

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang

Chahyo Shaputra*, Rahmat Rasyid**

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus UNAND Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

*shaputrachahyo12345@gmail.com

**rahmatrasyid1967@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun pembangkit listrik tenaga ombak berbasis piezoelektrik dengan modul *charging* TP5100 pada bangunan groin pemecah ombak pantai Padang. Alat yang dirancang terdiri dari sensor piezoelektrik jenis *Polyvinylidene Difluoride* (PVDF), dioda 1N4007, sensor tegangan, arduino UNO R3, LCD 16x2 dengan modul I2C, baterai lithium dan modul *charging* TP5100. Sensor piezoelektrik mengkonversi energi mekanis dari ombak menjadi energi listrik dengan arus AC yang disearahkan menjadi arus DC dengan rangkaian penyearah gelombang penuh 1N4007 kemudian dideteksi oleh sensor tegangan, ditampilkan pada LCD dan disimpan pada baterai lithium melalui modul TP5100. Groin mempengaruhi besar gaya mekanis ombak, semakin panjang groin, maka akan semakin besar gaya mekanis yang dibawa ombak saat mengenai piezoelektrik sehingga menghasilkan tegangan yang lebih besar, begitu sebaliknya. Tegangan rata-rata maksimum yang dihasilkan sebesar 2.75 volt DC, dengan daya 45,83 mW. Alat yang dirancang mampu menghasilkan energi listrik ketika sistem dikenai hantaman ombak laut pada bangunan groin pantai Padang.

Kata kunci: piezoelektrik, TP5100, tegangan, groin, ombak laut, tegangan.

ABSTRACT

Design of piezoelectric-based wave power electric generator with charging module TP5100 on wave breaker groyne of Padang offshore has been conducted. The device consists of Polyvinylidene Difluoride (PVDF) type of piezoelectric sensor, 1N4007 diode, voltage sensor, Arduino UNO R3, LCD 16x12 with I2c module, lithium battery and charging module TP5100. The piezoelectric sensor converts the mechanical energy of wave to electrical energy with AC current which is directed to DC current by full-wave rectifier circuit afterwards detected by voltage sensor, displayed by LCD, and saved by charging module TP5100. The groyne affects the amount of mechanical force of the wave, that increasing length of the groyne will increase amount of power proportionally. The maximum average voltage was around 2.75 DC volt, with power 45.83 mW. The device could produce the electrical power when the system was hit by a wave on the groyne of Padang offshore.

Keyword : piezoelectric, TP5100, groyne, wave, voltage.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang semakin pesat berdampak pada tingginya konsumsi energi listrik. *International Energy Agency* (IEA) menyebutkan bahwa energi, terutama listrik, memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pembangunan sosial ekonomi di suatu negara. Rencana Usaha Pengadaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)/PLN (2018), konsumsi listrik nasional pada 2018 diproyeksikan sebesar 905 Kilo Watt hour (kWh)/kapita. Angka tersebut akan meningkat menjadi 1.147 kWh/kapita pada 2022 dan terus naik menjadi 1.501 kWh/kapita pada akhir 2027. Tingginya kebutuhan energi yang tidak diiringi dengan pertumbuhannya akan menyebabkan krisis energi. Upaya mengatasi krisis energi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber-sumber energi yang belum dikembangkan yaitu sumber energi alternatif.

Energi alternatif adalah energi yang digunakan untuk menggantikan energi listrik dengan energi yang berasal dari alam (Fredy, 2016). Sumber energi alternatif dapat berupa energi surya, energi panas bumi, dan energi mekanis ombak laut. Energi surya memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energinya dan energi panas bumi merupakan energi yang bersumber dari panas bumi. Kedua aplikasi energi tersebut sudah berkembang dengan baik, namun belum pada energi mekanis gelombang ombak laut.

Pemanfaatan energi gelombang laut untuk sumber energi alternatif cocok diterapkan di Indonesia, dimana lebih dari 60% wilayahnya berupa perairan dengan luas 1.929.317 km² yang membentang sepanjang 5.150 km dari timur ke barat dan 1.930 km dari utara ke selatan. Oleh karena itu, energi yang memanfaatkan gelombang sebagai sumber utamanya berpotensi besar untuk dikembangkan (Muchitawati, dkk, 2017). Hal ini yang menjadikan Indonesia berpeluang besar sebagai salah satu negara pemanen energi dengan memanfaatkan potensi gelombang laut di perairan Indonesia.

Salah satu cara mendapatkan energi dari gelombang laut adalah dari bangunan pemecah ombak (groyne) karena memiliki potensi untuk mendapatkan energi mekanis dari ombak. Ombak tersebut selain berfungsi untuk meredam energinya sebelum sampai ke daratan, juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan cara menambahkan material piezoelektrik agar mendapat energi dari ombak dalam bentuk tekanan atau hantaman. Material piezoelektrik merupakan material yang dapat mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik. Penelitian tentang manfaat material piezoelektrik terhadap gelombang laut telah dilakukan oleh beberapa peneliti.

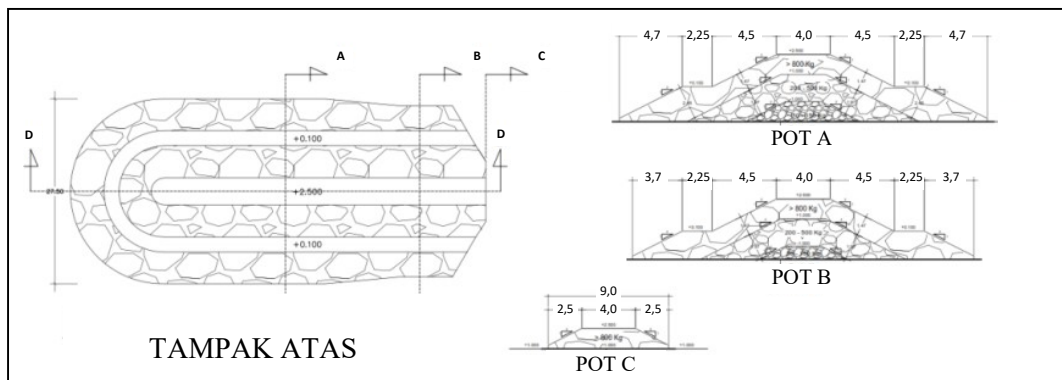
Saraswati dan Hendrowati (2015) telah melakukan pemodelan dan analisa energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga gelombang air tipe pelampung silinder dengan *cantilever piezoelectric* yang terdiri dari lima komponen utama yaitu lengan, pelampung, *gearbox*, *blade* dan piezoelektrik. Saat pelampung silinder dikenai gelombang maka pelampung akan bergerak naik turun. Besar kecilnya gaya gelombang dipengaruhi oleh amplitudo dan frekuensi gelombang sehingga jarak posisi mekanisme dari permukaan gelombang tidak mempengaruhi gaya gelombang. Kecepatan sudut dan torsi yang dihasilkan lengan pengungkit diteruskan ke mekanisme *gearbox*. Rasio putaran *gearbox* adalah 1:5. Torsi yang dihasilkan *gearbox* digunakan untuk memukul *cantilever piezoelectric* dan menghasilkan energi listrik dalam bentuk voltase. Pada penelitian ini hanya dapat menggunakan 5 buah piezoelektrik dan pukulan *gearbox* hanya mengenai bagian ujung permukaan piezoelektrik, sehingga belum mampu memaksimalkan piezoelektrik yang digunakan.

Rancang bangun pembangkit energi alternatif ombak pecah berbasis piezoelektrik telah dilakukan pula oleh Buriani dan Renzi (2017) komponen utamanya yaitu sensor, pelampung mengambang dan sistem energi *hybrid* di mana piezoelektrik digabungkan pada turbin angin lepas pantai dengan menganalisis interaksi gelombang air dengan struktur piezoelektrik fleksibel yang terendam di dalam air laut. Salah satu ujung konverter dijepit pada kedudukan kaku di dalam laut, sedangkan ujung lainnya dipasangkan secara vertikal pada dinding bangunan pemecah ombak. Interaksi komponen-komponen tersebut mempengaruhi daya output perangkat sehingga menghasilkan daya puncak saat pelat fleksibel beresonansi dengan sistem gelombang. Pada penelitian ini hanya sampai pada batas analisa desain sistem piezoelektrik dan perhitungan tegangan, sehingga pada penelitian belum dilakukan secara langsung.

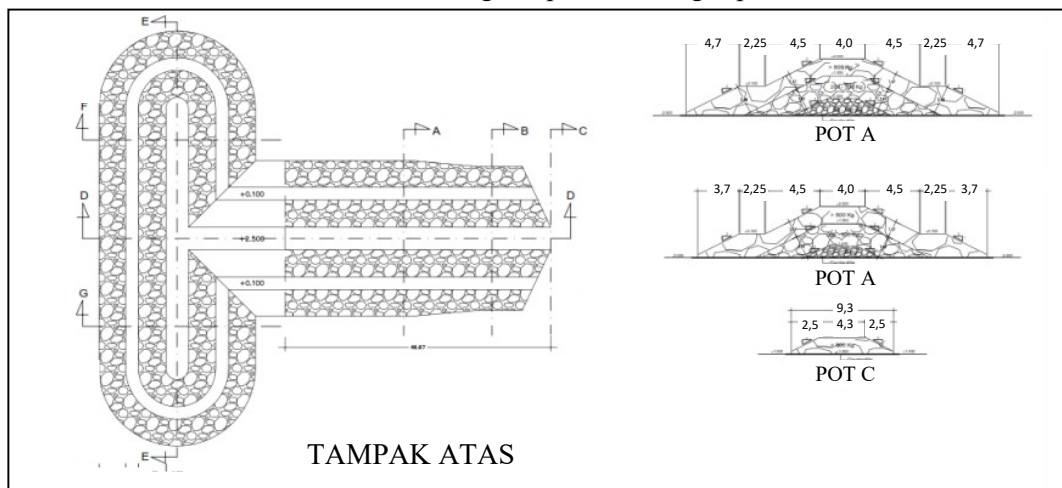
Kegiatan-kegiatan tersebut menjadi landasan untuk mengembangkan pemanfaatan sumber energi yang berasal dari ombak laut dengan memanfaatkan piezoelektrik sebagai media konvertnya. Ombak pecah berpotensi memiliki energi mekanis yang besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Energi mekanis dari ombak diterima langsung oleh sensor piezoelektrik jenis *Polyvinylidene Difluoride* (PVDF) yang sudah dilapisi pelat tipis dan plastik agar kedap air. Piezoelektrik dipasang vertikal dengan pelampung agar piezoelektrik dapat tetap berada pada permukaan air untuk mendapatkan energi mekanis yang lebih besar. Setelah dilakukan kegiatan ini maka diharapkan energi mekanis yang dihasilkan oleh ombak laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

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. Efek piezoelektrik terjadi jika medan listrik terbentuk ketika material dikenai tekanan mekanik. Pada saat medan listrik melewati material, molekul yang terpolarisasi akan menyesuaikan dengan medan listrik, dihasilkan *dipole* yang terinduksi dengan molekul atau struktur kristal material. Penyesuaian molekul akan mengakibatkan material berubah dimensi. Fenomena tersebut dikenal dengan *electrostriction*. (Ebrahimi, 2013).

Piezoelektrik dimanfaatkan pada bangunan groin pantai Padang agar memperoleh energi mekanis dari ombak laut. Groin pantai Padang telah mulai dibangun sejak tahun 1968. Konsep dasar groin ialah meredam pengaruh energi gelombang laut dengan pemasangan batu besar dan pasir di pantai yang terancam stabilitasnya sehingga tercapai kelancaran arus sedimentasi di perairan pantai secara alami. Konsep ini diimplementasikan dengan pemasangan groin di setiap interval jarak 50 meter (diameter batu 0,50-1,50 m) dipasang menjorok ke laut 15-25 m, dan sampai sekarang telah dibangun lebih dari 85 groin, 8 jetty dan 7,50 km tanggul pantai (Istijono dkk, 2015). Tipikal bangunan groin pantai Padang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Fisik groin pantai Padang Tipe I



Gambar 2 Fisik groin pantai Padang Tipe T

Setiap groin memiliki struktur bentuk fisik yang sama, yang membedakan hanyalah ukuran panjang groin yang menjorok ke laut, menyesuaikan dengan kondisi laut di sekitaran pantai padang. Groin hanya cocok diterapkan untuk pantai yang berpasir, karena tujuan awalnya adalah untuk mengurangi laju transpor sedimen yang sejajar pantai. Bentuk fisik groin ada yang tipe I, tipe T dan tipe L. (Istijono dkk, 2015).

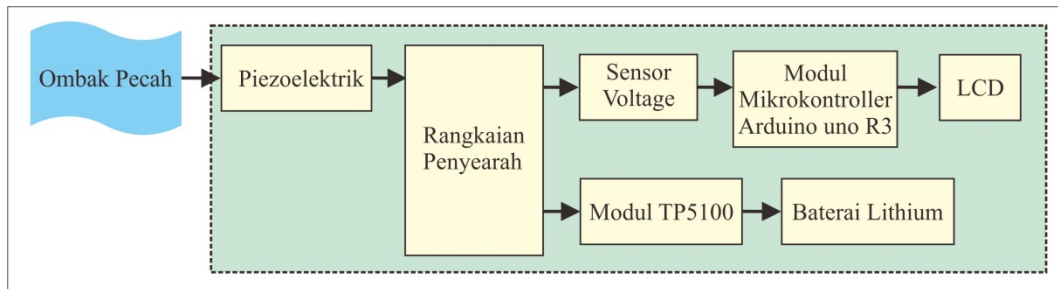
II. METODE

Rancang bangun penghasil listrik tenaga ombak berbasis piezoelektrik dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Andalas dan pada bangunan groin Pantai Padang. Alat yang dirancang terdiri dari piezoelektrik jenis PVDF, dioda 1N4007, sensor tegangan, arduino UNO R3, LCD 16x2 dengan modul I2C, baterai lithium, dan modul *charging* TP5100.

2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Diagram blok perancangan secara keseluruhan perangkat keras yang dibangun dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Prinsip kerja rancang bangun ini diawali dengan

adanya energi ombak pecah yang datang membawa energi mekanis dan kemudian diterima langsung oleh sensor piezoelektrik.



Gambar 3 Diagram blok sistem penghasil listrik tenaga ombak

2.2 Pengujian Sistem Pembangkit Listrik

Pengujian sistem pembangkit energi listrik tenaga ombak dilakukan langsung pada bangunan pemecah ombak (groin) dan juga pada bagian pinggir laut pantai Padang. Sistem diuji dengan variasi panjang groin yang menjorok ke laut, untuk mengetahui variasi mana yang dapat menghasilkan energi output yang lebih maksimal. Pada saat ombak datang, maka energi mekanis ombak kemudian akan diterima langsung oleh material piezoelektrik (PVDF) yang sebelumnya sudah dilapisi pelat dan plastik agar kedap air.

Piezoelektrik akan mengkonversikan energi mekanis dari ombak menjadi energi listrik dengan arus AC. Arus AC yang dihasilkan piezoelektrik akan disearahkan menjadi arus DC dengan rangkaian dioda penyearah agar dapat disimpan pada baterai lithium melalui modul *charging* TP5100. Pada saat arus melewati modul TP5100 maka lampu LED pada modul akan menyala dengan warna merah menandakan baterai sedang terisi daya, dan berwarna biru apabila baterai sudah terisi penuh dan rangkaian akan dihubungkan dengan penampil LCD sensor tegangan dengan Arduino UNO agar mendapatkan data besar tegangan yang dihasilkan sistem.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Karakterisasi Piezoelektrik Terhadap Beban

Karakterisasi sensor piezoelektrik dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan beban yang diberikan pada piezoelektrik terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Pengujian sensor piezoelektrik dilakukan dengan memvariasikan berat beban yang diberikan pada piezoelektrik untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan sensor.

Tabel 1 Pengujian sensor terhadap variasi berat beban

Berat Beban (kg)	Tegangan (volt)			Tegangan rata-rata (volt)
	I	II	III	
10	3,22	3,82	3,69	3,57
20	3,72	3,98	3,75	3,81
30	4,02	4,24	4,09	4,11

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa tekanan mekanis yang diberikan pada sensor mempengaruhi tegangan keluaran yang dihasilkan. Nilai tegangan keluaran sensor semakin meningkat seiring dengan penambahan berat beban. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan yang diterima pada piezoelektrik, maka perubahan struktur piezoelektrik yang terjadi juga akan semakin besar menyebabkan tegangan keluaran yang dihasilkan akan semakin besar, sebaliknya semakin kecil tekanan yang diterima pada piezoelektrik, maka perubahan struktur piezoelektrik yang terjadi juga akan semakin sedikit sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan akan semakin kecil.

3.2 Hasil Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Secara Keseluruhan

Pengujian sistem pembangkit listrik secara keseluruhan dilakukan untuk menguji kemampuan alat yang dirancang agar dapat bekerja sesuai tujuan. Alat yang dirancang dapat

menghasilkan energi listrik ketika sistem dikenai hantaman ombak laut. Pengujian dilakukan dengan memposisikan alat pada ujung batuan Groin laut agar sistem dapat langsung menerima tekanan atau gaya mekanis dari ombak.

Piezoelektrik yang sudah dirangkai paralel menghasilkan tegangan listrik dengan arus AC, kemudian akan disearahkan dengan rangkaian penyearah gelombang penuh menjadi arus DC, namun pada rangkaian ini sistem mengalami pelemahan tegangan sebesar 1,37 volt yang disebabkan oleh rangkaian penyearah gelombang dioda 1N4007 yang berbahan silikon dengan rangkaian gelombang penuh.

Arus yang telah disearahkan akan disimpan pada baterai lithium dengan bantuan modul *charging* TP5100. Tegangan masukan modul TP5100 berkisar antara 1 hingga 18 Volt, dan LED pada modul akan menyala saat tegangan masukan lebih besar dari 4,02 volt. Jika tegangan input di bawah 2,85 volt maka modul ini akan mengisi daya dibawah 80 mA. Data hasil pengujian alat secara keseluruhan ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian sensor terhadap variasi panjang groin

Panjang Groin (m)	Tegangan (volt)			Tegangan rata-rata (volt)
	I	II	III	
20	1,63	1,67	1,96	1,75
30	1,73	2,11	1,76	1,87
40	1,98	1,87	2,19	2,01
50	2,21	2,55	2,17	2,31
60	2,35	3,12	2,79	2,75
Panjang Groin (m)	Arus (mA)			Arus rata-rata (mA)
	I	II	III	
20	15,43	15,51	16,21	15,71
30	15,51	16,01	15,65	15,72
40	15,78	15,69	16,03	15,83
50	16,02	16,61	16,07	16,23
60	16,55	16,78	16,67	16,67
Panjang Groin (m)	Daya (mW)			Daya rata-rata (mW)
	I	II	III	
20	25,15	25,90	31,77	27,50
30	26,83	33,78	27,54	29,40
40	31,24	29,34	35,10	31,82
50	35,40	42,35	34,87	37,49
60	38,89	52,35	46,50	45,83

Hasil yang diperoleh dari pengujian alat secara keseluruhan menunjukkan bahwa alat yang dirancang berhasil menghasilkan energi listrik ketika sistem dikenai hantaman ombak laut. Tegangan keluaran sistem berbeda-beda untuk setiap groin. Tegangan rata-rata yang dihasilkan dari pengujian piezoelektrik menggunakan tenaga ombak laut paling rendah berada pada groin dengan panjang 20 meter sebesar 1,75 volt, dan terus meningkat seiring dengan penambahan panjang groin hingga 60 meter dengan tegangan rata-rata 2,75 volt. Hal ini dikarnakan kedalaman air laut mempengaruhi besar gaya orbital pada permukaan ombak, groin dengan ukuran yang lebih panjang, memiliki kedalaman laut yang lebih dalam sehingga menghasilkan ombak dengan gaya orbital (melingkar) dan tekanan mekanis yang akan semakin besar.

Daya rata-rata yang dihasilkan meningkat seiring dengan penambahan panjang groin. Hal ini dikarnakan seiring bertambahnya panjang groin maka gaya orbital dan tekanan mekanis pada ombak akan semakin besar, menyebabkan arus yang dihasilkan meningkat, sehingga berpengaruh terhadap daya yang akan semakin besar. Sebaliknya seiring berkurangnya panjang groin maka gaya orbital dan tekanan mekanis pada ombak akan semakin kecil, menyebabkan arus yang dihasilkan menurun, sehingga berpengaruh terhadap daya yang akan semakin kecil.

Tegangan rata-rata paling besar yang dihasilkan dari pengujian piezoelektrik menggunakan ombak laut yaitu sebesar 2,75 volt DC lebih besar dari pengujian piezoelektrik menggunakan tekanan hujan dengan tegangan sebesar 2,34 volt DC (Almanda, 2016) dan pada

penelitian pemodelan piezoelektrik dengan gelombang air menggunakan pelampung silinder sebesar 0.3731 volt (Saraswati, 2016).

Hasil ini menunjukkan bahwa pada pemberian tekanan piezoelektrik dengan menggunakan tekanan ombak dapat menghasilkan tegangan (volt) yang lebih efektif karena mampu memanfaatkan permukaan piezoelektrik dengan lebih optimal dibandingkan penelitian sebelumnya, sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian piezoelektrik selanjutnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat yang dirancang berhasil menghasilkan energi listrik ketika sistem dikenai hantaman ombak laut pada bangunan groin pemecah ombak pantai Padang. Tegangan rata-rata paling besar yang dihasilkan dari pengujian piezoelektrik menggunakan ombak laut sebesar 2.75 DC volt, dengan daya 45,83 mW. Semakin panjang groin, maka akan semakin besar gaya mekanis yang dibawa ombak saat mengenai piezoelektrik sehingga menghasilkan tegangan yang lebih besar. Jumlah piezoelektrik berpengaruh terhadap besar daya yang dihasilkan, dengan bertambahnya jumlah piezoelektrik yang dipasang secara paralel maka bertambah pula nilai arus dengan nilai voltase yang cenderung tetap.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D. Erwin, D. dan Diniardi, E., Pengujian Desain Model Piezoelektrik PVDF Berdasarkan Variasi Tekanan, *Jurnal Teknik UMJ*, ISSN2407-1846 2(1), 2016.
- Buriani, F. dan Renzi, E., Hydrodynamics of a Flexible Piezoelectric Wave Energy Harvester Moored on a Breakwater, *Journal of Fluid Mechanics*, 701:482-510, Loughborough University, United Kingdom, 2017.
- Ebrahimi, F., Piezoelectric Materials and Devices-Practice And Applications (Rijeka, Croatia, 2013).
- Fredy, B., Briket Daun Kering Sebagai Sumber Energi Alternatif, Proceedings Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV, Yogyakarta, 2016.
- Istijono, B. Hidayat, B. Rizaldi, A. dan Sabri, A.Y., Analisis Penilaian Kinerja Bangunan Pengaman Pantai terhadap Abrasi di Kota Padang, *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI ke-XXXI*, hal 454, Universitas Andalas, 2015.
- Muchitawati, G.S. Husna, H.Z. dan Marliyani, G.I., Studi Karakteristik Geologi Pantai Selatan Gunung Kidul untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang, Proceedings, Seminar Nasional Kebumihan ke-10, Yogyakarta, 2017.
- PT. PLN (Persero), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015- 2024 Statistik PLN (berbagai terbitan 2004-2015), <http://www.pln.co.id>, diakses Mei 2019, 2015.
- Saraswati, S.O. dan Hendrowati, W., Pemodelan dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Mekanisme Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air (PLTG-AIR) Tipe Pelampung Silinder Dengan Cantilever Piezoelectric, *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 2016.