

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GEMPA BUMI (PLTGB): PEMANFAATAN GETARAN GEMPA BUMI SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK PASCA GEMPA YANG RAMAH LINGKUNGAN

Yuniar Amalia^a, Luluk Hanifah^b, Nabila Khairuni^c

^{a,b,c} Universitas Sebelah Maret, Surakarta, Indonesia

Corresponding Author:

Yuniar Amalia
Universitas Sebelah Maret,
Surakarta, Indonesia
Email: yuniarr.amalia@gmail.com

Keywords:

Earthquake, electrical energy
Piezoelektrik,

Abstract: Earthquake Power Plant (PLTGB) is a concept that can be used for the process of converting earthquake vibration energy into electrical energy using piezoelectric materials. Piezoelectric material is a material that has high advantages with a stable energy density and does not require an external power so that its utilization produces large profits. The process of harvesting electrical energy is obtained from applying pressure to the piezoelectric material at a certain frequency, so that the piezoelectric material can function as an electric generator. The type of writing used in this paper is literature review, with secondary data sources obtained from various literatures. The principle of PLTGB application is carried out in two periods, namely the period during the earthquake and the period outside the earthquake with the aim of storing energy reserves outside the earthquake. The construction of PLTGB material is implanted under the highway at 5 meters near the zebra crossing which will be made like a bump, so that during the earthquake period the material will work as in principle. However, when outside the earthquake period, when the vehicle stops or runs, it will put mechanical pressure on the piezoelectric which can generate electric current. The material to be used as a piezoelectric in PLTGB is Barium Titanate ($BaTiO_3$).

Copyright © 2020 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Letak Indonesia yang berada diantara tiga lempeng aktif utama dunia yaitu Lempeng Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik serta berada di posisi *ring of fire*, menjadikan Indonesia menjadi negara yang sering diguncang gempa bumi dan letusan gunung berapi (Kertapati, 2004). Secara histografi, Indonesia merupakan wilayah langganan gempa bumi dan tsunami. Indonesia memiliki gunung berapi dengan jumlah mencapai 240 buah yang sekitar 70 diantaranya masih aktif. Sejumlah peristiwa bencana gempa bumi dengan magnitude besar pernah terjadi di Indonesia. Misalnya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada tanggal 27 Mei 2006 dengan kekuatan 5,9 Skala Richter (Haifani, 2008). Risiko yang ditimbulkan gempa bumi tidak bisa diprediksi namun dapat dikurangi, melalui mitigasi bencana dengan sistem peringatan dini (*early warning system*). Namun solusi tersebut belum mampu mengatasi permasalahan yang terjadi pasca gempa bumi, seperti suplai listrik yang terkendala. Padahal normalisasi listrik pasca gempa bumi merupakan hal yang vital. Padamnya listrik pasca gempa bumi menjadikan proses evakuasi dan kegiatan warga mengalami kesulitan. Seperti yang disebutkan di www.international.okezone.com, pada tahun 2012 saat gempa bumi berkekuatan 8,9 Skala Richter yang terjadi di 10 Km barat daya Meulaboh menyebabkan seluruh aliran listrik di Banda Aceh mati. Dikutip dari www.antaraneews.com pada saat gempa bumi tahun 2009 dengan kekuatan 7,3 Skala Richter yang berpusat di Tasikmalaya, beberapa wilayah di Jawa Barat mengalami pemadaman listrik dengan total beban 290 MW. Kemudian pada kejadian pasca gempa bumi 8,5 Skala Richter yang melanda Sumatra Utara dan Aceh seperti yang dikutip dari www.news.detik.com, beberapa saat setelah gempa bumi PLGU Belawan dan PLTD Aceh mengalami gangguan yang menyebabkan sebagian listrik padam. Oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif untuk pemenuhan energi listrik pasca gempa bumi. Salah satunya yaitu dengan memanfaatkan getaran gempa bumi untuk dikonversikan menjadi energi listrik yang ramah lingkungan.

Berdasarkan penelitian (Zuo and Tang, 2013), saat ini pemanenan energi dari getaran merupakan salah satu teknologi yang menjanjikan. Contoh energi dari getaran adalah getaran yang diakibatkan oleh gerakan manusia, mesin, transportasi dan struktur bangunan. Indonesia mempunyai potensi

untuk memanfaatkan getaran gempa bumi tersebut, melalui adanya Pembangkit Listrik Tenaga Gempa Bumi (PLTGB) yang diusulkan penulis. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk proses konversi energi getaran menjadi energi listrik yaitu menggunakan piezoelektrik. Bahan piezoelektrik dapat digunakan sebagai sumber pemanen energi, yang dapat diaplikasikan sebagai penyuplai daya pada sebuah sensor (Singh, 2007). Selain itu, bahan piezoelektrik memiliki kemampuan untuk konversi tekanan mekanik menjadi energi listrik (Sodano, 2004). Letak Indonesia yang berada di pertemuan lempeng sehingga frekuensi terjadinya gempa sangat tinggi, oleh sebab itu tercipta suatu ide untuk memanfaatkan energi masif dari gempa bumi menjadi suatu Pembangkit Listrik Tenaga Gempa Bumi (PLTGB) sebagai penghasil energi listrik. Dengan memaksimalkan getaran gempa bumi untuk dikonversikan menjadi listrik, memberikan solusi permasalahan pemenuhan listrik pasca gempa bumi, memudahkan proses evakuasi dan kegiatan warga pasca gempa bumi

2. DATA DAN METODE

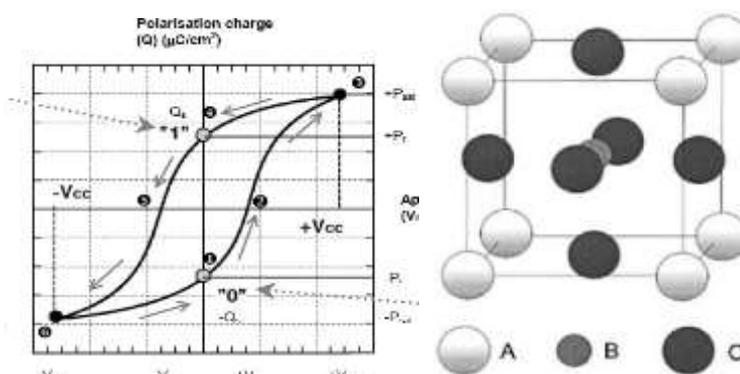
2.1 Data

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.1.1. Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan suatu arus listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan. Piezoelektrik berfase padat (*solid-state*) yang dapat merespon perubahan temperatur, tekanan, dan merespon sifat fisik (*physical properties*) pada suatu interface antara permukaan alat dan fluida atau padatan asing. Piezoelektrisitas adalah sebuah fenomena saat sebuah gaya yang diterapkan pada suatu segmen bahan menimbulkan muatan listrik pada permukaan segmen tersebut. Sumber fenomena ini adalah adanya distribusi muatan listrik pada sel-sel kristal. Nilai koefisien muatan piezoelektrik pada rentang 1–100 pico coloumb/Newton (Shen, 2009).

Bahan Piezoelektrik merupakan bahan (pada umumnya berupa kristal batuan, keramik, termasuk tulang dan polimer) yang memiliki kemampuan untuk membangkitkan potensial listrik sebagai respon dari tegangan mekanik yang diberikan pada material tersebut. Pada dasarnya material piezoelektrik memiliki struktur kristal yang dinamakan perovskite (ABO_3), kation yang memiliki 6 diameter besar pada pojok unit sel (A), kation yang lebih kecil terletak pada pusat unit sel (B), dan ion oksigen pada pusat permukaan unit sel (Schwartz, 1997).



Gambar 1. Histeresis Bahan Piezoelektrik; Struktur Perovskite Kristal ABO_3
(Sumber: Schwartz,1997)

Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Bahan piezoelektrik alami diantaranya: Kuarsa (Quartz, SiO_2), berlinite, turmalin dan garam rossel. Bahan piezoelektrik buatan diantaranya: Barium titanate ($BaTiO_3$), Lead zirconium titanate (PZT), Lead titanate ($PbTiO_3$).

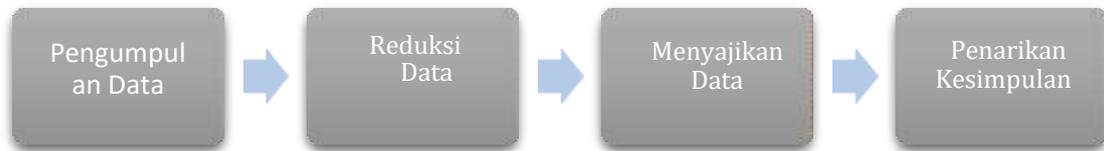
2.2. Metode

2.2.1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penulisan ini adalah studi dokumentasi. Tahapannya yaitu mengumpulkan buku-buku atau sumber tertulis yang relevan, kemudian menelaah isi buku, menelaah indeks, dan mengutip bagian-bagian penting yang berkaitan dengan karya tulis (Darmawan, 2013).

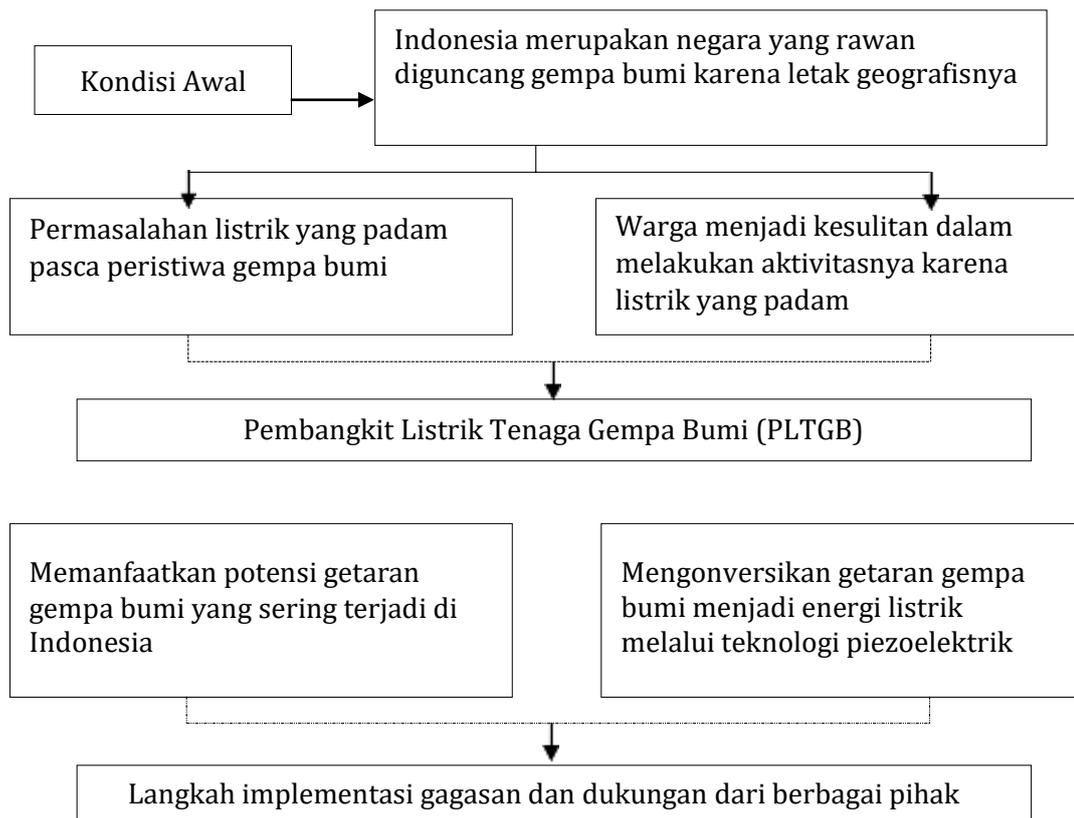
2.2.2. Analisa Data

Pada penulisan karya tulis ilmiah ini, penulis menggunakan model analisis interaktif yang meliputi empat komponen yaitu pengumpulan data, reduksi data, sajian data dan penarikan kesimpulan.



Gambar 2. Bagan Analisis Data

Berikut ini adalah diagram alir penelitian:



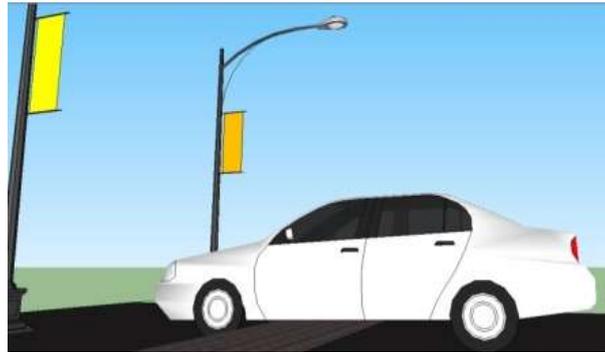
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. PEMBAHASAN

3.1 Konsep Pembangkit Listrik Tenaga Gempa Bumi

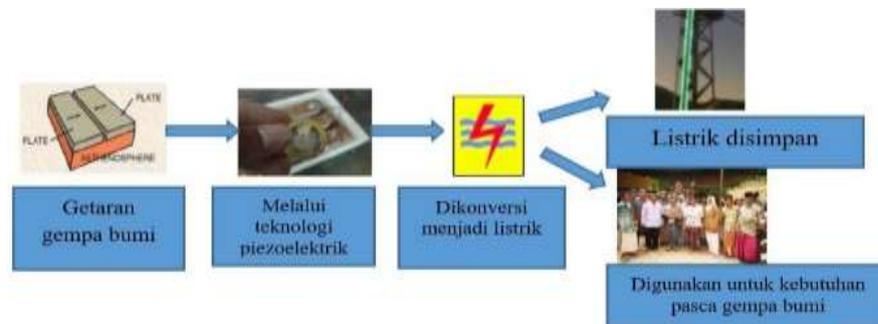
PLTGB sangat potensial diterapkan di Indonesia, khususnya daerah rawan gempa bumi misalnya di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Lokasi DIY berada dipertengahan antara laut selatan dan Gunung Merapi, sehingga ada dua jenis gempa yang akan mendukung pembangkit ini yaitu gempa tektonik dan gempa vulkanik. Penerapan PLTGB ditanamkan di bawah jalan raya pada 5 meter di dekat zebra cross tempat biasanya kendaraan berhenti untuk mematuhi rambu lalu lintas. PLTGB akan dibuat seperti polisi tidur. Sehingga apabila kendaraan berhenti atau berjalan akan memberikan tekanan mekanik pada material piezoelektrik yang berada dibawahnya yang menghasilkan arus listrik.

Bahan yang akan digunakan sebagai piezoelektrik pada PLTGB yaitu Barium Titanate ($BaTiO_3$) karena berbasis feroelektrik normal yang kuat untuk induksi transduser piezoelektrik dan menghasilkan polarisasi yang besar, permitivitas yang besar dan induksi tegangan yang besar dan dapat dijangkau dari material ini.



Gambar 4. Penempatan PLTGB pada Jalan Raya (analisis, 2019)

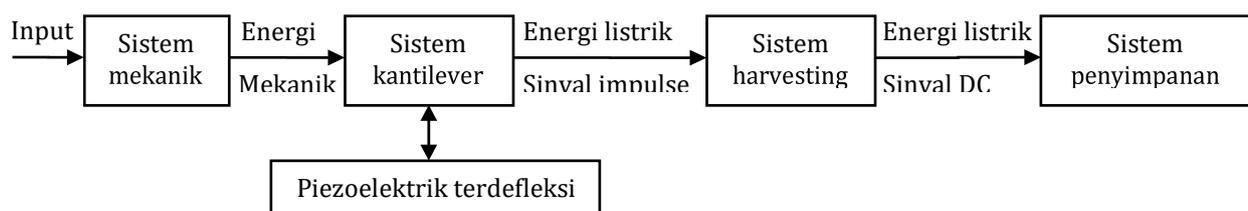
Apabila terjadi gempa bumi baik itu gempa tektonik maupun vulkanik, dengan kekuatan besar maupun kecil maka getaran dan tekanan yang diakibatkan oleh gempa tersebut akan mengoperasikan PLTGB sehingga menghasilkan arus listrik yang dapat dimanfaatkan oleh warga untuk mendukung aktivitas pasca gempa. Melalui teknologi ini, hampir setiap benda yang dapat ditekan dapat diimplementasikan dengan piezoelektrik sehingga menghasilkan tegangan listrik.



Gambar 5. Prinsip Kerja PLTGB pada Periode Gempa Bumi (analisis, 2019)

Pengaruh gempa bumi dipermukaan tanah tidak hanya ditentukan oleh besar energi yang dilepaskan, akan tetapi juga oleh kedalaman atau jarak sumber gempa bumi (hypocentre). Ukuran gempa bumi yang dapat langsung mempengaruhi struktur bangunan ialah insensitas lokal gempa, yaitu besar (insensitas) percepatan permukaan tanah di daerah lokasi gempa bumi.

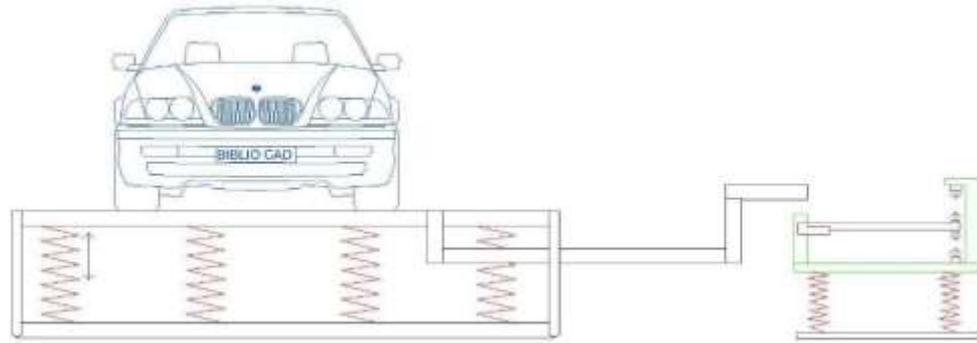
Untuk penggunaan PLTGB pada saat periode tidak terjadi gempa bumi, PLTGB tetap dapat berfungsi karena alat ini dibuat dalam posisi tidur yang pemasangannya di tempat-tempat yang potensial



mengalami perubahan tekanan seperti zebracross jalan raya, sehingga alat ini efektif dalam menghasilkan listrik. Dari segi biaya, nilai ekonomi yang dihasilkan dari PLTGB akan sangat besar apalagi jika mampu digunakan untuk waktu jangka panjang. Prinsip kerja PLTGB ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.

Gambar 6. Prinsip Kerja PLTGB pada Periode tidak Terjadi Gempa Bumi (analisis, 2019)

Adapun rancangan dari PLTGB adalah sebagai berikut.

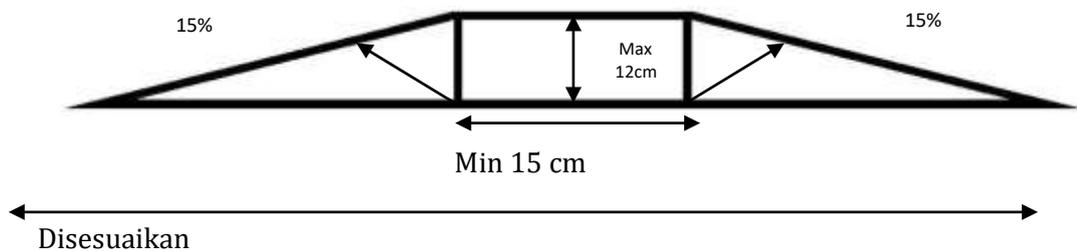


Sistem mekanik piezoelektrik

Sistem kantilever dan piezoelektrik

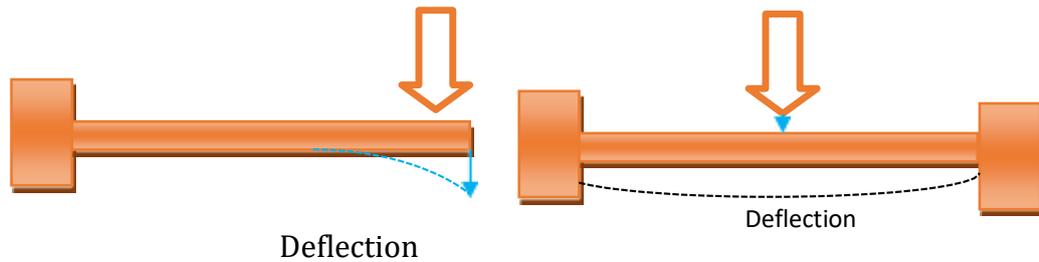
Gambar 7. Rancangan PLTGB (analisis, 2019)

Adapun penjelasan untuk komponen-komponen penting dalam PLTGB ini yaitu Pertama, polisi tidur (alat pembatas kecepatan), adalah bagian jalan yang ditinggikan yang dipasang melintang di jalan untuk pertanda memperlambat laju kendaraan. Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 3 Tahun 1994, desain polisi tidur adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Polisi Tidur (analisis, 2019)

Kedua, sistem kantilever, merupakan batang tumpuan memanfaatkan sifat rotasi dan keseimbangan. Sistem kantilever dibutuhkan untuk menjaga ketahanan kerja piezoelektrik terhadap tekanan dengan mengatur defleksi pada kantilever.



Gambar 9. Sistem Kantilever (analisis, 2019)

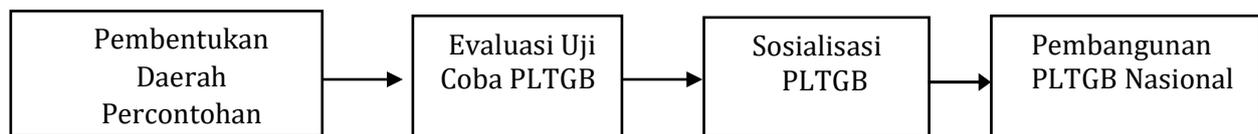
Ketiga, sistem penyimpanan, energi listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik disimpan dahulu sebelum digunakan.



Gambar 10. Super Kapasitor dan Baterai Li-Po (Putra dan Yulia, 2015)

3.2 Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Gempa Bumi

Langkah awal penerapan PLTGB ini adalah dengan membuat sebuah daerah percontohan. Daerah yang dijadikan percontohan diusahakan merupakan daerah yang memiliki lokasi yang strategis dan memiliki intensitas guncangan gempa bumi tinggi. Langkah kedua adalah tahap evaluasi PLTGB yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi dari PLTGB yang telah diimplementasikan di daerah percontohan. Pada tahap ini akan dapat diketahui permasalahan dan/atau hambatan yang terjadi sehingga dapat ditentukan tindakan koreksi dan antisipasi untuk mengatasi permasalahan yang terjadi sekaligus untuk mengantisipasi terjadinya permasalahan serupa. Langkah ketiga adalah sosialisasi PLTGB yang dilakukan dengan penyuluhan dan pendampingan oleh kementerian dan dinas terkait. Langkah terakhir adalah pembangunan PLTGB secara nasional. Pemerintah bekerjasama dengan institusi pendidikan dalam melakukan pendampingan di daerah sampai benar-benar mapan dan siap untuk mandiri.



Gambar 11. Langkah Strategis Implementasi PLTGB (analisis, 2019)

PLTGB merupakan gagasan mengenai konsep pemanfaatan getaran gempa bumi untuk menyelesaikan permasalahan suplai listrik yang terkendala pasca gempa bumi. PLTGB memerlukan dukungan beberapa pihak terkait. Pihak pertama yaitu pemerintah, yang menjadi komponen utamanya adalah Kementerian ESDM, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, Kementerian Pekerjaan Umum, dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Pihak kedua adalah peneliti dan perguruan tinggi, karena untuk mengembangkan piezoelektrik tersebut dibutuhkan banyak disiplin ilmu seperti teknik fisika dan ilmu komputasi. Kaitannya dengan teknologi piezoelektrik adalah dengan ilmu komputasi maka piezoelektrik dapat dimodelkan dalam bentuk matematika dan bahkan dapat dibuat bentuk simulasinya sebelum dilakukan penerapan. Sedangkan ilmu teknik fisika, yang terkait yaitu ilmu

instrumentasi karena dapat merancang peralatan piezoelektrik sehingga jumlah energi listrik yang dihasilkan dapat maksimal, ilmu energi berperan mengkalkulasi jumlah energi listrik yang dihasilkan, dan ilmu material berperan memilih bahan terbaik. Pihak ketiga yaitu peran serta warga.

Indonesia yang merupakan negara rawan gempa bumi membuat PLTGB ini sangat potensial diterapkan di Indonesia. Apabila terjadi gempa bumi baik itu gempa tektonik maupun vulkanik, dengan kekuatan besar maupun kecil maka getaran dan tekanan yang diakibatkan oleh gempa tersebut dapat dikonversikan melalui piezoelektrik untuk menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh warga untuk mendukung aktivitas pasca gempa. PLTGB dapat dijadikan sebagai pemanen energi listrik ramah lingkungan. Selain itu prinsip kerja PLTGB yang dapat beroperasi dalam dua periode (periode saat gempa dan periode saat tidak terjadi gempa), menjadikan PLTGB dapat berfungsi efektif. Mengingat gempa bumi merupakan peristiwa yang tidak bisa diprediksi kapan akan terjadi dan dapat terjadi secara tiba-tiba. Maka perlu pemanen listrik yang dapat bekerja saat gempa terjadi dan saat tidak terjadi gempa. Melalui adanya PLTGB maka solusi permasalahan listrik pasca gempa teratasi. Warga tidak perlu kesulitan lagi beraktivitas pasca gempa bumi terjadi, karena akan mendapatkan pemenuhan energi listrik dari PLTGB. Harapannya energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk memudahkan proses evakuasi, penerangan, proses medis, dan kegiatan-kegiatan lainnya.

4. KESIMPULAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gempa Bumi (PLTGB) merupakan konsep pembangkit listrik, dimana getaran gempa bumi akan dikonversikan menjadi energi listrik melalui teknologi piezoelektrik. Prinsip penerapan PLTGB dilakukan dalam dua periode, yaitu periode saat gempa dan periode di luar gempa dengan tujuan penyimpanan cadangan energi di luar gempa. Tahap pertama penerapan PLTGB yaitu dengan membuat daerah percontohan, tahap kedua evaluasi, tahap ketiga promosi, tahap keempat sosialisasi PLTGB, serta tahap kelima pembangunan PLTGB secara nasional. Pihak-pihak yang berperan dalam implementasi PLTGB yaitu, peneliti dan perguruan tinggi, serta peran warga. Energi listrik yang dihasilkan PLTGB dapat digunakan untuk memudahkan proses evakuasi, penerangan, proses medis, dan kegiatan lainnya pasca gempa.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada setiap anggota kelompok kami yang telah bekerja bersama hingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman mahasiswa yang sudah memberikan kontribusi dalam bentuk saran dalam proses pembuatan penelitian ini.

6. REFERENSI

- Darmawan, D. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif. Bandung. Remaja Rosdakarya. Ertuğ, B. Electrical Conductivity and Hysteresis Characteristic of BaTiO₃-
- Haifani, A. M. (2008). Manajemen Resiko Bencana Gempa Bumi. Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir. Batan. Sekolah Tinggi Teknik Nuklir.
- Kertapati, E. K. (2004). Aktivitas Gempa Bumi di Indonesia. Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Putra, E. dan Yulia, E. (2015). Polisi Tidur Piezoelektrik sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Kinetik Kendaraan Bermotor.
- Schwartz, Robert W, (1997). Chemical Solution Deposition of Perovskite Thin Film”, Mater, 2325-2340.
- Shen, D. (2009). Piezoelectric Energy Harvesting Devices for Low Frequency Vibration Applications. Dissertation. Auburn University. Alabama.
- Singh, U. K., and Middleton, R. H. (2007). Piezoelectric Power Scavenging of Mechanical Vibration Energy. Australian Mining Technology Conference. 111-118.
- Sodano, H. A., Inman, D.J., and Park, G. (2004). A Review of Power Harvesting from Vibration using Piezoelectric Materials. The Shock and Vibration Digest. 36 (3). 197-205.
- Zuo, L. and Tang, X. (2013). Large-Scale Vibration Energy Harvesting. Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 24 (11). 1405-143.