (1) 2012: 1-6.
- Supatmi, S. 2011. Pengaruh Sensor LDR Terhadap Pengontrolan Lampu. *Jurnal Majalah Ilmiah Unikom*, 175-180.
- Wahyuni, 2015. Pemkab Aceh Timur Nunggak Penerangan Jalan Umum Hingga 13,9 M. Diakses dari <http://pelita8.com/pemkab-aceh-timur-nunggak-penerangan-jalan-umum-hingga-139> pada tanggal 17 Mei 2017.
- Wang, D. W., Caoa, M.S., Yuanb, J., Lua, R., Lia, H.B., Linc, H.B., 2011. Effect Of Sintering Temperature And Time On Densification, Microstructure And Properties Of The Pzt/Zno Nanowhisker Piezoelectric Composites. *Journal of Alloys and Compounds*, **509**: 6980-6986.