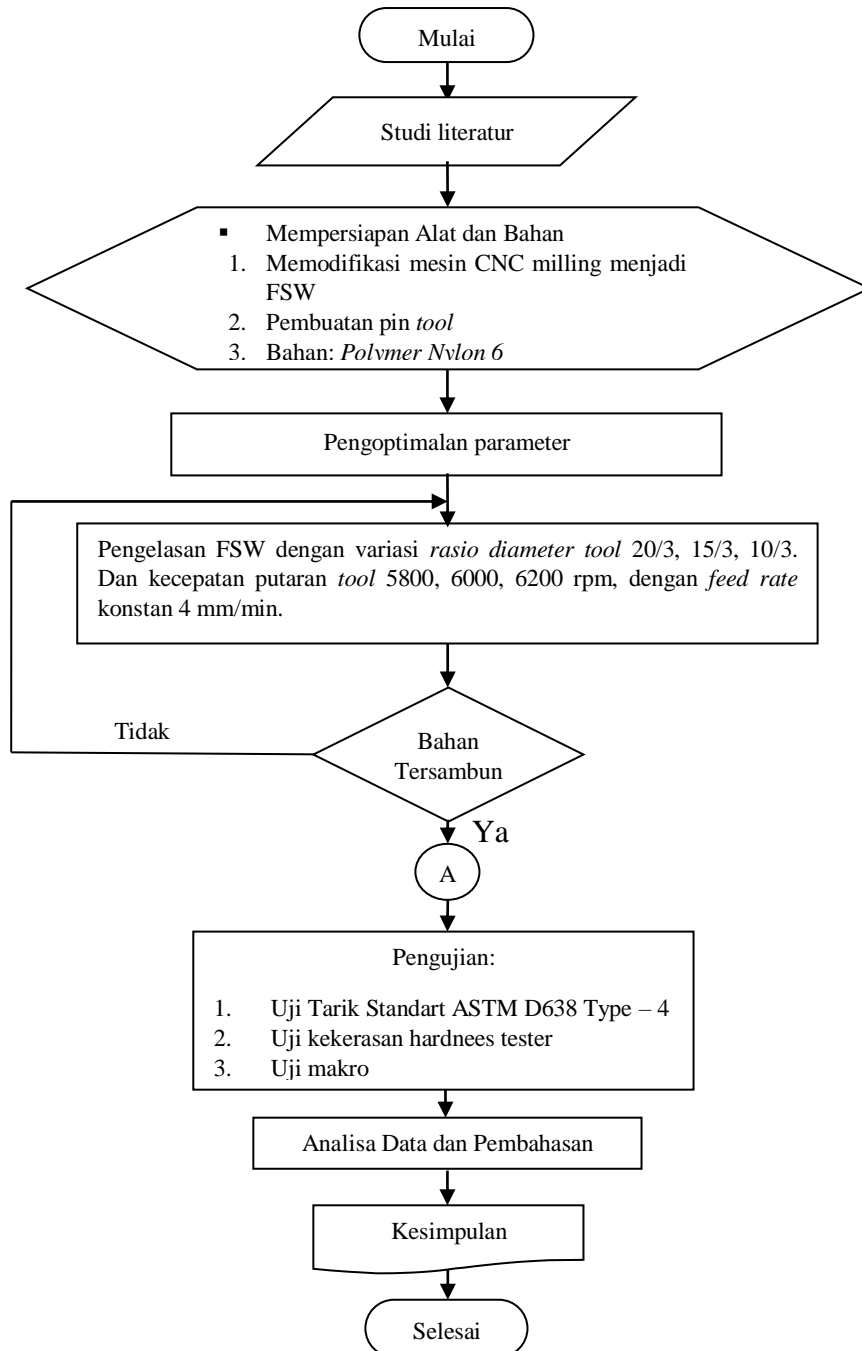


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

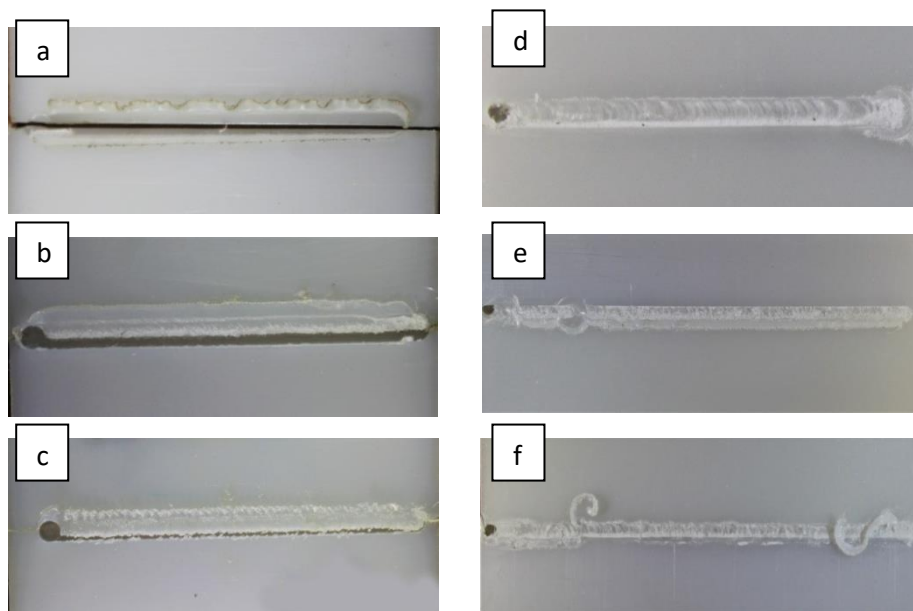
Langkah-langkah dalam proses pengelasan dengan metode FSW dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



**Gambar 3.1** Diagram Alir Percobaan FSW pada Plat *Polymer Nylon 6*

Dari **Gambar 3.1** dapat dilihat diagram alir penelitian FSW pada bahan *Nylon 6*. Diagram alir menjelaskan langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini. Diawali dengan memulai, dan selanjutnya dilakukan studi literatur yaitu mempelajari dan mengkaji teori-teori yang berkaitan dengan tema penelitian dari sumber yang ada. Bahan kaji yang digunakan adalah jurnal, buku, artikel mengenai proses, alat, bahan, dan metode yang terkait. Setelah didapatkan teori yang cukup, selanjutnya mempersiapkan alat, dan bahan, langkah pertama dari tahap ini adalah memodifikasi mesin CNC *milling* menjadi mesin FSW dengan mengganti pencekam benda kerja pada mesin CNC, langkah kedua yaitu pembuatan pin *tool* dengan mesin bubut, material pin *tool* yang digunakan adalah baja ST80, langkah ketiga yaitu mempersiapkan bahan untuk pengelasan, bahan yang digunakan yaitu *Nylon 6* dengan ukuran 130 mm x 65 mm dan ketebalan 4 mm. Setelah persiapan alat dan bahan dilanjutkan tahap berikutnya yaitu pengoptimalan parameter untuk mendapatkan parameter yang akan dipilih untuk dilakukan penelitian. Penentuan parameter dilihat dari kualitas hasil pengelasan secara visual. Pada penelitian ini parameter yang digunakan antara lain variasi rasio diameter *tool*, kecepatan putar *tool*, dan *feed rate*, namun pada penelitian ini hanya parameter kecepatan putar *tool* yang diberi variasi, pada rasio diameter *tool* variasi yang digunakan sudah ditentukan yaitu 10/3, 15/3, dan 20/3. Pengoptimalan Kecepatan putar *tool* dilakukan dari kecepatan rendah hingga kecepatan tinggi yaitu antara 900 rpm hingga mendekati 7000 rpm dengan *feed rate* 2 mm/min hingga 10 mm/min. Setelah pengoptimalan parameter dilakukan, didapatkan *feed rate* dan variasi kecepatan putar *tool* terpilih, untuk *feed rate* 4 mm/menit dan parameter kecepatan putar *tool* 5800, 6000, dan 6200 rpm. Pada parameter terpilih menghasilkan sambungan pengelasan yang baik dari segi visual. Sedangkan pada sambungan selain dari parameter terpilih, sambungan pengelasan masih terdapat rongga yang cukup dalam di sepanjang lintasan pengelasan, bahkan pada kecepatan putar *tool* 900 rpm benda kerja tidak dapat menyambung, karena panas yang dihasilkan dari gesekan putar *tool*

belum cukup untuk melelehkan benda kerja sehingga benda kerja tidak dapat tersambung, seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.2**. Pada kecepatan putar *tool* 5800, 6000, dan 6200 rpm dan *feed rate* 4 mm/menit sambungan yang dihasilkan baik, tidak terdapat rongga sepanjang pengelasan. Setelah dilakukan pengoptimalan parameter dan telah mendapatkan parameter terpilih lalu dilakukan pengambilan data proses pengelasan FSW dengan variasi rasio diameter *tool* 10/3, 15/3, dan 20/3 dengan kecepatan putar *tool* 5800, 6000, dan 6200 rpm dan *feed rate* yang digunakan 4 mm/menit. Selanjutnya tahap berikutnya yaitu proses pengujian, spesimen hasil pengelasan dipotong sesuai dengan standar ASTM D638 *type* 4 menggunakan mesin potong *water jet* untuk digunakan pengujian tarik, pengujian kekerasan dan foto makro. Setelah semua pengujian selesai, data hasil pengujian dianalisa dan dibuat kesimpulan.



**Gambar 3.2** Hasil sambungan dari proses optimasi parameter a). dengan kecepatan putar *tool* 900 rpm , b). dengan kecepatan putar *tool* 1800 rpm, c). dengan kecepatan putar *tool* 4000 rpm, d). dengan kecepatan putar *tool* 5800 rpm, e). dengan kecepatan putar *tool* 6000 rpm, f). dengan kecepatan putar *tool* 6200 rpm, dan rasio diameter *tool* 15/3 pada setiap parameter.

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat yang digunakan pada penelitian

#### 1. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk pembuatan *tool* yang nantinya digunakan untuk proses FSW. Mesin yang digunakan yaitu mesin bubut Takisawa TAL-460 ditunjukkan pada **Gambar 3.3**, yang berada pada bengkel teknik mesin SMK Tunas Harapan Pati.



**Gambar 3.3** Mesin Bubut

#### 2. Mesin CNC Milling

Mesin CNC Milling digunakan untuk proses pengelasan FSW. Mesin tersebut dimodifikasi terutama pada tempat pengekaman sesuai dengan kebutuhan untuk dapat digunakan mengekaman benda kerja yang akan dilas. Mesin CNC milling tersebut berada pada bengkel teknik mesin SMK Tunas Harapan Pati. Jenis mesin CNC milling yang digunakan merupakan produk dari Krisbow Esemka ditunjukkan **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Mesin CNC Milling

### 3. Mesin Potong Water Jet

Mesin Water Jet berfungsi sebagai alat pemotong (*Cutting*), untuk pembuatan spesimen benda uji dengan standart ASTM D638 *Type-4*. Mesin ini berada di bengkel Citra Jogja Kreasi ditunjukkan **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Mesin Water Jet (Citra Jogja Kreasi, 2019)

### 4. Alat Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan adalah Zwick/Roell, yang berada di Politeknik ATMI Surakarta. Mesin ini digunakan untuk pengujian tarik pada penelitian ini dengan standart ASTM D638 *Type-4* dari spesimen hasil pengelasan FSW.



**Gambar 3.6** Mesin Uji Tarik Zwick/Roell

## 5. Gerinda Potong

Gerinda potong pada penelitian ini digunakan untuk memotong lembaran material *Nylon 6* yang digunakan untuk benda kerja pada proses pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) ditunjukkan **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Gerinda Potong

## 6. Alat uji makro

Alat uji makro pada penelitian ini digunakan untuk melihat cacat yang ada pada spesimen hasil pengelasan dan untuk melihat patahan dari hasil uji tarik. Pengujian makro dilakukan di laboratorium mikro-makro teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun alat uji makro yang digunakan adalah model OLYMPUS yang dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



**Gambar 3.8** Alat Uji Makro OLYMPUS

## 7. Alat uji kekerasan

Alat uji kekerasan ini digunakan untuk menguji kekerasan pada spesimen yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah dari semua variasi *rasio diameter tool*. Alat yang digunakan adalah *durometer hardness tester shore D*, penelitian ini dilakukan di Universitas Politeknik ATK Yogyakarta. Adapun alat uji kekerasan ini ditunjukkan pada **Gambar 3.9**.

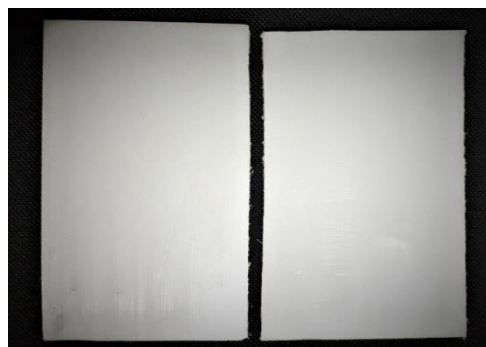


**Gambar 3.9** *Durometer Hardness Tester Shore D*

### 3.2.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

#### 1. Nylon 6

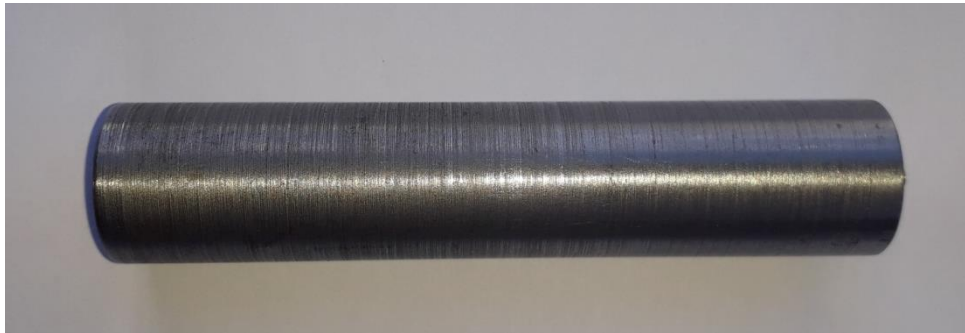
*Nylon 6* yang digunakan memiliki ketebalan 4 mm lebar 100 mm, panjang 170 mm pada **Gambar 3.10**. Material *Nylon 6* ini merupakan salah satu jenis *polymer* yang memiliki ketahanan panas yang tinggi, flaksibel, serta pengaplikasian *polymer* jenis nylon ini sangat banyak digunakan pada komponen-komponen otomotif.



**Gambar 3.10** *Bahan Polymer Nylon 6*

## 2. Baja ST-80

Baja ST-80 yang digunakan memiliki diameter sebesar 25,7 mm dan panjang 350 mm sebelum proses bubut menjadi ukuran yang dikendaki ditunjukkan **Gambar 3.11**. Kegunaan Baja ST-80 dalam penelitian ini yaitu digunakan untuk pembuatan *Tool* pada proses pengelasan FSW. Pembuatan *Tool* dilakukan di bengkel teknik mesin SMK Tunas Harapan Pati.



**Gambar 3.11** Material Baja ST-80

## 3. Lem *plastic steel epoxy*

Lem *plastic steel epoxy* pada penelitian ini digunakan untuk proses pembuatan sambungan pada lembaran *Nylon 6* yang berfungsi untuk pembanding antara hasil dari sambungan pengelasan FSW dengan hasil sambungan lem *plastic steel epoxy* nantinya. Adapun Lem *plastic steel epoxy* yang digunakan merupakan lem yang dibuat dari campuran bahan-bahan berkualitas tinggi, dan terbagi menjadi dua paduan yaitu resin dan hardener dimana proses pemakaiannya kedua paduan tersebut harus di campurkan secara merata. Lem *plastic steel epoxy* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.





Gambar 3.12 Lem *Plastic Steel Epoxy*

### 3.3 Proses Penelitian

#### 3.3.1 Proses Pembuatan *Tool*

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *tool* ini adalah Baja ST-80, dengan dimensi awal adalah panjang 350 mm, Diameter 25,7 mm. Bahan tersebut di bubut dengan ukuran dan bentuk yang dibutuhkan. Proses pembubutan dilakukan menggunakan Mesin perkakas Takisawa seri TAL-460, yang berada di bengkel mesin SMK Tunas Harapan Pati. Dalam penelitian ini digunakan 3 macam *tool* dengan rasio diameter *tool* yang bervariasi, rasio diameter *tool* disini adalah perbandingan antara diameter *sholder* dengan diameter pin *tool*. adapun dimensi dan bentuk *tool* ditunjukkan pada **Gambar 3.13**.



Gambar 3.13 Tiga Variasi *Tool*

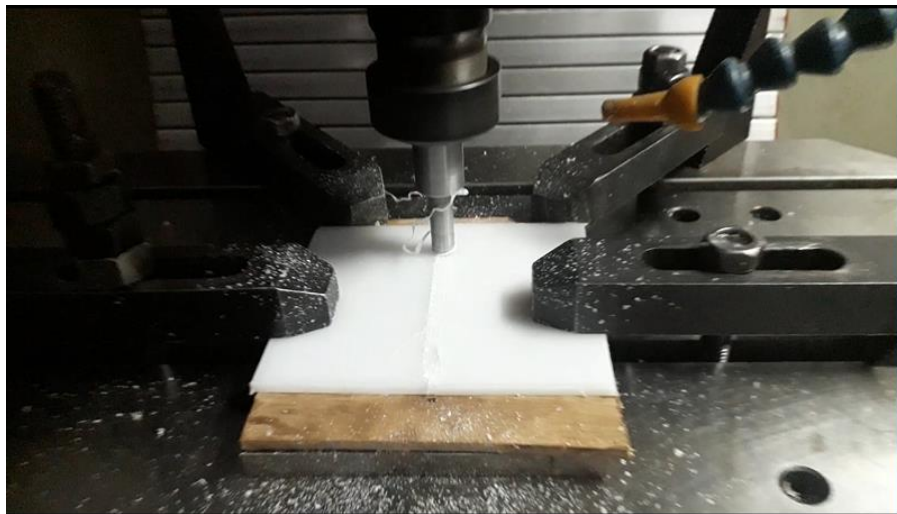
### 3.3.2 Proses Pengelasan

Proses pengelasan dalam penelitian ini menggunakan metode FSW, dimana material yang digunakan adalah *Polymer* jenis *Nylon 6*. Parameter dan Variasi yang digunakan yaitu menurut ketentuan yang sudah ditentukan.

1. Material yang digunakan adalah *Polymer* jenis *Nylon 6* dengan ketebalan 4 mm.
2. Mempersiapkan *tool* yang akan digunakan pada proses pengelasan.
3. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas.
4. Mempersiapkan mesin yang digunakan untuk proses pengelasan dan menyeting/membuat program lintasan dan parameter yang digunakan pada saat proses pengelasan FSW ditunjukkan **Gambar 3.14**.
5. Memasang benda kerja pada mesin las ditunjukkan **Gambar 3.15**.
6. Mulai menghidupkan mesin, setting nol mesin terhadap benda kerja, lalu masuk kedalam program yang telah dibuat, mulai jalankan program sehingga pin *tool* berputar dan menekan material hingga *Sholder* bergesekan dengan permukaan benda kerja ,kecepatan putar *tool* 5800 rpm ,dengan *feed rate* 4 mm/min, dan kedalaman penekanan 3,98 mm
7. *Tool* bergerak sesuai lintasan pengelasan hingga terjadi proses penyambungan dua material *Nylon 6*.
8. Selanjutnya setelah benda kerja sudah menyambung, *tool* dinaikan dan spesimen bisa dilepaskan dari mesin.
9. Proses 1 – 8 diulang dengan mengganti variasi *tool* dan menyeting parameter kecepatan putar *tool* 6000, 6200 rpm, dengan *feed rate* yang sama sebesar 4 mm.



**Gambar 3.14** Program Lintasan dan Parameter



**Gambar 3.15** Pencekaman Benda Kerja

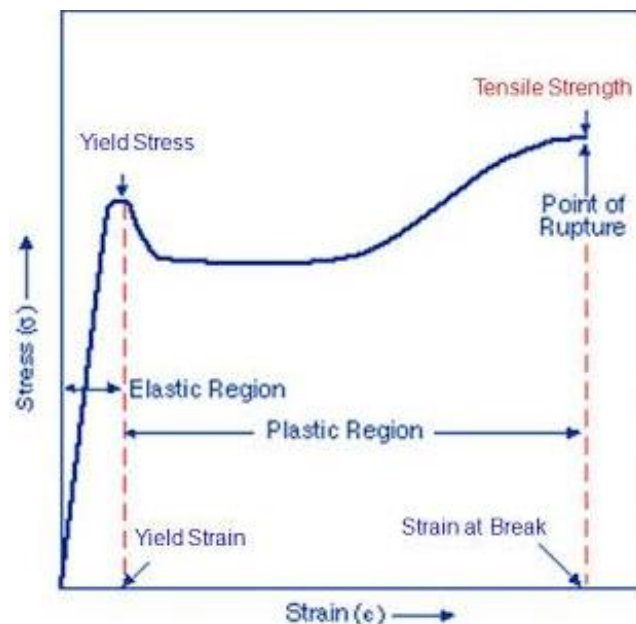
### 3.3.3 Proses Pengujian

#### 1. Pengujian Tarik

*Tensile Strenght* atau yang biasanya disebut kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang mampu ditahan dari sebuah material ketika diregangkan atau ditarik, sebelum mengalami patah. Beberapa material dapat mengalami patah begitu saja tanpa adanya terjadinya

deformasi, yang artinya material tersebut bersifat getas (*brittle*), material yang mengalami deformasi sebelum patah, yang diartikan sebagai material *elastis (ductile)*.

Kekuatan tarik umumnya dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian tarik dan mengamati perubahan tegangan dan regangan. Titik puncak dari kurva tegangan dan regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile*) dapat dilihat pada **gambar 3.16**. Nilainya bergantung pada faktor jenis material, faktor lainnya yaitu seperti keberadaan zat pengotor didalam material, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian.



**Gambar 3.16** Kurva Tegangan Tarik Pada *Polymer* (slideplayer.info)

Dalam pengujian tarik, kekuatan tarik umumnya digunakan untuk mengetahui bagian dari suatu struktur yang mempunyai sifat *Ductile* dan *Brittle*, yang bersifat tidak statis. Dimensi dari kekuatan tarik adalah gaya per satuan luas. Pada satuan SI menggunakan pascal (Pa) dan kelipatannya (Mpa, Megapascal). Pascal ekuivalen dengan Newton per meter persegi ( $N/m^2$ ). Satuan imperial antaralain pound-gaya per inci persegi ( $lbf/in^2$ ), bisa juga kilo-pound per inci persegi (kpsi, ksi).

Pada pengujian tarik, benda uji diberikan beban dengan menaikkan beban sedikit demi sedikit hingga benda uji mengalami patah, dari situlah sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan (kgf/mm<sup>2</sup>).

F = beban (kgf).

A<sub>0</sub> = Luas mula dari batang benda uji (mm<sup>2</sup>).

Besarnya regangan dihitung dengan :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

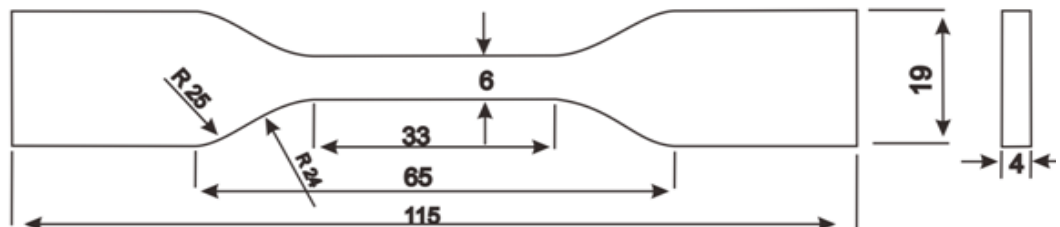
Dimana:

$\varepsilon$  = Regangan.

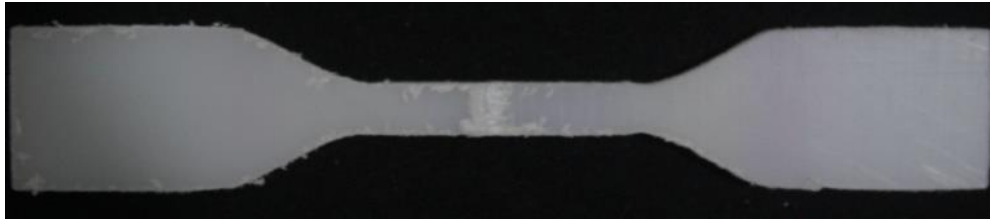
L<sub>0</sub> = Panjang mula dari batang uji (mm).

L = Panjang batang uji yang dibebani (mm).

Spesimen uji tarik yang digunakan merupakan hasil dari pengelasan dan dipotong menggunakan water jet dengan bentuk dan ukuran berdasarkan standart ASTM D638 *Type-4*. Pengujian tarik dilaksanakan di Laboraturium Politeknik ATMI Surakarta. Desain dari spesimen uji tarik di tunjukan pada **Gambar 3.17** dan hasil potongan pada spesimen uji tarik ditunjukan pada **Gambar 3.18**



**Gambar 3.17** Sketsa Spesimen Uji Tarik Menurut ASTM D638 *Type-4*

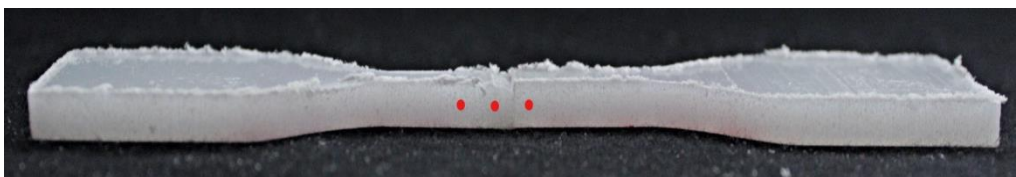


**Gambar 3.18** Hasil Potongan Pada Spesimen Uji Tarik

## 2. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan durometer hardness tester shore D. Adapun prosedur pengujiannya yaitu :

1. Menyiapkan alat uji kekerasan durometer *hardness tester shore D*.
2. Menyiapkan spesimen yang akan di uji.
3. Menyiapkan matrix pengujian.
4. Melakukan pengujian dengan menempatkan indikator pada titik yang sudah direncanakan seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.19**. menunjukan skema titik yang diuji kekerasan.
5. Catat hasil pengujian kekerasan yang ada pada layar alat durometer *hardness tester shore D*.
6. Lakukan ulang langkah 1-6 pada beberapa spesimen yang akan di uji kekerasan.



**Gambar 3.19** Skema Titik Pada Pengujian Kekerasan

## 3. Pengujian Makro

Pengujian makro dilakukan pada spesimen hasil uji tarik yang memiliki nilai tertinggi dan terendah serta dilakukan pada spesimen hasil

patahan dari seluruh spesimen hasil lasan. Adapun langkah yang dilakukan pada pengujian makro yaitu:

1. Menyiapkan spesimen yang akan di foto makro.
2. Menyiapkan alat uji makro.
3. Tempatkan spesimen yang akan di foto pada alat uji makro seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.20**.
4. Lakukan pengaturan zoom dan auto fokus sesuai yang diharapkan.
5. Jika gambar sudah sesuai dengan harapan maka *save* gambar pada *folder* yang dikehendaki.
6. Ulangi langkah 1-5 pada spesimen lainnya yang akan di foto makro.
7. Lakukan pengamatan pada hasil foto makro.



**Gambar 3.20** Penempatan Spesimen Uji Makro