



# Analisa Sifat Fisis, Sifat Mekanik dan Sifat Magnet pada Bonded Magnet NdFeB dengan Perekat Celuna

Ramlan

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

E-mail: ramlan@unsri.ac.id

Masuk : 20 Agustus 2019

Direvisi : 15 September 2019

Disetujui : 30 September 2019

**Abstrak:** Telah dilakukan penelitian tentang bonded magnet dengan binder celuna. Serbuk magnet yang digunakan adalah Neodymium Iron Boron (NdFeB) type MQP-B. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi sebesar 97:3, 95:5, dan 92:8. Selanjutnya campuran tersebut dicetak dengan metode compress moulding menggunakan cetakan berdiameter 18 mm. Gaya tekan yang digunakan sebesar 5 tonf/cm<sup>2</sup> dengan waktu penekanan sebesar 5 menit. Hasil yang didapatkan dari proses pencetakan merupakan sampel berbentuk pellet yang kemudian disimpan diruang vakum untuk menghindari terjadinya proses oksidasi. Pengujian sifat fisis dilakukan dengan mengukur densitas menggunakan metode archimedes, kuat tekan, dan sifat magnet dilakukan dengan mengukur fluks magnetik menggunakan gaussmeter dan kurva histeresis menggunakan VSM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan perekat celuna menurunkan nilai densitas dan sifat magnet selain itu juga menaikkan kuat tekan. Sifat magnet tertinggi yaitu pada sampel dengan perekat celuna sebesar 3% dengan nilai fluks magnetik = 940 Gauss,  $m_r = 62,21$  emu/g,  $H_c = 10,08$  kOe, bulk densitas = 5,04 gram/cm<sup>3</sup>, dan kuat tekan = 985 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** binder celuna, bonded magnet, NdFeB, sifat fisis, sifat magnet, remanensi, koersivitas

**Abstract:** Research on bonded magnets with celuna binders has been carried out. The magnetic powder used is Neodymium Iron Boron (NdFeB) type MQP-B. The mixing process was carried out using a composition variation of 97: 3, 95: 5, and 92: 8. Furthermore, the mixture was printed using the compress molding method using a 18 mm diameter mold. The compressive force used is 5 tonf / cm<sup>2</sup> with a pressing time of 5 minutes. The results obtained from the molding process are pelleted samples which are then stored in a vacuum to avoid the oxidation process. Physical properties testing is done by measuring density using the archimedes method, compressive strength, and magnetic properties by measuring magnetic flux using a gaussmeter and hysteresis curve using VSM. The results showed that the addition of celuna adhesive decreased the density and magnetic properties but also increased the compressive strength. The highest magnetic properties are in the sample with celuna adhesive of 3% with magnetic flux value = 940 Gauss,  $m_r = 62.21$  emu/g,  $H_c = 10.08$  kOe, bulk density = 5.04 gram/cm<sup>3</sup>, and compressive strength = 985 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** celuna binder, bonded magnet, NdFeB, physical properties, magnetic properties, remanence, coercivity

## PENDAHULUAN

Magnet merupakan salah satu komponen yang banyak digunakan saat ini. Secara umum magnet dapat didefinisikan sebagai benda yang dapat menarik benda lain [1]. Magnet memiliki dua kutub yaitu utara dan selatan. Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar [2]. Dalam mempelajari magnet, terdapat berbagai macam magnet salah satunya ialah magnet tetap. Magnet tetap sering disebut dengan magnet permanen. Magnet permanen ialah material rekayasa dengan aplikasi yang cukup luas dan banyak dimanfaatkan pada industri baik dengan skala besar maupun skala kecil (industri rumah tangga) di Indonesia. Meskipun demikian, pemenuhan komponen magnet ini sampai sekarang masih bergantung pada produk impor seperti dari Jepang dan Cina. Hal ini dikarenakan sumber daya alam untuk membuat magnet yang tersedia di alam perlu diolah terlebih dahulu [1].

Magnet permanen memiliki banyak jenis, diantaranya *Ferrite*, AlNiCo, SmCo, serta magnet logam tanah jarang. Dari keempat jenis magnet permanen diatas, magnet yang memiliki energi produk maksimum terbesar ialah magnet logam tanah jarang. Pada magnet logam tanah jarang, terdapat unsur logam tanah jarang. Unsur logam tanah jarang tersebut ialah Nd dan Pr. Sifat magnetik, terutama koersivitas pada magnet permanen bergantung pada ukuran butir. Magnet permanen jenis RE-Fe-B (RE = Nd, Pr) hingga saat ini merupakan jenis magnet permanen yang memiliki kualitas terbaik dengan energi produk yang mencapai 55 MGOe [1]. Namun demikian, selain memiliki sifat magnet terbaik tersebut, magnet berbasis RE-Fe-B tersebut memiliki kekurangan diantaranya adalah temperatur *Curie* yang rendah dan rentan teroksidasi sehingga mudah terkorosi. Rendahnya ketahanan korosi tersebut disebabkan adanya fasa *RE-Rich* yang ada di batas butir (*grain boundaries*) dan merupakan zat aktif yang dapat bereaksi dengan oksigen pada lingkungan yang *humid* [3,4].

Polimer merupakan kumpulan molekul yang berkaitan secara kovalen yang sangat panjang yang dapat dihasilkan dari sumber alami atau sintetik. Contohnya adalah polimer celuna. Polimer celuna merupakan kopolimer, terbentuk dari selulose. Celuna ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok gugus selulose. [5]. Produk magnet permanen dikenal ada dua macam yaitu sintered magnet dan bonded magnet. Sintered magnet merupakan produk magnet yang di buat melalui proses sintering, sedangkan bonded magnet adalah suatu produk magnet yang dibuat dari campuran partikel magnetik dengan bahan perekat polimer, tanpa memerlukan pemanasan pada suhu tinggi [6]. Teknik pembuatan bonded magnet dapat dilakukan secara : *compression moulding*, *injection molding*, *calendering* [6]. Kelebihan dari bonded magnet adalah : proses produksinya lebih sederhana, mampu untuk membuat bentuk-bentuk yang lebih rumit. Sifat magnet dari bonded magnet sangat tergantung pada parameter-parameter : ukuran kehalusan butiran, komposisi bahan perekat dan jenis bahan perekatnya [6,7].

Penelitian ini membahas pembuatan dan karakterisasi *bonded magnet* NdFeB. Pembuatan dilakukan dengan memadukan *binder* dengan serbuk magnet NdFeB. *Binder* yang digunakan adalah polimer celuna. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *bonded magnet* yang memiliki kualitas tinggi (ditinjau dari sifat fisis dan sifat magnet). Untuk mendapatkan *bonded magnet* yang memiliki kualitas tersebut maka dilakukanlah variasi komposisi perekat. Setelah itu akan dilakukan pengujian berupa sifat fisis, sifat mekanik dan sifat magnet dari *bonded magnet*. Data yang akan didapatkan berupa efek komposisi *binder* (celuna) terhadap densitas, kuat tekan dan sifat magnet dari *bonded magnet*.

## METODOLOGI

Alat yang digunakan pada penelitian kali ini ialah neraca digital, *gaussmeter*, VSM, dan SEM. Untuk karakterisasi sampel dilakukan pengujian sifat fisis, sifat mekanik dan sifat magnet. Karakterisasi sifat fisis yaitu diantaranya *bulk density*, dan sifat mekanik antara lain kuat tekan, dan karakterisasi sifat magnet meliputi pengukuran fluks magnetik menggunakan *gaussmeter* dan sifat kemagnetan bahan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini ialah serbuk magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) *type* MQP-B. Serbuk ini berfungsi sebagai bahan baku yang digunakan untuk membuat magnet *bonded*. Perekat yang digunakan adalah *binder* celuna ( $\rho = 1,12 \text{ gr/cm}^3$ ).

### Preparasi dan Pencampuran Bahan Baku

Tahapan preparasi bahan baku, yaitu serbuk NdFeB *type* MQP-B dan *binder* (celuna) ditimbang dengan perbandingan rasio 97:3, 95:5, 92:8 (% wt) dengan massa total sampel seberat 10 gram. Kedua bahan tersebut kemudian dicampurkan melalui proses pencampuran dengan menggunakan *beaker glass*. Proses pencampuran dilakukan sampai kedua bahan baku tercampur secara merata dengan cara diaduk dengan menggunakan spatula.

### Pembuatan Sampel Uji

Pembuatan sampel uji dilakukan dengan teknik penekanan (*dry compression moulding*). Serbuk NdFeB *type* MQP-B yang telah dicampur dengan *binder* dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dilakukan kompaksi dengan *hydraulic press* dengan tekanan sampel  $10 \text{ tonf/cm}^2$  dan ditahan selama 5 menit untuk memperoleh sampel dengan kekuatan yang mencukupi agar mudah dikeluarkan dari cetakan.

### Proses Pengeringan dan Magnetisasi

Proses pengeringan pada *bonded magnet* permanen NdFeB dilakukan dengan cara pemanasan sampel yang telah dicetak dalam *vacuum dryer* dengan temperatur  $100^\circ\text{C}$  dan ditahan selama 1 jam. Sampel yang telah

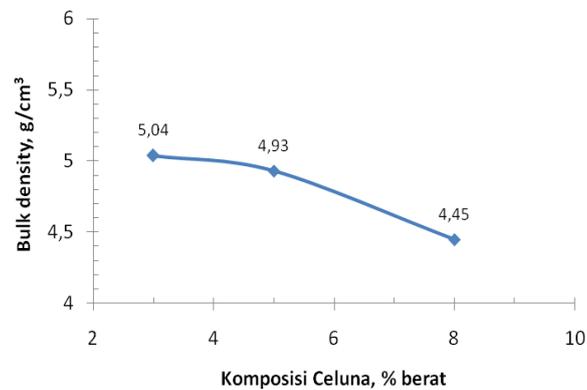
dikeringkan ini kemudian dimagnetisasi dengan menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Impulse Magnetizer K-Series*. Tegangan yang digunakan sebesar 1,8 kV dan dengan arus rata-rata 6 kA.

### Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi sifat fisis (densitas) sifat mekanik (kuat tekan) dan sifat magnet (fluks magnetik dan sifat kemagnetan bahan atau histeresis loop).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

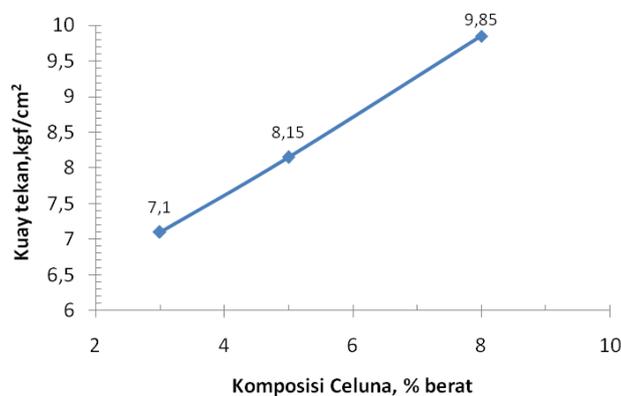
Pengujian sifat fisis dilakukan meliputi pengukuran *bulk density*. Pengujian ini dilakukan untuk seluruh sampel dengan komposisi polimer yang berbeda-beda. Hasil pengujian densitas diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara variasi komposisi Celuna dengan *bulk density*.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan komposisi *binder* celuna maka akan semakin kecil nilai densitas dari sampel uji. Hal ini sesuai dengan teori komposit, dimana nilai densitas dipengaruhi fraksi dari material penyusun, serta densitas celuna lebih rendah dibandingkan dengan densitas NdFeB (sekitar 6,0 - 7,0 g/cm<sup>3</sup>). Sehingga didapatkan hasil densitas sampel uji dengan densitas terbesar yaitu pada sampel uji dengan penambahan komposisi *binder* sebesar 3%, yaitu diperoleh nilai sebesar 5,04 g/cm<sup>3</sup>.

Pengujian sifat fisis yang dilakukan selanjutnya adalah kuat tekan. Pengujian ini dilakukan untuk seluruh sampel dengan komposisi *binder* yang berbeda-beda. Hasil pengujian kuat tekan diperlihatkan pada Gambar 2.

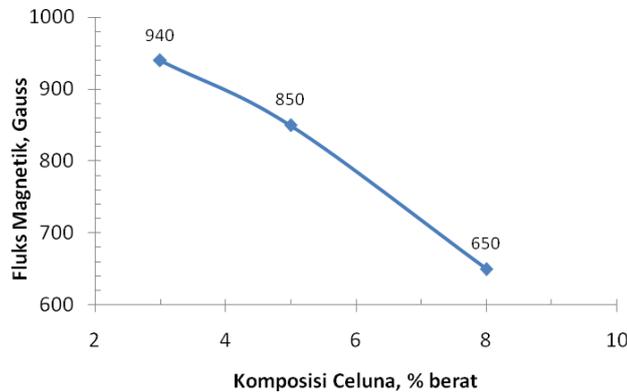


Gambar 2. Grafik hubungan antara variasi komposisi Celuna dengan kuat tekan.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan komposisi *binder* celuna maka akan semakin besar nilai kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan komposisi *binder* celuna maka kemampuan sampel uji untuk mempertahankan diri semakin baik. Hal ini terjadi karena fungsi dari *binder* itu sendiri adalah sebagai pengikat. Sehingga semakin banyak *binder* maka sampel uji akan semakin mengeras. Selain itu juga hal ini terjadi karena pada proses kompaksi antara *binder* dan serbuk magnet berinteraksi dengan baik. Dari hasil pengukuran kuat tekan diperoleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar 9,85

kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel dengan 8 % celuna, sedangkan terendah diperoleh sebesar 7,1 kgf/cm<sup>2</sup> pada sampel dengan komposisi binder 3 %.

Pengujian sifat magnet meliputi pengukuran kuat medan magnet pada permukaan sampel atau disebut sebagai fluks magnetik, yang diukur menggunakan Gaussmeter. Pengujian ini dilakukan untuk seluruh sampel dengan komposisi *binder* yang berbeda-beda. Hasil pengukuran kuat medan magnet menggunakan gauss meter diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara variasi komposisi Celuna dengan Fluks Magnetik.

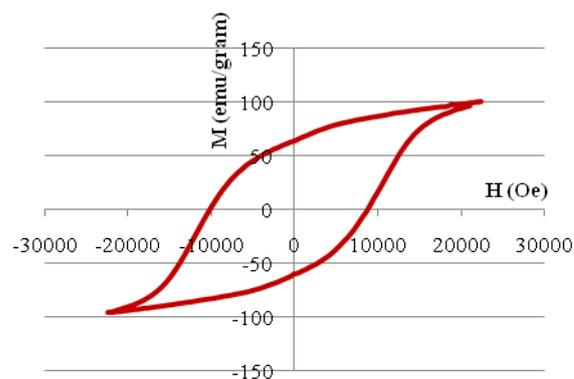
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan komposisi *binder* celuna maka akan semakin kecil nilai kuat medan magnet dari sampel *bonded* magnet. Hal ini terjadi dikarenakan sifat dasar dari polimer itu sendiri adalah non-magnetik. Sehingga ketika variasi komposisi *binder* celuna semakin banyak menyebabkan nilai kuat medan magnet dari sampel berkurang (menurun). Nilai tertinggi fluks magnetik sebesar 940 Gauss pada sampel dengan komposisi perekat 3 % celuna.

Pengujian sifat magnet lainnya dilakukan untuk menggunakan Vibrating Sample Magnetometer (VSM) untuk mengetahui kurva histeresis loop nya. Pengujian ini dilakukan pada sampel dengan penambahan komposisi *binder* celuna sebesar 3%. Dari pengukuran menggunakan VSM diperoleh nilai remanensi, magnetisasi saturasi dan koersivitas, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik sifat magnet sampel uji.

Sampel Uji	Saturasi [emu/g]	Remanensi [emu/gram]	Koersivitas [kOe]
Sampel uji dengan <i>binder</i> 3 % celuna	100	62,21	10,080

Sedangkan kurva histeresis diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva histeresis dari sampel bonded magnet NdFeB dengan perekat 3 % celuna

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa sifat dasar kemagnetan suatu bahan. Hal ini dapat diamatai satu persatu. Sifat kemagnetan yang pertama ialah saturasi. Saturasi merupakan titik jenuh kemagnetan sampel. Dapat disebut sebagai puncak kemagnetan dari sampel uji. Sifat kemagnetan yang kedua adalah remanensi.

Remanensi adalah sisa kemagnetan dari sampel setelah diberikan medan magnet dari luar. Ini menunjukkan kemampuan sampel uji dengan untuk mempertahankan medan magnet dari luar yang dihilangkan. Sifat kemagnetan yang ketiga adalah koersivitas. Koersivitas adalah intensitas magnet yang harus diterapkan untuk mengurangi magnetisasi bahan menuju nol setelah magnetisasi dari sampel uji didorong untuk menuju titik jenuh. Koersivitas digunakan untuk membedakan *hard* magnet dan *soft* magnet. Semakin besar nilai koersivitasnya maka sampel tersebut cenderung memiliki sifat magnet keras atau *hard* magnet. Berdasarkan teori, nilai koersivitas dari magnet keras atau *hard* magnet melebihi 200 Oe [8]. Ini menunjukkan bahwa sampel uji dengan penambahan *binder* celuna termasuk kedalam magnet keras, karena nilai koersivitasnya lebih dari 200 Oe.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini telah berhasil dibuat bonded magnet permanen NdFeB dengan perekat celuna. Variasi komposisi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas, kuat tekan dan sifat magnet. Berdasarkan aplikasi material ini sebagai material magnet permanen, maka komposisi yang tepat adalah bonded magnet dengan komposisi 77 % berat NdFeB dan 3 % berat Celuna. Karakteristik dari bonded magnet ini adalah sebagai berikut : densitas = 5,04 g/cm<sup>3</sup>, kuat tekan = 7,1 kgf/cm<sup>2</sup>, fluks magnetik = 940 Gauss dan  $\mu_r = 62,21$  emu/g dan  $H_c = 10,08$  kOe.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indah Juriani, Efek Penambahan Na<sub>2</sub>O Terhadap Proses Sintering, Sifat Fisis, Dan Sifat Magnet BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, Sumatra Utara, Indonesia, *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan* 1(2), 1, 2016.
- [2] Arjuna Ritawanti, Muljadi, Erfin Yundra Febrianto, Eko Arief Setiadi, Pengaruh Ukuran Butir (*grain size*) Pada Pembuatan *Bonded Magnet NdFeB*, *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan* 1(2), 1, 2016.
- [3] David Brown, Bao-Min Ma, Zhongmin Chen, Developments in the processing and properties of NdFeB-type permanent magnets, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 248, 432-440, 2002.
- [4] David Sojer, Irena kull , Spomenka Kobe, Janez Kova, Paul John McGuinness, ANALYSIS OF CORROSION PROPERTIES OF MELT SPUN Nd-Fe-B RIBBONS COATED BY ALUMINA COATINGS, *MTAEC9*, 47(2)223(2013)
- [5] Devy Permatasari, Nenen Rusnaen, Muljadi, Eko Arief, Nasdrudin M. Noer, Pengaruh Variasi %wt epoxy resin pada Sifat Fisis, Mikrostruktur Sifat Magnet *Bonded NdFeB*, *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan* 1(2), 7, 2016.
- [6] Aleksandar P. Stajčić, Jasna T. Stajčić-Trošić, Aleksandar S. Grujić, Mirko Z. Stijepović, Nada L. Lazić, Tomáš Žák, Radoslav R. Aleksić, Hybrid Nd-Fe-B/barium ferrite magnetic materials with epoxy matrix, *Hem. Ind.* 66 (3) 301–308, 2012.
- [7] M. Drak, L.A. Dobrzański, Corrosion of Nd-Fe-B permanent magnets, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, VOLUME 20 ISSUES 1-2, 2007.
- [8] J. M. D. COEY, Handbook of Magnetism and Magnetic Materials, *Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York*, 2009.