

# Fabrikasi Magnet Permanen *Bonded* NdFeB untuk Prototipe Generator

Nanang Sudrajat\* dan Tony Kristiantoro  
 Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi - LIPI  
 Jl. Cisitu 21/ 154D, Bandung 40135

## Intisari

Magnet permanen *bonded* dibuat dengan mencampurkan bahan serbuk magnet Neodymium besi Boron (NdFeB) komersial type MQP 16-7 dengan bahan polimer serbuk phenol formaldehide (bakelite) dan serbuk resin pvc. Perbandingan komposisi antara serbuk NdFeB dan polimer divariasikan pada 80: 20, 90: 10 dan 95: 5 masing-masing % berat. Campuran ini kemudian dikompaksi dengan sistem *hot press*. Sifat magnet dikarakterisasi dengan menggunakan *Permagraph Magnet Physik Germany*. Nilai terbaik diperoleh untuk komposisi 95 : 5 % berat dengan nilai  $B_r = 6,04$  kG, nilai  $H_c = 5,883$  kOe,  $Bh_{max} = 6,29$  MGOe. Fabrikasi dilakukan dengan ukuran magnet  $d = 5$ cm,  $t = 0,8$  cm dan diaplikasikan pada prototipe generator.

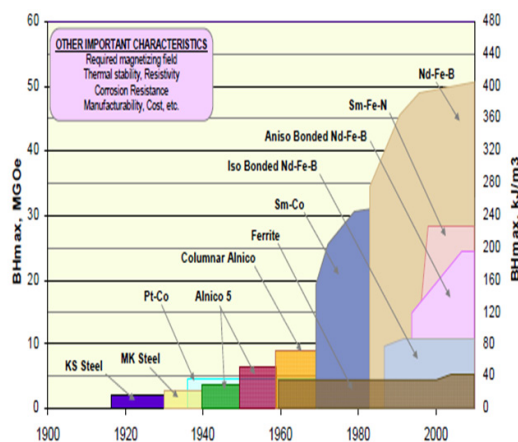
## ABSTRACT

Bonded permanent magnets are made by mixing a magnetic powder material Neodymium Iron Boron (Nd-FeB) commercial MQP type 16-7 with a polymer material powder phenol formaldehyde (Bakelite) and pvc resin powder. Comparison between the composition of NdFeB powder and the polymer was varied at 80: 20, 90: 10 and 95: 5 wt% respectively. This mixture is then pressed with a hot press system. Magnetic properties were characterized by using Permagraph Magnet Physik Germany. The best value obtained for the composition of 95: 5% by weight to the value of  $B_r = 6.04$  kg, the value  $H_c = 5.883$  Koe,  $Bh_{max} = 6.29$  MGOe. Fabrication is done by the size of the magnetic  $d = 5$ cm,  $t = 0.8$  cm and was applied to the prototype generator.

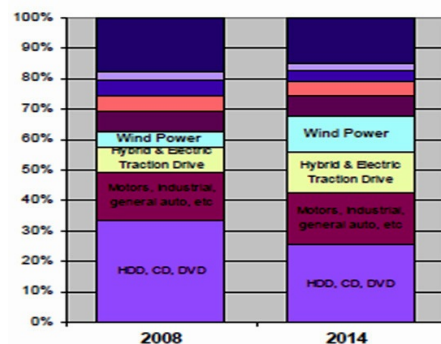
KATA KUNCI: permanent magnet, bonded magnet, neodymium iron boron, generator

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan material magnet permanen sangat cepat sejak 1900-an hingga saat ini, diikuti dengan semakin meningkatnya karakteristik magnet yang dihasilkan (Gambar 1).



Gambar 1: Perkembangan magnet permanen [1]



Gambar 2: Kebutuhan magnet permanen [1]

Karakteristik magnet permanen yang paling tinggi saat ini adalah Neodymium Iron Boron (NdFeB), yang memiliki nilai produk energi maksimum sampai dengan  $400 \text{ kJm}^3$ . Sedangkan NdFeB *bonded* memiliki nilai produk energy maksimum sampai dengan  $200 \text{ kJm}^3$ . Kebutuhan akan magnet permanen khususnya NdFeB setiap tahun semakin meningkat terutama untuk kebutuhan hardware komputer dan energi khususnya *wind power* seperti pada Gambar 2.

Di Indonesia, energi baru dan terbarukan juga menjadi prioritas bidang energi untuk menggantikan energi yang berasal dari bahan fosil seperti BBM dan batubara. Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTAG) menjadi salah satu bidang

\*E-MAIL: nanang@ppet.lip.go.id

energi yang sedang dikembangkan terutama di Indonesia bagian timur sebagai lumbung angin di Indonesia.

Dalam sebuah sistem pembangkit listrik, generator merupakan salah satu komponen utama dimana sistem kerjanya tergantung kepada magnet permanen. Fungsi magnet pada generator adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Magnet adalah sumber energi lain yang sering dilupakan orang, padahal energi yang dihasilkan cukup tinggi dan tanpa efek pencemaran lingkungan. Sampai saat ini, kebutuhan magnet selalu diimport dari manca negara untuk berbagai kebutuhan komponen elektronik salah satunya generator.

Pada penelitian ini, dicoba untuk mengaplikasikan magnet *bonded* NdFeB pada sebuah prototipe generator untuk turbin tenaga angin (*wind energy*). Magnet *bonded* NdFeB adalah magnet yang dibuat dengan cara mencampurkan bahan serbuk magnet permanen dengan polimer sebagai pengikatnya. Serbuk magnet yang digunakan adalah serbuk magnet komersil NdFeB *Crashed ribbon type 16-7* yang produk *magnequench*, sedangkan polimer yang digunakan adalah bakelit dan pvc resin. Komposisi antara serbuk magnet dan polimer divariasikan untuk mendapatkan hasil terbaik. Hasil campuran serbuk magnet dan bahan polimer kemudian dikompaksi dengan menggunakan teknik *hot press*. Sampel hasil kompaksi kemudian dikarakterisasi dan diukur untuk mengetahui sifat magnet dan kuat medan magnet.

## II. TEORI

Generator untuk turbin angin sudah mulai banyak dikembangkan dengan bentuk *double disk* dengan bobot yang sangat ringan untuk diputar walaupun dengan kecepatan angin yang rendah [2].

Generator dapat didesain untuk bekerja pada putaran tertentu dengan tegangan tertentu. Tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung dengan persamaan [3]:

$$E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \times N \times f \times \Phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \quad (1)$$

dengan  $E_{rms}$  = tegangan induksi (Volt),  $N$  = jumlah lilitan per kumparan,  $f$  = frekwensi (Hz),  $\Phi_{max}$  = fluks magnet (Wb),  $N_s$  = jumlah kumparan,  $N_{ph}$  = jumlah fasa.

$$\Phi_{max} = A_{magn} B_{max} \quad (2)$$

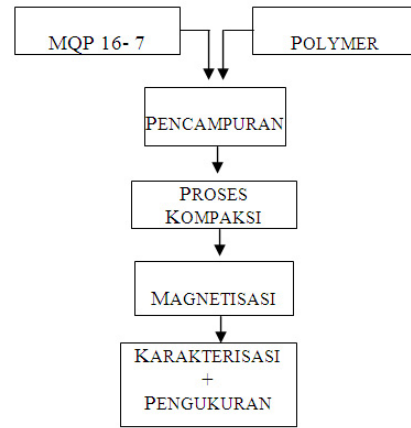
$A_{magn}$  = area magnet,  $B_{max}$  = densitas fluks maksimum

$$A_{magn} = \frac{\pi (r_o^2 - r_i^2) - \tau_f (r_o - r_i) N_m}{N_m} \quad (3)$$

$r_o$  = radius luar magnet,  $r_i$  = radius dalam magnet,  $\tau_f$  = jarak antar magnet,  $N_m$  = jumlah magnet

$$B_{max} = B_r \frac{I_m}{L_m + \delta} \quad (4)$$

$B_r$  = densitas fluks magnet,  $L_m$  = panjang magnet,  $\delta$  = jarak antara rotor dengan stator.



Gambar 3: Metoda pembuatan magnet *bonded*

## III. METODOLOGI

Metoda pembuatan magnet *bonded* NdFeB diperlihatkan seperti pada Gambar 3. Serbuk magnet MQP 16-7 dicampur dengan bahan polimer dengan variasi komposisi 80 : 20, 90 : 20 dan 95 : 5 masing-masing % berat. Hasil pencampuran kemudian dikompaksi menggunakan teknik *hot press* [4]. Kompaksi dengan teknik *hot press* dipilih karena dengan proses yang bersamaan antara kompaksi dan pemanasan maka polimer akan lebih cepat mengikat serbuk magnet MQP 16-7 sehingga akan diperoleh hasil kompaksi yang solid dengan densitas yang tinggi, dimana proses ini akan berpengaruh kepada sifat magnet dan kuat medannya. Kompaksi dilakukan dengan memberikan gaya 2,5 ton per satuan luas, dengan temperatur *heater* sebesar 200°C dan ditahan selama 10 menit. Perlakuan ini diberikan untuk memastikan bahwa pengikatan serbuk magnet MQP 16-7 oleh polimer sebagai binder terjadi secara optimal. Sampel hasil kompaksi magnet *bonded* akan mempunyai kepresisian dimensi [5], kemudian dimagnetisasi dengan memberikan energi maksimal sampai sampel mencapai titik jenuh dan dikarakterisasi untuk mendapatkan besaran-besaran induksi remanen ( $B_r$ ) kG, koersifitas ( $H_c$ ) kOe, produk energi maksimum ( $BH_{max}$ ) MGOe. Langkah terakhir adalah dengan mengukur kuat medan magnet ( $B_r$ ) menggunakan Gaussmeter.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan, didapat data karakteristik magnet pada Tabel 1 yang menggunakan bahan polimer bakelit dan data pada Tabel 2 yang menggunakan bahan polimer resin serbuk dengan metoda *hot press*.

Dari Tabel 1 dan 2, diperoleh trend yang sama yaitu dengan penambahan jumlah persen serbuk magnet MQP 16-7, nilai residual flux density ( $B_r$ ) akan bertambah besar. *Residual flux density* adalah kemampuan benda magnet untuk mempertahankan energi yang diberikan dari luar. Pada eksperimen dengan karakterisasi menggunakan *permagraph magnets physik* diperoleh nilai terbesar yaitu 6,04 kG. Pada Gam-

TABEL I: Pengaruh variasi bahan polymer bakelit terhadap karakteristik magnet *bonded*.

Sifat Magnet	KOMPOSISI (%)		
	(80 : 20)	(90 : 10)	(95 : 5)
$B_r$ (kG)	3,2	5,18	5,96
$H_c$ (kOe)	5,95	5,73	5,73
$Bh_{max}$ (MGOe)	2,09	4,4	5,47
Density( $g/cm^3$ )	3,86	4,95	5,3



Gambar 4: Magnet *bonded* pada rotor

TABEL II: Pengaruh variasi bahan polymer resin terhadap karakteristik magnet *bonded*.

Sifat Magnet	KOMPOSISI (%)		
	(80 : 20)	(90 : 10)	(95 : 5)
$B_r$ (kG)	3,07	5,07	6,04
$H_c$ (kOe)	6,03	5,9	5,883
$Bh_{max}$ (MGOe)	1,46	4,57	6,29
Density( $g/cm^3$ )	3,71	4,75	5,36

TABEL III: Pengukuran RPM dan tegangan tanpa beban.

Putaran (RPM)	Tegangan Tanpa Beban (Volt)- 1 phase
50	0,8
100	1,9
150	3,4
200	4,7
250	6
300	7,2
350	8,5
400	9,6
450	10,8
500	12,2

bar 4 ditunjukkan aplikasi magnet permanen yang ditempatkan di dalam generator.

Generator mempunyai dua buah rotor saling berhadapan dengan jumlah magnet masing-masing 12 buah magnet, dan mempunyai stator 3 phase yang diapit oleh 2 buah rotor. Pengukuran generator hanya dilakukan pada 1 phase stator, pengukuran yang dilakukan adalah hubungan putaran (RPM) terhadap tegangan yang dihasilkan tanpa beban seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa potensi tegangan 1 phase sudah dapat dimanfaatkan pada putaran 300 yaitu sebesar 7,2 volt untuk pengisian accu 6 volt, dengan kapasitas stator dengan diameter kawat 1mm mempunyai kapasitas arus rata-rata 1,2 ampere sehingga potensi daya terbesar pada 500 rpm dapat menghasilkan daya sekitar 14,64 watt. Apabila potensi angin per hari sekitar 10 jam, maka generator dapat menghasilkan sekitar 146,4 watt jam.

pulkan bahwa bahan polimer resin dengan komposisi perbandingan 95% NdFeB dan 5% Resin dapat menghasilkan karakteristik magnet yang paling baik dengan nilai  $B_r = 6,04$  kG,  $H_c = 5,883$  KOe,  $Bh_{max} = 6,29$  MGOe dan densitas  $5,36$   $gcm^{-3}$ . Aplikasi magnet *bonded* hasil percobaan pada generator magnet permanen menghasilkan potensi daya sebesar 146,4 watt untuk 10 jam.

V. SIMPULAN

Dari hasil penelitian pembuatan magnet *bonded* dengan menggunakan bahan polimer yang bervariasi, dapat disim-

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai dari DIPA Tematik PPETI - LIPI 2011.

[1] [www.arnoldmagnetics.com/WorkArea/linkit.aspx? LinkIdentifier=id](http://www.arnoldmagnetics.com/WorkArea/linkit.aspx? LinkIdentifier=id)  
 [2] <http://www.forcefieldmagnets.com/windturbinkit.htm>  
 [3] H. Pujowidodo, *Pengembangan Generator Mini dengan menggunakan Magnet Permanen*, Departemen Teknik Mesin, Fakul-

tas Teknik UI.  
 [4] N. Idayanti, *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, **9**, 64-68 (2009).  
 [5] <http://www.mqitechnology.com/motor-designs.jsp>