



## KEKUATAN TARIK, KETAHANAN LELAH DAN STRUKTURMAKRO DARI ALUMINIUM PADUAN – ABU DASAR BATUBARA SETELAH PROSES PERLAKUAN PANAS T6

Muhammad Syukron Huda, Harjo Seputro, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: [syukronhuda42@gmail.com](mailto:syukronhuda42@gmail.com)

### ABSTRAK

Pengecoran *squeeze casting* adalah suatu pengecoran dengan menuangkan cair logam kedalam cetakan/tungku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi volume cairan dengan beban penekanan pada pengecoran *squeeze casting* terhadap kekuatan tarik, ketahanan lelah dan strukturmakro pada komposit aluminium paduan - abu dasar batubara. Dalam penelitian ini temperatur cairan saat dituangkan  $700^{\circ}\text{C}$  dan volume cairan yang divariasikan yaitu 450ml; 500ml; 550ml dengan waktu tuang 15 detik dan variasi beban penekanan 80kg; 90kg; 100kg dengan durasi penekanan 90 detik. Prosentase berat komposit Aluminium paduan 96,5% ; Abu dasar batubara 2,5% ; Magnesium 1%. Hasil dari penelitian menyatakan nilai kekuatan tarik maksimum terletak pada spesimen dengan variasi volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg setelah dipelakukan proses perlakuan panas T6. Dengan hasil nilai kekuatan tarik  $223,5 \text{ N/mm}^2$ , dan hasil maksimum dari uji umur kelelahan terletak pada spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg dengan nilai umur kelelahan 30.450 siklus. Bentuk strukturnya memiliki bentuk patahan akibat uji umur kelelahan dengan tipe patahan 3d yang disebabkan oleh rotasi tegangan lentur rendah (*low stress concentration*) dengan beban berat (*heavy over-loading*).

**Kata kunci:** Aluminium paduan, Kekuatan Tarik, Ketahanan Lelah, Perlakuan panas T6, Strukturmakro.

### PENDAHULUAN

Dunia industri zaman sekarang berlomba membuat produk dengan biaya pembuatan yang minim dan memiliki sifat mekanik yang baik. Mur dan baut adalah suatu komponen pengikat yang banyak digunakan dalam industri. Pada industri otomotif terdapat banyak sekali komponen yang dibuat secara terpisah, kemudian disambungkan menggunakan mur dan baut agar mudah dilakukan pelepasan kembali saat diperlukan, misalnya untuk melakukan pekerjaan perbaikan. Bahan umum mur dan baut saat ini banyak yang terbuat bahan stainless steel. Penelitian ini menggunakan

dari bahan komposit aluminium paduan – abu dasar batubara. sebuah produk memiliki sifat mekanik yang berbeda-beda dan tergantung pada strukturmikronya, hal yang mempengaruhi strukturmikro diantaranya ialah komposisi bahan dan proses pembuatannya. Sedangkan parameter yang mempengaruhi sifat mekanik salah satunya adalah volume cairan dan beban penekanan dengan proses *squeeze casting*.

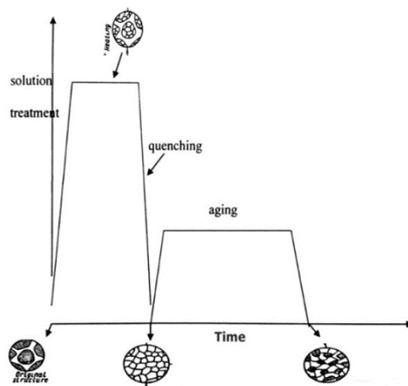
### *Squeeze Casting*

*Squeeze casting* adalah kombinasi proses pengecoran dan penempaan yang dilakukan dengan bantuan tekanan yang diberikan pada

logam semi padat yang berada dalam cetakan. Proses penerapan tekanan pada logam semi padat tersebut bisa mengubah titik cair coran paduan yang dapat meningkatkan kecepatan pembekuan pada coran dan mengurangi porositas penyusutan hasil coran ( M. Dhanashekara dan Senthil Kumar, 2014).

### Perlakuan Panas T6 (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas pada alumunium paduan dilakukan dengan memanaskan sampai terjadi fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain. Perubahan akan terjadi berupa presipitasi (pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi dan timbulnya klaster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Proses ini merupakan proses age hardening yang disebut natural aging. Jika setelah dilakukan pendinginan cepat kemudian dipanaskan lagi hingga di bawah temperatur solvus (solvus line) kemudian ditahan dalam jangka waktu yang lama dan dilanjutkan dengan pendinginan lambat di udara disebut proses penuaan buatan (artificial aging). Dengan menerapkan proses perlakuan panas, maka dapat merubah strukturmikronya yang menjadikan nilai kekuatan tarik meningkat dan memiliki sifat perbaikan yang signifikan (Ying Pio Lim, dkk, 2017).



Gambar 1. Siklus Perlakuan Panas T6  
**Volume Cairan (*Melt Volume*)**

Volume cairan sangat berpengaruh pada hasil coran yang berhubungan dengan laju

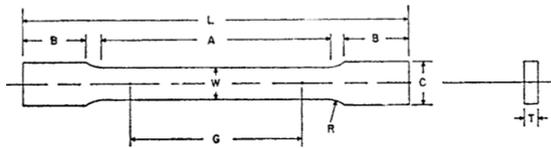
pembekuan coran. Diperlukan kontrol yang kuat untuk mengatur akurasi pada saat cairan logam dituangkan kedalam rongga cetak (die cavity). Pengaruh laju pembekuan pada alumunium A380, berpengaruh pada hasil produk coran. Waktu laju pembekuan yang cepat kekerasan material semakin tinggi akan tetapi keuletannya berkurang. (S. Seifeddine, 2009).

### Beban Penekanan (*Pressure Load*)

Beban penekanan adalah beban yang diberikan untuk penekanan pada saat coran dalam kondisi semi padat. Beban penekanan yang berbeda dapat mempengaruhi sifat mekanik produk coran. Parameter yang mempengaruhi diantaranya adalah besar tekanan, waktu penahanan penekanan, suhu pemanasan awal cetakan, waktu antara penuangan dan penekanan, temperatur penuangan logam dan temperatur peleburan dari logam tersebut. Dari sini dapat diketahui bahwa salah satu parameter penting untuk menurunkan porositas dan meningkatkan kekuatan coran adalah besar penekanan pada logam cair yang berada dalam cetakan logam. Kekuatan tarik dan porositas Paduan Aluminium die-casted Al-Mg-Si dengan berbagai tekanan diterapkan diselidiki. Al-Mg-Si mencair dalam wadah induksi listrik dengan suhu 850 derajat Celcius. Aluminium cair dituangkan dalam cetakan logam yang dipanaskan di 150 derajat Celcius. Aluminium cair ditekan oleh plunger dengan tekanan 0,1, 10, 30, dan 50 MPa dan ditahan selama 5 menit. Setelah aluminium dipadatkan, spesimen untuk kekuatan tarik dan uji porositas dikerjakan. Uji kekuatan tarik, porositas dan mikro dilakukan. Hasil uji tarik dan porositas menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan plunger, porositas menjadi lebih rendah dan kekuatan tarik spesimen menjadi lebih tinggi. Kekuatan tarik maksimum terjadi pada spesimen yang ditekan dalam 50 MPa. Ini terjadi karena porositas minimum dan butiran kecil mikro dalam spesimen. (Yudy Surya Irawan, dkk, 2013).

## Uji Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian bahan material yang paling banyak dilakukan. Pengujiannya sangat sederhana dan sudah mengalami stanarisasi selutuh dunia. misalnya di Amerika dengan standar ASTM E8.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Untuk dapat digunakan menggambarkan sifat bahan secara umum, maka grafik  $P - \Delta L$  harus dijadikan grafik lain yaitu suatu diagram Tegangan – Regangan (Stress – stram diagram), disebut juga suatu diagram  $\sigma - \epsilon$ , kadang-kadang juga disebut Diagram Tarik. Pada saat batang uji menerima beban sebesar  $P$  (kg) maka batang uji (yaitu panjang uji) akan bertambah sebesar  $\Delta L$ (mm). Pada saat itu pada batang uji bekerja tegangan yang besarnya:

$$\sigma = P_{\text{maks}} / A_0$$

dimana  $\sigma$  = tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban tarik (kg)

$A_0$  = luas penampang batang uji mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Juga pada saat itu pada batang uji terjadi regangan yang besarnya :

$$\epsilon = \Delta L / L_0 = (L - L_0) / L_0$$

dimana  $\epsilon$  = regangan (%)

$L_0$  = panjang “batang uji” mula-mula (mm)

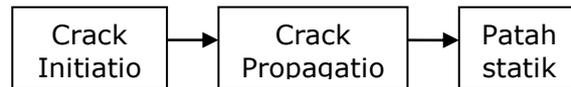
$L$  = panjang “batang uji” saat menerima beban (mm).

## Uji fatik

Patah yang terjadi pada komponen kontruksi akibat pembebanan yang berulang-ulang yang berupa beban dinamis, dimana beban tersebut berupa tegangan yang masih jauh di bawah tegangan statis maksimumnya. Kelelahan (fatigue) dimulai dengan berkembangnya garis slip. Garis slip terbentuk pada daerah konsentrasi tegangan. Secara makro konsentrasi tegangan berada pada daerah yang memiliki perbedaan dimensi, alur tajam, dan cacat permukaan (semacam takik). Sedangkan dalam kerangka

mikro konsentrasi tegangan berada pada batas butir struktur mikro. Dengan adanya tegangan bolak-balik akan membuat alur yang merupakan awal retak.

Secara umum mekanisme patah lelah terdiri dari tiga tahap yaitu : tahap awal terjadinya keretakan, tahap perambatan keretakan dan tahap patah akhir yang sering disebut patah statis.



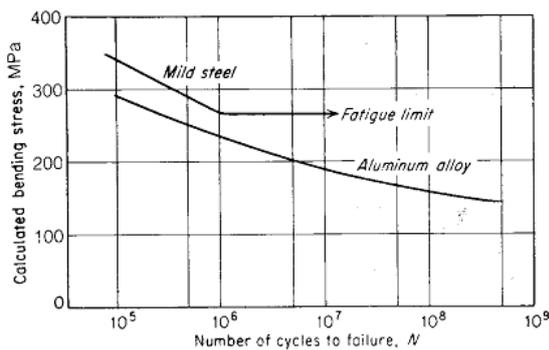
Gambar 3. Mekanisme kelelahan logam

Secara makroskopis awal retakan dimulai dengan terjadinya deformasi plastik setempat yang disebabkan oleh besarnya pemusatan tegangan akibat adanya cacat pada material, antara lain:

1. Tergoresnya permukaan
2. Retah yang terdapat pada permukaan
3. Inklusi yaitu adanya diskontinue akibat adanya logam yang tidak menyatu dengan logam lain dalam satu paduan.

Proses deformasi selalu diawali melalui dislokasi atau cacat bidang. Cacat bidang yang terdapat pada kristal logam adalah cacat batas butir. Pada batas butir terdapat distorsi yang baik karena terdapat pengaruh tegangan permukaan interaksi atom-atom paa tegangannya.

Tegangan uji lelah setelah mengalami sejumlah siklus pembebanan akan terjadi retak mikro dimana pada tahap ini retak mulai menginti. Kemudian terjadi retak makro yang akan merambat sehingga penampang sisa akan menjadi semakin kecil yang pada akhirnya panampang tersebut tidak lagi dapat menahan beban berfluktuasi. Umur ketahanan lelah selalu di nyatakan pada siklus yang dicapai material tersebut pada saat material patah akibat pembebanan yang diberikan pada daat pengujian.



Gambar 4. Batas lelah logam ferrous dan non-ferrous

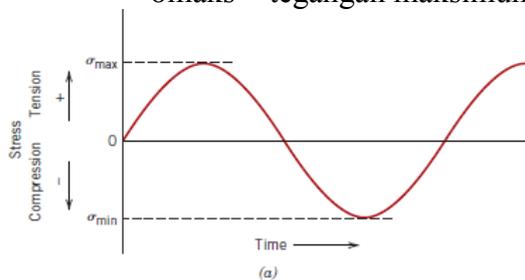
Uji lelah yang sederhana dilakukan dengan memberikan pembebanan atau tegangan yang relatif sederhana, yaitu beban uniaksial atau lenturan. Dengan beban tersebut akan diperoleh tegangan tarik dan tegangan tekan yang berfluktuasi.

Notasi tegangan yang biasa dipakai dari kondisi beban yang berulang tersebut dapat dikenai berbagai parameter tegangan, yaitu:

Rasio tegangan (stress ratio) :  $R =$

Dimana :  $\sigma_{min}$  = tegangan minimum

$\sigma_{maks}$  = tegangan maksimum



Gambar 5. Notasi untuk beban siklus amplitudo konstan

Kekuatan tarik memiliki hubungan berbanding lurus dengan kekuatan lelah, semakin besar kekuatan tarik maka semakin besar kekuatan lelahnya suatu material. Kekuatan lelah adalah tegangan maksimum yang bisa diterima material yang dapat menyebabkan kegagalan material pada siklus tertentu.

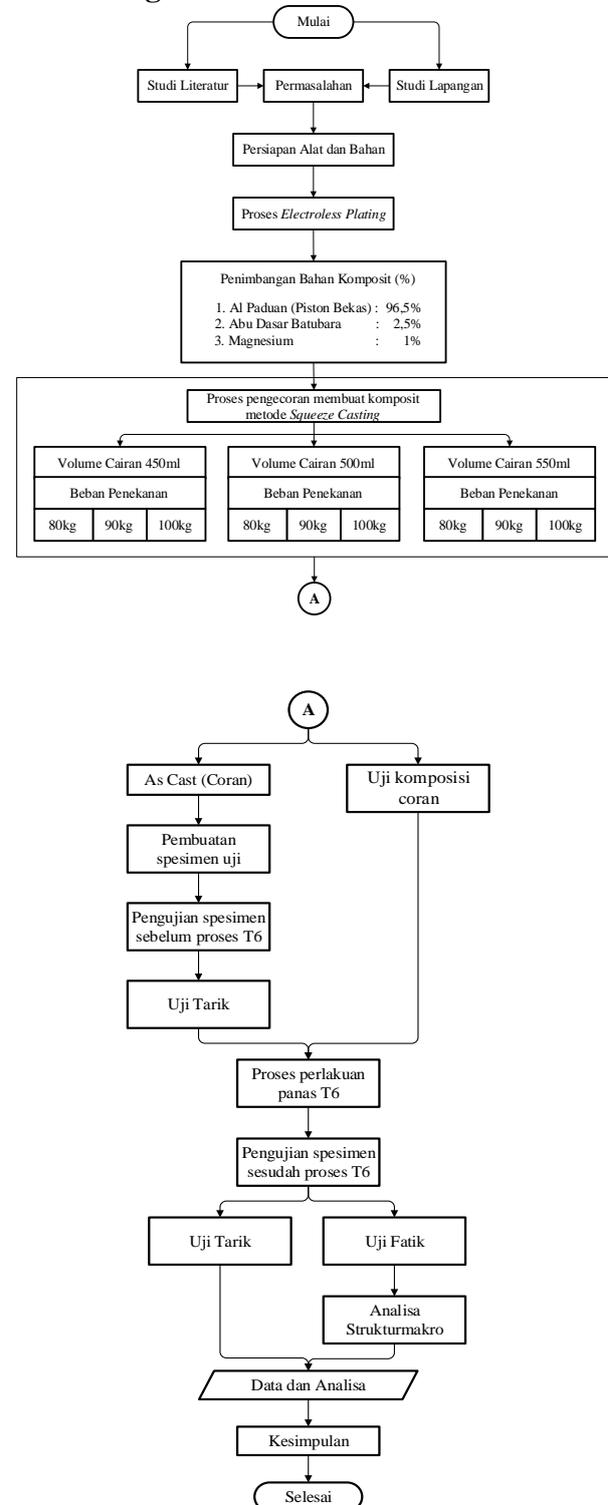
## PROSEDUR EKSPERIMEN

### Pengumpulan Aluminium Paduan

Aluminium paduan (Piston Bekas) didapat diberbagai lokasi, terutama ditempat bengkel sepeda motor dan bengkel mobil atau truk. Titik pencarian piston bekas tersebut sampai

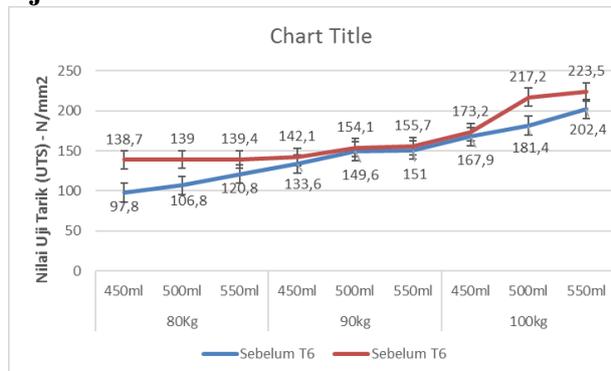
keberbagai daerah yaitu di daerah Rembang jawa tengah, Ngawi, Sidoarjo dan Surabaya.

## Metodologi



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Tarik



Gambar 6. Grafik hasil uji tarik sebelum T6 dan sesudah T6

Dari gambar 6. diatas menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik meningkat setelah diperlakukan proses perlakuan panas T6. Kekuatan tarik tertinggi terletak pada spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg setelah diperlakukan proses perlakuan panas T6 dengan nilai kekuatan tarik 223,5 N/mm<sup>2</sup>. Dan nilai kekuatan tarik terendah terletak pada spesimen volume cairan 450ml dengan beban penekanan 80kg sebelum diperlakukan proses perlakuan panas T6 dengan nilai kekuatan tarik 97,2N/mm<sup>2</sup>.

### Uji Ketahanan Lelah

Pengujian Fatik dilakukan pada spesimen yang telah diperlakukan panas T6 dengan pembebanan (Py 0,6).

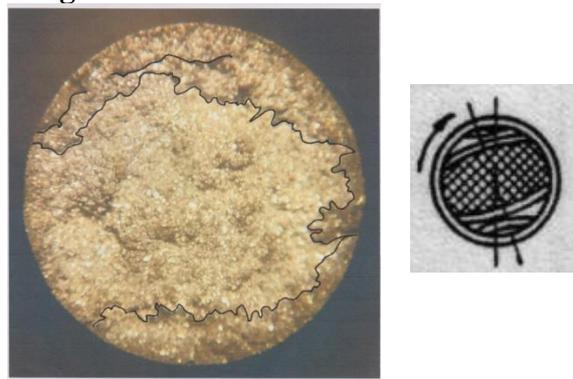


Gambar 7. Grafik hubungan umur kelelahan terhadap pembebanan pada pengujian fatik.

Dari grafik tersebut menjelaskan bahwa kekuatan tarik memiliki hubungan yang

berbanding lurus terhadap ketahanan lelah, semakin besar kekuatan tariknya maka umur lelahnya semakin besar. Nilai umur lelah paling tinggi terletak pada kode spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg (C3) memiliki umur lelah 30.450siklus. Sedangkan nilai umur lelah terendah terletak pada spesimen volume cairan 450ml dengan beban penekanan 80kg (A1) yaitu 12.065siklus.

### Pengamatan Strukturmakro



Gambar 8. Patahan uji fatik spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg

Dari gambar 4. menunjukkan bahwa patahan pada spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg mengilustrasikan patahan tipe 3d yaitu disebabkan oleh rotasi tegangan lentur rendah dengan beban berat. Jenis kelelahan yang berbeda-beda dengan mempelajari tampilan permukaan retak dari kegagalan fatik adalah mungkin untuk menentukan tingkat kelebihan beban serta tingkat relatif dari konsentrasi tegangan..

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dari spesimen yang telah diperlukannya proses perlakuan panas T6 nilai rata-rata kekuatan tarik semakin meningkat. Hal ini berarti perlakuan panas T6 dapat merubah atau menaikkan sifat mekanik. Dari spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg sebelum diperlakukan panas T6 memiliki kekuatan tarik 202,4 N/mm<sup>2</sup> dan sesudah diperlakukan panas T6 memiliki kekuatan tarik sebesar 223,5 N/mm<sup>2</sup>.

2. Beban penekanan sangat berpengaruh pada nilai kekuatan tarik. Semakin berat beban yang diberi maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai maksimum terletak pada spesimen beban penekanan 100kg dengan nilai kekuatan tarik  $223,5 \text{ N/mm}^2$ . Dan nilai minimum terletak pada beban penekanan 80kg dengan nilai kekuatan tarik  $138,7 \text{ N/mm}^2$ .
  3. Pada volume cairan yang lebih banyak memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi. Nilai maksimum terletak pada spesimen volume cairan 550ml dengan nilai kekuatan tarik  $223,5 \text{ N/mm}^2$ . Dan nilai minimum terletak pada volume cairan 450ml  $138,7 \text{ N/mm}^2$ .
  4. Nilai umur lelah berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik. Semakin tinggi nilai kekuatan tarik maka nilai umur lelah semakin meningkat. Nilai maksimum umur lelah terletak pada spesimen beban penekanan 100kg dengan volume cairan 550ml memiliki nilai ketahanan lelah sebesar 30.450 siklus.
  5. Dari uji strukturmakro spesimen volume cairan 550ml dengan beban penekanan 100kg memiliki bentuk patahan akibat uji umur kelelahan dengan tipe 3d yaitu disebabkan oleh rotasi tegangan lentur rendah (*low stress concentration*) dengan beban berat (*heavy over-loading*). Jika ada konsentrasi, zona kelelahan berbentuk cembung, dilihat dari fraktur inisiasi. Ketika konsentrasi tegangan meningkat, ada zona perubahan cekung yang bertahap dan terus menerus berubah.
- Respati, Bondan Sri Mulyo, Saiful Amin, dan Helmy Purwanto. "Effect Alumina of Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite and Squeeze Casting Pressure on Tensile Strength and Microstructure." Proceeding of the 2nd International Seminar and Conference on Global Issues (ISoGI), 2016: A.6-1 - A.6-7

### REFERENSI

- Apris, Latif Kuncoro Wasmi, Dedy Masnur, dan M. Dalil. "Studi Karakteristik Mekanik dan Strukturmikro Coran Aluminium Minuman Kaleng." Casting and Solidification Technology Group Vol. 3 No. 2, 2016.
- DhanaShekar, M., dan V. S. Senthil Kumar. "Squeeze Casting of Aluminium Metal Matrix Composites-An Overview." 12th global congress on manufacturing and management, GCMM, Procedia Engineering, 2014: 412-420.