

Pengaruh Ukuran Butir (*grain size*) pada pembuatan *Bonded Magnet NdFeB*

Arjuna Ritawanti¹, Kerista Sembiring¹, Muljadi², Erfin Yundra Febrianto²

¹ Fisika, MIPA, Universitas Sumatera Utara,

² Pusat Penelitian Fisika – LIPI, Puspiptek, Serpong

Email : muljadi2002@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan magnet permanen *bonded NdFeB* dengan polimer bakelit dilakukan dengan mencampurkan serbuk magnet Neodymium Iron Boron (*NdFeB*) komersil tipe MQP-B⁺ dengan perekat menggunakan cetakan (*moulding*). Sebelum serbuk *NdFeB* di campur dilakukan pengayakan terhadap kedua serbuk. Komposisi bakelit sebesar 0, 2,5%, 5% dan 7,5 % berat dari massa total sampel 8 gram. Campuran ini kemudian dicetak dengan metode *dry compression moulding* dengan tekanan sampel 5 tonforce/cm² dengan menggunakan suhu *hot press* sebesar 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C selama 30 menit. Disini untuk mengetahui pengaruh *grain size* di lakukan pengayakan dalam serbuk dalam ukuran 100 Mesh dan 200 Mesh. Setelah di dapatkan hasil sampel dalam bentuk pelet di simpan dalam ruang vakum *Desicator* untuk menghindari dari pengaruh oksidasi. Uji fisis dilakukan dalam penelitian ini dengan mengukur *Bulk density* dan melihat mikrostruktur dengan menggunakan SEM. Selanjutnya uji *magnetisasi* dilakukan untuk mengetahui sifat magnet yang terbaik dan karakterisasi magnet dilakukan magnet dilakukan dengan menggunakan *Permagraph C* untuk mengetahui nilai *induksi remanensi* (*Br*) dalam suatu medan magnet, *koersivitas* (*Hc*) dan *Energi Produksi Maksimum* (*BH*)_{max}. Hasil penelitian di peroleh sifat magnet yang terbaik pada ukuran 100 Mesh Bakelit 2,5% wt pada suhu *Hot press* 160 °C menghasilkan nilai kuat magnet 1.633 Gauss, *Br* = 3,72 kG, *Hci* = 7,557 KOe dan *BH*_{max} = 2,85 MGOe.

Key word : magnet bonded, Nd₂Fe₁₄B, Hot Press

PENDAHULUAN

Magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Magnet juga merupakan material maju yang sangat penting untuk beragam aplikasi teknologi canggih, berfungsi sebagai komponen pengubah energi gerak menjadi listrik dan sebaliknya, seperti otomotif, elektronik dan energy (Collocott, S.J., 2007).

Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu utara dan selatan. Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar berada pada kutub-kutubnya. Magnet dapat menarik benda lain, beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. [1].

Material magnetik dibedakan menjadi dua macam berdasarkan kekuatan *medan koersivitasnya* yaitu material magnet lunak dan material magnet keras. Material magnet lunak memiliki medan koersivitasnya yang kuat. Magnet lunak mudah dimagnetisasi serta mudah pula mengalami demagnetisasi. Spesifikasi yang agak kritis untuk magnet lunak adalah induksi magnet *B* jenuh (tinggi), medan koersif (rendah) dan permeabilitas maksimum (tinggi). Permeabilitas ditandai dengan rasio *B/H* tidak linear yang berarti magnetisasi mudah terjadi karena diperlukan medan magnetik kecil untuk menghasilkan rapat fluks yang tinggi (induksi) Sementara jumlah induksi tergantung

pada medan magnet dan jenis bahan. [2]. Pada magnet keras baik induksi remanen (rapat fluks) dan medan koersif, *Br* dan *Hc* masing-masing besar untuk magnet keras. Hasil perkalian merupakan patokan untuk energi demagnetisasi.

Perkembangan magnet permanen saat ini sangat difokuskan untuk magnet permanen energi tinggi. Salah satu bahan magnet permanen yang dapat menghasilkan energi tinggi tersebut adalah dari jenis Nd-Fe-B. Bahkan magnet permanen berbasis Nd-Fe-B telah menghasilkan energi produk mencapai 50 MGOe. Magnet permanen berjenis Nd-Fe-B ini terbuat dari paduan logam tanah jarang berjenis Neodymium logam Besi, dan Boron dengan fasa magnet Nd₂Fe₁₄B yang memiliki struktur kristal *tetragonal*. Kelebihan lain dari magnet permanen berbasis ini adalah memiliki Induksi magnet saturasi yang tinggi mencapai 1,6 T atau 16 kG, dengan induksi remanensi tertinggi saat ini mencapai 1,53 T atau 15,3 kG.

Polimer (makromolekul) adalah kumpulan molekul-molekul yang berikatan secara kovalen yang sangat panjang yang dapat dihasilkan dari sumber alami atau sintetik. Contoh misalnya polimer bakelit (fenol formaldehyde) merupakan senyawa penyusun makro melekul yang berulang merupakan polimer sintesis yaitu polimer yang dibuat dari pabrik. Selain itu bakelit merupakan polimer termoset yang mempunyai sifat tidak dapat melunak dan dibentuk ulang. Jika dipanaskan pada suhu tinggi, maka plastik ini akan terurai dan rusak.

Proses pembentukan bakelit adalah polimer kondensasi yang merupakan reaksi penggabungan monomer-monomer dengan melepas molekul kecil seperti H_2O dan CH_3OH . Bakelit digunakan untuk instalasi listrik dan alat-alat yang tahan suhu tinggi misalnya asbak dan fitting lampu listrik [4]

Aplikasi untuk polimer bonded magnet menjadi semakin penting dalam kehidupan kita sehari-hari misalnya dalam berbagai perangkat elektronik, otomatisasi peralatan kantor, otomotif, komponen dan peralatan rumah, seperti komputer hard disk drive (HDD). Dewasa ini penggunaan magnet memiliki kepentingan besar hal ini dilihat dengan perkembangan kebutuhan yang semakin meningkat, misalnya saat ini mobil memiliki beberapa ratus magnet yang digunakan pada alat sensornya, elektronik dan peralatan kantor. [5] Metode Hot Press digunakan untuk melihat jenis bahan baku dari sifat magnetik B_r , H_c dan $(BH)_{max}$ maka serbuk MQP-B⁺ yang lebih baik sifat magnetiknya [6].

Parameter perlu di Press dan Pematangan (Aging) biar terjadi pepadatan dan dapat merubah kisi-kisi dari kristal, parameter proses Aging mempengaruhi kondisi magnet, aging diruang vakum lebih bagus daripada aging di udara dilihat dari sifat magnetnya. Parameter tanpa Aging hasilnya memang bagus tapi magnetnya mudah rapuh. [7]

Pada penelitian ini kita akan membahas pengaruh ukuran butir pada pembuatan bonded magnet NdFeB untuk memperoleh sifat magnet yang baik.

METODOLOGI

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 100 mesh dan 200 mesh, neraca digital 4 digit, spatula, gelas ukur pyrex ukuran 150ml, cetakan (*moulding*), jangka sorong dan amplas. Untuk karakterisasi sampel dipakai uji fisis yaitu uji bulk density dan *Scanning electron Microscope (SEM)* untuk mengetahui struktur mikro sampel. *Impulse Magnetizer k-series Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH* digunakan untuk magnetisasi sampel yang telah dicetak dan untuk mengukur kuat magnet menggunakan gaussmeter dan karakterisasi sifat magnet dengan *Permeagraph*.

Bahan yang digunakan serbuk magnet *Neodymium Iron Boron (NdFeB)* komersial type MQP-B⁺ ($\rho = 7,6 \text{ gr/cm}^3$) berfungsi sebagai bahan baku yang digunakan untuk membuat magnet bonded dan polimer Bakelit ($\rho = 1,36 \text{ g r/cm}^3$) berfungsi sebagai bahan perekat polimer yang bersifat termoset.

Persiapan bahan dasar

Melakukan pengayakan terhadap kedua serbuk dalam ukuran 100 Mesh dan 200 Mesh. Bahan yang diayak di buat dalam 3 variasi

sampel sebanyak 8 gram. Perbandingan komposisi antara serbuk NdFeB : Bakelit adalah 100 %wt : 0%wt; 97,5%wt : 2,5%wt, 95%wt : 5%wt dan 92,5%wt : 7,5%wt.

Proses pembentukan

Dilakukan dengan memasukkan bahan serbuk kedalam cetakan (*Moulding*) agar serbuk membentuk green body yang sesuai bentuk cetakan yang diinginkan. Kemudian dilakukan kompaksi dengan tekanan 5 tonforce/cm^2 dengan waktu penahanan (*holding time*) 30 menit dengan variasi suhu hot press 120°C , 140°C , 160°C dan 180°C . Waktu penahanan 30 menit berguna untuk penyempurnaan pembakaran pada saat kompaksi menghilangkan udara yang terjebak (pori) sehingga pada waktu ditahan 30 menit maka akan ada oksida atau bahan pengotor yang dibuang pada saat *holding time* 30 menit dan karena bakelit (C_2H_5OH) memiliki kandungan air OH sehingga terbuang pada saat pemanasan.

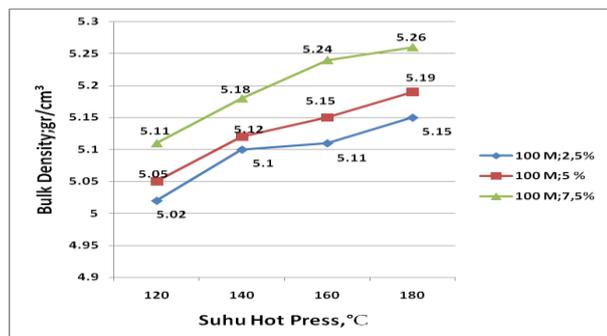
Karakterisasi

Pengukuran nilai densitas menggunakan *bulk density* dengan mengukur diameter dan tinggi sampel dengan jangka sorong untuk mendapatkan volume dari sampel dan menimbang setiap sampel dengan neraca digital. Setelah itu dilakukan proses magnetisasi yaitu memberikan medan magnet luar agar memiliki medan magnet sendiri atau permans. Perlu diketahui bahwa pada saat bahan magnet terbentuk menjadi kristal itu belum memiliki daya tarik terhadap logam. Setelah diberi magnet luar bahan baru akan memiliki magnet sendiri. Proses magnetisasi dilakukan dengan menggunakan alat *Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH Impulse magnetizer K series* dengan $V = 1500 \text{ volt}$ dan I sekitar $5,15 - 5,21 \text{ kA}$. Kemudian setelah memiliki magnet sendiri diukur kuat magnet (*fluks magnet*) dengan menggunakan *gaussmeter*. Dari hasil *gaussmeter* yang diperoleh kita dapat mengetahui sampel yang baik dilakukan analisis mikrostruktur dengan menggunakan *Scanning Electron Mikrostruktur (SEM)*. Setelah itu dilakukan karakterisasi magnet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

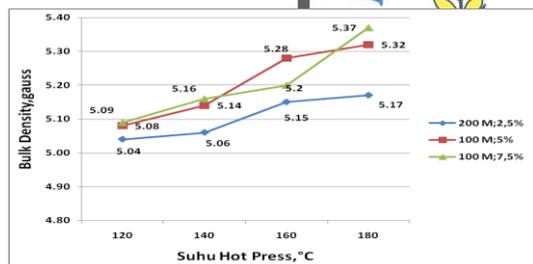
Sifat fisis

Pengukuran densitas untuk NdFeB dengan variasi komposisi 2,5%; 5% dan 7,5% untuk ukuran 100 Mesh dengan menggunakan persamaan $\rho = \frac{m}{v}$ dengan ρ adalah bulk density, m massa sampel dan v volume sampel. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *bulk density* sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik hubungan antara variasi komposisi bakelit dengan Bulk Density terhadap suhu hot press 120°C,140°C,160°C dan 180°C.

Dari grafik 1,menunjukkan semakin banyak penambahan komposisi bakelit nilai *bulk density* semakin bertambah (mengalami kenaikan) di karenakan dikompaksi dengan suhu hot press pada suhu 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C.Pada saat kompaksi terjadi pepadatan dimana merupakan suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan suatu cara mekanis. Pada proses kompaksi untuk setiap daya pepadatan tertentu,pepadatan yang tercapai tergantung pada kadar air material.Material yang memiliki kadar air rendah akan lebih sulit dipadatkan dibandingkan yang memiliki kadar air yang tinggi.

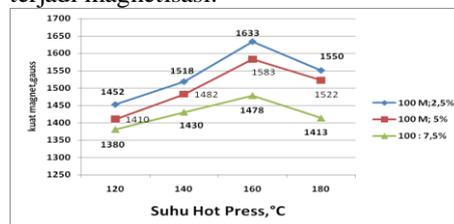


Gambar 1. Grafik hubungan antara variasi komposisi bakelit dengan Bulk Density terhadap suhu hot press 120°C,140°C,160°C dan 180°C

Dari grafik 2,menunjukkan semakin banyak penambahan komposisi bakelit.Nilai *bulk density* semakin bertambah (mengalami kenaikan) di karenakan dikompaksi dengan pada suhu 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C. Kemudian kalau dibandingkan gambar 1 dan gambar 2 ,semakin halus ukuran serbuk sangat mempengaruhi besarnya *bulk density* juga dipengaruhi *porositas* dari serbuk dan kemurnian bahan.Semakin kecil porositas , *bulk density* mengalami kenaikan.Porositas dari ukuran serbuk 200 Mesh lebih kecil daripada ukuran 100 Mesh,ukuran serbuk 200 Mesh lebih pada dari ukuran 100 Mesh.*Bulk density* naik sesuai dngan kenaikan suhu dan ukuran dari butir dari serbuk.

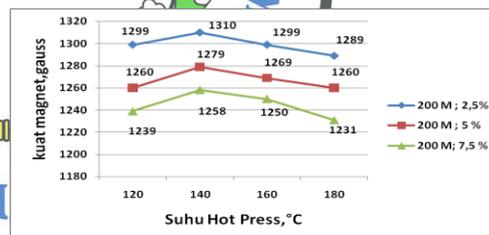
Sifat Magnet

Hasil pengujian sifat magnet pada penelitian ini adalah pengujian kerapatan fluks magnet dengan menggunakan gaussmeter.Kerapatan fluks magnetik menunjukkan tingkat kerapatan momen-momen magnet yang terdapat dalam suatu material magnet.Semakin banyak momen-momen magnet yang terdapat dalam suatu material mengakibatkan nilai kerapatan fluks magnetnya meningkat setelah terjadi magnetisasi.



Gambar 3 Kuat Medan Magnet ukuran 100 Mesh terhadap suhu Hot Press

Pada gambar 3 ditunjukkan bahwa kuat magnet pada komposisi 97,5% wtNdFeB : 2,5%wtbakelit pada setiap suhu 120°C,140°C dan 160°C mengalami kenaikan tetapi pada suhu 180°C kuat magnetnya mengalami penurunan.Begitu juga pada komposisi 95% wt NdFeB : 5%wt bakelit pada setiap kenaikan suhu 120°C,140°C dan 160°C serta pada komposisi 92,5%NdFeB : 7,5% bakelit,tetapi pada suhu 180°C kuat magnetnya mengalami penurunan.



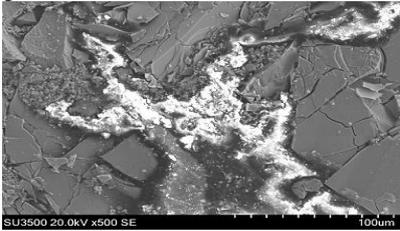
Gambar 4 Kuat Medan Magnet ukuran 200 Mesh terhadap suhu Hot Press

Pada gambar 4 ditunjukkan bahwa kuat magnet pada komposisi 97,5% wtNdFeB:2,5%wtbakelit pada setiap suhu 120°C, 140°C dan 160°C mengalami kenaikan tetapi pada suhu 180°C kuat magnetnya mengalami penurunan.Begitu juga pada komposisi 95% wt NdFeB : 5%wt bakelit pada setiap kenaikan suhu 120°C,140°C serta pada komposisi 92,5%NdFeB : 7,5% bakelit,tetapi pada suhu 160°C dan180°C kuat magnetnya mengalami penurunan karena dipengaruhi ukuran serbuk.

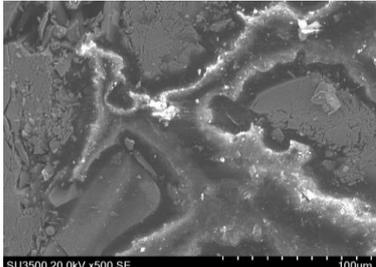
Dari gambar a dan b diambil perbandingan bahwa ukuran serbuk sangat mempengaruhi kuat magnet yang ada hubungannya dengan sifat magnet.Untuk mencari sifat magnet yang baik tidak perlu lagi lagi memakai serbuk yang lebih halus cukup untuk 100 Mesh.Maka sifat magnet yang baik pada komposisi 97,5%NdFeB : 2,5%bakelit pada suhu 160°C pada ukuran serbuk 100 Mesh.

Hasil analisis Mikrostruktur Magnet Bonded NdFeB dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM).

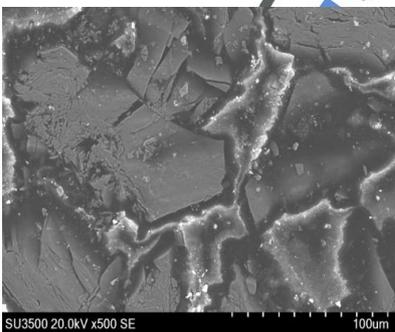
Hasil pengambilan dengan SEM ditunjukkan pada gambar



3.3a. ukuran 2,5% bakelit suhu 160°C



3.3b. ukuran 5% bakelit suhu 160°C



3.3c. ukuran 7,5% bakelit suhu 160°C perbesaran 500 SE

Berdasarkan analisis mikrostruktur dengan perbesaran 250xSE (Secondary electron = elektron sekunder) pada gambar 3.3a dapat dilihat bahwa serbuk NdFeB memiliki ukuran butir (*grain size*) yang tidak sama (seragam) dimana ukuran butir berkisar antara 2,5 μm sampai 50 μm . kemudian tampak dari foto SEM distribusi (penyebaran) bakelit tidak merata dan setiap bakelit yang meleleh berada di antara pori-pori (rongga) magnet NdFeB

Analisis mikrostruktur ukuran 5 % bakelit dengan perbesaran 100x SE (Secondary electron = elektron sekunder) pada gambar 3.3b dapat dilihat bahwa magnet semakin padat lebih pada dari ukuran 2,5% bakelit, tampak distribusi (penyebaran) bakelit semakin dekat kemungkinan karena bertambahnya komposisi bakelit dan pori pori magnet semakin kecil seperti halnya hampir tidak kelihatan atau kemungkinan ditutupi oleh bakelit yang meleleh.

Analisis mikrostruktur ukuran 7,5 % bakelit dengan perbesaran 100x SE (Secondary electron = elektron sekunder) pada gambar 4.5a

dapat dilihat bahwa magnet semakin padat dari ukuran 2,5% bakelit dan 5% bakelit, tampak distribusi (penyebaran) bakelit semakin dekat kemungkinan karena bertambahnya komposisi bakelit dan pori pori magnet semakin kecil seperti halnya hampir tidak kelihatan atau kemungkinan ditutupi oleh bakelit yang meleleh

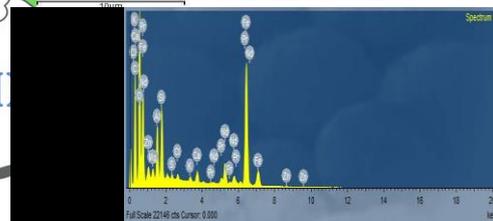
Analisa komposisi EDX di posisi bakelit.

Pada gambar di bawah ini ditunjukkan bahwa posisi bakelit ada pada spektrum 3 yang ditandai dengan warna biru (gbr 3.4a) material-material yang terkandung pada bakelit ditunjukkan pada gbr 3.4b.

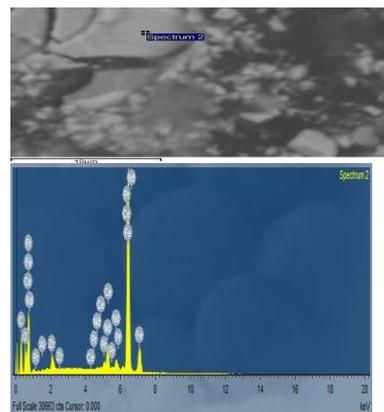


Analisa komposisi grain NdFeB dengan EDX

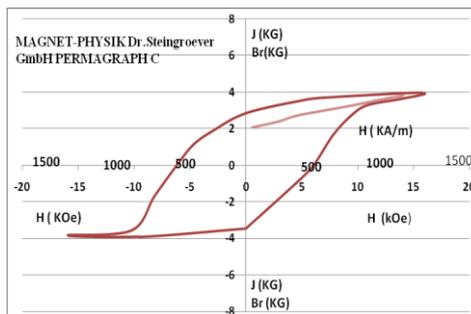
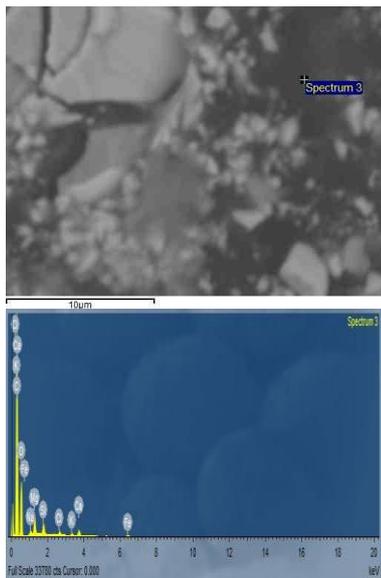
Setelah kita ketahui material-material yang ada pada bakelit, maka kita perlu juga memperhatikan menganalisa komposisi grain NdFeB dengan menggunakan EDX dengan memperhatikan gambar yang di samping ini (gambar 3.5a, 3.5b dan 3.5c).



a



b



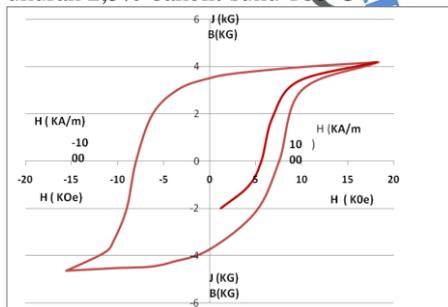
Tabel 4.3 Nilai dari (B_r , H_{ic} dan BH_{max}) dari bonded magnet NdFeB dengan variasi komposisi bakelit 2,5%, 5% dan 7,5% (% wt)

Kuat Medan Magnet	Remanensi	Koersivitas	Energi Produk Maksium
B (G)	Br (KG)	Hc (Koe)	BH (MGOe)
1633	3,72	7.557	2,85
1583	3,65	7.432	2,58
1478	3,14	7.015	2,02

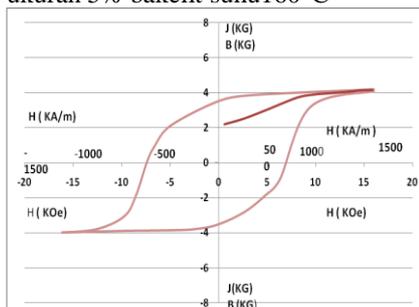
C

Pengujian Kuat Magnet menggunakan Permeagraph.

Karakterisasi sifat bahan NdFeB diperoleh dari data alat Permeagraph diperoleh nilai Remanansi (B_r), Koersivitas (H_c) dan Energi Produk Maksimum (BH_{max}).
 Gamba 4.4a Hasil karakterisasi sifat magnet sampel ukuran 2,5% bakelit suhu 160°C



Gamba 4.4b Hasil karakterisasi sifat magnet sampel ukuran 5% bakelit suhu 160°C



KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Suhu pencetakan (hot press) bahan magnet NdFeB terhadap sifat fisis (densitas, mikrostruktur dan sifat kemagnetan terdapat pada suhu 160 °C pada ukuran 100 Mesh dan 140 °C pada 200 Mesh
2. Komposisi bakelit terhadap sifat fisis (densitas, mikrostruktur dan sifat kemagnetan terdapat pada ukuran 100 Mesh pada komposisi 2,5%; 5 % dan 7,5% 160°C sehingga untuk mencari sifat magnet tidak perlu ukuran serbuk yang lebih kecil lagi.
3. Sifat magnet bahan bonded NdFeB yang terbaik terdapat pada komposisi 2,5% suhu 160°C dengan dengan *Bulk Densitas* $\rho = 5,11 \text{ g/cm}^3$; kuat magnet = 1.633 G ; $B_r = 3,72 \text{ kG}$; $H_{ci} = 7.557 \text{ KOe}$ dan $(BH)_{max} = 2,85 \text{ MGOe}$

DAFTAR PUSTAKA

1. Afza,Erini.2011.Pembuatan Magnet Permanen Ba-Hexa Ferrite ($BaO \cdot 6Fe_2O_3$) Dengan Metode Koopresipitasi Dan Karakterisasinya.[Skripsi].Medan : Universitas Sumatera Utara.Program Sarjana.
2. Djapri,Sriati.2011.Ilmu dan Teknologi Bahan(Ilmu logam dan bukan logam) Karakterisasinya.Penerbit Erlangga Utara.Program Sarjana.
3. Groover.P.Mikell.2010.Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials,Processes and System.Fourth Edition.
4. Halliday & Resnick 1989.Fisika.Jakarta:Erlangga.
5. Muljadi dkk.2014.Mechanical and Magnetic Properties of Bonded Magnet NdFeB produced using Binder Bakelit.Teknologi Indonesia
6. Li,Ying,Kim,Y.B,wang,Linshan.Suhr,D,S. Kim,K,T.Kim,O.C.2000.The influence of the power particle size on the anisotropic properties of magnets by single stage hot deformation (hot Press).Journal Of The Magnetism and Magnetic Materials.
7. Perigo,E,A,de Campos,F,M.fania,N,R,Landgraf,G,J,F.2012.The Effects Of the Pressing On The Microstruktur and aging of NdFeB bonded Magnet,Sistem Integrado De Bibliotecas Univerisi De Sao Paulo

