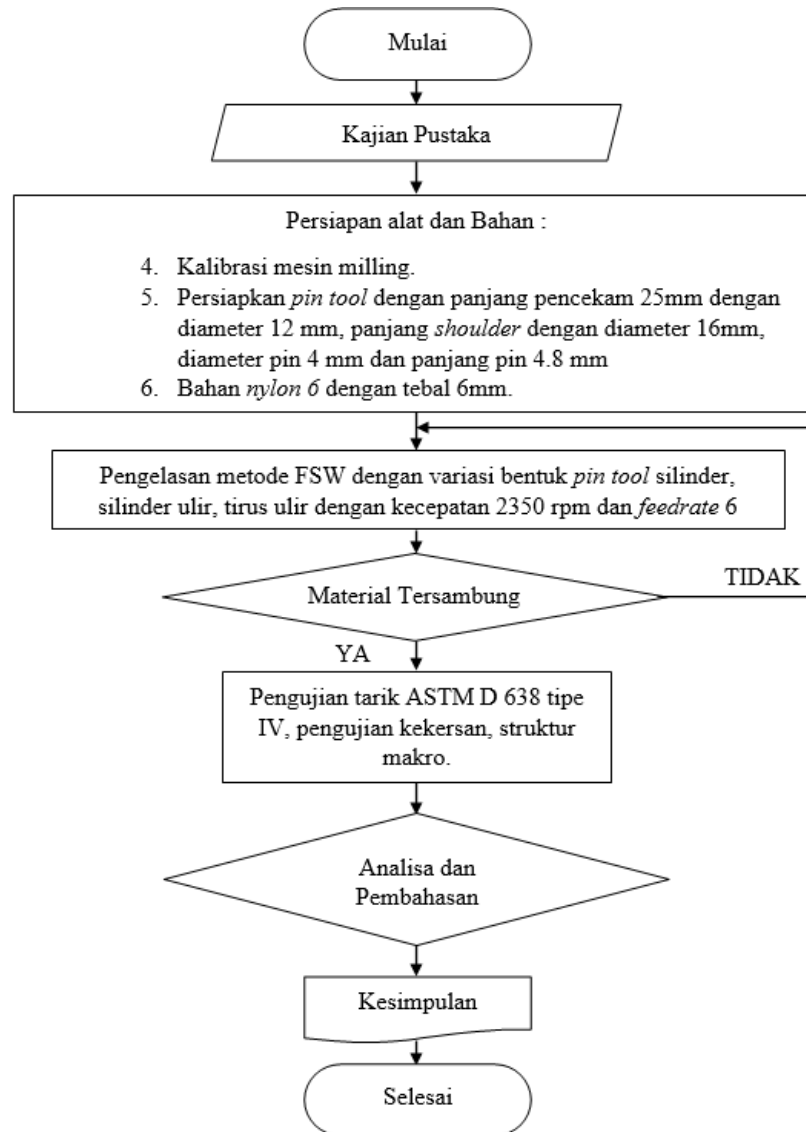


### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan proses pengelasan metode FSW terdapat beberapa langkah utama yang dapat dilihat pada **gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian proses FSW dengan material *nylon 6*.

Pada **gambar 3.1** diagram alir proses penelitian pengelasan FSW dengan material *nylon 6*. Pada diagram alir tersebut menjelaskan tentang langkah – langkah

dalam proses penelitian ini. Langkah pertama yaitu dengan mempelajari teori serta mengkaji yang berkaitan langsung dengan penelitian ini dengan berbagai sumber dan literatur yang ada. Dalam mengkaji terdapat bahan yang dipakai antara lain buku, jurnal, dan artikel tentang penelitian FSW dengan *nylon 6* yang sebelumnya sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Setelah mempelajari teori pada kajian tersebut menyiapkan bahan dan alat serta membuat desain untuk pembuatan *pin tool*. Hal ini berkaitan dengan akan jalannya proses pengelasan berlangsung. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu *nylon 6* dengan ukuran panjang 115 mm, lebar 110 mm, dan tebalnya 6 mm dengan *tool* yang berbahan baja pejal ST80 yang mempunyai 3 jenis bentuk yang berbeda, yaitu : silinder, silinder ulir, dan tirus ulir. Setelah alat serta bahan dipersiapkan langkah selanjutnya yaitu memulai mengkalibrasi mesin *milling* dan setelah proses kalibrasi selesai untuk proses selanjutnya yaitu proses pengelasan FSW.

Dalam proses ini juga perlu dipersiapkan kelengkapan pada mesin *milling* antara lain : pencekam, setang pengunci, kunci ring 14, dan kuas yang berguna untuk membersihkan sisa pengelasan saat proses pengelasan telah selesai. Setelah mesin *milling* selesai dikalibrasi dilanjutkan untuk percobaan mesin yang bertujuan untuk menentukan kecepatan putar, lurus tidaknya alur pengelasan dan parameter yang akan digunakan. Penentuan parameter ini dilihat pada hasil proses penyambungannya. Dalam penelitian kali ini parameter yang digunakan yaitu pengaruh bentuk *pin tool*, *feed rate* dan kedalaman *tool*. Bentuk *pin tool* yang digunakan karena terdapat beberapa pengaruh dalam hasil penyambungan terhadap material itu sendiri. Untuk kecepatan kita mulai dari yang paling bawah/paling rendah hingga yang paling atas/paling tinggi antara 950 rpm sampai dengan 2350 rpm, selanjutnya untuk *feed rate* yang diterapkan pada percobaan antara 5, 6, 7 mm/menit dan kedalaman *tool* sendiri dari 4 mm sampai dengan 4,8 mm. Setelah percobaan dilakukan didapatkan hasil dengan kecepatan putar 2350 rpm, *feed rate* 6 mm/menit dan kedalaman *tool* pada spesimen 4,8 mm. Pada hasil tersebut didapatkan hasil sambungan yang bagus. Sebelumnya pada kecepatan putar 1650 rpm dengan *feed rate* 5 mm/menit dan kedalaman *tool* 4,8 mm/menit

menghasilkan sambungan yang bagus tetapi gosong/terbakar dikarenakan terlalu lamanya kecepatan putar dan *feed rate* yang, sedangkan pada kecepatan 950 dengan *feed rate* 7 mm/menit serta kedalaman 4 mm tidak menghasilkan sambungan dikarenakan lamanya kecepatan putar sedangkan *feed rate* yang cepat yang tidak menghasilkan pengisian pada penyambungan dan kurang dalamnya posisi *tool*. Selain itu jenis *tool* juga menentukan baik dan tidak baiknya penyambungan. Seperti penyambungan dengan jenis *tool* silinder yang menghasilkan pengisian baik tanpa ada rongga/celah kekosongan yang tidak terisi. Untuk penyambungan jenis *tool* silinder ulir menghasilkan hasil yang hampir sama dengan jenis *tool* silinder, yang berarti baik juga dalam pengisian. Hasil untuk jenis *tool* tirus ulir menghasilkan penyambungan yang kurang baik dikarenakan pengisian tidak sepenuhnya tercampur, sehingga terdapat banyak rongga sepanjang alur penyambungan yang menyebabkan sambungan tidak kuat.

Setelah didapatnya parameter yang sesuai proses selanjutnya yaitu dilakukan proses pengelasan menggunakan metode FSW guna pengambilan data dengan parameter variasi pengaruh bentuk *pin tool* pada hasil sambungan 3 jenis bentuk *tool* yaitu : silinder, silinder ulir, dan tirus ulir dengan kecepatan putar 2350 rpm, *feed rate* 6 mm/menit dengan kedalaman tool 4,8 mm. Setelah proses pengambilan data selesai langkah selanjutnya yaitu proses memotong material yang akan dipotong dengan *water jet cutting* dengan ukuran sesuai standar pengujian ASTM D638 tipe IV. Setelah proses pemotongan selesai dilakukan pengujian material. Dalam penelitian ini terdapat 3 pengujian, yaitu : pengujian tarik, foto makro, serta uji kekerasan. Setelah semua pengujian selesai langkah selanjutnya yaitu menganalisa data hasil pengujian dan membuat kesimpulan.

### **3.2 Tempat Penelitian**

Dalam proses penelitian dilakukan di beberapa tempat, antara lain :

1. Proses FSW dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Proses pemotongan material dengan *water jett cutting* dilaksanakan ditempat Jogja Citra Kreasi
3. Proses pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta dan Politeknik ATMI Surakarta.
4. Proses pengambilan foto struktur makro dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Proses pengujian kekerasan dilaksanakan di Labratorium Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

##### 1. Mesin *Milling*

Mesin *milling* berperan penting dalam proses pengelasan FSW dikarenakan mesin *milling* alat yang berfungsi untuk menjalankan putaran *tool* yang bergesekan langsung dengan spesimen. Kerja dari mesin *milling* yaitu dengan mengubah energi listrik menjadi gerak utama yang selanjutnya gerak utama tersebut melewati suatu transmisi yang menghasilkan gerakan putar pada *spindel* mesin *milling* tersebut. *Spindel* pada mesin *milling* berguna untuk mencekam dan memutar *tool* yang menghasilkan putaran. Putaran pada *tool* selanjutnya ditempelkan pada material yang telah dicekam dan akan menghasilkan panas yang berfungsi untuk melunakkan material dan terjadilah proses penyambungan.



**Gambar 3 2** Mesin *Milling* CHEVALIER 3-PHASE

Dalam proses pengelasan FSW mesin *milling* yang digunakan adalah mesin *milling* bermerk CHEVALIER 3-PHASE (**Gambar 3.2**) yang terdapat pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

## 2. Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mengetahui kecepatan putaran *spindel* pada mesin *milling*.



**Gambar 3.3** Tachometer

## 3. Termometer

Termometer berfungsi untuk mengetahui berapa panas suhu pada saat proses penyambungan berlangsung.



**Gambar 3.4** Termometer

## 4. Alat Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta dan Politeknik ATMI Surakarta. Dibawah ini pada **gambar 3.5** dapat dilihat alat pengujian tarik. Dalam pengujian tarik

menggunakan mesin bermerk *Zwick Roell Z020* dengan tipe *Universe Tensile Machine* (UTM) yang memiliki kapasitas beban maksimal 20.000 N.



**Gambar 3.5** Alat Uji Tarik Zwick Roell Z020

#### **5. Alat Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta. Alat penguji kekerasan berfungsi untuk mengetahui nilai kekerasan pada sambungan pengelasan. Pada uji kekerasan ini menggunakan alat *Shore D Durometer*.



**Gambar 3.6** Alat Uji Kekerasan *Shore D Durometer*

#### **6. Alat Penguji Struktur Makro**

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Alat mikroskop memiliki fungsi guna mengambil

foto struktur makro pada hasil pengelasan. Pada foto makro penelitian menggunakan mikroskop bermerk *Olympus*.



**Gambar 3.7** Alat Foto Makro *Olympus*.

### **3.3.2 Bahan**

#### **1. Baja Pejal**

Dalam proses penelitian menggunakan *tool* dengan bahan dari besi pejal ST80 dengan ukuran panjang 50 cm dengan diameter 15 mm.



**Gambar 3.8** Baja Pejal ST80 dengan diameter 15 mm

#### **2. Lembaran Nylon 6.**

Dalam Penelitian material/spesimen yang digunakan yaitu polimer jenis *nylon 6* yang berukuran 15 cm x 10 cm x 6 mm. Material ini dipotong

menggunakan *table saw* dengan cara material ditarik sesuai ukuran yang telah disesuaikan.



**Gambar 3.9** Nylon 6 dengan dimensi 15 cm x 10 cm x 6 mm

### 3. Lem Korea atau G

Pada penelitian ini media yang digunakan untuk proses penyambungan *nylon 6* yaitu lem G berguna untuk membandingkan dengan penyambungan FSW. Adapun lem G yang digunakan merupakan lem yang terbuat dari bahan *Cyanocrylate Etil* dengan cara pengeringan dengan udara tanpa terkena cahaya matahari langsung.



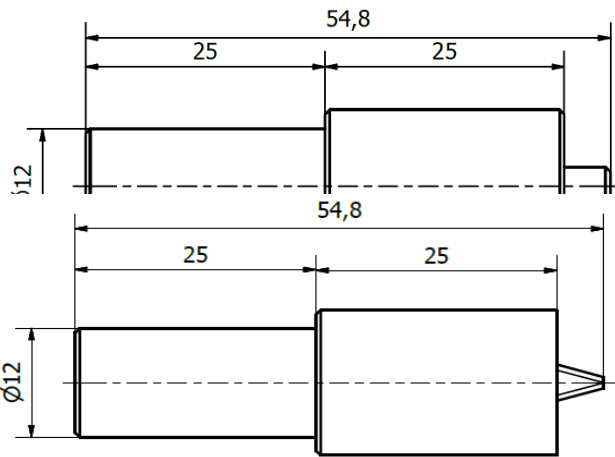
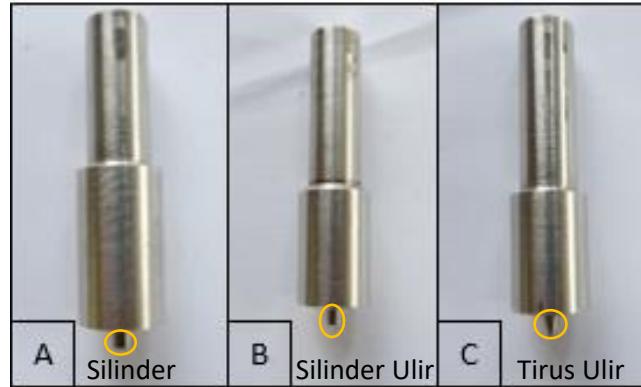
**Gambar 3.10** Lem Korea atau G

## 3.4 Proses Penelitian

### 3.4.1 Proses Pembuatan *Tool* Pengelasan

Dalam proses penelitian ini menggunakan tool yang dibuat dari bahan besi pejal ST80. Proses pembuatan *tool* ini dilakukan di Jasatec Bengkel Bubut Yogyakarta dengan ukuran yang sama tetapi 3 jenis bentuk *pin tool* yang berbeda, ataupun dimensi dan bentuk *tool* pada **gambar 3.11**.





**Gambar 3.11** Bentuk *pin tool* a) Silinder, b) Silinder Ulir, c) Tirus Ulir

**3.4.2 Proses Pengelasan**

Dalam proses penelitian menggunakan metode FSW dengan langkah – langkah seperti :

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Menyalakan mesin *milling* sesuai aturan.
3. Memasang *tool* pada pencekam *spindel* sesuai ukuran diameter.
4. Memasang bahan pada pencekam dengan sejajar dan kencangkan baut pencekam menggunakan kunci 14.

5. Mengatur pengaturan pada mesin *milling* sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
6. Menjalankan proses pengelasan sesuai dengan parameter tersebut sehingga proses penyambungan berjalan sehingga *tool* berputar dan berhimpit menekan material sesuai ukuran 4,8 mm yang akan menimbulkan panas diakibatkan oleh gesekan antara *tool* dan material sehingga material meleleh dan terjadi adukan campuran antara material satu dan dua, disitulah terjadi proses penyambungan material pengelasan dengan metode FSW.
7. Menggunakan *tool* setiap digerakkan secara *linear* sepanjang jalur pengelasan dengan parameter variasi 3 jenis bentuk *pin tool* yaitu : silinder, silinder ulir, dan tirus ulir serta kecepatan putar spindel 2350 rpm, *feed rate* 6 mm/menit, dan kedalaman 4,8 mm.
8. Mengulang setelah material tersambung sesuai dengan parameter tersebut, lakukan ulang pengelasan sebanyak 9 kali dengan setiap satu jenis *pin toolnya* 3 kali penyambungan.



**Gambar 3.12** Proses penyambungan dengan menggunakan metode FSW

### 3.4.3 Proses Pengujian

#### 1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah suatu pengujian *stress-strain* mekanik untuk mengetahui kekuatan material dengan cara memberikan beban gaya pada satu sumbu. Pada pengujian ini, material dijepitkan pada pencekam atas dan bawah dan selanjutnya material akan ditarik dengan beban hingga material putus. Hasil

dari pada proses uji tarik ini sangat berguna pada rekayasa teknik dikarenakan untuk mengetahui hasil kekuatan pada material. Dalam pengujian ini juga menghasilkan kekuatan mekanik. Sifat mekanik pada pengujian ini adalah kekuatan serta regangan. Nilai kekuatan dan regangan ini sebagai data pendukung dan sangat berguna untuk melengkapi hasil data pengujian.

Pada pengujian tarik ini, material dibebani kenaikan beban yang perlahan hingga material putus dan material tersebut memiliki sifat-sifat tarikan yang dapat dihitung dengan persamaan :

Regangan (*strain*)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

- Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan (%)
- $\Delta L$  = Panjang tambahan
- $L_0$  = Panjang Awal

Tegangan (*stress*)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (3.2)$$

- Dimana :  $\sigma$  = Tegangan (MPa)
- $F$  = Beban (N)
- $A_0$  = Luas penampang awal (m<sup>2</sup>)

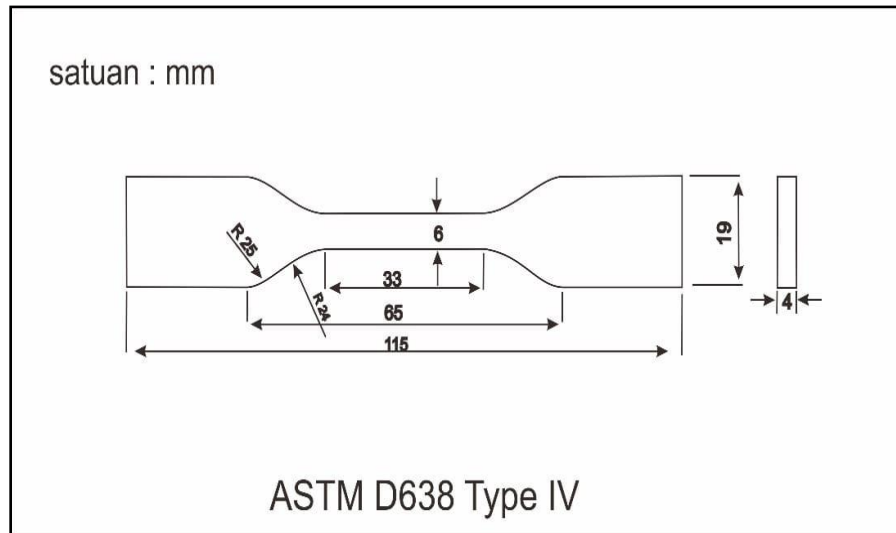
Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (3.3)$$

- Dimana :  $E$  = Modulus Elastisitas (MPa)
- $\sigma$  = Tegangan (MPa)
- $\varepsilon$  = Regangan (%)

Pengujian tarik dilakukan setelah proses penyambungan material selesai dan material sudah dipotong. Pemotongan material ini harus sesuai standar aturan yang ditentukan yaitu ASTM D638 tipe IV dengan ketebalan 4 mm. Pada proses pengujian tarik ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar

Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta dengan dimensi ukuran material yang dapat dilihat pada **gambar 3.13**.



Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>B</sup>	Type V <sup>C,D</sup>	
W—Width of narrow section <sup>E,F</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02) <sup>B,C</sup>
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02) <sup>C</sup>
WO—Width overall, min <sup>G</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 ( + 0.25)
WC—Width overall, min <sup>G</sup>	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 ( + 0.125)
LO—Length overall, min <sup>H</sup>	185 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	83.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length <sup>I</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010) <sup>C</sup>
G—Gage length <sup>I</sup>	...	...	...	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) <sup>J</sup>	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04) <sup>C</sup>
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)

Sumber : ASTM Book D-638-04

**Gambar 3.13** Dimensi spesimen dengan ASTM D638 tipe IV

## 2. Pengujian Struktur Makro

Dalam pengujian struktur makro atau foto makro memiliki tujuan untuk menganalisa permukaan material yang sudah selesai pada proses pengelasan. Selain itu, pengujian ini berfungsi untuk menunjukkan daerah seperti *advancing side*, *stir zone*, *retresting side* dan juga cacat pada hasil pengelasan. Pengujian foto makro ini menggunakan alat mikroskop dengan metode yang bervariasi.

### **3. Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan merupakan sebuah metode untuk mengetahui nilai kekerasan dan sifat mekanik pada material *nylon 6*. Pada pengujian kekerasan penelitian ini menggunakan alat *Shore D*. Alat *Shore D* ini menggunakan satuan *Shore D* dikarenakan jenis pengujian kekerasannya memiliki tingkat yaitu nilai empiris yang berarti perbandingan berjarak antara 0 sampai 100 *Shore D*.