

ANALISA KEKASARAN DAN KETAHANAN AUS TERHADAP BANTALAN LUNCUR PADA MOTOR STARTER YANG DIBUAT DENGAN METODE SERBUK TEMBAGA – ALUMINIUM

Ahmad Junaidi

Staf Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

Abstrak

Di dalam mengimbangi laju pertumbuhan industri di Indonesia, terutama kebutuhan akan komponen penunjang industri Otomotif dan mesin-mesin Industri, keberadaan dan perkembangan Industri Metalurgi serbuk masih jarang dipakai. Metalurgi serbuk Cu-Al banyak digunakan untuk industri pemrosesan dan otomotif. Khususnya jika ingin menggunakan material tersebut sebagai komponen otomotif seperti pembuatan bantalan, katup silinder, roda gigi dan komponen-komponen penting yang lain. Menggunakan metalurgi serbuk Cu-Al dapat meningkatkan karakteristik dan sifat mekanik jika dibandingkan dengan proses pembentukan paduan Cu-Al lainnya. Proses penimbangan pencampuran dan kompaksi. Proses kompaksi dilakukan pada tekanan 250 MPa, 350 MPa dan 450 MPa, kemudian proses sintering pada temperature 400°C, 500°C dan 600°C dengan waktu tahan 1 jam. Setelah proses sintering selesai sample didinginkan dengan media udara dan dilakukan pengujian yang meliputi:

Pengujian densitas. Dari hasil penelitian diperoleh adanya peningkatan sifat fisis dan mekanik terutama nilai densitasnya. Hal ini disebabkan dengan adanya perubahan butir Cu-Al setelah mengalami proses kompaksi terjadi proses pengecilan diameter butir. Dengan semakin kecil diameter butir maka densitasnya akan meningkat.

Kata kunci : Metalurgi Serbuk, Uji Kekasaran, Uji Ketahanan Aus.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan material sebagai komponen alat konstruksi dan perkakas khususnya bantalan diusahakan untuk mencapai sifat-sifat fisis dan mekanis bahan yang lebih unggul dari sebelumnya, terutama keunggulan dalam hal penerapan diberbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat-sifat material optimum agar daya tahan dicapai maksimum. Tujuan penelitian ini adalah mencari bahan atau material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bantalan luncur dan bahan tersebut mudah diperoleh dengan harga yang murah.

Tembaga merupakan material yang banyak digunakan pada berbagai komponen mesin terutama dalam bentuk paduan karena berbagai keunggulan sifatnya dibanding material lain. Beberapa keunggulan tembaga adalah tahan korosi, konduktivitas listrik baik, konduktivitas panas baik dan sifat dekoratif.

Metalurgi serbuk merupakan salah satu teknik produksi dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip ini adalah memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transportasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Metode metalurgi serbuk memberikan control yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat difabrikasi dengan proses lain. Sebagai ukuran ditentukan oleh cetakan dan penyelesaian akhir (*finishing touch*).

2. PERUMUSAN MASALAH

Sistem starter adalah komponen yang penting pada kendaraan bermotor, salah satu komponen yang terdapat pada motor starter adalah bantalan luncur yang berfungsi tempat duduk poros motor,

permasalahan yang sering muncul pada motor starter adalah poros rotor tidak dapat berputar dengan baik sehingga kendaraan tidak dapat distarter, hal ini diakibatkan karena bantalan luncur mengalami kerusakan atau aus. Berdasarkan pengamatan di lapangan kerusakan starter ini sering terjadi dan rata-rata disebabkan oleh bantalan rusak. Untuk mengatasi hal tersebut sehingga perlu dilakukan pembuatan bantalan luncur dengan metode serbuk, dan hasilnya akan dibandingkan dengan bantalan yang ada di pasaran.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Taufikurrahman[4], melakukan analisa tentang bantalan gelinding pada Lori Pengangkut Buah Sawit yang terbuat dari Tembaga-Seng, Senthi dkk, melakukan analisa suhu sinter pada temperatur 775°C adalah yang terbaik untuk hasil pengujian densitas dan kekerasan komposit Cu-12% berat Sn.

Rajkovic (2007), membahas tentang serbuk Cu-Al. Serbuk Cu dan Al yang berasal dari atomisasi gas dioksida. Brandusan (2004), menganalisa Kekerasan tertinggi didapat pada penambahan serbuk Al sebesar 3%.

Soeparno Djiwo, membahas tentang serbuk metalurgi Cu-Al dapat meningkatkan karakteristik dan sifat mekanik. Proses penimbangan, pencampuran dan kompaksi. Proses kompaksi dilakukan pada tekanan 8 ton, 9 ton, 10 ton, 11 ton, dan 12 ton, kemudian proses sintering pada temperatur 640°C dengan waktu tahan 1 jam. Pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Dari hasil penelitian diperoleh adanya peningkatan sifat mekanik terutama nilai kekerasannya. Hal ini disebabkan dengan adanya perubahan butir Cu-Al setelah mengalami proses kompaksi terjadi proses pengecilan diameter butir. Dengan semakin kecil diameter butir maka kekerasannya akan meningkat.

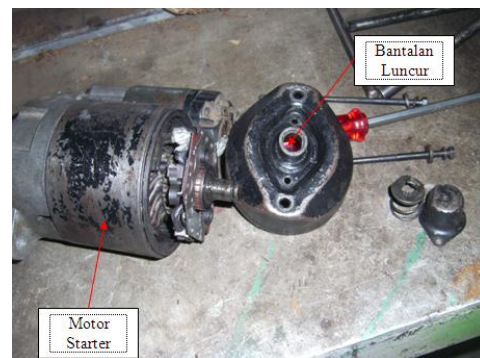
Dari penelitian terdahulu, belum ada yang meneliti secara khusus tentang bantalan gelinding motor starter yang terbuat dari bahan paduan serbuk tembaga-aluminium untuk pengganti bantalan luncur motor starter yang digunakan pada kendaraan bermotor, khususnya pada mobil.

Motor Starter

Sistem starter adalah komponen yang baku dan penting pada kendaraan bermotor. Semua mesin pembakaran dalam memerlukan beberapa bentuk sistem starter,

Mesin ringan sebagai contoh mesin pemotong rumput mempunyai sistem starter dengan sistem recoil. Mesin diesel yang besar mempunyai motor starter yang dioperasikan dengan mengkompresi udara. Sebagian besar komponen kendaraan dijalan raya, menggunakan tenaga baterai sebagai contoh motor starter yang bekerja secara elektronik.

Ada macam-macam bentuk mesin yang menghasilkan daya, bentuk yang dibicarakan berikut adalah yang biasa digunakan pada waktu ini. Karena macam ragamnya maka penggunaannya tergantung dari ukuran daya.



Gambar 1 : Motor Starter

Bearing atau Bantalan

Bearing atau bantalan berfungsi untuk menumpu atau memikul poros agar poros dapat berputar padanya (Bantalan/Bearing/Klekher). Ada beberapa jenis bantalan/bearing yaitu Bantalan luncur (*Sliding Contact Bearing*) dan Bantalan gelinding (*Rolling Contact Bearing/Anti Friction*). Untuk jenis bantalan luncur mendapat gesekan yang besar dan biasanya dipasang pada poros engkol dan mampu memikul beban yang besar. Sedangkan untuk yang bantalan gelinding mendapat gesekan yang kecil dan biasanya dipasang pada poros lurus dan tidak untuk beban yang besar.

Bearing yang dihasilkan dari proses metalurgi serbuk memiliki karakteristik tersendiri yaitu *self-lubricating* (ASM,1990). Dimana pori yang dihasilkan akan menjadi tempat untuk penyimpanan pelumas sehingga proses pelumasan terjadi secara impregnasi. Sehingga material *bearing* akan memiliki ketahanan aus yang tinggi dan umur pakai yang lama. Selain untuk menciptakan pori, proses ini digunakan karena memiliki kemampuan untuk memfabrikasi komponen dengan bentuk yang rumit dengan keakuratan hasil yang

tinggi, konsumsi energi rendah dan penggunaan bahan baku yang efisien (ASM, 1990).

Paduan tembaga – 3% aluminium menjadi pilihan karena densitasnya yang rendah dan ketahanan korosi yang baik, perkembangan kemudian adalah penggunaan paduan ini sebagai material *bearing*. Pada umumnya, material yang digunakan untuk aplikasi ini adalah *bronze bearing* (Cu-Sn) dan iron grafit, *chrom steel*, SAE 52100, merupakan salah satu material yang juga digunakan untuk aplikasi *bearing*. Penggunaan self-lubricating bearing pada awalnya digunakan pada industri otomotif dengan menggabungkan serbuk tembaga dengan timah untuk menghasilkan bronze bearing berpori yang mampu menyimpan pelumas pada pori tersebut dengan memanfaatkan gaya kapilaritas (ASM, 1990). *Bearing* yang terbuat dari proses metalurgi serbuk memiliki 20-25% pori, namun dengan adanya pori inilah komponen yang terbuat dari proses metalurgi serbuk ideal untuk digunakan pada aplikasi bearing [6].



Gambar 2 : Bantalans Luncur

Tembaga (*Cuprum*)

Tembaga adalah logam berwarna kemerahan mempunyai nilai konduktivitas listrik dan termal yang tinggi. Logam tembaga digunakan secara luas dalam industri peralatan listrik. kawat tembaga dan paduan tembaga digunakan dalam pembuatan motor listrik, generator, kabel transmisi, instalasi listrik rumah dan industri, kendaraan bermotor, bantalans luncur, konduktor listrik, kabel, tabung microwave, sakelar, bidang telekomunikasi, dan bidang-bidang yang membutuhkan sifat konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, seperti untuk pembuatan tabung-tabung dan klep di pabrik penyulingan.

Tembaga juga digunakan sebagai pigmen dan pengawet untuk kertas, cat,

tekstil, dan kayu. Hal ini dikombinasikan dengan seng untuk menghasilkan kuningan dan timah untuk menghasilkan bronze. Tembaga pertama kali digunakan sejak 10.000 tahun yang lalu. Sebuah liontin tembaga dari sekitar 8.700 B.C. ditemukan di tempat yang sekarang dikenal dengan nama Irak utara. Ada bukti bahwa pada sekitar 6.400 B.C. tembaga yang mencair dan mengalir ke suatu daerah yang sekarang dikenal sebagai Turki. Nama tembaga berasal dari sekitar 3.800 SM ketika sebuah referensi Mesir menggambarkan operasi pertambangan di Sinai Peninsula. Sekitar tahun 3000 SM, dalam jumlah yang besar bijih tembaga ditemukan di pulau Siprus di Laut Tengah.

Ketika orang Romawi menaklukkan Siprus, mereka memberi nama Latin logam *aes cyprium*, yang sering disingkat menjadi *cyprium*. Belakangan ini dikenal dengan tembaga, dari mana kata Inggris tembaga dan kimia Cu adalah simbol derived. In Amerika Selatan, tembaga benda yang diproduksi di sepanjang pantai utara Peru sedini 500 SM, dan perkembangan metalurgi tembaga maju dengan pesat pada saat Inca Empire jatuh ke tentara Spanyol.

Di Amerika Serikat, tambang tembaga pertama dibuka di Branby, *Connecticut*, pada 1705, diikuti oleh satu di Lancaster, Pennsylvania, pada 1732. Meskipun produksi awal ini, sebagian besar diimpor dari Chili sampai 1844, ketika pertambangan menemukan dalam jumlah besar bijih tembaga di sekitar Danau Superior dimulailah pengembangan teknik pemrosesan lebih efisien pada akhir tahun 1800-an. Amerika Serikat dan Chile adalah dua negara penghasil tembaga terbesar, diikuti oleh Rusia, Kanada, dan Cina.

Tembaga murni jarang ditemukan di alam, tetapi biasanya dikombinasikan dengan bahan kimia lain dalam bentuk bijih tembaga. Ada sekitar 15 bijih tembaga ditambang secara komersial di 40 negara di seluruh dunia. Yang paling umum dikenal sebagai bijih sulfida di mana tembaga secara kimiawi terikat dengan belerang, yang dikenal sebagai Bijih oksida, Bijih karbonat, tergantung pada bahan kimia saat ini. Banyak Bijih tembaga juga mengandung jumlah yang signifikan dari emas, perak, nikel, dan logam berharga lainnya, serta sejumlah besar bahan yang tidak berguna secara komersial. Sebagian besar bijih tembaga ditambang di Amerika Serikat mengandung hanya sekitar 1,2-1,6% tembaga menurut beratnya. Meskipun aluminium dapat digunakan untuk tegangan

tinggi pada jaringan transmisi, tetapi tembaga masih memegang peranan penting untuk jaringan bawah tanah dan menguasai pasar kawat berukuran kecil, peralatan industri yang berhubungan dengan larutan, industri konstruksi, pesawat terbang dan kapal laut, atap, sistem pemipaan, dekorasi rumah, mesin industri nonelektris, peralatan mesin, pengatur temperatur ruangan, mesin-mesin pertanian [7].



Gambar 3 : Serbuk Tembaga

Tembaga dalam sistem periode unsur termasuk logam golongan IB dengan nomor atom 29. Logam ini mudah ditempa sehingga mudah dibentuk, tidak reaktif secara kimiawi. Densitas pada 20°C adalah 8,92 gr/cm³, meleleh pada suhu 1083°C dan mendidih pada suhu 2570°C.

Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik (setelah perak) karena itu logam tembaga banyak digunakan dalam bidang elektronika. Kehadiran sejumlah kecil pengotor, seperti arsen dapat mempengaruhi konduktivitasnya. Tembaga dapat diekstrak dari bijih sulfidanya melalui proses termal yaitu pirometalurgi atau dengan proses pelarutan air yaitu hidrometalurgi.

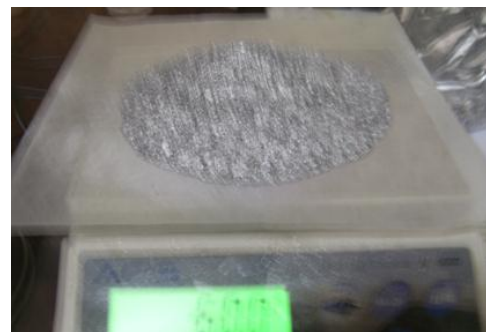
Tembaga merupakan salah satu logam berat yang banyak pemanfaatannya, hal ini berkaitan dengan sifat tembaga yang siap pakai, tahan karat, konduktor listrik yang baik dan tidak bersifat magnetik. Oksida tembaga (CuO) banyak digunakan sebagai katalis, baterai, dan elektroda. Senyawa kloridanya digunakan dalam bidang metalurgi, fotografi, pemurnian air dan aditif bahan makanan [19].

Aluminium (Al)

Aluminium ditemukan Oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H.C. Oersted, tahun

1825. secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium (SNI 06-698944-2005). Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi diantara logam non ferro. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton pertahun pada tahun 1981.

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya [1].



Gambar 4: Serbuk Aluminium

Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk atau *Powder Metallurgy (P/M)* adalah proses pembuatan suatu komponen atau spesimen dari bahan serbuk logam. Proses ini akan mengubah bentuk, sifat dan struktur logam tersebut. Produk hasil metalurgi serbuk dapat terdiri dari campuran serbuk berbagai logam. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan ikatan antar partikel dan mutu benda jadi secara keseluruhan. Sampai saat ini metode metalurgi serbuk masih tetap dipakai dan terus dikembangkan. Penggunaannya semakin luas, mulai dari pembuatan kawat lampu pijar yang terbuat dari tungsten atau

molybdenum, *sprocket* dan *pulley* untuk mesin otomotif hingga *superalloy turbine discs* yang digunakan untuk *aeroengine*. Mesin pesawat komersial yang paling baru menggunakan 680-200 kg hasil metalurgi serbuk permesinnya (German, 1994).

Metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan logam dalam keadaan padat, dimana bahan logam dibuat serbuk dengan ukuran partikel yang halus. Ukuran serbuk seperti halnya partikel yang halus, lebih besar dari asap (0,01-1 μm) lebih kecil dari pasir (0,1 – 3 mm) biasanya berukuran 25 - 200 μm . Diblending dan mixing terlebih dahulu. Proses pembentukan adalah bahan serbuk dimasukkan ke dalam cetakan (*die*) kemudian dilakukan kompaksi (*compaction*). Setelah dilakukan kompaksi serbuk membentuk *green body* yang sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. *Green body* tersebut kemudian disinter. Tujuannya adalah agar terjadi proses difusi antar partikel serbuk sehingga partikel akan menyatu, dan terbentuk logam yang padat. Proses metalurgi serbuk biasanya akan menghasilkan porositas didalam logam dan porositas tersebut akan berpengaruh pada berat jenisnya. Saat ini serbuk logam telah diproduksi dalam skala besar dan penggunaan sudah semakin luas, dimana masing-masing jenis bahan memiliki keunggulan tersendiri. Metalurgi serbuk mempunyai keunggulan dibanding proses produksi logam lainnya, baik keunggulan secara ekonomi maupun sifat-sifat fisik dan mekanisnya. Keunggulannya antara lain (German, 1994):

1. Komponen metalurgi serbuk yang disinter biayanya akan lebih murah dibanding komponen hasil pengecoran dan penempaan dengan kualitas yang sama. Metalurgi serbuk memakai lebih dari 97% bahan mentah, sehingga tidak banyak bahan yang terbuang.
2. Dapat diproduksi komponen dari bahan logam sesuai bentuk yang diinginkan dengan ukuran yang tepat.
3. Dengan metalurgi serbuk, dimungkinkan membuat benda dengan komposisi yang diinginkan. Misalnya paduan logam yang tidak bisa bercampur dengan menggunakan proses pengecoran.
4. Pembentukan logam dengan metalurgi serbuk mempunyai keunikan dalam hal porositas. Metode ini memungkinkan untuk membuat komponen mesin dengan porositas tertentu.
5. Logam dan paduan logam yang tidak bisa dikerjakan dengan proses lain

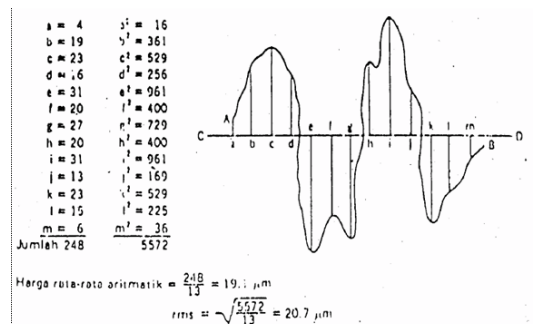
dapat diproses dengan metalurgi serbuk menjadi komponen mesin. Misalnya logam-logam dengan titik lebur tinggi yang tidak bisa diproses dengan *melting* dan *casting*.

Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan benda adalah suatu metode untuk mengetahui kekasaran dari permukaan benda yang terbuat dari logam dimana benda tersebut merupakan hasil dari pemesinan. Adapun dilakukannya pengujian ini untuk mengetahui kualitas benda yang dibuat, serta bagaimana tingkat kekasaran permukaan benda yang diinginkan.

Dengan dilakukannya pengujian kekasaran ini kita dapat mengetahui kekasaran permukaan suatu bahan yang dikerjakan dari pemesinan. Kita juga dapat menentukan letak dari suatu material di dalam penggunaannya setelah dilakukan pengujian kekasaran.

Permukaan yang tidak teratur akan menyebabkan stylus bergerak. Pergerakan stylus ini akan digambarkan dalam bentuk fluktuasi gelombang elektronik oleh *treacer head* yang kemudian akan diperbesar oleh amplifier sehingga bentuk kekasaran permukaan dapat dilihat dengan menggunakan mata. Pergerakan *stylus* ini juga dapat digambarkan di atas kertas pencatat sehingga kita dapat melihat bentuk kekasaran permukaan dengan mudah.



Gambar 5: Cara Menghitung Kekasaran Permukaan

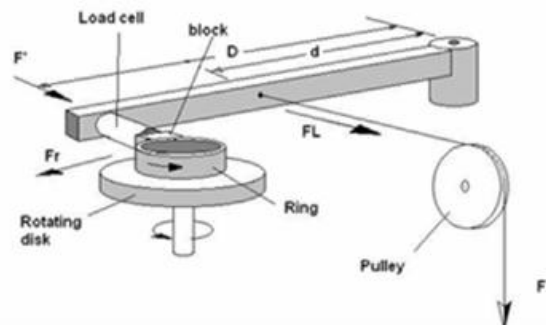
Pembacaan nilai kekasaran permukaan dapat dilakukan menggunakan rata – rata aritmatika (AA, *Arithmetical Avarage*) maupun menggunakan akar kuadrat rata –rata (RMS, *Root Mean Square*). Gambar di atas menunjukkan 13 tempat pengukuran yang mewakili permukaan benda kerja sepanjang AB. Ketiga belas pengukuran diberi notasi huruf kecil a sampai m. Pengukuran dilakukan

terhadap garis tengah CD (*center line*) baik untuk daerah di bawah maupun di atas garis tersebut. Apabila dihitung menggunakan rata – rata aritmatika maka semua nilai pengukuran dijumlahkan lalu dibagi dengan banyaknya tempat yang diukur (lihat gambar, AA = 19,1 m). Untuk perhitungan menggunakan RMS, maka semua nilai pengukuran dikuadratkan lebih dahulu lalu dijumlahkan selanjutnya dibagi dengan

banyaknya tempat yang diukur (lihat gambar, RMS 20,7 0).

Ketahanan Aus

Pengujian dilakukan dengan *metode pin on abrasive disc* dengan mengacu pada standar ASTM [4]. Laju keausan diukur dengan menghitung volume spesimen yang hilang akibat *abrasi oleh disc* yang berputar (92,1 rpm).



Gambar 6 : Washer Testing (ASTM G99.203)

Volume loss dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$volume(mm^3) = \frac{massa.loss(gr)}{density\left(\frac{gr}{cm^3}\right)} \times 1000 \quad (1)$$

laju keausan dihitung dengan persamaan :

$$Wa = \frac{\Delta V}{F.S} (mm^3 / Nm) \quad (2)$$

dimana : $\Delta V = volume\ loss\ (mm^3)$
 $F = beban\ yang\ diberikan\ (N)$
 $S = limit\ distance\ (m) \Rightarrow S = (\pi.D).Jumlah.putaran$

Manfaat Penelitian

Paket pengujian bantalan luncur pada kegiatan penelitian ini akan banyak memberikan kontribusi bagi para mekanik di bengkel otomotif. Sedangkan kontribusi hasil penelitian dalam dunia pendidikan adalah untuk mengembangkan ilmu yang berkaitan dengan rekayasa manufaktur baik bagi mahasiswa maupun kalangan akademisi yang concern pada dunia industry. Hasil penelitian ini juga dapat memotivasi mahasiswa untuk menemukan material yang baru sebagai alternative pengganti material yang biasa di pakai

4. METODOLOGI PENELITIAN

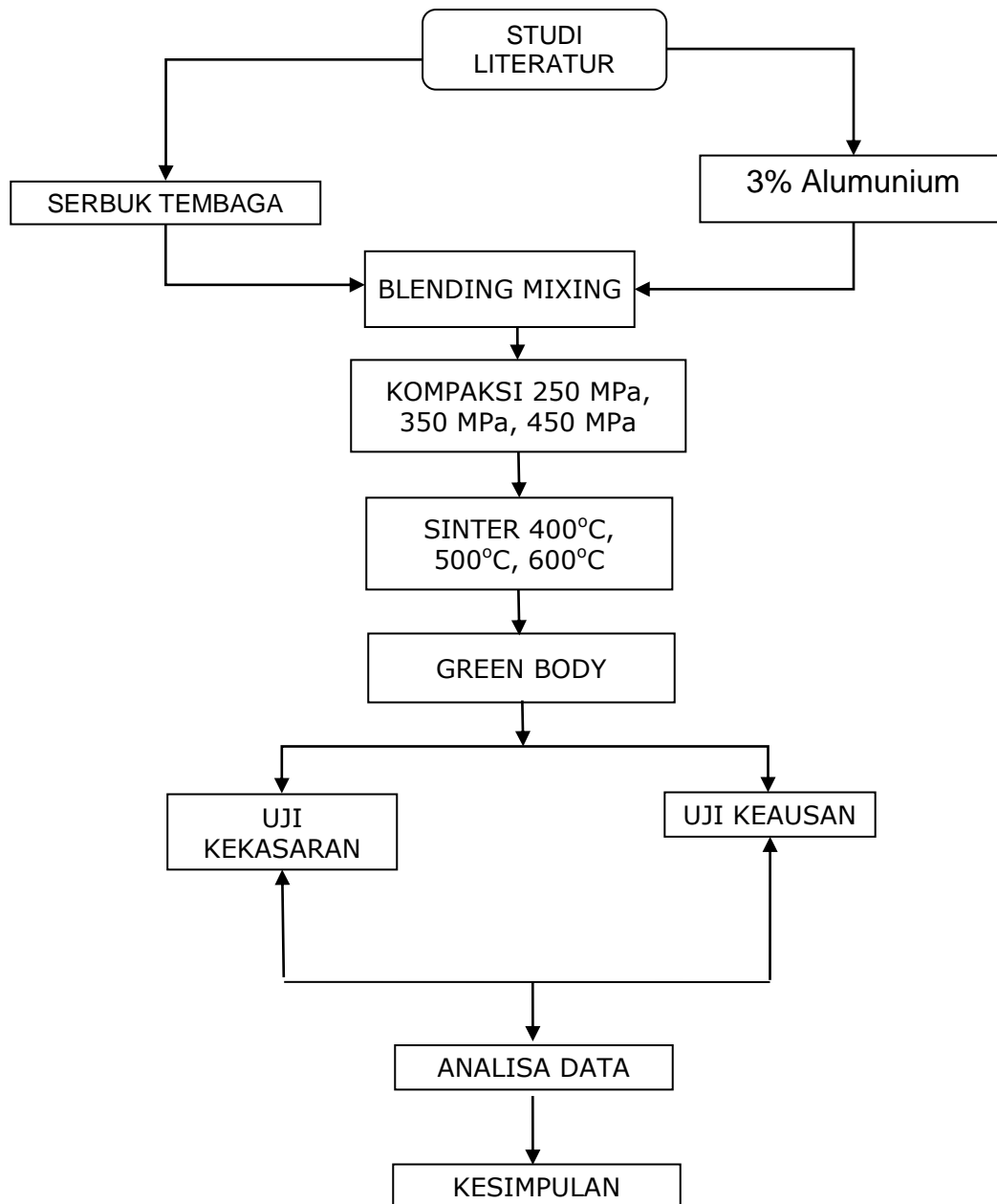
Alur Penelitian

Setelah dilakukan persiapan bahan serbuk tembaga dan serbuk alumunium, kemudian ditimbang sesuai porsi masing-masing yaitu dengan fraksi berat alumunium sebagai bahan penguat 3% kemudian dilakukan proses pencampuran serbuk ke dalam mesin pencampur (*Ball Mill*), hasil dari blending dikeluarkan lalu dimasukkan ke dalam cetakan (*die*), kemudian dilakukan proses pemadatan menggunakan mesin press hidrolik (*Compacting*) dengan variasi penekanan 250 Mpa, 350 Mpa dan 450 Mpa. Proses selanjutnya material paduan

tersebut dilakukan pemanasan ke dalam dapur pemanas (*Muffle Furnace*) pada variasi suhu sinter 400°C, 500°C dan 600°C selama 1 jam.

Sebelum dimasukkan ke dalam dapur pemanas, spesimen ditimbang dan diukur terlebih dahulu, dengan tujuan untuk menghitung besarnya penyusutan

(*Shrinkage*) setelah dipanaskan di dalam dapur. Setelah proses sintering, spesimen di timbang dan diukur lagi, dan di *mounting* untuk pemegang pada proses pengujian nantinya. Diagram alir dari proses pembuatan spesimen sampai ke proses pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 7 : Diagram Alir Penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini memperlihatkan pengaruh kompaksi dan suhu sintering terhadap kekasaran permukaan dan laju

keausan. Fenomena yang terjadi pada penelitian ini merupakan hasil yang tidak direkayasa sehingga hasil yang diperoleh dapat di pertanggung jawabkan dan merupakan hasil penelitian yang sebenarnya.

Pengujian Kekasaran

Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, Hasil pengujian menunjukkan nilai berfluktuasi, seperti terlihat pada tabel1.

Tabel 1. Nilai Kekasaran Permukaan Diameter Dalam Spesimen Cu-3%Al

Kompaksi (Mpa)	Suhu Sinter (oC)	Ra (μm)	Rt (μm)
250	400	0.674	7.699
		0.438	3.400
		0.791	5.599
350	400	0.607	4.559
		0.578	5.739
		0.595	6.239
450	400	0.625	4.179
		0.494	4.320
		0.712	7.880
250	500	0.905	6.719
		1.144	8.000
		1.074	7.059
350	500	0.894	5.199
		0.824	5.590
		1.021	5.520
450	500	0.994	6.039
		0.873	6.920
		1.364	10.350
250	600	1.991	12.150
		2.527	16.820
		2.055	10.720
350	600	1.592	9.149
		1.838	10.140
		1.831	12.600
450	600	1.214	9.539
		1.620	13.520
		1.221	12.650

Tabel.2. Nilai Kekasaran Bantalan Yang Ada Dipasaran

Bahan	Nilai kekasaran Ra (micron)			Nilai kekasaran Rt (micron)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Brass	0.546	0.422	0.976	5.739	3.480	8.239
Brons	1.320	1.489	1.700	12.340	13.350	13.230

Keterangan:

Ra = kekasaran permukaan spesimen (μm)

Rt = kekasaran permukaan total (μm)

T = titik kekasaran permukaan (1,2,3) (μm)

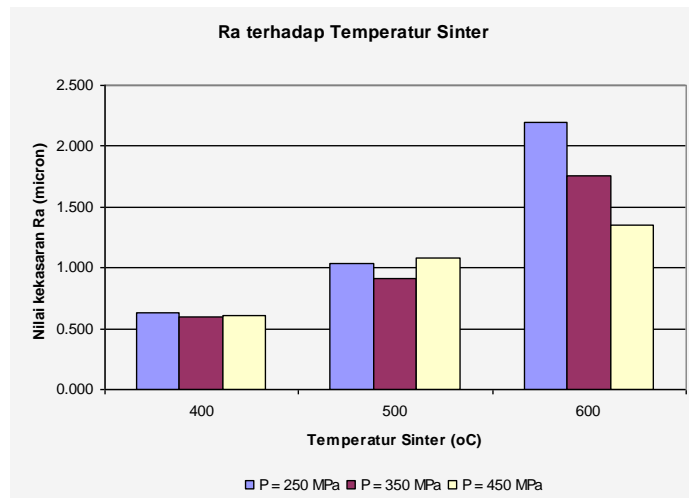
Kekasaran permukaan diperoleh dengan cara merata-ratakan hasil pengukuran yang terdapat dalam tabel 1, nilai rata-rata untuk kompaksi 250 MPa dan suhu sinter 400°C, adalah sebagai berikut :

$$R_a = \frac{0,674 + 0,438 + 0,791}{3} = 0,634 \mu m$$

Untuk nilai-nilai kekasaran permukaan untuk masing-masing variabel ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel 3. Temperatur Sinter Terhadap Kekasaran Ra (μ m) Paduan Cu-3%Al

Kompaksi (Mpa)	Temperatur Sinter (°C) thd kekasaran (μm)		
	400	500	600
250	0.634	1.041	2.191
350	0.593	0.913	1.754
450	0.610	1.077	1.352



Gambar 8 : Nilai Kekasaran Terhadap Temperatur Sinter Cu-3%Al

Pengujian laju Keausan

Pengujian ini dilakukan di Laborarium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, hasil dari pengujian menunjukkan laju keausan dalam keadaan kering dan basah berfluktuasi

tergantung dari nilai kompaksi dan suhu sinter, adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dan 5,

Tabel 4. Data Uji Laju Keausan Untuk Spesimen Dalam Keadaan Kering

Spesimen	m ₁ (gram)	m ₂ (gram)	ρ (gr/cm ³)	V ₁ (mm ³)	V ₂ (mm ³)	F _b (N)	Di (m)	n (put)	S (m)
P = 250 Mpa T = 400°C	4.961	4.820	5.580	889.1129	863.7097	4657788	0.0109	180	6.1607
P = 350 Mpa T = 400°C	5.245	5.103	6.780	773.5619	752.6549	4657788	0.0109	180	6.1607
P = 450 Mpa T = 400°C	5.103	4.961	7.390	690.5277	671.3464	4657788	0.0084	180	4.7477
P = 250 Mpa T = 500°C	4.253	3.11	5.750	739.5652	542.3478	4657788	0.0109	180	6.1607
P = 350 Mpa T = 500°C	3.119	2.977	7.820	398.7852	380.6586	4657788	0.0109	182	6.2291
P = 450 Mpa T = 500°C	3.119	2.97	8.310	375.2708	358.2130	4657788	0.0109	181	6.1949
P = 250 Mpa T = 600°C	3.827	3.686	6.670	573.8006	552.5487	4657788	0.0109	181	6.1949
P = 350 Mpa T = 600°C	3.119	2.977	7.890	395.2471	377.2814	4657788	0.0109	181	6.1949
P = 450 Mpa T = 600°C	2.552	2.410	8.770	290.9350	274.7719	4657788	0.0109	182	6.2291

Tabel 5. Data Uji Laju Keausan Untuk Spesimen Dalam Keadaan Basah

Spesimen	m ₁ (gram)	m ₂ (gram)	ρ (gr/cm ³)	V ₁ (cm ³)	V ₂ (cm ³)	F _b (N)	Di (m)	n (put)	S (m)
P = 250 Mpa T = 400oC	4.394	4.338	5.580	0.7875	0.7773	4657788	0.0109	179	0.0061
P = 350 Mpa T = 400oC	5.103	5.075	6.780	0.7527	0.7485	4657788	0.0109	179	0.0061
P = 450 Mpa T = 400oC	4.961	4.905	7.390	0.6713	0.6637	4657788	0.0109	180	0.0062
P = 250 Mpa T = 500oC	3.119	3.062	5.750	0.5423	0.5325	4657788	0.0109	181	0.0062
P = 350 Mpa T = 500oC	2.977	2.920	7.820	0.3807	0.3734	4657788	0.0109	180	0.0062
P = 450 Mpa T = 500oC	2.977	2.892	8.310	0.3582	0.3480	4657788	0.0109	182	0.0062
P = 250 Mpa T = 600oC	3.686	3.600	6.670	0.5525	0.5398	4657788	0.0109	181	0.0062
P = 350 Mpa T = 600oC	3.119	3.090	7.890	0.3952	0.3917	4657788	0.0109	182	0.0062
P = 450 Mpa T = 600oC	2.410	2.381	8.770	0.2748	0.2715	4657788	0.0109	182	0.0062

Keterangan :

- m₁ = massa sebelum pengujian (gram)
 m₂ = massa setelah pengujian (gram)
 V₁ = volume sebelum pengujian (cm³)
 V₂ = volume setelah pengujian (cm³)
 ΔV = volume loss (cm³)
 F_b = gaya penekanan (N)
 Di = diameter dalam specimen (m)
 n = jumlah putaran (put)
 S = limit distance (m)
 Wa = laju keausan (mm³/Nm)

Tabel 6. Laju Keausan Bantalan Di Pasaran

Spesimen	m ₁ (gram)	m ₂ (gram)	ρ (gr/cm ³)	V ₁ (cm ³)	V ₂ (cm ³)	F _b (N)	Di (m)	n (put)	S (m)
Brass	3.402	3.374	5.580	0.6097	0.6046	4657788	0.0109	179	0.0061
Brons	4.678	4.621	6.780	0.6899	0.6816	4657788	0.0109	179	0.0061

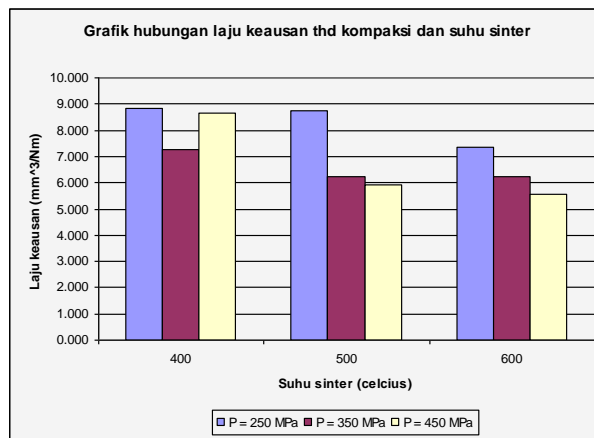
Laju keausan dalam keadaan kering dan basah diperoleh dengan cara melakukan perhitungan dari data tabel 4 dan tabel 5 untuk kompaksi 250 MPa dan suhu sinter 400^oC, dengan beban 4657788 N pada 92,1 rpm selama 120 detik (180 putaran), volume loss 25,4032 mm³ dan diameter spesimen 0.0109 m (dalam keadaan kering) dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3). Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$W_a = \frac{25,4032}{4657788 \times (\pi \times 0,0109 \times 180)} = 8,853 \times 10^{-7} \text{ mm}^3 / \text{Nm}$$

Dengan cara yang sama, maka didapat nilai-nilai Laju keausan dalam keadaan kering dan basah seperti ditunjukkan pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Laju Keausan Terhadap Kompaksi Dan Suhu Sinter (kering)

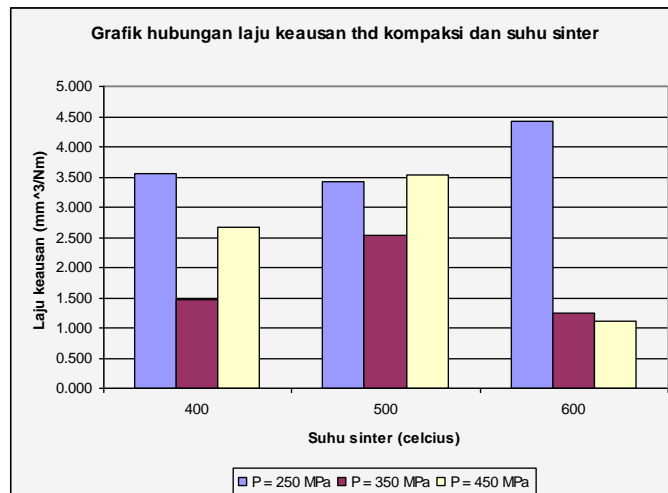
Kompaksi (Mpa)	Suhu sinter terhadap laju keausan 10^{-7} (mm ³ /Nm)		
	400	500	600
250	8.853	8.728	7.365
350	7.286	6.248	6.226
450	8.674	5.912	5.571



Gambar 9 : Grafik Hubungan Laju Keausan Terhadap Kompaksi Dan Suhu Sinter

Tabel 8. Laju Keausan Terhadap Kompaksi Dan Suhu Sinter (basah)

Kompaksi (Mpa)	Suhu sinter terhadap laju keausan 10^{-7} (mm ³ /Nm)		
	400	500	600
250	3.561	3.417	4.419
350	1.465	2.527	1.238
450	2.674	3.527	1.114



Gambar 10 : Grafik Hubungan Laju Keausan Terhadap Kompaksi Dan Suhu Sinter

6. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Peningkatan waktu sinter akan memberikan nilai kekasaran optimum.
2. Setelah pengujian spesimen dengan variasi kompaksi dan variasi suhu sinter diperoleh hasil. Dari hasil uji kekasaran diperoleh nilai kekasaran terendah material Cu-3%Al sebesar 0,593 μm pada kompaksi 350 MPa dan suhu sinter 400^oC. untuk material bantalan yang ada di pasaran didapat hasil dari pengujian kekasaran adalah kuningan dengan nilai 0,648 μm dan perunggu 1,503 μm , dengan demikian nilai kekasaran Cu-3%Al yang terbaik dari kedua bantalan yang ada di pasaran.
3. Dalam uji laju keausan spesimen Cu-3%Al dilakukan dalam keadaan kering dan dilumasi dengan oli, uji keausan dalam keadaan kering diperoleh nilai 0.0003897 mm^3/Nm dan nilai keausan yang dilumasi oli adalah 0.0000779 mm^3/Nm , sedangkan untuk material yang ada di pasaran dalam keadaan

kering adalah 0,0003738 mm^3/Nm untuk material kuningan dan untuk material perunggu adalah 0,0007176 mm^3/Nm , dalam keadaan dilumasi dengan oli adalah 0,0001246 mm^3/Nm untuk bahan kuningan dan untuk bahan perunggu sebesar 0,0001025 mm^3/Nm , dengan demikian laju keausan Cu-3%Al dalam keadaan kering mendekati nilai laju keausan material kuningan, namun jauh diatas material perunggu. Dalam keadaan dilumasi oli nilai keausan dari Cu-3%Al yang terendah, sehingga di tinjau dari segi laju keausan material Cu-3%Al masih lebih baik.

SARAN

Kompaksi 450 MPa dan suhu sinter 600^oC dapat meningkatkan sifat mekanis Cu-3%Al. Penelitian ini hanya dilakukan pada 3%Al berat penambah dan lama penahanan (*Holding Time*) yang sama serta pada variasi kompaksi dan variasi suhu sintering, maka perlu dilanjutkan penelitian lanjutan dengan variasi lamanya penahanan suhu sintering dan variasi berat penambah.