

**HIBAH PEKERTI**



**LAPORAN PENELITIAN**

**PENGEMBANGAN METODE PROSES PEMBUATAN PISTON DENGAN  
SEMI SOLID FORMING**

**TIM PENELITI PENGUSUL :**

**Ir. DJOELI SATRIJO, MT**

**Ir. SULISTYO, MT**

**MSK TONY SURYO UTOMO, ST, MT**

**TIM PENELITI MITRA :**

**Dr. Ir. BAGUS BUDIWANTORO**

**Dr. Ir. I WAYAN SUWECA**

---

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor : 031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
NOVEMBER 2005

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 652/KI/FT/C.

## SUMMARY

Needs on metal forming which can produce parts with high tolerance and inexpensive cost, promote the development in Semisolid Forming that can give those advantages. In Semisolid Forming, metals are heated until semisolid condition then mechanical or electromagnetic stirring is given to the metals. The purpose is to obtain spherical structure or nondendritic structure in the metals. The variables that affect the formation of nondendritic structure are : cooling time, shape of rotating rod, speed of rotating rod, and the number of solid fraction.

In this Research only the effect of cooling time on the formation of nondendritic structure produced by mechanical stirring which is marked by the changes in shape factor value. The stirred Al-18Si are tested by hardness test, metallography, and dilatometry. The results then compared with the nonagitated Al-18Si.

The hardness numbers of agitated Al-18Si are lower than the nonagitated one and reach the optimum at  $t=12$  minutes. Shape factors of agitated specimen at the middle part tend to decrease, but the shape factors for the bottom part tend to increase. For the coefficient of linear expansions are constant for both agitated and non agitated Al-18Si.

## **PRAKATA**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga laporan tahun I penelitian Hibah PEKERTI ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh metode pembuatan piston dengan menggunakan teknik *semi-solid forming*. Penelitian tahun I ini dimaksudkan untuk mengetahui parameter proses pembuatan struktur globular dan mengkarakterisasi sifat-sifatnya. Struktur globular ini merupakan bahan baku untuk proses SSF.

Atas pertolongan Allah SWT dan bantuan dari berbagai pihak, kami mampu menyelesaikan kegiatan penelitian ini. Tim peneliti menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Kami berharap mendapatkan masukan, saran dan kritik demi penyempurnaannya. Besar harapan kami, hasil-hasil penelitian ini mampu memberikan kontribusi kepada pengembangan IPTEK di Indonesia.

Semarang, 21 November 2005

Atas nama Tim Peneliti

Ketua Tim Peneliti Pengusul (TPP)

Ir. Djoeli Satrijo, MT

NIP : 131 773 815

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR/ILUSTRASI .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
I. PENDAHULUAN .....	1
II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE 1 .....	3
III. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
IV. METODE PENELITIAN .....	20
V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	24
VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	35
VII. RENCANA/PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA.....	37
A. Tujuan Khusus .....	37
B. Metode .....	37
C. Jadwal Kerja .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	42

## I. PENDAHULUAN

Sumber dari Biro Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa jumlah kendaraan di Indonesia pada tahun 1998 mencapai 17,6 juta dan selama dasawarsa terakhir ini jumlahnya meningkat antara 5-12 % tiap tahunnya. Seiring dengan peningkatan tersebut, permintaan akan komponennya meningkat pula, sayangnya sebagian besar masih harus diimpor. Penyebabnya adalah industri otomotif nasional belum mampu menghasilkan komponen yang kualitasnya menyamai kualitas produk aslinya. Padahal komponen berkualitas tinggi dibutuhkan agar kendaraan dapat berfungsi baik. Seiring dengan meningkatnya jumlah dan perkembangan teknologi kendaraan, penggunaan komponen yang terbuat dari aluminium semakin meningkat.

Studi yang dilakukan menunjukkan bahwa untuk setiap penurunan berat kendaraan sebesar 10%, maka dapat mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 6% s/d 8%. Salah satu upaya untuk mengurangi berat kendaraan adalah dengan menggunakan material yang memiliki rasio kekuatan dengan berat yang tinggi misalnya aluminium paduan untuk komponen kendaraan. Studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan material ini pada kendaraan menawarkan banyak keuntungan. Oleh karena itu dimasa mendatang penggunaannya masih terbuka secara luas. Hal inilah yang mendorong material ini secara intensif digunakan untuk menggantikan komponen-komponen yang secara tradisional dibuat dari besi dan paduannya misalnya untuk *chasis, body*, komponen-komponen sistem suspensi, mesin, rem dll..

Penggunaan aluminium paduan pada kendaraan pada dekade terakhir ini mampu menurunkan berat total kendaraan antara 10% s/d 35%. Saat ini 60% s/d 70% kebutuhan aluminium paduan diperoleh dari *recycle*. Meskipun pada beberapa hal sifat-sifat aluminium paduan mampu menggantikan besi dan paduannya, tetapi material ini memiliki mampu bentuk yang lebih rendah. Oleh karena itu metode proses pembentukan aluminium paduan banyak dikembangkan diantaranya adalah *semi solid forming* (SSF).

Proses SSM memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan proses *casting* dan *forging*. Tahapan pertama dalam SSM adalah memanaskan *billet* sampai pada temperatur diantara *solidus* dan *liquidus*. Tahapan selanjutnya adalah *billet* tersebut dibentuk menjadi produk yang diinginkan lewat proses *thixocasting* atau *thixoforging*. Keunggulan dari proses SSF ini ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Properties and Characteristics for Further Exploitation

No	Properties and Characteristics	Potential Benefit or Application
1	SSF has lower heat content than liquid	Higher speed parts forming, higher speed continous casting, lower mold erosion, lower energy consumption, ferrous part forming, forming of ather high melting point materials
2	Viscosity higher in SSF than in liquid metals, viscosity can be varied as required	Improved mold filling "solid front", reduced oxides, improved machinability, less gas entrapment, improved soundness, less mold attack, higher speed part forming, improved surface finish, more capabilities to automation new processes
3	Solid is present in SSF at time of mold filling	Less casting shrinkage, fewer void, less feeding required, less macrosegregations, fine grain structure
4	Flow stress lower in SSF than in solid metal	Forming of intricate parts, higher speed part forming, lower cost part forming, hig-speed forming of continous shape (e.g. extrusions),
5	Ability to incorporate other materials	Composites
6	Ability to separate liquid from solid	Purification

Meskipun beberapa penelitian tentang teknologi proses manufaktur SSF menunjukkan hasil-hasil yang positif, namun penerapannya di industri masih terbatas. Data produksi komponen dari aluminium paduan untuk Amerika Utara, Eropa dan Jepang menunjukkan hanya 1% dari 2,5jt ton komponen yang dibuat dengan proses SSF, selebihnya dibuat dengan proses PMC dan *casting* lainnya. (ref. 13) Hambatan utama penerapan SSF adalah kemampuan untuk menghasilkan *billet* yang berstruktur *globular* dengan spesifikasi tertentu dan harga yang kompetitif belum diperoleh dan karakterisasi produk yang dihasilkan dengan proses SSF belum banyak diketahui. (ref. 1)

Meskipun demikian hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa komponen-komponen dari aluminium paduan yang secara tradisional dibuat dengan PMC seperti komponen sistem kemudi, suspensi dan transmisi, *rocker arms*, *wheels*, *fuel systems*, komponen AC dan *engine pistons* akan lebih menguntungkan apabila dibuat dengan proses SSF. Oleh karena itu penerapan proses SSF untuk pembuatan komponen kendaraan dari paduan aluminium perlu diteliti secara intensif.

Piston merupakan salah satu komponen kendaraan yang memerlukan penggantian secara periodik. Kerusakan yang lazim dialami oleh komponen ini adalah keausan yang berlebihan. Hal ini berakibat turunnya tekanan kompresi dan langkah ekspansi yang selanjutnya menurunkan performansi *engine* secara keseluruhan.

Piston terbuat dari aluminium paduan yaitu Al-Si dengan persentase unsur Si sampai 18 %. (ref. 14) Komponen ini secara tradisional dibuat lewat *permanent mold casting* (PMC) kemudian dilanjutkan dengan proses pemesinan. Pada proses PMC ini, terlebih dahulu logam dicairkan kemudian ditekan masuk kedalam rongga cetakan. Kecepatan aliran logam cair di dalam cetakan perlu diatur secara cermat untuk menghindari terjadinya turbulensi aliran. Adanya turbulensi ini dapat menyebabkan porositas akibat terperangkapnya udara dalam logam cair.

Prediksi terbentuknya aliran turbulensi ini dapat diketahui dari besarnya bilangan Reynolds. Faktor-faktor yang menyebabkannya diantaranya adalah disain cetakan, kecepatan aliran dan viskositas logam cair yang rendah. Disain cetakan ditentukan dari geometri dan dimensi produk yang dibuat. Oleh karena itu kecepatan penekanan perlu dikontrol sedemikian rupa sehingga aliran logam cair dalam cetakan tidak menghasilkan turbulensi. Dengan demikian kecepatan produksi dengan proses PMC menjadi terbatas.

Upaya untuk menghindari turbulensi aliran ini dapat dilakukan dengan memperbesar viskositas logam pengisi. Hal ini diperoleh dengan memanfaatkan logam dalam keadaan *semi-solid*. Pengaturan besarnya rasio fraksi padat dengan cair dapat dilakukan dengan cara mengatur temperatur *billet* diantara temperatur *solidus* dan *liquidus*. Pengaturan temperatur *billet* ini memungkinkan diperolehnya suatu harga viskositas yang dibutuhkan untuk suatu kecepatan penekanan yang ditentukan. Studi yang telah dilakukan menunjukkan prediksi besarnya fraksi padat dapat ditentukan secara akurat dengan memperhatikan temperatur kerja, variasi temperatur yang mungkin terjadi dan komposisi kimia. (ref. 15)

Dari uraian diatas terlihat bahwa penerapan SSF pada pembuatan piston kendaraan memiliki prospek yang menjanjikan. Meskipun demikian, riset mengenai hal ini belum banyak dilakukan mengingat pada umumnya *billet* globular yang lazim digunakan pada proses SSF ini adalah hipoetektik, sedangkan piston umumnya memiliki komposisi hiperetektik. Hal inilah yang melatarbelakangi perlunya dilakukan penelitian mengenai proses penyiapan *billet* Al-Si hiperetektik yang memiliki struktur globular dan selanjutnya akan digunakan sebagai bahan baku proses pembuatan piston dengan proses SSF.