

Disain LieYo Hidro Generator Explorasi Energi Arus Lepas Pantai

Lie Jasa¹, I Putu Ardana²

Abstract— Sea currents are one of these renewable energy sources that have not been developed, because they cost a lot and the capacity of energy produced is small. The presence of corrosion factors of sea air to the material containing the iron element of the material used must be of stainless steel. The existence of coral reefs that grow on objects submerged in the sea in a long time. Based on the above problems, the researcher wanted to develop an idea to make LieYo hydro generator. The idea of generating this generator is based on a magnetic ball placed on a vertically mounted pipe and each pipe is paired with a coil, a magnet ball that moves freely up and down in the pipe due to the wobble of the sea surface. Movement of magnetic spheres up and down causing the coils to receive magnetic field lines, the movement of the magnetic sphere will form an electric current on the coil. Several designs were tried out from the results of this study. Later can be used as the basis of designing a LieYo hydro generator.

Intisari— Arus laut merupakan salah satu sumber energi terbarukan ini yang belum dikembangkan, karena butuh biaya mahal dan kapasitas energi yang dihasilkan kecil. Adanya faktor korosi udara laut terhadap bahan yang mengandung unsur besi dari bahan yang digunakan harus dari baja tahan karat. Adanya terumbu karang yang tumbuh pada benda-benda yang terendam dalam laut dalam waktu yang lama. Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti ingin mengembangkan sebuah ide untuk membuat LieYo hidro generator. Ide dari pembuatan generator ini berbasis pada bola magnet yang ditempatkan pada pipa yang terpasang secara vertikal dan masing-masing pipa dipasangkan koil, bola magnet yang bergerak bebas keatas dan kebawah dalam pipa karena adanya goyangan dari permukaan air laut. Gerakan bola magnet naik dan turun menyebabkan koil akan menerima garis-garis medan magnet, gerakan dari bola magnet ini akan terbentuk arus listrik pada koil. Beberapa disain dicoba dari hasil penelitian ini. Nantinya dapat dijadikan dasar perancangan sebuah generator hidro LieYo.

Kata Kunci— LieYo, Hidro, Generator, arus laut.

I. PENDAHULUAN

Dunia saat ini mengalami krisis energi[1], karena energi yang berasal dari minyak bumi jumlahnya semakin terbatas. Kebutuhan akan energi minyak bumi terus meningkat, sedangkan cadangan terus menurun. Untuk menutupi kekurangan energi ini, harus dicarikan sumber-sumber energi baru[2]. Renewable energi merupakan pilihan yang tepat untuk dikembangkan. Energi terbarukan berasal dari Angin, Surya, Biogas, Air[3],[4],[5]. Panas bumi dan Arus laut. Masing-masing sumber energi terbarukan memiliki keterbatasan bila dibandingkan dengan sumber energi minyak

bumi. Keterbatasan energi terbarukan selama ini adalah kontinyuitas suplai energi yang dihasilkan dan tidak bisa dimanfaatkan secara langsung terutama dimalam hari, harus menggunakan media penyimpan. Untuk terus menggali sumber energi terbarukan dari arus laut menjadi topik utama dari peneliti dunia saat ini.

Penelitian yang sudah dilakukan berkaitan dengan magnetohydrodynamics diantaranya; Mengenai analisa metode elemen hingga campuran untuk diskritisasi numerik, dalam dua dan tiga dimensi[6], Mengenai peningkatan HLLC Riemann pemisah untuk magnetohydrodynamics relativistik (MHD).[7] Mengenai manipulasi aliran fluida pada chip melalui control arus redox magnetohydrodynamics[8], juga mengenai batasan incompressible aliran penuh magnetohydrodynamics dibawah stratifikasi kuat.[9]. Sedangkan penelitian yang berkaitan dengan arus laut dengan berbagai pendekatan sudah juga dilakukan oleh[10],[11],[12], sedangkan yang khusus meneliti mengenai magnetohydrodynamics yang menggunakan bola magnet untuk gelombang pantai belum ada.

Dari sumber energi terbarukan yang ada, arus laut merupakan sumber energi yang paling potensial untuk dikembangkan diwilayah Indonesia. Dikarenakan Indonesia memiliki luas wilayah dimana 2/3 adalah lautan. Pemanfaatan energi arus laut untuk dijadikan energi listrik merupakan permasalahan utama yang menjadi bagian sangat penting dari penelitian ini. Penelitian yang berkaitan dengan arus laut selama ini, biayanya sangat besar karena mesti menempatkan pada laut yang memiliki arus yang kuat. Model tidak bisa ditempatkan pada tepi pantai, menjadikan biaya instalasinya yang mahal. Disamping itu bahan yang digunakan juga harus tahan terhadap korosi air laut dan adanya terumbu karang yang melekat pada peralatan yang dipendamkan didasar laur.

Melalui penelitian ini, ide dari LieYo Hidro Generator, tidak digunakan yang mengkonversi arus laut menjadi energi putar, melainkan yang kita manfaatkan adalah ayunan gelombang naik dan turun yang akan kita tempatkan bola magnet pada pipa, air laut akan masuk diantara pipa, sehingga bola magnet akan berkerak naik dan turun sesuai dengan tinggi permukaan air didalam pipa juga berubah. Gerakan bola magnet didalam pipa ini yang akan dilewatkan coil yang menempel pada sisi pipa, goyangan bola magnet naik dan turun akan menimbulkan arus medan pada coil, sehingga menghasilkan arus listrik

II. KAJIAN PUSTAKA

Definisi dari pantai adalah suatu daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah yang berada di sekitar pantai dinamakan pesisir, yakni suatu daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut, seperti pasang surut, angin laut dan rembesan air laut. Pantai selalu menyesuaikan bentuk

^{1, 2} Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-703315; e-mail: liejasa@unud.ac.id, antnakabeh@gmail.com)



profilnya sedemikian sehingga mampu menghancurkan energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Salah satu permasalahan besar yang ada di daerah pantai adalah erosi pantai. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar dengan rusaknya kawasan permukiman dan fasilitas – fasilitas yang ada di wilayah tersebut. Proses erosi dan sedimentasi yang dibicarakan adalah di daerah pantai yang terletak di antara batas offshore pantai dimana gelombang mulai menggerakkan sedimen dan batas garis pantai. Proses ini terjadi akibat interaksi dari angin, gelombang, arus, pasang surut, sedimen, dan faktor – faktor lain di daerah pantai.

A Angin Pantai

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 sampai 1000 m dan daerah di mana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 m. Di kedua daerah tersebut kecepatan dan arah angin berubah sesuai dengan elevasi, karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan temperatur antara air dan udara.

B. Gelombang Laut

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Diantaranya adalah: a) gelombang angin yang diakibatkan oleh tiupan angin di permukaan laut, b) gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda – benda langit terutama matahari dan bulan, c) gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Gelombang dapat menimbulkan energi yang dapat mempengaruhi profil pantai. Selain itu gelombang juga menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus maupun sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya – gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Terdapat beberapa teori gelombang dengan beberapa derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan kondisi gelombang di alam

C. Medan Magnet

Magnet adalah suatu benda yang dibuat dari material tertentu yang menghasilkan suatu medan magnet. Medan magnet dari suatu magnet adalah daerah sekeliling magnet dimana magnet dapat menarik atau menolak suatu benda. Diluar daerah ini magnet tidak mempunyai pengaruh.

Material dapat bersifat magnet dari dasarnya (alami) atau magnet buatan (magnet listrik). Pada umumnya, material dibuat menjadi magnet dengan mengalirkan arus listrik melalui kawat yang dililiti pada material dari bahan besi.

Kemagnetan adalah suatu fenomena material yang memperlihatkan suatu pengaruh gaya tarik atau gaya tolak terhadap material lain. Gaya bekerja pada suatu jarak tertentu dan dapat dianalisis dalam bentuk medan magnet. Seluruh material yang mempunyai sifat magnet seperti besi, nikel, dan kobalt, mempunyai kutub utara (N, north) dan kutub selatan (S, south). Kutub yang sejenis akan tolak-menolak dan kutub yang tidak sejenis akan tarik menarik.

Ada tiga jenis magnet yang dapat menarik benda lain, yaitu magnet permanen, magnet temporer, dan magnet listrik. Magnet permanen sering juga disebut magnet keras (hard magnet) mempertahankan sebagian sifat magnetnya dan hanya hilang pada kondisi demagnetising. Sifat-sifat magnet permanen adalah : remanensi tinggi, permeabiliti tinggi, medan koersif tinggi, loop histeresis besar, dan memerlukan daya listrik besar untuk mencapai satu siklus penuh. Magnet temporer bersifat seperti magnet permanen bila berada dalam medan magnet yang kuat tetapi kehilangan magnetnya bila medan magnet hilang. Magnet temporer mempunyai loop histeresis kecil sehingga mudah dibuat menjadi magnet dan dihilangkan magnetnya. Magnet listrik dihasilkan dengan suatu lilitan kawat dalam suatu material magnet seperti besi lunak atau bukan material magnet seperti udara. Magnet listrik bersifat seperti magnet permanen bila lilitan kawat dialiri arus listrik.

Medan Magnet yang dihasilkan suatu koil dialiri arus. Untuk memperbesar kuat medan magnet digunakan suatu koil N lilitan. Koil dibentuk dengan melilitkan suatu konduktor sekeliling suatu inti besi. Kuat medan magnet berbanding lurus dengan jumlah lilitan maupun besar arus yang mengalir. Medan magnet sekeliling setiap lilitan kawat terdang dengan medan yang dihasilkan dalam lilitan berdekatan bila suatu arus lewat melalui koil. Kuat medan magnet koil dapat diestimasi menggunakan persamaan : Kuat dan polaritas medan magnet yang dihasilkan oleh magnet listrik diatur dengan mengubah besar arus mengalir melalui kawat dan mengubah arah aliran arus.

Medan Magnet Sekeliling Konduktor Dialiri Arus. Bila suatu konduktor dialiri arus, suatu medan magnet dihasilkan disekeliling konduktor. Jika suatu kompas berada di sekitar konduktor ini, jarum kompas akan meluruskan diri tegak lurus konduktor yang menunjukkan ada medan magnet. Suatu pandangan penampang konduktor yang dialiri arus menuju pengamat. Arah arus dinyatakan dengan tanda dot yang menggambarkan kepala panah. Suatu konduktor yang dialiri arus menjauhi pengamat. Arah arus dinyatakan dengan tanda cross yang menggambarkan ekor panah. Perhatikan bahwa medan magnet sekeliling konduktor tegak lurus ke konduktor dan garis-garis gaya magnet sama panjang seluruh konduktor.

D. Arus listrik

Kita semua tentu paham bahwa arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dimana setiap elektron mempunyai

muatan yang besarnya sama. Jika kita mempunyai benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Derajat termuatinya benda tersebut diukur dengan jumlah kelebihan elektron yang ada. Muatan sebuah elektron, sering dinyatakan dengan simbol q atau e , dinyatakan dengan satuan coulomb, yaitu sebesar $q = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb

Misalkan kita mempunyai sepotong kawat tembaga yang biasanya digunakan sebagai penghantar listrik dengan alasan harganya relatif murah, kuat dan tahan terhadap korosi. Besarnya hantaran pada kawat tersebut hanya tergantung pada adanya elektron bebas (dari elektron valensi), karena muatan inti dan elektron pada lintasan dalam terikat erat pada struktur kristal.

Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka seolah-olah tidak terjadi apa-apa. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan (tapi ingat, dalam hal ini disepakati bahwa arah arus ke kiri). Aliran elektron inilah yang selanjutnya disebut arus listrik. Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere, dimana $i = dq/dt$ 1 ampere = 1 coulomb/det.

III. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini disusun secara urut dan terstruktur dari beberapa tahapan proses penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini, prosedur penelitian ini yang dibagi dalam beberapa langkah seperti Tahapan penelitian dimulai dengan (a). studi literatur, (b). melakukan survei lokasi pantai, (c). melakukan assesment disain rancangan LieYoHG, (d). melakukan analisis data perhitungan, (e). Ujicoba model LieYoHG secara sederhana, (f). analisa hasil akhir.

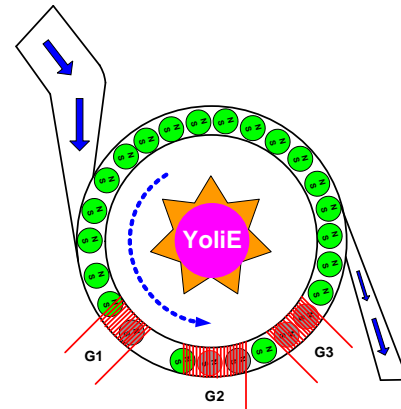
Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan diantaranya :

- a. Studi Literatur – Mempelajari mengenai penelitian-penelitian tentang magnetohydrodynamics yang sudah dilakukan melalui paper journal.
- b. Survei Lokasi Pantai – Melakukan kegiatan yang berkaitan dengan kunjungan lapangan terhadap lokasi yang potensial sebagai tempat penelitian instalasi LieYoHG. Melakukan pengukuran dan pengambilan data pengukuran.
- c. Assesment desain rancangan LieYoHG – melakukan suatu inventarisasi mengenai LieYoHG yang sudah dibangun, dengan mencatat data-data yang ada dilokasi.
- d. Analisis Data perhitungan – hasil survey dan hasil assesment dianalisis untuk mendapatkan kekurangan maupun kelemahan LieYoHG yang dirancang.
- e. Ujicoba model LieYoHG secara sederhana – untuk melakukan ujicoba terhadap ide yang ada.
- f. Analisis hasil akhir penelitian – untuk mendapatkan data yang valid untuk ditulis didalam laporan.

IV. DESAIN LIEYO GENERATOR

A. Desain Melingkar

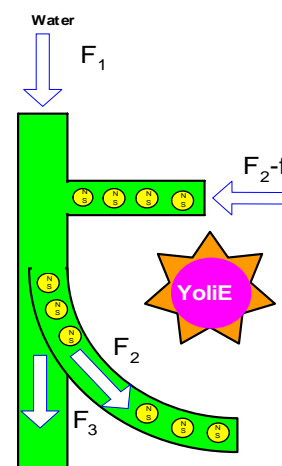
Ide bola magnet dipasang membentuk lingkaran dan coil dipasang pada bagian bawah. Air masuk dari sisi atas dan keluar pada sisi bawah. Seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Pemodelan LieYoHG

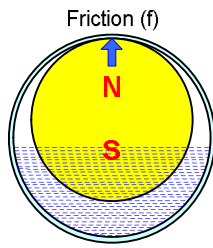
Diharapkan air yang mendorong dengan gaya F_1 dan bola magnet masuk kembali melalui F_2 dikurangi gaya gesekan bola pada dinding pipa. Dan air keluar melalui F_3 dan bola masuk kembali pada lingkaran dengan gaya F_2 sekaligus melewati coil pada bagian bawah. Pada bagian ini diharapkan gaya F_1 harus lebih besar dari F_2-f , karena kenyataan yang terjadi bola magnet tersendat saat melewati persimpangannya gaya F_1 dan F_2-f . Disamping itu posisi magnet N dan S susat terkontrol, karena saat bergerak seperti bola-bola yang bergerak bila magnet N dan S bertemu, bola menjadi menempel. Arah gaya yang terjadi terlihat pada gambar 2.

Ujicoba dilakukan bila posisi gambar 1 dicoba dengan posisi horizontal, dengan harapan gaya F_2 tidak perlu besar, tetapi nyatanya bola magnet akan mengalami gesekan dengan dinding permukaan bagian atas dari pipa, sehingga pergerakan dari bola magnet sangat pelan, tidak sanggup untuk menghasilkan energi pada coil seperti gambar 3.



Gambar 2 Arah gaya bola magnet

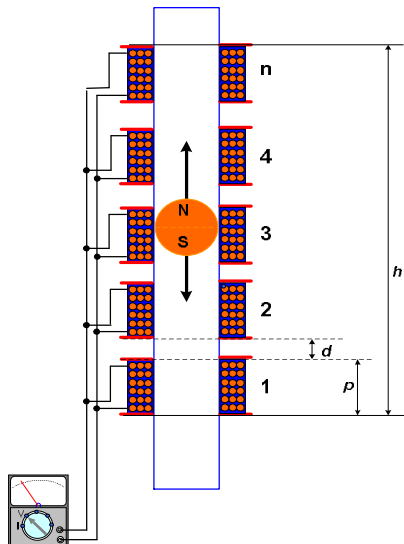




Gambar 3 Gesekan bola magnet dalam pipa

B. Desain Vertikal

Konsep vertikal dimulai dari desain gerakan permukaan air laut yang naik dan turun. Pola gerakan air laut ini membentuk gelombang yang beraturan, sehingga bila dapat diasumsikan bola-bola magnet juga akan mengambang bila ada dipermukaan air. Bola magnet yang bergerak pada permukaan itu dimasukkan pada tabung, akan bergerak naik dan turun mengikuti permukaan air laut. Bola magnet bergerak bebas naik dan turun didalam pipa, ditangkap dengan kumparan (koil) yang ada menempel pada pipa disisi luar. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



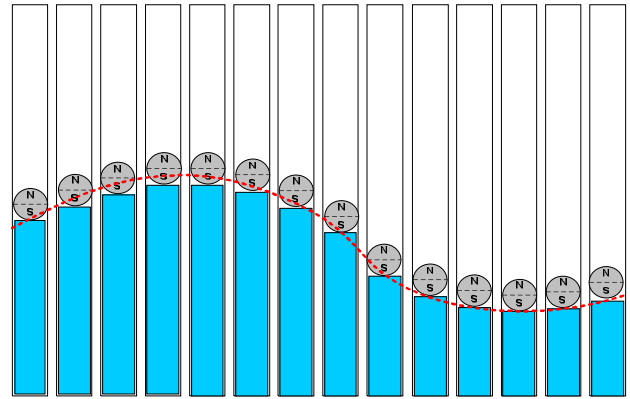
Gambar 4 Schematic LieYoHG

Pemodelan dari pipa-pipa disusun berdekatan dengan dalam bentuk mesh dalam jumlah tertentu dan terpisah sesuai dengan tebal kumparan. Bila air laut yang ada dipermukaan bergelombang masuk didalam tabung, maka tampak seperti Gambar 5. Ide ini untuk memanfaatkan permukaan gelombang air laut pada sisi permukaan yang terus bergerak naik dan turun, sehingga bila kita pasang pipa-pipa yang berdekatan, dapat dipasang pipa dalam jumlah banyak sesuai dengan kondisi coil yang ada. Hal ini jauh berbeda dengan konsep melingkar, bola magnet berputar pada lingkaran yang sama, sedangkan konsep vertical bola ada pada masing-masing pipa.

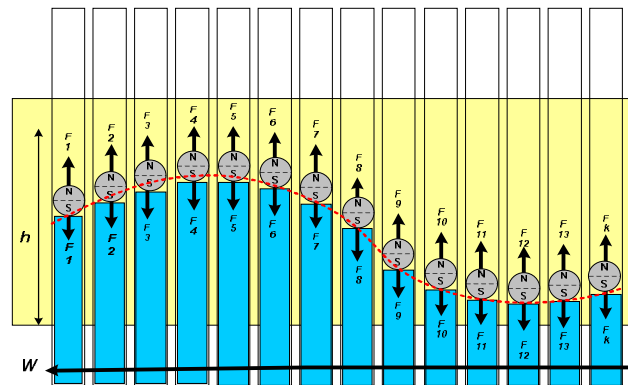
Kendala yang dihadapi dengan model ini adalah dorongan dari air laut yang mendorong dari samping pipa, sedangkan bola magnet kita harapkan bergerak naik dan turun, bila arus

cukup kuat maka, kelompok pipa ini akan terdorong keluar mendekati posisi pasir pantai.

Ujicoba pembuatan bola magnet dengan menggunakan bola pingpong, yang pertama-tama bola dibelah, selanjutnya magnet dimasukkan kedalam bola, terus bola di tutup kembali dengan lapisan lem. Hasil ini menemui kendala bola pingpong tidak bulat sempurna seperti semula sehingga saat dimasukkan kedalam pipa, timbul gesekan. Dimana bola tidak bergerak bebas dialam pipa.



Gambar 5 Pemodelan gelombang laut



Gambar 6 Parameter gaya permukaan air laut

Kesulitan lain dalam merealisasikan ide ini adalah gerapan bola-bola magnet tidak sesuai dengan ide yang ada pada gambar 6, karena guncangan bola-bola didalam pipa tidak berlaku gayut, artinya sangat dipengaruhi oleh gerakan air laut saat memasuki pipa.

Disain horizontal dan disain vertikal tujuannya adalah sama bagaimana bola magnet dapat bergerak bebas didalam coil dengan memanfaatkan dorongan dari tenaga air yang memasuki pipa, bila air dapat bergerak masuk kedalam pipa dengan gaya yang cukup besar, maka coil akan mampu menghasilkan arus listrik dalam order mikro Amper. Bila semua coil dari bola magnet yang ada bisa kita gabungkan dan dibuat dalam bentuk cell, sehingga energi listrik yang didapat dapat lebih besar, seperti solar cell, tentunya dengan perangkat control yang bisa menangkap arus yang dihasilkan oleh coil dan mengalirkan keluar.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa bola magnet dapat mengapung dengan baik dalam permukaan air setelah dibebani magnet. Desain LieYoHG model horizontal memiliki kelebihan, bola magnet dapat terkontrol dan dapat diatur lebih mudah, namun masih ada kendala pada gesekan bola magnet pada dinding pipa dan gerakan bola magnet yang masih sangat pelan.

Disain LieYoHG vertikal memiliki kelebihan jumlah coil yang dipasang jumlahnya banyak dan dapat dibentuk menjadi cell, tetapi kelemahannya air laut tidak dapat masuk kedalam pipa dengan mudah, karena saat ujicoba dengan posisi pipa yang mengambang diatas permukaan air, saat ada arus maka pipa terdorong keluar menuju garis pantai, bukan mendorong bola magnet seperti yang direncanakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Udayana melalui LPPM Unud memberikan dana hibah Unggulan Udayan tahun anggaran 2016, yang memungkinkan penelitian ini dapat terlaksana.

REFERENSI

- [1] T. Sakurai, H. Funato, and S. Ogasawara, "Fundamental characteristics of test facility for micro hydroelectric power generation system," presented at the International Conference on Electrical Machines and Systems, 2009. ICEMS 2009, 2009, pp. 1–6.
- [2] D. Agar and M. Rasi, "On the use of a laboratory-scale Pelton wheel water turbine in renewable energy education," *Renew. Energy*, vol. 33, no. 7, pp. 1517–1522, Jul. 2008.
- [3] L. Jasa, P. Ardana, and I. N. Setiawan, "Usaha Mengatasi Krisis Energi Dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif Bagi Masyarakat Dusun Gambuk –Pupuan-Tabanan," in *Proceeding Seminar Nasional Teknologi Industri XV, ITS, Surabaya*, 2011, pp. B0377–B0384.
- [4] L. Jasa, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "Designing angle bowl of turbine for Micro-hydro at tropical area," in *2012 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Sept., pp. 882–885.
- [5] L. Jasa, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "An Alternative Model of Overshot Waterwheel Based on a Tracking Nozzle Angle Technique for Hydropower Converter | Jasa | International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)." [Online]. Available: <http://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/1727/6442>. [Accessed: 10-Feb-2015].
- [6] C. Greif, D. Li, D. Schötzau, and X. Wei, "A mixed finite element method with exactly divergence-free velocities for incompressible magnetohydrodynamics," *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 199, no. 45–48, pp. 2840–2855, Nov. 2010.
- [7] J. Kim and D. S. Balsara, "A stable HLLC Riemann solver for relativistic magnetohydrodynamics," *J. Comput. Phys.*, vol. 270, pp. 634–639, Aug. 2014.
- [8] M. C. Weston and I. Fritsch, "Manipulating fluid flow on a chip through controlled-current redox magnetohydrodynamics," *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 173, pp. 935–944, Oct. 2012.
- [9] G. Lee, P. Kim, and Y.-S. Kwon, "Incompressible limit for the full magnetohydrodynamics flows under strong stratification," *J. Math. Anal. Appl.*, vol. 387, no. 1, pp. 221–240, Mar. 2012.
- [10] H. Osawa and T. Miyazaki, "Wave-PV hybrid generation system carried in the offshore floating type wave power device 'Mighty Whale'," in *OCEANS '04. MTS/IEEE TECHNO-OCEAN '04*, 2004, vol. 4, pp. 1860–1866 Vol.4.
- [11] N. M. Kimoulakis, A. G. Kladas, and J. A. Tegopoulos, "Power Generation Optimization From Sea Waves by Using a Permanent Magnet Linear Generator Drive," *Ieee Trans. Magn.*, vol. 44, no. 6, pp. 1530–1533, Jun. 2008.
- [12] I. A. Ivanova, O. Agren, H. Bernhoff, and M. Leijon, "Simulation of wave-energy converter with octagonal linear generator," *Ieee J. Ocean. Eng.*, vol. 30, no. 3, pp. 619–629, Jul. 2005.

