

## Pembuatan Roda Gigi dari Bahan Serbuk Logam Tembaga dan Aluminium dengan Proses Kompaksi

Abdul Syukur Alfauzi\*, Adhy Purnomo, Bambang Tjahjono, Hariyanto, Nur sa'adah

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl.Prof.H.Sudarto,SH. Tembalang, Semarang  
\*E-mail: abdulsyukura@gmail.com

Diterima: 04-12-2019; Direvisi: 20-12-2019; Dipublikasi: 31-12-2019

### Abstrak

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar dan berguna untuk mentransmisikan daya. Pembuatan roda gigi pada umumnya dibuat dengan proses pemesinan. Tujuan penelitian ini membuat roda gigi dari bahan serbuk logam tembaga, aluminium dan paduan keduanya dengan proses kompaksi. Kompaksi adalah proses penekanan terhadap serbuk logam agar dapat menyatu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan baku dari serbuk tembaga, aluminium dan paduan keduanya sebagai bahan bakunya. Proses kompaksi menggunakan mesin cetak hidrolik yang berkemampuan tekan 6 ton, hasil cetak roda gigi yang dilakukan dari bahan serbuk tembaga, selanjutnya dilakukan proses *sintering* dengan temperatur 868 °C dan waktu penahanan 1 jam sebelum dilakukan uji kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Brinell* dengan beban 6,25 kg dan diameter indenter sebesar 2,5 mm dengan menggunakan mesin uji kekerasan *GNEHM HORGEM* beserta perlengkapannya. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan terjadi pada roda gigi dari bahan serbuk tembaga 75% dan 25% aluminium.

**Kata kunci:** *Metalurgi Serbuk; Mesin Cetak Hidrolik; Roda Gigi; Sintering*

### Abstract

*A gear is a part of a rotating machine and is useful for transmitting power. The making of gears is generally made by machining processes. The purpose of this study is to make gears from copper metal powder, aluminum and both alloys by compacting process. Compaction is the process of suppressing metal powders so that they can blend before bonding with the sintering process. This process is carried out using raw materials from copper, aluminum powder and both alloys as raw materials. The compacting process uses a hydraulic press that has the ability to press 6 tons, the results of the gear print are made of copper powder, then the sintering process is carried out at a temperature of 868 °C and a holding time is 1 hour before the hardness test is carried out. The hardness test is carried out by the Brinell method with a load of 6.25 (kg) and an indenter diameter of 2.5 (mm) using the GNEHM HORGEM hardness testing machine and its equipment. The results of hardness testing carried out on gears made of 75% copper powder and 25% aluminum.*

**Keywords:** *Powder Metallurgy; Hydraulic Printing Machines; Gears; Sintering*

### 1. Pendahuluan

Bab Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar dan berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan. Dua atau lebih roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut transmisi roda gigi, dan menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi. Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya. Pada umumnya, roda gigi dibuat dengan proses pemesinan. Tetapi, dalam proses pembuatan roda gigi dengan pemesinan memiliki beberapa kelemahan yaitu hanya bisa membuat roda gigi dengan ukuran yang besar, banyak bahan yang terbuang, proses pembuatan yang relatif lama. Untuk mengatasi kelemahan tersebut kami memodifikasi mesin cetak EDM (Electric discharge machine) menjadi alat cetak roda gigi dari bahan serbuk tembaga dan aluminium dengan tenaga hidrolik [1-3].

Kelebihan dari alat cetak roda gigi yaitu bisa membuat roda gigi dengan ukuran kecil, menghemat bahan dan efisiensi waktu. Powder Metallurgy (metalurgi serbuk) adalah suatu kegiatan yang meliputi pembuatan benda komersial, baik yang jadi atau masih setengah jadi (disebut kompak mentah), dari serbuk logam melalui penekanan [4,5].

Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering. Dengan menggunakan mesin cetak tekan bertenaga hidrolik dengan gaya penekanan sebesar 60 (kN) penulis bermaksud membuat roda gigi dari serbuk tembaga, aluminium, yang nantinya dapat membantu proses pembuatan roda gigi planetary untuk motor starter di industri manufaktur [4,6].

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar dan berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan. Dua atau lebih roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut transmisi roda gigi, dan menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi. Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya. Ketika dua roda gigi dengan jumlah gigi yang tidak sama dikombinasikan, keuntungan mekanis bisa didapatkan, baik itu kecepatan putar maupun torsi yang dihitung dengan persamaan sederhana.

Keuntungan menggunakan roda gigi adalah:

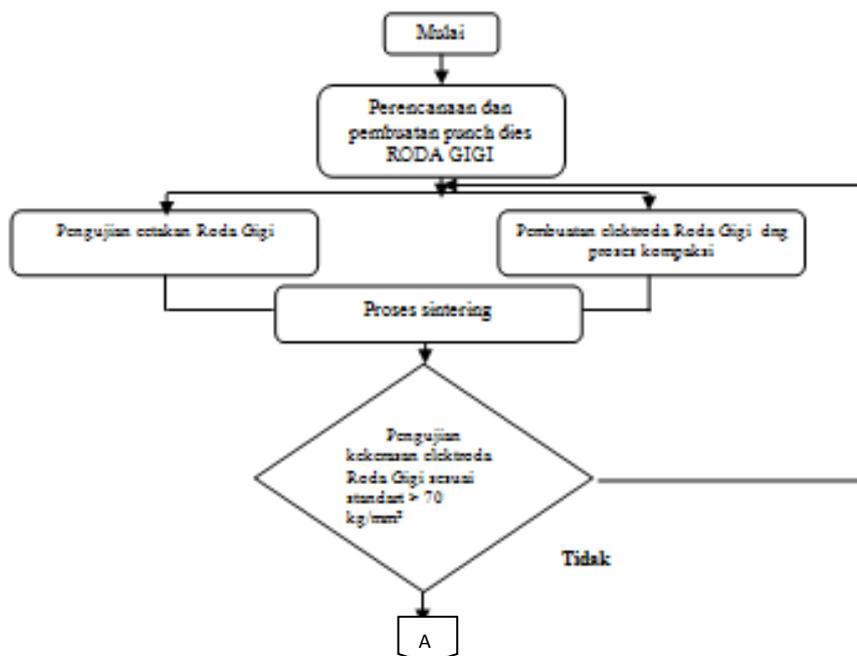
- Mentransmisi rasio kecepatan yang tepat.
- Dapat digunakan untuk memindahkan daya yang besar.
- Mempunyai efisiensi tinggi (power lost per gear set sekitar 0,5% tergantung faktor penyelesaian gigi dan pelumasan).
- Layout yang kompak.

Kerugian dari menggunakan roda gigi adalah :

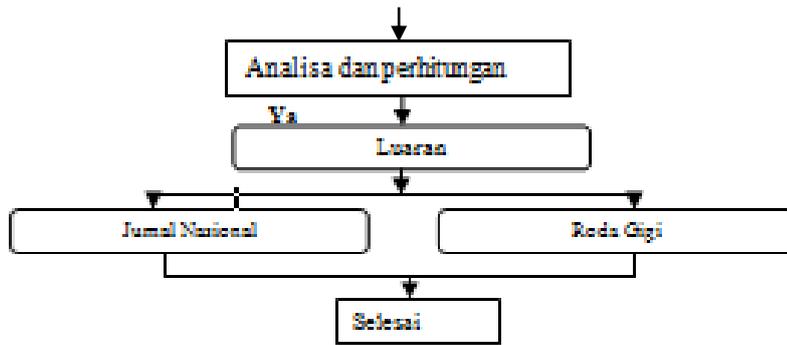
- Manufaktur roda gigi membutuhkan peralatan dan perlengkapan khusus.
- Kesalahan pada pemotongan gigi dapat menyebabkan getaran dan noise selama pengoperasian.

## 2. Material dan metodologi

### 2.1 Flowchart penelitian



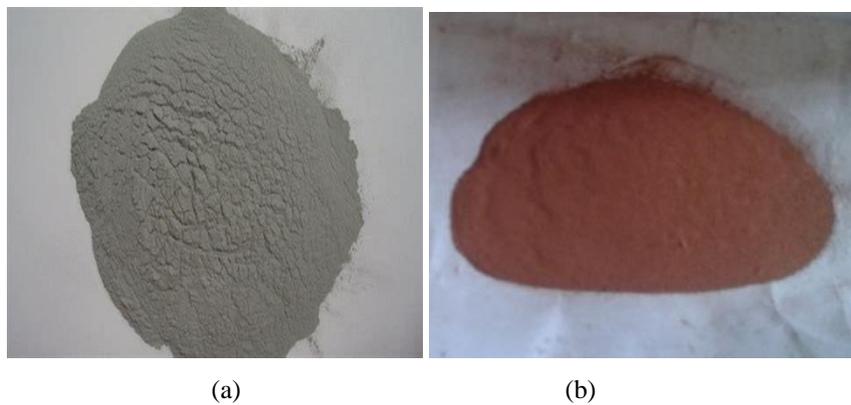
Gambar 1. Flowchart penelitian



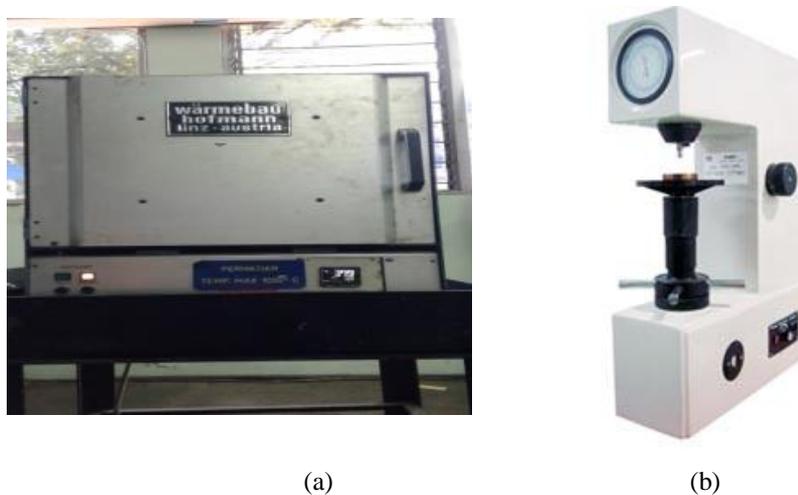
Gambar 1. Flowchart penelitian (lanjutan)

## 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian terlihat pada Gambar 2 dan 3. Gambar 2 merupakan bahan penelitian yang digunakan yaitu berupa berupa serbuk tembaga dan aluminium. Gambar 3 merupakan alat yang digunakan dalam penelitian berupa dapur listrik dan alat uji kekerasan.



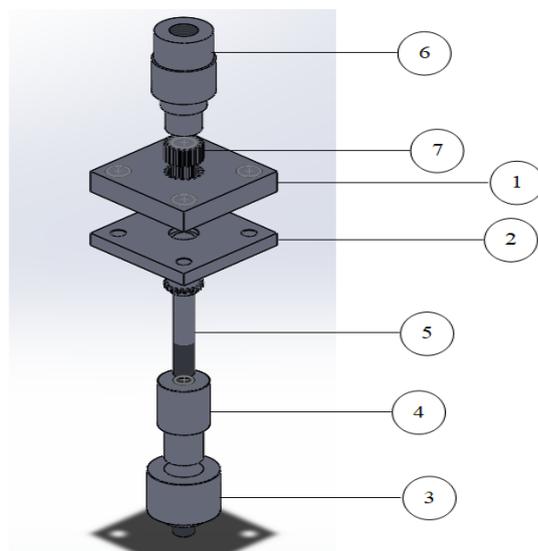
Gambar 2. Bahan penelitian (a) serbuk aluminium dan (b) serbuk tembaga



Gambar 3. Alat uji penelitian (a) Dapur listrik dan (b) Alat Uji Kekerasan

## 2.3 Pembuatan Cetakan Roda Gigi

Alat cetak roda gigi dibuat dari bahan *stainless steel* dengan desain yang telah dibuat seperti pada Gambar 4. Keterangan dari Gambar 4 tersebut adalah (1) Dies, (2) Plat dies, (3) Holder ejector, (4) Ejector, (5) Poros Ejector, (6) Holder punch dan (7) Punch.



**Gambar 4.** Desain cetakan dan roda gigi

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1 Hasil

Hasil penelitian berupa pengujian penekanan disajikan pada Tabel 1. Pada pengujian penekanan dilakukan pada waktu 60 detik dengan tinggi awal 13 mm. Selain hal tersebut, diberikan dua variasi penekanan yaitu pada tekanan 9,4 MPa dan 11,1 MPa pada masing – masing variasi konsentrasi (%) bahan serbuk.

Hasil pengujian sintering dan uji kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Pengujian ini dilakukan pada 5 jenis roda gigi dengan variasi konsentrasi material penyusun yang berbeda. Gambar 5 menunjukkan persentase hasil pengamatan visual pada setiap jenis roda gigi dengan variasi konsentrasi material penyusun.

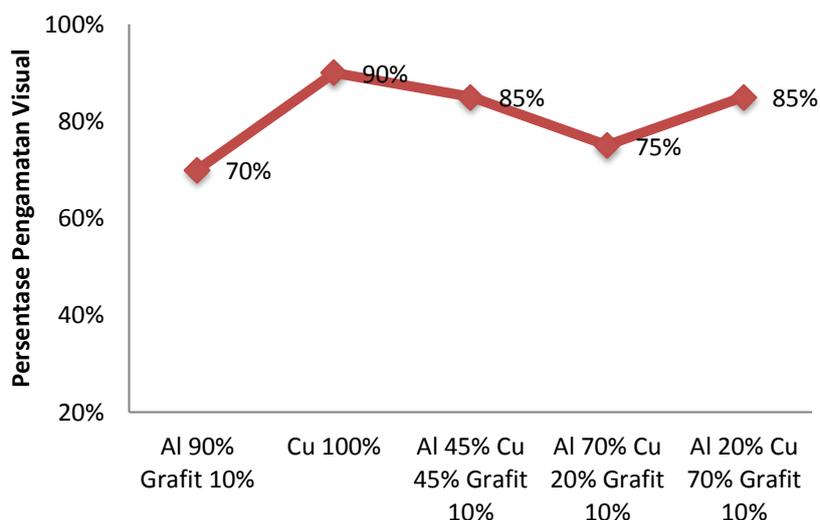
**Tabel 1.** Hasil Pengujian penekanan

No	Gambar	Bahan Serbuk	Waktu (Detik)	Tekanan (MPa)	Tinggi Awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)
1		Tembaga 100%	60	9.4	13	7.5
2				11.1	13	6.5
3		Aluminium 90% Grafit 10%	60	9.4	13	6.4
4				11.1	13	5.1

5		Tembaga 45% Aluminium 45%	60	9.4	13	7
6		Grafit 10%		11.1	13	6.3
7		Tembaga 70% Aluminium 20%	60	9.4	13	7.4
8		Grafit 10%		11.1	13	6.7
9		Tembaga 20% Aluminium 70%	60	9.4	13	6.8
10		Grafit 10%		11.1	13	5.9

**Tabel 2.** Pengujian sintering dan uji kekerasan.

No	Gambar	Material	Uji Kekerasan	Pengamatan Visual	Keterangan
1		Tembaga 100%	Tidak terdeteksi	Baik 90%	Menyusut, permukaan kurang halus
2		Aluminium 90% Grafit 10%	Tidak terdeteksi	Kurang Baik, bentuk roda gigi 70%	Rapuh, terdapat beberapa gigi yang hancur
3		Tembaga 45% Aluminium 45% Grafit 10%	Tidak terdeteksi	Baik 85%	Permukaan halus, tetapi belum mencapai tingkat kekerasan yang diinginkan
4		Tembaga 70% Aluminium 20% Grafit 10%	Tidak terdeteksi	Baik 85%	Terdapat bercak putih pada gigi, belum mencapai kekerasan yang diinginkan
5		Tembaga 20% Aluminium 70% Grafit 10%	Tidak terdeteksi	Cukup 75%	Permukaan retak, permukaan gigi kurang halus



**Gambar 5.** Grafik Pengamatan Visual

### 3.2 Pembahasan

Penggunaan bahan tambah berupa serbuk grafit tidak memberikan pengaruh yang signifikan, dan dari hasil pengujian kekerasan dengan metode brinell di peroleh hasil yang tidak dapat terdeteksi oleh alat uji kekerasan, diduga karena bahan yang terlalu lunak. Berdasarkan tabel 2 diatas dapat di analisis sebagai berikut:

- a. Analisis hasil sintering dengan bahan tembaga 100% dengan suhu sintering 868°C

Setelah produk disintering kemudian diuji dengan mesin uji kekerasan, dan dilakukan pengamatan secara visual menunjukkan produk mengalami penyusutan pada bagian permukaan diduga penurunan suhu sinter ke suhu kamar terlalu ekstrem dan sifat produk yang belum mencapai kekerasan yang diinginkan diduga karena penekanan kurang pada saat pencetakan dan temperatur sintering kurang tinggi.

- b. Analisis hasil sintering dengan bahan aluminium 90% dan grafit 10% dengan suhu sintering 528°C

Setelah dilakukan pengujian dengan bahan aluminium 90% dan grafit 10% sebagai perekat menghasilkan produk yang kurang bagus dan rapuh, hal tersebut diduga bahan aluminium kurang cocok untuk proses metallurgy serbuk, sehingga bahan aluminium lebih memungkinkan untuk proses pengecoran logam.

- c. Analisis hasil sintering dengan bahan tembaga 45%, aluminium 45% dan grafit 10% dengan suhu sintering 528°C

Hasil sintering produk dengan bahan paduan tembaga 45% dan aluminium 45% menggunakan grafit 10% sebagai perekat dengan suhu sintering 528°C menghasilkan permukaan roda gigi yang halus mungkin dikarenakan temperatur sinter untuk bahan aluminium yang sesuai, dan belum tercapainya kekerasan yang diinginkan mungkin disebabkan karena temperatur sinter untuk bahan tembaga kurang tinggi, sehingga partikel aluminium dan tembaga belum menyatu.

- d. Analisis hasil sintering dengan bahan tembaga 70%, aluminium 20% dan grafit 10% dengan suhu sintering 528°C

Dengan bahan paduan tembaga 70% dan aluminium 20% menggunakan grafit 10% sebagai perekat dengan suhu sintering 528°C menghasilkan produk terdapat bercak putih pada gigi, hal ini mungkin dikarenakan penambahan bahan perekat yang terlalu banyak dan belum mencapai kekerasan yang diinginkan mungkin dikarenakan temperatur sinter untuk bahan tembaga kurang tinggi.

- e. Analisis hasil sintering dengan bahan tembaga 20%, aluminium 70% dan grafit 10% dengan suhu sintering 528°C

Hasil sintering dengan bahan tembaga 20%, aluminium 70% menggunakan grafit 10% sebagai perekat dengan suhu sintering 528°C menghasilkan produk yang permukaannya kurang halus dan terdapat retakan, diduga karena penekanan pada saat pembuatan produk kurang, selain itu juga bahan aluminium yang kurang cocok untuk proses metallurgy serbuk.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian ini adalah Alat cetak roda gigi dibuat berbentuk roda gigi dengan diameter 30 mm dan tinggi 15 mm dari bahan Besi Plat ST 60. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan terjadi pada roda gigi dari bahan serbuk tembaga 75% dan 25% aluminium. Produk yang dihasilkan setelah proses *sintering* belum mencapai tingkat kekerasan yang di inginkan diduga karena penentuan temperatur *sintering* kurang tepat, selain itu bahan aluminium mungkin kurang tepat untuk proses *metallurgy* serbuk.

#### Daftar Pustaka

- [1] Abdul Syukur, dkk. Pembuatan Elektroda EDM Dari Bahan Serbuk Tembaga Dengan Proses Kompaksi. Jurnal Rekayasa Mesin Politeknik Negeri Semarang. 2018 Desember; 13 (3): p 91-96.
- [2] Abdul Syukur, dkk. Rancang Bangun Alat Cetak Elektroda Electrical Discharge Machine Dengan Sistem Hidrolik. Politeknik Negeri Semarang. 2018.
- [3] Abdul Syukur, dkk. Pembuatan Bushing Dari Bahan Serbuk Tembaga. Politeknik Negeri Semarang. 2016.
- [4] Joseph and Capus, M.. Metal Powders, A global Survey of Production, Applications and Markets to 2010. El sevier Inc, New York. 2005.
- [5] Murase, K., Honda, T. and Awakura, K. Measurement of pH in the Vicinity of a Cathode during the Chloride Electrowinning of Nickel. Journal of Metallurgical and Material Transactions B, 29B. 1985 Desember; 1193.
- [6] Nasser, A.M., Barakat., Nasser, A. and Omran, M. Production of Beads Like Hollow Nickel Oxide Nanoparticles Using Colloid-gel Electrospinning Methodology. Journal of Springer Science and Business Media, LLC. 2008.