

PROSES PRODUKSI KOMPOSIT MAGNET DENGAN TEKNIK *INJECTION MOULDING*

Hany Julaiha¹, Sudirman², Ridwan² dan Mujamilah²

¹Teknik Kimia, FTI Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal
Jl. Raya Al-Kamal No.2 Kebon Jeruk, Jakarta 11520

²Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) -BATAN
Kawasan Puspipetek, Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

PROSES PRODUKSI KOMPOSIT MAGNET DENGAN TEKNIK *INJECTION MOULDING*.

Teknik cetak injeksi untuk komposit magnet merupakan gambaran tentang kesulitan-kesulitan yang dialami selama proses pembuatan. Penelitian mengenai komposit magnet heksaferit dengan bahan baku polimer termoplastik (PP₂) dengan serbuk magnet (SrM) yang menghasilkan sifat-sifat bahan yang diinginkan yaitu ringan, elastis, dan harganya murah merupakan suatu inovasi untuk membuat *pilot plant* ini. Proses produksi ini dirancang dengan menggunakan proses dan peralatan yang sederhana secara teknologi untuk mendapatkan produk yang optimal, serta bahan sisa pencetakan dan *steam* dapat didaur ulang. Total investasi untuk proses produksi ini diperkirakan sebesar Rp.1,3 Milyar dengan keuntungan bersih per tahunnya sekitar Rp. 241 Juta. Nilai ROI yang diperoleh 72 %, POT selama 2 tahun dan BEP 25 %.

Kata kunci : Komposit magnet, *injection moulding*, ROI, POT

ABSTRACT

PRODUCTION PROCESS OF MAGNETIC COMPOSITE BY INJECTION MOULDING TECHNIQUE. Injection Moulding technique for magnetic composite is describe and difficulties encountered during fabrication are explained. Observation magnetic composite with thermoplastics polymer (PP₂) as raw materials and magnetic powder (SrM) produce desired material properties as light, elastic, and inexpensive support the inovation to make a production process designed by used simple process and instruments technological to get optimum product and so excess moulding material and steam could be recycle. Total cost investment this production process estimated 1,3 billion with net profit per years 241 million. The value of rate of investment is 72 %, pay out time is 2 years and break event point is 25 %.

Key words : Magnetic composite, *injection moulding*, ROI, POT

PENDAHULUAN

Pembuatan komposit yang begitu dinamis, dikelompokkan menjadi beberapa bagian antara lain : cetak kompresi, proses-proses aliran, cetak injeksi, piranti pencetakan dan lain-lain. Cetak injeksi (*Injection Moulding*) merupakan salah satu teknik pencetakan suatu bahan komposit yang sudah lama dipakai oleh berbagai industri di Indonesia. Serbuk magnet heksaferit dengan sifat-sifatnya yang sedang dikembangkan sangat dipertimbangkan untuk digunakan dalam aplikasi teknik seiring dengan kemajuan teknologi.

Pembentukan komposit magnet heksaferit dengan teknik *Injection Moulding* memiliki tahap-tahap yang harus diperhatikan sebelum dilakukan pembuatannya, yaitu :

1. Optimisasi sifat-sifat serbuk yang akan digunakan.
2. Sistem *binder* organik yang dipakai harus sesuai

dan bahan tersebut sedang berkembang (belum pernah ada).

3. Menghasilkan campuran serbuk keramik-organik yang homogen
4. Komponen dicetak melalui mesin *Injection Moulding*
5. Diperoleh model (*specimens*) yang diharapkan.

Penelitian yang menghasilkan komposit magnet heksaferit berbasis polimer mendorong peneliti untuk merancang suatu plant (skala lab), dimana secara teknologi pengembangan komposit magnet ini sangat baik karena sifatnya yang ringan, elastis dan harganya murah.

Komposit magnet merupakan bahan magnet yang pada umumnya diaplikasikan pada kondisi yang kurang ekstrim, seperti alat listrik rumah tangga (misalnya kulkas), dan industri mainan anak. Secara ekonomis,

pengembangan bahan komposit magnet ini akan menguntungkan karena dapat diterima dalam berbagai dunia industri terutama industri elektronik.

Penelitian tahap awal mengenai komposit magnet adalah campuran antara serbuk magnet dengan karet alam sedangkan tahap selanjutnya menggunakan polimer sebagai perekat yang telah dilakukan di Laboratorium Bidang Bahan Maju, Pusat Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan & Teknologi Bahan (P3IB)-Batan.

Penelitian ini untuk mendapatkan inovasi dalam merancang suatu proses produksi yang menggunakan peralatan sederhana dan ekonomis tetapi dapat menghasilkan produk yang optimal.

TATA KERJA

Pada tahap awal kapasitas produksi komposit magnet yang diinginkan adalah 1000 ton/tahun. Dimana bahan baku Polipropilena diperoleh dari PT. Tripolyta Indonesia, Tbk dan Serbuk magnet SrM dari PT. Sumimagne Utama yang beratnya dihitung berdasarkan neraca massa dari kapasitas produksi per tahun.

Bahan komposit magnet yang dibuat melalui cetak injeksi ini dibagi dalam tiga tahap :

1. Tahap persiapan bahan baku dan pelelehan polimer (PP₂) (*Raw material*).
2. Tahap pencampuran dan pengadukan (*Blending*).
3. Tahap pencetakan (*Injection Moulding*).

Tahap pertama menyiapkan bahan baku sesuai dengan pemilihan bahan hasil penelitian dimana diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Serbuk Magnet Heksferit (SrM)

Material	Mean Particle, d (µm)	Apparent density (g.cm ⁻³)	Tap. Density (g.cm ⁻³)
SrM	1,6	5,1452	5,000

Tabel 2. Polipropilena MF 2

Material	Density (g.cm ⁻³)	Melting Temperatur (°C)
Polipropilena MF 2	0,9186	180

Dari hasil perhitungan neraca massa maka diperoleh kapasitas bahan baku untuk masing-masing peralatan (tangki) dan selanjutnya pelelehan polipropilena bertujuan untuk mendapatkan polipropilena yang mencair sehingga dapat mengikat serbuk magnet. Tahap kedua berupa proses mencampurkan SrM ke dalam *Mixer Heater* yang berisi cairan Polipropilena sambil diaduk dengan kecepatan pengaduk 420 rpm, hal ini dilakukan untuk mendistribusikan serbuk SrM agar dapat terikat oleh polipropilena sampai mencapai fraksi volume yang diinginkan. Waktu tinggal campuran (komposit magnet)

dalam *Mixer Heater* adalah 20 menit. Tahap terakhir adalah tahap pencetakan melalui mesin *Injection Moulding*, dimana butiran-butiran serbuk dan polipropilena cair sudah tercampur secara merata dan masuk ke silinder sebelum akhirnya menuju ruang cetakan dan menghasilkan komposit magnet dalam bentuk kepingan (*pieces*) yang dikeluarkan dari cetakan pada suhu 60°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan neraca massa dapat diketahui bahwa kapasitas produksi untuk satu kali proses adalah 138,8889 kg/jam, dengan asumsi selama pemanasan dalam *Mixer Heater* polipropilena tidak mengalami dekomposisi dan serbuk magnet yang ditambahkan tidak mengalami perubahan massa.

Massa bahan pada mesin *Injection Moulding* adalah 138,8889 kg/jam sama dengan massa bahan pada *Mixer Heater* karena berada pada suhu yang sama sebesar 180 °C. Sedangkan massa bahan pada tangki polimer (polipropilena) dan tangki SrM relatif sama karena komposisi fraksi volumenya 50% dari kapasitas produksi sebesar 69,4444 kg/jam.

Energi yang dibutuhkan pada tangki polimer dan tangki SrM adalah nol, karena tidak ada panas yang masuk maupun keluar. Energi yang diperlukan untuk pemanasan pada *Mixer Heater* adalah 17291,2786 kJ yang digunakan untuk mencairkan polipropilena dan 318679,9746 kJ untuk mencampurkan dan mengaduk bahan komposit. Energi yang diperlukan pada mesin *Injection Moulding* untuk mengalirkan bahan komposit magnet yang telah tercampur menuju ruang cetakan adalah 254166,504 kJ.

Dari hasil perhitungan alat diperoleh suatu ukuran peralatan berdasarkan kapasitas bahan, yang berupa diameter (D) dan tinggi (H) alat, sebagai berikut :

1. Tangki penyimpan SrM
 $D = 0,258 \text{ m} = 25,8 \text{ cm} = 10,157 \text{ in}$
 $H = 0,31 \text{ m} = 31 \text{ cm}$
2. Tangki penyimpan Polipropilena
 $D = 0,458 \text{ m} = 45,8 \text{ cm} = 18,031 \text{ in}$
 $H = 0,552 \text{ m} = 55,2 \text{ cm}$
3. *Mixer Heater*
 $D = 0,352 \text{ m} = 13,86 \text{ in}$
 $H = 0,62 \text{ m} = 62,10 \text{ cm} = 24,45 \text{ in}$

Jenis pengaduk (*styrrer*), berbentuk *helical ribbon*, mengingat viskositas komposit yang akan diaduk sangat besar yaitu 900 Pa.s. Dari rumus kaidah campuran $\mu c = \mu m (1 + 2,5 vp + 14,1 vp^2)$ maka diperoleh viskositas matriks sebesar 155,8841 Ns/m². Oleh sebab itu diperlukan beberapa persyaratan untuk digunakan dalam proses pengadukan, seperti :

- ☉ Dimensi *styrrer*
 Diameter *ribbon* = 0,3468 ft
 Lebar *ribbon* = 0,08661 ft

- Tinggi *ribbon* = 0,3468 ft
- ✱ Jarak dari dasar tangki = 0,3468 ft
 - ✱ Kecepatan putar, N = 420 rpm
 - ✱ Power = 63,8254 Watt
- Jacket vessel**, untuk *jacket vessel* memerlukan beberapa persyaratan, seperti :
- ✱ Luas permukaan perpindahan panas, A = 3,92 ft
 - ✱ Perpindahan panas total, Q total = 192765,0372 Btu/Jam.

Injection Moulding Machine, dalam proses produksi komposit magnet berbasis polipropilena MF2 dengan serbuk magnet SrM, memerlukan mesin *injection moulding* dengan spesifikasi, sebagai berikut :

- ✱ Tekanan = 600 – 2000 Psia (1,14 – 6,89 Mpa)
- ✱ Suhu = 110 - 220 °C
- ✱ Clamping force = 3500 N
- ✱ Screw : L / D = 25 : 1
- ✱ Diameter screw = 60 mm = 6 cm
- ✱ Screw displacement = 500 cm³.
- ✱ Available power for injection, Ei = 39 kW. (*Data berdasarkan standar mesin buatan Amerika Serikat).

Pada unit utilitas, juga diperhitungkan jumlah *steam* yang diperlukan pada suhu 635°F dan tekanan 1064,5 Psia untuk mencairkan polipropilena sebesar 310191,1312 kg/jam dengan *steam* yang dihasilkan 279172,02 kg/jam melalui *Boiler* dengan *power* 16309,24 kW.

Air yang dibutuhkan dihitung dengan cara membagi jumlah *steam* yang dibutuhkan dengan faktor evaporasi sekitar 58616,02 gallon/jam dan *steam* yang dapat *recycle* ke *Boiler* sebesar 6040,39 m³/hari.

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses produksi dan utilitas (penggerak motor) adalah 39,064 kW, Sedangkan untuk motor penggerak pompa sebesar 272,11 kW. Listrik untuk penerangan pabrik dirancang sebesar 10 kW dan untuk perlengkapan instrumentasi sebesar 30 kW sehingga total kebutuhan listrik sebesar 351,174 kW. *Supply* listrik direncanakan dari PLN.

ANALISIS EKONOMI

Perhitungan harga alat berdasarkan indeks *Marshall & Swift Installed Equipment* diperkirakan harga indeks pada tahun 2001 adalah 1034 dimana nilai tukar rupiah saat itu Rp. 10.350,- (Rakyat Merdeka, 29 November 2001).

Biaya produksi total dihitung dengan menjumlahkan biaya langsung (*Direct Cost*), *Manufacturing Cost* dan *General Expense* sebesar Rp. 697.302.091,00 per tahun sedangkan investasi modal total sebesar Rp. 1.279.084.999,00 dengan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 241.618.745,00 per tahun. Nilai ekonomis lainnya adalah : ROI (*Rate of Investment*) yang menggambarkan perkiraan hasil yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal sebesar 72 %. Sedangkan POT (*Pay Out Time*) yang

merupakan waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun selama 2 tahun dan BEP (*Break Event Point*) yang menggambarkan tingkat kapasitas produksi suatu nilai total penjualan sama dengan nilai total yang dikeluarkan perusahaan sebesar 25 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter yang harus diperhatikan dalam pembuatan komposit dengan teknik *Injection Moulding* adalah reologi campuran yang meliputi : karakteristik partikel serbuk, konsentrasi atau volume serbuk dalam campuran, jenis *binder* dan penambahan *additive (material aid)* seperti *coupling agent* dan *stearic acid*.
2. Variabel-variabel pelengkap lainnya yang harus diperhatikan terdiri dari tekanan *moulding*, suhu, waktu tinggal, dan kondisi akhir yang dapat dideteksi. (panas atau dingin).
3. Proses produksi komposit magnet dengan teknik *Injection Moulding* secara ekonomi cukup menguntungkan karena hanya memerlukan beberapa peralatan yang kapasitasnya kecil, sebagian tidak terlalu mahal dan menghasilkan produk yang berupa bahan fungsional yaitu bahan yang akan dipergunakan oleh industri lain seperti industri elektronik, alat listrik rumah tangga dan sebagainya.
4. Secara teoritis keuntungan tersebut dapat diperoleh karena komposit magnet tersebut berbasis unsur *ferrite* dimana industri bahan magnet berbasis ferit menempati urutan pertama di dunia yaitu 56 % , unsur tanah jarang (Nd-Fe-B) 33 % dan sisanya 7 % unsur lain.

DAFTARACUAN

- [1]. D.D. UPADHYAYA, S.K. ROG, C. K. and R. K. FOTEDAR and R.N. ARYA, *Ceramics Fabrication by Injection Moulding Technique Selection of Materials and Fabrications Experience*, **29-31**, Key Engineering Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, (1989) 159-170.
- [2]. FRIEDRICH JOHAUNABER, *Injection Moulding Machines User's Guide Members*, Third Edition, Hanser Publisher, Minich Vieuna, New York, (1994).
- [3]. J. M. COULSON, J. F. RICHARDSON, and R. K. SINNOT, *Chemical Engineering*, **6**. Pergamon Press (Australia) Pty. Ltd.
- [4]. ZBIGNIEW D. JASTRZEBSKI, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, Edisi II, (1977), 336-339

- [5]. BENYAMIN M.W., *Handbook of Thermoplastic Elastomer*, Van Norstand Rein Company, New York, (1989).
- [6]. MASCIA L., *Thermoplastics, Materials Engineering*, Elsevier Applied Science, London, (1989), 52
- [7]. KOJIMA, H., *Fundamental properties Of Hexagonal Ferrites With Magneto-plumbite Structure*, di dalam *Ferro-Magnetic Materials*, a handbook on the properties of magnetically ordered sustances, Ed. E. P. Wohlfourth, North-Holland Publishing Company, (1982), 305-308