



## KUAT TARIK DAN STRUKTURMIKRO KOMPOSIT ALUMINIUM PADUAN-ABU DASAR BATUBARA SETELAH PROSES PERLAKUAN PANAS T6

Mohammad Lucky Andrian, Harjo Seputro, ST., MT.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: [mohammadluckya@gmail.com](mailto:mohammadluckya@gmail.com)

### ABSTRAK

Pengecoran *squeeze casting* adalah suatu pengecoran logam dengan cara menempa logam cair dalam cetakan dengan tekanan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu tuang dan durasi penekanan pada pengecoran *squeeze casting* terhadap kekuatan tarik dan strukturmikro pada komposit alumunium paduan-abu dasar batubara. Dalam penelitian ini penulis memvariasikan waktu tuang 5 detik, 10 detik, dan 15 detik, kemudian durasi penekanan 60 detik, 90 detik, dan 120 detik dengan beban penekan 100kg. Prosentase berat komposit yaitu 15 kg dengan 96,5 % alumunium paduan, 2,5 % abu dasar batu bara, dan 1 % Magnesium. Sehingga penelitian ini mendapatkan hasil uji tarik paling tinggi pada spesimen dengan variasi waktu tuang 15 detik dan durasi penekanan 120 detik setelah dilakukan proses perlakuan panas T6. Dengan hasil 167,2 N/mm<sup>2</sup>, untuk bentuk strukturmikronya agak bulat kecil-kecil dan lebih padat yang dianalisis dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hal ini berarti menunjukkan bahwa waktu tuang dan durasi penekanan yang lama pada pengecoran *squeeze casting* alumunium paduan-abu dasar batubara dapat meningkatkan sifat mekanik.

**Kata kunci :** Komposit matrik logam, *squeeze casting*, waktu tuang, durasi penekanan, kekuatan tarik, strukturmikro.

### I. PENDAHULUAN

Dalam aplikasinya mur dan baut merupakan bagian dari komponen permesinan dan banyak digunakan sebagai pengikat atau penyambung antara dua atau lebih komponen yang tidak secara permanen, sehingga mudah dipasang dan dilepas dari komponen yang diikat atau disambungnya. Umumnya mur dan baut akan mengalami beberapa bentuk pembebanan yang terjadi, seperti beban puntir, beban geser dan beban tarik, tergantung dari beban yang diterimanya. Jika beban yang diberikan lebih besar dari kekuatan yang diijinkan dari mur baut itu sendiri maka dapat mengakibatkan mur dan baut tersebut putus atau rusak. Risiko

keruntuhan ulir akibat gaya tarik akan tinggi terjadi pada proses pengencangan baut dan mur. Dimana *American Institute of Steel Construction* (AISC) (2015) mensyaratkan minimum 70% kekuatan tariknya. Itu semua merupakan hal penting karena terkait dengan besarnya gaya prategang perlu untuk sambungan baut dengan mekanisme slip-kritis (**Wiryanto Dewobroto, 2016**). Maka dari itu, bahan material yang digunakan untuk baut dan mur harus kuat, keras dan ulet, supaya mur dan baut tidak mudah rusak atau aus. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah komposit matrik logam dari alumunium paduan - abu dasar batubara yang dibuat dengan metode *squeeze casting*.

Parameter yang berpengaruh pada proses pengecoran *squeeze casting* yaitu waktu tuang dan durasi penekanan sehingga dapat menghasilkan produk coran yang baik.

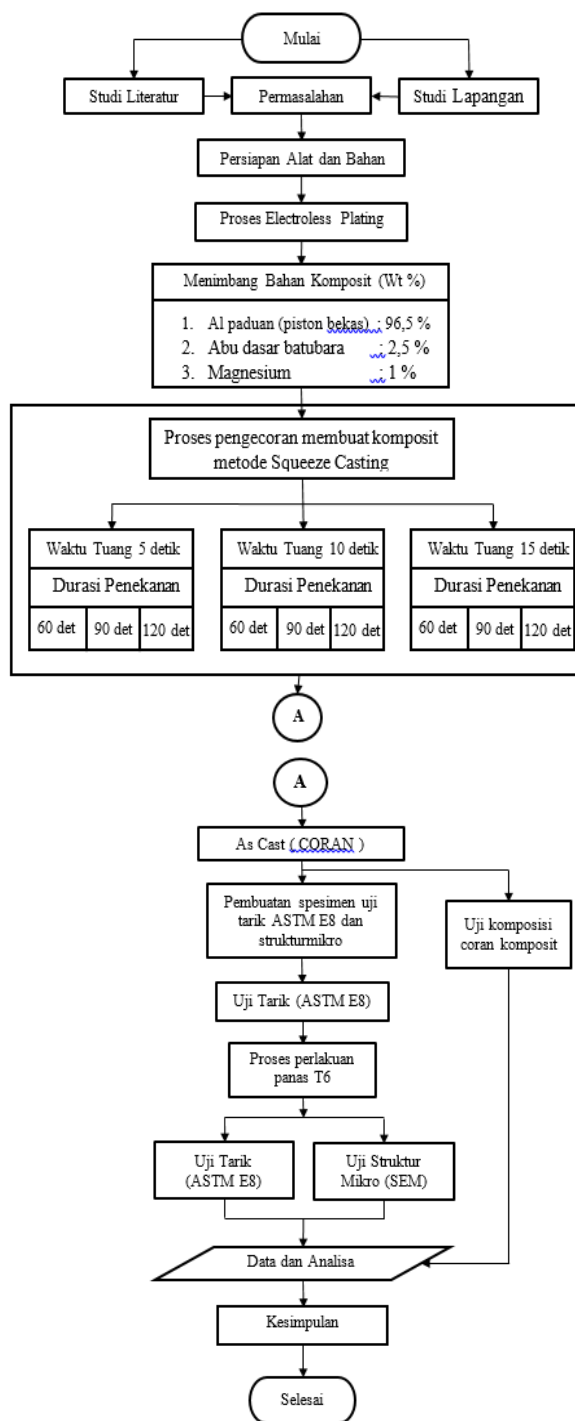
Dalam penelitian ini, menggunakan proses pengecoran bahan komposit alumunium paduan-abu dasar batubara yang dibuat dengan metode *squeeze casting* dengan memvariasikan waktu tuang dan durasi penekanan. Laju pendinginan material akibat pengaruh waktu tuang dan durasi penekanan sangat signifikan pengaruhnya terhadap strukturmikro. Waktu penuangan yang semakin lama akan menghindari terjadinya aliran turbulensi dalam cetakan, dimana aliran turbulensi dapat menimbulkan terperangkapnya gas udara dalam coran sehingga dapat menimbulkan cacat coran, sedangkan pada saat penekanan memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat, maka dari itu dengan hal ini akan menghasilkan strukturmikro yang lebih homogen dan padat serta memperbaiki sifat mekanik. Sehingga dengan waktu tuang yang semakin lama akan meningkatkan sifat mekanik suatu material, sedangkan durasi penekanan pada proses pengecoran *squeeze casting* dapat mengurangi porositas dan meningkatkan sifat mekanik.

Dari uraian latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul kaji eksperimen pengaruh variasi waktu tuang dan durasi penekanan pada metode *squeeze casting* terhadap kekuatan tarik dan strukturmikro sebelum dan sesudah perlakuan panas T6, bahan mur dan baut dari komposit alumunium paduan-abu dasar batubara.

## II. METODE PENELITIAN

Tabel 2.1. Kodifikasi spesimen.

| Durasi Penekanan \ Waktu Tuang | 5 detik | 10 detik | 15 detik |
|--------------------------------|---------|----------|----------|
| 60 detik                       | A1      | B1       | C1       |
| 90 detik                       | A2      | B2       | C2       |
| 120 detik                      | A3      | B3       | C3       |



### 2.1. Persiapan alat dan bahan

Tabel 2.2 Persiapan alat *electroless plating*

|   |                   |    |                  |
|---|-------------------|----|------------------|
| 1 | Gelas erlenmeyer  | 9  | Kompur magnetic  |
| 2 | Gelas beaker      | 10 | Timbangan        |
| 3 | Gelas ukur        | 11 | Neraca digital   |
| 4 | Spatula kaca      | 12 | Lemari asam      |
| 5 | Spatula steinless | 13 | Oven             |
| 6 | Termometer        | 14 | Cawan penguapan  |
| 7 | Magnetic stirrer  | 15 | Kain pembersihan |

**Tabel 2.3** Bahan *electroless plating*

|    |                        |        |
|----|------------------------|--------|
| 1. | Abudasar Batubara      | 120 gr |
| 2. | Alkohol teknis 95 %    | 500 ml |
| 3. | Serbuk magnesium       | 0,3 gr |
| 4. | Serbuk aluminium murni | 1,5 gr |
| 5. | HNO <sub>3</sub> (65%) | 120 ml |

**Tabel 2.4.** Persiapan alat *squeeze casting*

|   |                                 |    |                                |
|---|---------------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Timbangan                       | 8  | Stopwatch                      |
| 2 | Neraca digital                  | 9  | Pengaduk                       |
| 3 | Tungku pelebur                  | 10 | Penjepit                       |
| 4 | Kowi                            | 11 | Alat penuang                   |
| 5 | Burner                          | 12 | Cetok                          |
| 6 | Thermocouple dan Thermo digital | 13 | Sarung tangan                  |
| 7 | Tangki solar                    | 14 | Cetakan <i>squeeze casting</i> |

**Tabel 2.5.** Bahan pengecoran *squeeze casting*

|    |   |                    |
|----|---|--------------------|
| 1. | Abu dasar batubara yang sudah di <i>electroless plating</i> | 2,5 % (0,375 kg)   |
| 2. | Magnesium   | 1 % (0,150 kg)     |
| 3. | Aluminium paduan (piston bekas) berbagai merk               | 96,5 % (14,475 kg) |

## 2.2. Proses *electroless plating*

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Melakukan proses pemisahan partikel dengan ayakan ukuran 460 mesh.
2. Melakukan kalsinasi dengan temperatur 100 °C selama 3 jam pada abu dasar batu bara.
3. Membersihkan abudasar batu bara dengan alkohol teknis 95 % menggunakan *magnetic stirrer* sebanyak 3 kali pencucian
4. Abu dasar yang sudah dibersihkan dikeringkan dahulu dengan oven dengan temperatur 100 °C selama 1 jam.
5. Menimbang material serbuk abu dasar batubara , serbuk Mg, dan serbuk aluminium murni.
6. Masukkan cairan *electroless* HNO<sub>3</sub> ke dalam gelas erlenmeyer yang diletakkan di atas tungku pemanas *magnetic* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam.

7. Serbuk abu dasar batubara dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan *stir* dengan putaran yang sama selama 1 jam.
8. Kemudian Mg dimasukkan ke dalam larutan HNO<sub>3</sub> + abu dasar batu bara dan di *stir* selama 1 jam kemudian tunggu
9. Mengeringkan abu dasar batu bara (oksidasi) menggunakan oven dengan temperature 300<sup>0</sup> C dengan waktu tahan 3 jam.

## 2.3. Menimbang bahan komposit

Pada Proses ini dilakukan penimbangan komposisi dari material komposit supaya mendapat takaran yang sesuai kebutuhan proses pengecoran. Berikut langkah-langkahnya :

1. Menyiapkan alat timbangan dan bahan yang akan ditimbang.
2. Bahan komposit yang dibutuhkan sebanyak 15 kg dengan prosentase tiap bahan sebagai berikut :
  - a. Aluminium paduan : 96,5 %
  - b. Serbuk abu dasar batubara : 2,5 %
  - c. Magnesium : 1 %
3. Mengkalibrasi alat timbangan supaya mendapatkan hasil yang akurat saat peimbangan
4. Menimbang setiap jenis bahan yang akan ditentukan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan
5. Membungkus dan memberi label atau tanda pada setiap jenis bahan yang telah ditimbang supaya tidak tertukar dengan spesimen lainnya.

## 2.4. Proses pengecoran dengan metode *squeeze casting*

Setelah menimbang komposisi bahan komposit yang telah ditentukan selesai. Berikut adalah langkah-langkah proses pengecoran dengan metode *squeeze casting* :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengecoran.
2. Menyalakan *burner* untuk memanaskan kowi peleburan.
3. Panaskan aluminium paduan (piston bekas) kedalam kowi peleburan sebanyak kg sampai titik leburnya yaitu 700<sup>0</sup> C.

4. Setelah mencapai titik leburnya, masukkan abu dasar batu bara yang sudah di electroless kedalam kowi peleburan dan diaduk sehingga akan menyatu dengan baik antara aluminium paduan (piston bekas) dan abu dasar batubara.
5. Sebelum dituang ke cetakan, biarkan temperatur cairan cor tersebut mencapai 700<sup>0</sup> C ,kemudian tuangkan ke dalam cetakan dengan variasi waktu tuang (5 detik , 10 detik , 15 detik) dan beban penekanan dengan durasi penekanan (60 detik , 90 detik , 120 detik) pada beban yang sama yaitu 100 kg.

### 2.5. Proses permesinan pembuatan spesimen uji

Proses permesinan ini dilakukan setelah proses pengecoran dengan metode *squeeze casting*. Spesimen dikeluarkan dari dalam cetakan setelah mencapai suhu kamar. Berikut langkah-langkah proses permesinan membuat specimen uji :

1. Memepersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk proses permesinan spesimen uji.
2. Menentukan dimensi spesimen uji yang akan dibuat yaitu sesuai standar ASTM E8/E8M.
3. Memotong hasil coran sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan (54 spesimen uji).

### 2.6. Proses perlakuan panas T6

Langkah pertama sebelum proses perlakuan panas T6 yaitu spesimen harus diberikan kode sesuai dengan variasi saat pengecoran yaitu waktu tuang dan durasi penekanan. Berikut langkah-langkah perlakuan panas T6 :

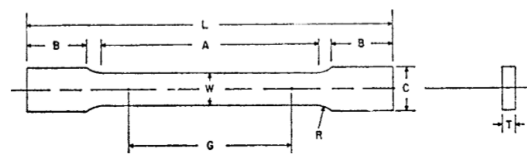
1. Panaskan (*solution treatment*) spesimen uji aluminium paduan -abu dasar batu bara pada temperature 450<sup>0</sup>C ditahan selama 30 menit.
2. Didinginkan cepat (*quenching*) dengan air mendidih 100<sup>0</sup>C yang sebagai media pendingin sampai temperature kamar.

3. Setelah itu dipanaskan kembali (*aging*) sampai temperature 100<sup>0</sup>C selama 1 jam.
4. Kemudian didinginkan secara normal sampai temperature ruangan / kamar.

### 2.7. Proses uji tarik

Pengujian tarik dilakuan dua kali yaitu sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan sifat mekanik kekuatan taik sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas T6. Sebelum uji tarik berikan kode pada setiap variasi yang digunakan. Berikut ini adalah prosedur pengujian tarik :

1. Mengukur benda uji dengan ukuran yang standar ASTM E8/E8M
2. Mengukur panjang awal ( $L_0$ ) dan luas penampang ( $A$ ) irisan benda uji.
- 3.



**Gambar 2.1.** Spesimen uji tarik ASTM E8/E8M.

**Tabel 2.6.** Dimensi spesimen uji tarik ASTM E8.

|                                      | Dimensi (mm) | Toleransi (mm) |
|--------------------------------------|--------------|----------------|
| <b>G - Gage length</b>               | 25           | ± 0,1          |
| <b>W - Width</b>                     | 6            | ± 0,1          |
| <b>R - Radius of fillet</b>          | 6            | ± 0,25         |
| <b>L - Overall Length</b>            | 100          | ± 4            |
| <b>A - Length of reduced section</b> | 32           | ± 1.25         |
| <b>T - Thicknes</b>                  | 6            | ± 1.25         |
| <b>B - Length of grip section</b>    | 30           | ± 1.25         |
| <b>C - Width of grip section</b>     | 10           | ± 0.375        |

4. Ukurlah benda yang diuji pada pegangan (*grip*) atas dan pegangan bawah pada mesin uji tarik.

5. Hidupkan mesin uji tarik dan lakukan pembebanan pada benda uji tarik sampai specimen terputus.
6. Mencatat, beban maksimal, dan beban putus, kemudian cari titik beban luluhnya yang terdapat pada skala mesin uji tarik.
7. Melepaskan specimen uji tarik pada pegangan atas dan bawah, kemudian satukan keduanya seperti semula, untuk mengukur panjang akhir setelah putus.
8. Mengukur panjang pertambahan panjang yang terjadi pada specimen uji

### 2.8. Proses uji strukturmikro setelah T6 dengan SEM.

Pengujian struktur mikro dengan SEM bertujuan untuk melihat bentuk butir dari komposit aluminium paduan-abu dasar batubara dari setiap variasi pada saat proses *squeeze casting* setelah proses T6. Berikut ini langkah-langkah uji mikro dengan SEM sebagai berikut :

1. Siapkan specimen yang sudah ditandai dan alat yang digunakan dalam proses pengujian mikro dengan SEM.
2. Specimen harus digosok terlebih dahulu dengan amplas dari yang kasar sampai amplas paling halus
3. Setelah halus dioleskan autosol pada permukaan yang halus kemudian digosokkan pada kain bludru hingga mengkilap seperti kaca.
4. Sebelum diuji, specimen harus sudah melalui proses *etching* (etsa) yang bertujuan untuk memunculkan batas butir dari permukaan material yang di etsa. Cairan etsa yang digunakan untuk Al seri 2xxx menggunakan HF Acid 40%.
5. Setelah di etsa, setiap specimen ditempelkan di tempat seperti meja kecil kemudian di masukkan ke mesin uji SEM.
6. Mesin uji SEM di nyalakan beserta perangkat pendukungnya.
7. Kemudian setiap permukaan di *scan* permukaan yang di etsa, diatur dimana lokasi yang diinginkan dan berapa pembesaran yang diinginkan kemudian di ambil gambar mikronya.
8. Kemudian di simpan di komputer filenya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

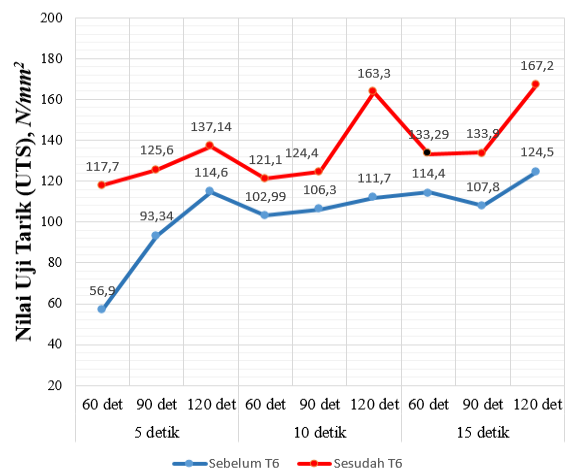
### 3.1. Data hasil uji tarik

Tabel 3.1. Data hasil uji tarik sebelum T6

| No. | Kode Spesimen | Ultimate Tensile Strength, N/ mm <sup>2</sup> |
|-----|---------------|---|
| 1   | A1            | 56,9  |
| 2   | A2            | 93,34   |
| 3   | A3            | 114,6   |
| 4   | B1            | 102,99  |
| 5   | B2            | 106,3   |
| 6   | B3            | 111,7   |
| 7   | C1            | 114,4   |
| 8   | C2            | 107,8   |
| 9   | C3            | 124,5   |

Tabel 3.2. Data hasil uji tarik sesudah T6

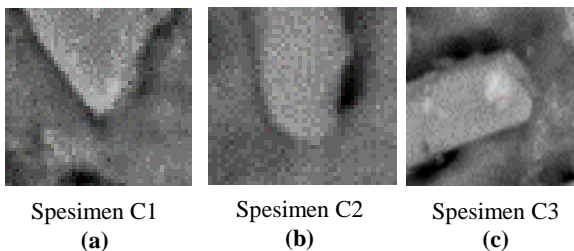
| No. | Kode Spesimen | Ultimate Tensile Strength, N/ mm <sup>2</sup> |
|-----|---------------|---|
| 1   | A1            | 117,7   |
| 2   | A2            | 125,6   |
| 3   | A3            | 137,14  |
| 4   | B1            | 121,1   |
| 5   | B2            | 124,4   |
| 6   | B3            | 163,3   |
| 7   | C1            | 133,29  |
| 8   | C2            | 133,9   |
| 9   | C3            | 167,2   |



Gambar 3.1. Grafik data hasil uji tarik dari pengaruh waktu tuang dan durasi penekanan pada perlakuan panas T6.

Dari gambar 3.1 di atas menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik meningkat setelah dilakukan proses perlakuan panas T6. Kekuatan tarik tertinggi terletak pada spesimen C3 setelah proses T6, yaitu pada waktu tuang 15 detik dan durasi penekanan 120 detik dengan nilai kekuatan tarik 167,2 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan tarik terendah terletak pada spesimen A1 sebelum proses T6, yaitu pada durasi penekanan 60 detik dengan waktu tuang 5 detik sebelum proses perlakuan panas T6 dengan nilai kekuatan tarik 59,9 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga ketika waktu tuang dan durasi penekanan yang diberikan semakin lama nilai rata-rata kekuatan tarik semakin meningkat.

### 3.2. Hasil pengujian strukturmikro Setelah T6 dengan SEM.



**Gambar 3.2.** (a) bentuk struktur mikro spesimen C1, (b) bentuk struktur mikro spesimen C2, (c) bentuk struktur mikro spesimen C3.

Pada spesimen C1 bentuk ujung strukturmikronya lancip sudut 60<sup>0</sup>, sedangkan spesimen C2 bentuk ujung strukturmikronya agak bulat pipih sudut 100<sup>0</sup> dan spesimen C1 bentuk ujung strukturmikronya tumpul pipih sudut 170<sup>0</sup>, bentuk mikro yang demikian mempunyai konsentrasi tegangan yang terdistribusi pada ujung mikronya sehingga kekuatan tariknya tinggi.

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data pengaruh variasi waktu tuang dan durasi penekanan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro bahan komposit alumunium paduan-abu dasar batu bara, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi waktu tuang sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik, semakin lama waktu tuang maka nilai rata-rata kekuatan tarik semakin meningkat,

karena waktu tuang yang semakin lama akan menghindari terjadinya turbulensi yang dapat menimbulkan terperangkapnya gas udara yang menimbulkan cacat coran. Nilai kekuatan tarik tertinggi sebelum T6 dicapai pada waktu tuang 15 detik dengan durasi penekanan 120 detik nilai kekuatan tariknya sebesar 124,4 N/mm<sup>2</sup>, kemudian setelah dilakukan perlakuan panas T6 meningkat kekuatannya sebesar 34,2 % dengan nilai sebesar 167,2 N/mm<sup>2</sup>.

2. Pengaruh variasi durasi penekanan sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik, semakin lama durasi penekanan maka nilai rata-rata kekuatan tarik semakin meningkat. Nilai kekuatan tarik tertinggi sebelum T6 dicapai pada durasi penekanan 120 detik dengan waktu tuang 15 detik nilai kekuatan tariknya sebesar 124,4 N/mm<sup>2</sup>. Kemudian setelah dilakukan perlakuan panas T6 meningkat kekuatannya sebesar 34,2 % dengan nilai sebesar 167,2 N/mm<sup>2</sup>. Faktor yang mempengaruhi kenaikan kekuatan tarik adalah durasi penekanan, semakin lama durasi penekanan akan menghasilkan produk coran yang homogen dan lebih padat sehingga meningkatkan sifat mekanik dan mengurangi *porosity* pada coran.
3. Pengaruh waktu tuang dan durasi penekanan terhadap strukturmikro, semakin cepat waktu tuang dan durasi penekanan maka bentuk ujung strukturmikronya lancip, struktur mikro yang demikian dapat menimbulkan *cracking*, sehingga sifat mekaniknya menurun, karena konsentrasi tegangan berpusat pada ujung struktur mikro dan tidak dapat terdistribusi apabila terkena suatu gaya, sedangkan semakin lama waktu tuang dan durasi penekanan maka struktur mikro semakin padat dan bentuk ujungnya agak tumpul dan agak bulat, dengan bentuk yang demikian konsentrasi tegangan akan terdistribusi apabila material terkena suatu gaya, sehingga sifat mekaniknya lebih baik.

## V. REFERENSI

- ASTM E8/E8M. “Standard Testing Methods for Tension Testing of Metallic Materials”
- Dewobroto, W. (2016). Studi Karakteristik Baut Mutu Tinggi (A325 dan Grade 8.8) Terhadap Tarik dan Pengaruhnya pada Perencanaan Sambungan. *Researchgate*.
- Prof. Kiyohiko NAKASAKI (TITech Japan). (2015). Retrieved from Chemical Engineering Dept. UGM Yogyakarta website :  
<https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/>