



## PENGEMBANGAN GENERATOR SEDERHANA BERBAHAN DAUR ULANG UNTUK DIVERSIFIKASI ENERGI TERBARUKAN (*RENEWABLE ENERGY*)

Winarto<sup>1,\*</sup>, Agus Suyudi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Kode Pos: 65145, Indonesia

\*Email: winarto.fmipa@um.ac.id

---

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan generator sederhana berbahan daur ulang merupakan salah satu terobosan inovatif dalam memanfaatkan energi otot pada tubuh manusia. Generator ini diharapkan dapat membantu pengadaan energi listrik dalam kapasitas kecil untuk mengisi baterai dan mengoperasikan handphone, menyalakan lampu LED, dan keperluan lainnya. Generator secara praktis dapat dipergunakan di tempat-tempat yang belum terjangkau aliran listrik atau tidak terdapat sumber listrik. Rancang bangun generator ini melibatkan bahan daur ulang sederhana yang dibangun secara mudah menggunakan prinsip Hukum Faraday. Data diperoleh dengan mengoperasikan generator secara bervariasi dan diperoleh data kuantitatif tentang besarnya tegangan yang dihasilkan. Selanjutnya data disajikan deskriptif sebagai hasil penelitian dan pengembangan. Sebagai prototype, generator ini dapat dijadikan model untuk dikembangkan dengan kapasitas lebih besar dan tidak lagi digerakkan dengan energi otot manusia tetapi dengan energi air, energi angin, atau energi terbarukan lainnya. Generator ini dikemas dalam wadah plastik bekas kemasan oli mobil, terdiri atas roda penggerak magnet di dalam kumparan yang memicu terjadinya induksi listrik pada kumparan. Outputnya berupa arus listrik AC mencapai 10 V-18 V dengan arus 5A, kemudian disearahkan menjadi arus DC masuk ke regulator dan disimpan pada baterai.

**Kata Kunci:** Generator Sederhana, Bahan Daur Ulang, Energi Terbarukan.

---

### 1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan, tidak ada satupun aspek kehidupan dapat berlangsung tanpa keterlibatan energi. Ketergantungan kehidupan manusia terhadap energi berlangsung secara terus menerus sementara ketersediaan energi siap pakai di alam terbatas jumlahnya. Dewasa ini dunia mulai merasakan gejala berkurangnya ketersediaan energi siap pakai karena ketergantungan pada sumber energi fosil yang dianggap paling praktis dan efektif, sementara jumlahnya semakin berkurang. Untuk itu perlu dilakukan diversifikasi sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yaitu sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan [3], guna mengatasi kelangkaan energi tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeksploitasi sumber-sumber energi lain yang tersedia di alam, seperti energi angin, energi matahari, energi gelombang laut, bahkan energi yang ada pada diri manusia itu sendiri berupa energi yang tersimpan di dalam otot.



Ketersediaan energi termasuk listrik merupakan elemen yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, sekaligus sebagai kebutuhan mutlak untuk menunjang pembangunan nasional yang berkelanjutan. Hal ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia ketika dihadapkan pada kondisi dimana sebagian besar penyediaannya masih bergantung pada energi fosil dan pengembangan sumber-sumber energi terbarukan masih sangat terbatas [6].

Kemunculannya energi terbarukan sebagai antitesis terhadap pengembangan dan penggunaan energi berbahan fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) dan nuklir. Selain dapat dipulihkan kembali, energi terbarukan diyakini lebih bersih (ramah lingkungan), aman, dan terjangkau masyarakat. Penggunaan energi terbarukan lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi pencemaran lingkungan dan kerusakan lingkungan di banding energi non-terbarukan [3].

Langkah awal yang perlu dilakukan untuk mendapatkan energi listrik adalah merancang bangun generator sederhana yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan dioperasikan tanpa bahan bakar. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tapi generator tidak menciptakan listrik yang di dalam kabel lilitannya [1]. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melakui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.

Sebuah generator bekerja dengan menginduksi medan magnet mejadi sebuah daya voltasi pada kumparan kawat . Poin penting yang harus dicatat bahwa jumlah voltase akan semakin meningkat seiring dengan jumlah lilitan kawat pada kumparan, ukuran kumparan dan kekuatan medan magnet. Medan magnet (atau kumparan) membutuhkan putaran konstan untuk memproduksi/ menginduksi arus listrik kedalam kumparan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggerakkan magnet atau sebaliknya menggerakkan kumparan dan akan menimbulkan efek yang sama. Kumparan atau magnet perlu digerakkan sedemikian rupa agar kumparan selalu melewati medan magnet.

Prinsip kerja generator listrik bisa dikatakan cukup sederhana. Hal ini karena generator bekerja mengikuti hukum Faraday [2]. Hukum Faraday yang digunakan pada prinsip kerja generator AC menyatakan bila sebatang penghantar berada di suatu medan magnet yang berubah-ubah sehingga memotong garis gaya magnet, maka akan terbentuk suatu gaya gerak listrik pada ujung penghantar tersebut. Gaya gerak listrik tersebut selanjutnya disebut GGL yang memiliki satuan volt. Besar tegangan generator sangat bergantung pada kecepatan putaran, jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluk, banyak fluk magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet, dan juga konstruksi generator itu sendiri.

Generator pertama berdasarkan prinsip Faraday dibuat pada 1832 oleh Hippolyte Pixii, seorang pembuat peralatan dari Perancis. Alat ini menggunakan



magnet permanen yang diputar oleh sebuah "crank". Magnet yang berputar diletakkan sedemikian rupa sehingga kutub utara dan selatannya melewati sebungkah besi yang dibungkus dengan kawat. Pixii menemukan bahwa magnet yang berputar memproduksi sebuah pulsa arus di kawat setiap kali sebuah kutub melewati kumparan. Lebih jauh lagi, kutub utara dan selatan magnet menginduksi arus di arah yang berlawanan. Dengan menambah sebuah komutator atau rectifier pada outputnya, dapat mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) [4].

Generator sederhana ini dikemas dalam wadah bekas kemasan oli mobil, dilengkapi roda pemutar dan pully untuk mempercepat putaran magnet. Kumparan kawat enamel dililitkan pada gulungan melingkar dan diatur sedemikian rupa sehingga magnet dapat berputar diametral di dalam gulungan tersebut. Magnet yang digunakan adalah magnet keramik berbentuk silinder, daur ulang magnet speaker sound sistem. Output yang dihasilkan adalah arus AC, kemudian disearahkan dengan sistem *rectifier* menjadi arus DC untuk dapat disimpan di dalam baterai. Pemakaian bahan-bahan daur ulang dalam pengembangan generator ini dimaksudkan untuk mempermudah produksinya dengan harga murah dan terjangkau.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototype generator sederhana sebagai pembangkit tenaga listrik berskala kecil menggunakan bahan daur ulang. Desain produk dibuat sangat sederhana sehingga mudah untuk direproduksi oleh siswa sebagai media pembelajaran maupun oleh masyarakat umum dalam memenuhi kebutuhan energy listrik skala kecil.

## 2. Metode Penelitian

Rancang bangun Generator sederhana ini dikembangkan mengacu pada model pengembangan Thiagarajan dan Semmel; "The Model 4D", terdiri atas empat tahap yaitu *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Desimination* (Desiminasi). Desain rancang bangun produk diawali dengan mendefinisikan fenomena fisika yang akan dibangun, merancang dan mendesain generator sederhana, termasuk menentukan alat dan bahan yang sesuai. Dilanjutkan dengan merakit generator sesuai rancangan yang telah disepakati.

*Rekayasa Produk*: Bahan dan alat yang diperlukan meliputi bahan daur ulang dan bahan pabrikan yang harus dibeli di toko-toko perlengkapan elektronika. *Bahan daur ulang* terdiri (1) botol bekas kemasan oli mobil diesel ukuran 5 liter, (2) roda pemutar berengkol bekas penghancur batu es, (3) magnet ladam berbentuk siinder bekas speaker (4) papan penyanggah generator bekas handle kursi kuliah, (5) pully pemercepat putaran magnet, (6) Tali penghubung roda-pully dari tali mesin jahit, (7) Pengulung kawat enamel dibuat sesuai ukuran botol terbuat dari bahan potongan pipa paralon berbingkai plat plastik, (8) Tongkat kayu penyanggah roda dan kayu penjepit magnet, (9) Laker untuk poros roda dan magnet, dan (10) Tali klem palstik. *Bahan pabrikan* terdiri (1) kawat enamel diameter 0,7 mm seberat satu kilogram, (2)

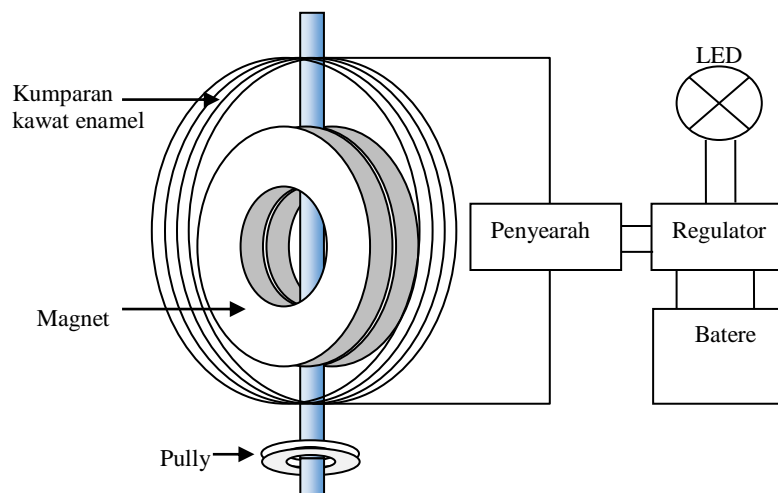
kuprok (jembatan diode) untuk penyearah, (3) kapasitor JPCON 50V,10000  $\mu$ F, (4) Regulator (Charger), (5) Batere (Aki) 12V ukuran kecil (6) Lampu LED DC 9W,12V.

Secara lengkap, alat dan bahan yang diperlukan untuk membangun generator sederhana ini dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat dan bahan yang diperlukan

*Desain Produk:* Sesuai rencana awal, generator ini dibangun dengan prinsip magnet putar (sesuai rancangan Hippolyte Pixii) [7] mempertimbangkan kepraktisan dan kemudahan desainnya. Skema rancangan generator sederhana yang disepakati digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema desain generator sederhana.

Dari skema desain di atas bila magnet diputar cepat memelalui pully yang dihubungkan roda pemutar dengan jari-jari yang lebih besar, akan terjadi perubahan fluks magnet pada kumparan. Hal ini akan menimbulkan GGL induksi (sesuai dengan prinsip Faraday). Tegangan AC pada ujung-ujung kumparan diproses oleh penyearah menjadi tegangan DC. Selanjutnya melalui Regulator (charger) dapat disimpan ke dalam batere atau langsung untuk menyalakan lampu LED dan keperluan lainnya.

*Data dan Analisa Data:* Setelah produk jadi, dilakukan pengambilan data kuantitatif, yaitu dengan mengoperasikan generator dengan tiga variasi kecepatan putar roda besar, yaitu 8 rps, 12 rps, dan 15 rps. Dari setiap variasi putaran akan diperoleh besarnya tegangan yang dihasilkan generator. Selanjutnya data ditabelkan secara deskriptif sebagai laporan hasil penelitian dan pengembangan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengembangan generator sederhana ini merupakan rangkaian kerja terpadu mengikuti tahap-tahap yang telah direncanakan dan ditetapkan. Hasil rakitan generator beserta operasionalnya digambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Konstruksi magnet dan kumparan serta posisinya pada sistem generator.

Proses perakitan dalam wadahnya dari skema desain Gambar 2. dipasang pada posisi mendatar sehingga tampak batang penjempit magnet terpasang mendatar (Gambar 3. kiri). Dengan demikian posisi roda pemutar dan pully dipasang mengikuti sistem sehingga dapat memutar magnet dalam posisi mendatar (Gambar 3. kanan).

Beberapa peralatan seperti penyearah, regulator (charger), batere, dan kabel-kabel penghubung dipasang seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Peralatan pendukung untuk meningkatkan fungsi generator sederhana.

Gambar 4. menunjukkan konstruksi generator secara utuh setelah dilengkapi penyearah, regulator, batere, dengan kabel penghubung. Pada Gambar 4.(kanan), terpasang ponsel yang sedang discharge. Cara kerja generator ini menggunakan tenaga otot untuk memutar tungkai roda besar. Putaran ini diteruskan melalui pully berdiameter lebih kecil sehingga menghasilkan putaran lebih cepat ketika memutar magnet. Kecepatan putaran magnet sebanding dengan perubahan fluks magnet yang berpengaruh langsung pada besarnya GGL induksi yang dihasilkan sesuai dengan hukum Faraday tentang induksi dalam persamaan [5]:

$$\varepsilon = -Nd\Phi_B/dt ,$$

dimana  $\varepsilon$  = GGL induksi, N = jumlah lilitan, dan  $d\Phi_B/dt$  = perubahan fluks magnet, tanda negatif menunjukkan bahwa arah GGL induksi berlawanan dengan arah penyebabnya (Halliday, 1978).

Perbandingan diameter roda pemutar besar dan diameter pully adalah 20 cm berbanding 5 cm atau 4:1. Dengan demikian setiap putaran pada roda besar menghasilkan 4 putaran pada pully yang diteruskan ke putaran magnet. Besarnya GGL induksi yang dihasilkan generator dengan berbagai kecepatan putaran roda pemutar dan kecepatan pully ditabelkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1. Terbaca bahwa besarnya GGL induksi sebanding dengan putaran roda/putaran pully. Pada putaran 8 rps, GGL induksi yang dihasilkan 8 Volt, tegangan ini belum cukup untuk mengisi batere yang bertegangan dasar 12Volt. Sedang pada putaran 12 rps atau 15 rps GGL induksi yang dihasilkan melebihi 12 Volt. Kondisi ini sudah dapat mengisi batere. Akan tetapi yang paling bagus adalah pada putaran 15 rps dengan GGL induksi 14.7 Volt, kondisi ini dapat mengisi batere lebih cepat.

**Tabel 1.** Hasil GGL induksi pada generator akibat variasi putaran magnet.

No.	Putaran Roda Besar (rps)	Putaran Pully (rps)	GGL Induksi (Volt)
1	8	32	10
2	12	48	15
3	15	60	18

Kapasitas GGL induksi dari generator ini dapat dilipat gandakan dengan menambah lilitan kawat enamel dan atau menambah jumlah magnet diikatkan pada batang penyanggah menggunakan klem plastik. Sedang besarnya arus listrik yang dihasilkan tergantung pada diameter kawat enamel, mengikuti aturan:

$$d = 0.7 \sqrt{i}$$

dimana  $d$  = diameter kawat dalam mm, dan  $i$  = arus listrik dalam Ampere. Jadi agar menghasilkan arus listrik sebesar satu Ampere diperlukan kawat enamel berdiameter 0.7 mm [7].

Sesuai bahan yang tersedia, generator ini menggunakan kawat enamel berdiameter 0.7 mm seberat satu kilogram dan menghasilkan sejumlah 250 lilitan. Jumlah magnet silinder yang dipergunakan berdiameter 6 cm dengan ketebalan 1cm berjumlah 6 buah dipasang berpasangan pada tongkat penyanggah (holder). Hasil akhir yang dicapai oleh generator sederhana ini setelah dirangkai seperti pada Gambar 4. dan dioperasikan dengan putaran 15 rps dapat mencharge batere kering 12V. Untuk menghasilkan hasil maksimal diperlukan waktu cukup lama, namun untuk keperluan mendesak dapat dilakukan pengisian secukupnya dengan putaran teratur dan stabil dengan  $> 15$  rps. Batere yang sudah terisi (walaupun tidak sampai penuh), dapat dipergunakan untuk menyalakan radio DC, mencharge batere HP, menyalakan lampu LED, dan keperluan lainnya dengan skala daya terbatas.

#### 4. Kesimpulan

Rancang bangun generator sederhana ini merupakan inovasi untuk diversifikasi energy terbarukan (renewable energy) dengan melibatkan bahan daur ulang dan berkearifan lokal. Dengan bahan dan teknologi sederhana dan murah diharapkan masyarakat dapat memproduksi dengan mudah. Dalam dunia pendidikan, produk ini dapat menjadi media pembelajaran inovatif untuk membuka pelajaran dengan menampilkan fenomena alam secara kontekstual. Bagi daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau aliran listrik PLN, atau tempat-tempat yang sulit dijangkau jaringan listrik, keberadaan generator sederhana ini diharapkan dapat memberikan alternatif untuk mengatasi masalah kelistrikan dalam skala kecil. Produk pengembangan ini diharapkan menginspirasi masyarakat luas untuk berusaha secara mandiri ikut



mengatasi permasalahan energi listrik yang menjadi masalah nasional yang perlu mendapat dukungan dari semua pihak termasuk masyarakat luas.

#### Daftar Rujukan

- [1] Aris Budiman, Hasyim Asy'ari. 2008. Desain *Generator* Magnet Permanen untuk Sepeda Listrik. *Jurnal Emitter*. Vol. 12 No. 01. ISSN 1411-8890. 59.
- [2] Ardians Abdillah, 2016. Perancangan *Generator* Magnet Permanen dengan Arah Fluks. Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. *Jurnal Reka Elkomika* - 93.
- [3] Boyle, G. 1996, *Renewable Energy: Power untuk Masa Depan yang Berkelanjutan*. Open University, Inggris.
- [4] F. Price, Garrison, D. Batzel, Todd. Comanescu, Mihai. And A. Muller, Bruce. 2008. *Design and Testing of a Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator*. Pennsylvania State University: Altoona College.
- [5] Halliday & Resnick (1978), *Physics Part 1&2*, New York, Santa Barbara
- [6] Panggabean, Gemal, 2013. *Projek Pembangkit Listrik Terbarukan Siap Dibangun*. [http://www.wwf.org/tentang\\_wwf/upaya\\_kami/iklim\\_dan\\_energi/solusi\\_kami/mitigasi/energi\\_Terbarukan.cfm.2013](http://www.wwf.org/tentang_wwf/upaya_kami/iklim_dan_energi/solusi_kami/mitigasi/energi_Terbarukan.cfm.2013).
- [7] Wasito, 1984, *Vademekum Elektronika*, Jakarta, PT. Gramedia