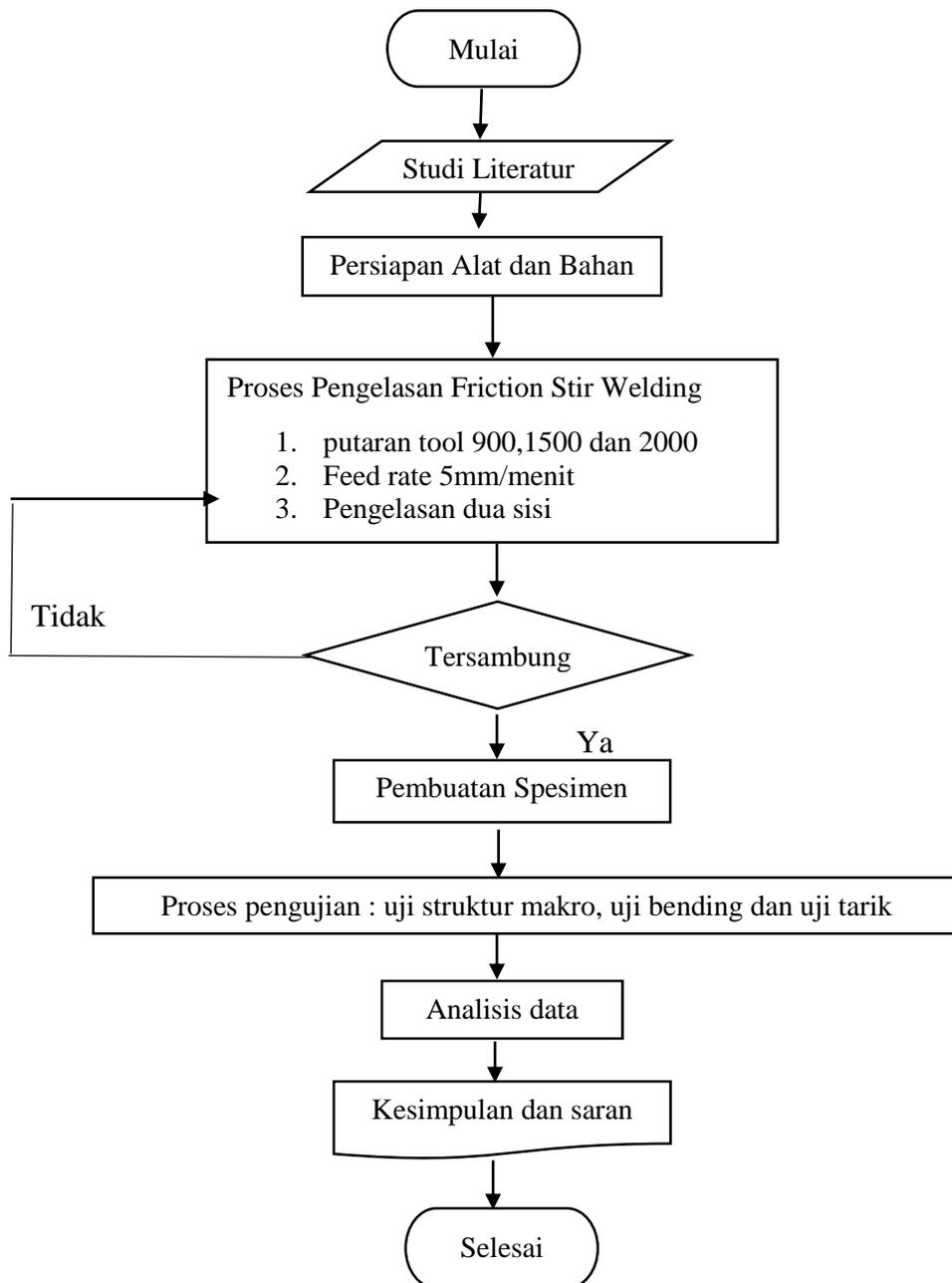


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 diagram alir penelitian

3.2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, di lab permesinan teknik mesin lantai dasar kampus UMY.

3.3. Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat yang digunakan dalam penelitian
 - a. Mesin *Milling*

Prinsip kerja mesin *milling* adalah energi listrik yang di ubah menjadi energi mekanik oleh motor listrik, selanjutnya energi mekanik akan diteruskan melalui transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada *spindel* mesin *milling*. *Spindel* mesin *milling* adalah bagian utama dari mesin *milling* yang berfungsi untuk memegang dan memutar *tool*, gerakan putar pada *tool* jika terkena benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan sehingga akan menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk pengelasan benda kerja.



Gambar 3.2 mesin *milling* vertikal

Mesin *milling* yang digunakan adalah tipe *CHEVALIER 3-PHASE* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 yang ada di

Laboratorium proses produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

b. Mesin bubut

Mesin bubut tipe *MICROWELLY TY-1630S* yang digunakan untuk membuat *tool* di Laboratorium kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin bubut

c. *Tachometer digital*

Tachometer adalah suatu alat uji yang dibuat dan didesain untuk mengukur kecepatan putaran pada sebuah objek, seperti halnya dengan alat yang mengukur putaran mesin per menit (RPM) pada kendaraan bermotor. *Tachometer* ini digunakan untuk mengukur kecepatan putaran spindle pada mesin milling ketika proses FSW. *Tachometer* yang digunakan pada saat proses FSW terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Tachometer digital

d. Amplas

Amplas adalah sejenis alat kerja yang terbuat dari kertas atau kain yang telah ditambahkan dengan bahan yang kasar seperti butiran pasir sehingga kadang-kadang disebut juga dengan kertas pasir. Amplas berfungsi untuk membuat permukaan benda yang kasar menjadi lebih halus dengan cara menggosokkan permukaan kasarnya ke permukaan suatu bahan atau benda. Amplas pada penelitian ini digunakan untuk menghaluskan bagian dari bahan HDPE yang akan dilas. Amplas yang digunakan berupa lembaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Amplas halus

e. Kunci kole

Untuk memasang dan melepas pin *tool* dari mesin *milling*, ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kunci kole

f. Kunci inggris

Kunci inggris digunakan untuk memasang benda kerja di mesin milling dan untuk merubah variasi putaran ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Kunci inggris

g. *Stopwatch*

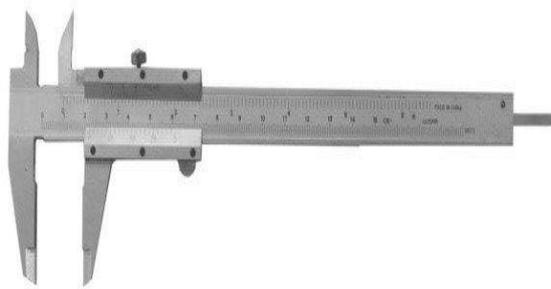
Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam kegiatan. Pada penelitian ini smartphone penulis dijadikan sebagai *stopwatch* yang digunakan untuk menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan pada saat proses FSW untuk satu sambungan. Seperti terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Smartphone* untuk *stopwatch* pada saat proses FSW

h. Jangka sorong

Jangka sorong merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur ketebalan, kedalaman dan diameter dalam pada suatu benda. Seperti pada gambar 3.9, jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan spesimen dan kedalaman pengelasan pada penelitian ini.



Gambar 3.9 jangka sorong

i. Penggaris

Penggaris atau mistar adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar garis lurus. Terdapat berbagai macam penggaris, dari mulai yang lurus sampai yang berbentuk segitiga. Penggaris yang digunakan pada penelitian ini menggunakan penggaris lurus untuk mengukur bahan HDPE yang akan dipotong. Seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 penggaris

j. Gerinda

Gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong ataupun menggerus benda kerja dengan tujuan atau kebutuhan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan. Gerinda ini dipakai untuk memotong bahan awal HDPE sampai sesuai dengan ukuran bahan yang akan dilas pada proses FSW. Seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 gerinda

k. Alat uji tarik (*Tensile strain tester*)

Pengujian tarik dilakukan di kampus Akademi Teknik Mesin Industri surakarta (ATMI) dengan standar ASTM D 638 tipe 4, adapun alat uji tarik ditunjukkan pada gambar 3.12 dan spesifikasi pada tabel 3.1.



Gambar 3.12 *universal testing machine* (UTM)

Tabel 3.1. Spesifikasi alat uji tarik Zwick Roell Z020

Tipe	Z020
Pabrikan	<i>Zwick/Roell (germany) tahun 2007</i>
Fungsi	<i>Tensile, compression, flexural, computer controlled universal materials testing machine, interlaminar, tear tests.</i>
Kisaran kecepatan	0.001-750 mm/min
Kapasitas beban	-20 – +20
Perlengkapan	<i>Tensile Head (10 kN)</i>

	<i>3 point bending head</i> <i>4 point bending head</i> <i>Zwick TestXpert 11.0 Program</i>
Standar	ASTM D 638 Tipe 4

1. Alat uji struktur makro

Alat uji struktur makro yang digunakan pada penelitian ini menggunakan mikroskop optik usb yang dihubungkan dengan komputer sebagai penangkap gambar seperti yang terlihat pada gambar 3.13. Penggunaan alat ini bertempat di Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan di rumah kontrakan penulis.

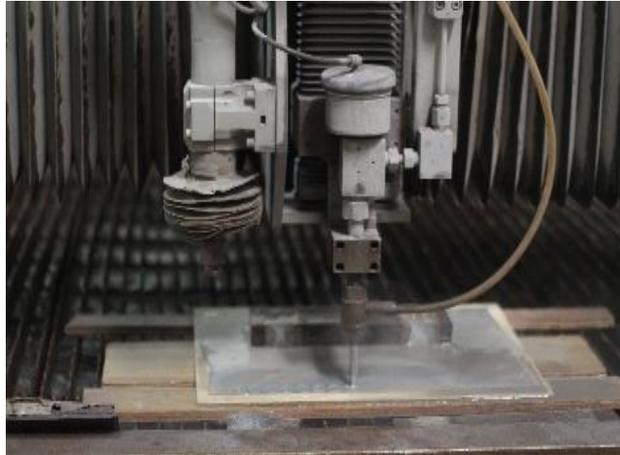


Gambar 3.13 Mikroskop optik USB

m. *Water Jet Machining*

Untuk memotong spesimen digunakan alat *water jet machining* di Citra Jogja Kreasi. *Water jet machining* ini menggunakan media air untuk memotong spesimen HDPE seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14. Material dengan bentuk standar ASTM D 638 Tipe 4 dan ASTM D790 untuk pengujian tarik dan bending, setelah itu gambar dimasukkan pada software

yang ada pada *water jet machining* yang kemudian akan diproses langsung di mesin pemotong.



Gambar 3.14 Mesin water jet *machining*

n. Alat uji bending

Pengujian bending dilakukan di kampus Akademi Teknik Mesin Industri surakarta (ATMI) dengan standar ASTM D 790, adapun alat uji bending ditunjukkan pada gambar 3.12 dan spesifikasi pada tabel 3.1.

o. *Feeler gauge*

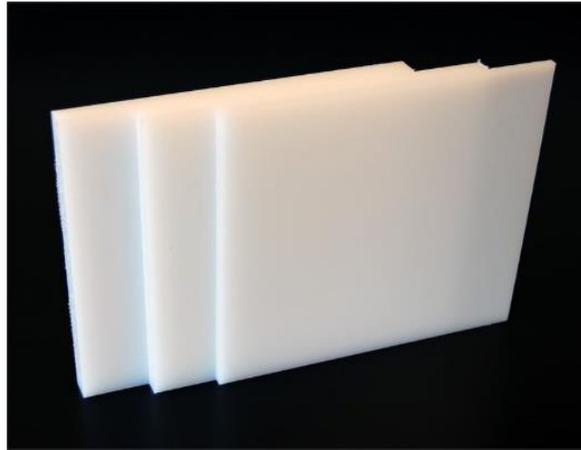
Feeler gauge merupakan alat untuk mengukur celah diantara dua benda ditunjukkan oleh gambar 3.15, pada penelitian ini digunakan untuk mengukur celah *dept of plunge* pada proses pengelasan.



Gambar 3.15 *feeler gauge*

2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan yang digunakan adalah *High density polyethylene* (HDPE) ditunjukkan gambar 3.16 polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi sifat fisik dan kimia ditunjukkan oleh tabel 3.2.



Gambar 3.16 *High density polyethylene* (tap plastick.com)

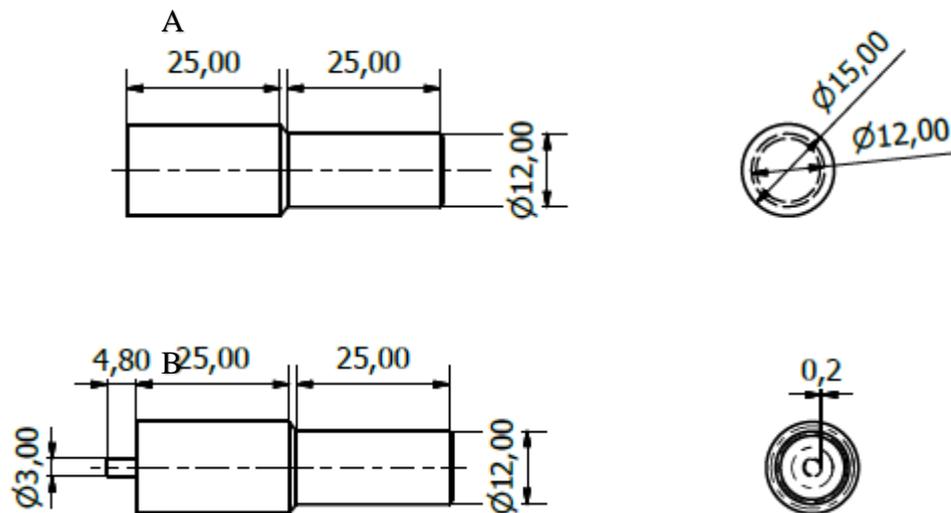
Tabel 3.2 sifat fisik dan kimia polietilen HDPE

No.	Sifat	Nilai
1	Unjuk kerja suhu dingin	Baik
2	Berat jenis ASTM D 792	0,94 - 0,96
3	Kuat dampak ASTM D 256 (J/12 mm)	1,02 – 8,15
4	Kuat tensile ASTM D 638, d 651 (MN m ^o)	21,4 - 38
5	Elongasi tegangan ASTM D 638 (%)	50 - 800
6	Modulus elastisitas tegangan ASTM D 747 (MN m ^o x 10 ^o)	5,53 – 10,4
7	Kuat flexural ASTM D 790 (MN m ^o)	13,8 – 20,3
8	Kuat kompresif ASTM D 695 (MN m ^o)	16,5
9	Tetapan dielektrik ASTM D 150 (10 ^o Hz)	2,25 – 2,35
10	Muai termal ASTM D696 (mm mm ³ °C x 10 ^o)	11 - 13
11	Kalor jenis (K) kg	2,22 – 2,3
12	Titik leleh (lunak) (°C)	120 - 130

3.4. Proses Penelitian

1. Proses pembuatan *tool*

Pembuatan *tool* untuk pengelasan HDPE ini dilakukan di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta di lab teknik mesin, setelah mendapatkan referensi dari penelitian sebelumnya tentang desain dan ukuran *pin tool* peneliti membuat desain dengan menggunakan aplikasi inventor dengan sedikit perubahan bentuk dan ukuran *pin tool* karna di sesuaikan dengan bahan yang akan di sambung. Pada penelitian ini membuat dua *tool* yang akan digunakan seperti pada gambar 3.17 Bagian A ini pin yang ridak menggunakan pin melainkan hanya *sholder* saja sedangkan di bagian B adalah *tool* yang menggunakan pinsilinder ulir.



Gambar 3.17 sketsa pin tool

Proses pembubutan di mulai setelah mendapatkan bahan untuk membuat pin tool, bahan yang digunakan untuk pembuan tool adalah baja ST 42 baja karbon rendah karena bahan yang di sambung tidak terlalu keras jadi baja ST 42 sangat cocok digunakan untuk menjadi *pin tool*.



Gambar 3.18 *pin tool silinder* ulir dan *tool sholder* saja

Gambar 3.18 adalah gambar pin tool dan tool sholdernya saja yang telah jadi dibuat dan siap digunakan dalam proses penelitian yang akan dilakukan.

2. Proses pengelasan

Pada penelitian ini, proses FSW menggunakan dua parameter tetap yaitu *feed rate* 20 mm/menit, tool *silinder* ulir berdiameter 3 mm dan tool solder saja tanpa *pin tool*, menggunakan satu parameter yaitu kecepatan rotasi spindle dengan 3 variasi dimuali yang terendah 900 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm.



Gambar 3.19 proses FSW

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam proses FSW, yaitu :

- a. Menyalakan kontak arus listrik pada MCB dengan objek Mesin *Milling*.
- b. Menyetel belt ke puli untuk menyesuaikan putaran *spindle* yang diinginkan. Pada proses pengelasan pertama, dimulai dengan rpm terendah yaitu 900 rpm dengan posisi belt berada pada puli terbawah di mesin milling.
- c. Memasang cekam pada meja kerja dengan menggunakan kunci inggris.
- d. Memasang tool pada *spindle* dengan *collet* yang sesuai dengan ukuran tool yang akan dipakai, lalu dikencangkan menggunakan kunci *collet*.
- e. Memasang benda kerja pada meja kerja yang dijepit dengan pencekam, kemudian meluruskan benda kerja yang akan dilas pada pin tool supaya posisinya center pada saat proses FSW berlangsung.
- f. Mengseting *feed rate* pada angka 20 mm/menit dengan gerak otomatis.

- g. Menghidupkan mesin milling, kemudian perlahan-lahan menurunkan *spindle* yang ujungnya terdapat tool kepada benda kerja HDPE dengan *dept of plunge* 0.5 mm.
- h. Proses pengelasan berlangsung sekitar 5 menit, setelah proses pengelasan selesai lalu mematikan laju *feed rate* pada mesin.
- i. Mengangkat *tool* dalam keadaan *spindle* masih berputar atau mesin masih hidup, dengan tujuan agar lelehan HDPE tidak menempel pada *tool*, kemudian matikan mesin.
- j. Menunggu beberapa saat agar lelehan hasil pengelasan mengeras dengan sempurna, kemudian lepaskan benda kerja dari pencekam.
- k. Karena menggunakan dua sisi pengelasan langkah berikut diulang dengan mengganti *tool* dengan yang hanya *sholder* saja tanpa *pin tool* ulir.
- l. Mengulangi langkah-langkah diatas dengan mengganti variasi kecepatan putar *spindle* dengan cara memindahkan *belt* pada puli yang lebih tinggi pada mesin milling sesuai dengan parameter penelitian ini.

Hasil dari proses pengelasan diatas selanjutnya akan menjadi bahan penelitian tentang pengaruh variasi kecepatan putar *tool* terhadap sifat mekanik pada hasil pengelasan FSW dua sisi.

3.5. Persiapan dan Pengujian Spesimen

1. Pengujian Tarik

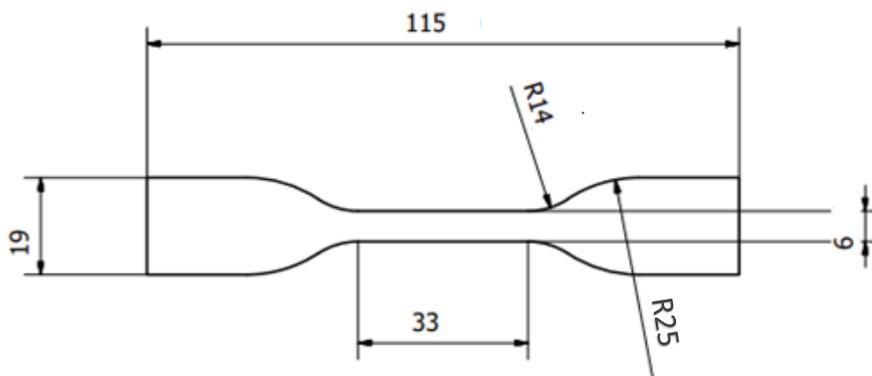
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari suatu material. Kekuatan tarik adalah salahsatu sifat bahan yang dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik bahan ketika mengalami pembebanan, sehingga dapat digunakan pada saat perencanaan dan pemilihan material untuk perhitungan kekuatan struktur dan kebutuhan lainnya.

Pada pelaksanaan pengujian, spesimen HDPE dijepit pada mesin uji kemudian ditarik perlahan-lahan sampai diperoleh beban maksimum dan akhirnya benda uji mengalami patah seperti digambar 3.20. Bagian tengah

pada bahan uji akan menjadi ciut atau mengecil dari ukuran semula dan terjadi perubahan panjang karena pengaruh gaya tarik.



Gambar 3.20 proses uji tarik



Gambar 3.21 sketsa bentuk benda uji tarik standar ASTM D638

Tabel 3.3 Dimensi spesimen ASTM D638 *type IV*

<i>W-Width of narrow section</i>	6 (0.25)
----------------------------------	----------

<i>L</i> -Length of narrow section	33 (1.30)
<i>W_o</i> -Width overall, min	19 (0.75)
<i>L_o</i> -Length overall, min	115 (4.5)
<i>G</i> -age length	25 (1.00)
<i>D</i> -Distance between grips	65 (2.5)
<i>R</i> -Radius of filet	14 (0.56)
<i>T</i> - Thickness	4 (0.4)
<i>W</i> -Width of narrow section	25 (1.00)
<i>R_O</i> -uter radius (Type IV)	25 (1.00)



Gambar 3.22 Spesimen uji tarik ASTM D638 Type IV

Adapun langkah-langkah proses pengujian tarik adalah sebagai berikut :

- a. Menyesuaikan ukuran benda uji sesuai standar ASTM D638.
- b. Menyalakan unit komputer dan alat uji tarik yang saling terhubung untuk pengaturan proses pengujian.
- c. Mengatur kecepatan tarik ke 5 mm/menit.
- d. Memasang benda uji ke pencekam pada alat uji tarik dengan menyesuaikan tanda *up* dan *down*.
- e. Menjalakan program *Zwick Test Xpert* pada computer.
- f. Mengisi data material pada kolom *methode window*.
- g. Membuat report screen yang terdiri dari nomor *test*, tanggal *test*, *area*, *yield point*, *yield strength*, *elongation*, *max & break*, dan nama material.
- h. Memulai pengujian dengan meng-klik *start* pada *tool box* dengan grafik tegangan-regangan nya akan ditampilkan di monitor, setelah benda uji patah maka mesin akan otomatis berhenti.

- i. Memilih data yang akan ditampilkan di lembaran hasil pengujian.
- j. Mencetak hasil pengujian.
- k. Melakukan pengujian berikutnya dengan benda uji yang berbeda.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dibuat grafik tegangan regangan, dengan nilai tegangan dan regangan diperoleh dari rumus :

1. Tegangan Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm)} \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Regangan Tarik

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

3. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{F.L_0}{A.\Delta L} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana : E = Modulus Elastisitas / modulus young (MPa)

Lo = Panjang awal (mm)

ΔL = Penambahan panjang

F = Beban (N)

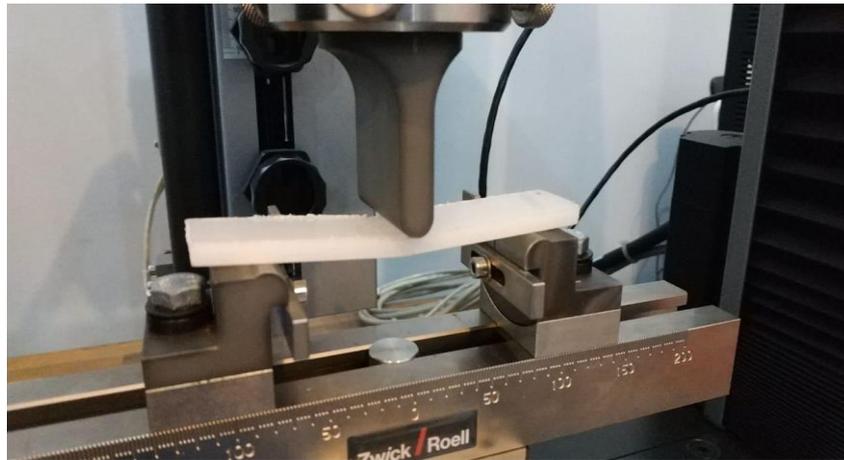
Ao = Luas area awal (mm²)

2. Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* merupakan salah satu pengujian mekanik yang dilakukan terhadap *spesimen* dari bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung. *Bending* merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik, tepat ditengah dari bahan yang ditahan di atas dua tumpuan. Dengan pembebanan ini, material akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang bekerja berlawanan pada saat yang bersamaan.

Proses pengujian *bending* memiliki dua macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara ini hanya terletak pada bentuk dan jumlah point yang digunakan, *three point bending* menggunakan dua *point* pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas sebagai

penekan. Penelitian kali ini menggunakan *three point bending* sebagai metode pengujian *bending* ditunjukkan pada gambar 3.23 proses uji *bending* dan sketsa benda uji ditunjukkan gambar 3.24.



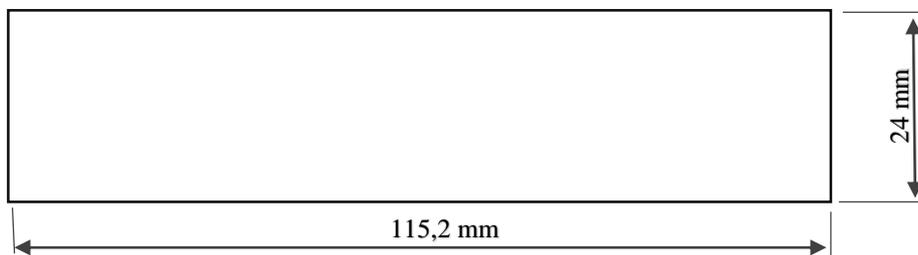
Gambar 3.23 Proses uji bending

Pengujian mengacu pada standar ASTM D-790 (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*) dengan metode 3-titik, prosedur-A dan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*. Kondisi pengujian :

Kecepatan tekan = 2 mm/menit

Pre-load = 0,1 MPa

Jarak antar tumpuan = 80 mm



Gambar 3.24 sketsa benda uji *bending*



Gambar 3.25 Spesimen Uji *Bending* ASTM D790

Langkah-langkah pengujian bending dengan standar ASTM D790

- a. Menyesuaikan ukuran benda uji sesuai standar ASTM D790.
- b. Menyalakan unit komputer dan alat uji *bending* yang saling terhubung untuk pengaturan proses pengujian.
- c. Mengatur jarak span di angka 80.
- d. Menjalakan program *Zwick Test Xpert* pada computer.
- e. Mengisi data material pada kolom *methode window*.
- f. Membuat *report screen* yang terdiri dari nomor *test*, tanggal *test*, *area*, *yield point*, *yield strength*, *elongation*, *max & break*, dan nama material.
- g. Memulai pengujian dengan meng-klik start pada *tool box* dengan grafik tegangan-regangan nya akan ditampilkan di monitor.
- h. Memilih data yang akan ditampilkan di lembaran hasil pengujian.
- i. Mencetak hasil pengujian.
- j. Melakukan pengujian berikutnya dengan benda uji yang berbeda.

Untuk menghitung nilai kekuatan *bending* maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{3 PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan :

σ = Tegangan Lentur (MPa)

P = Beban/gaya yang terjadi (N)

L = Jarak point/span (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Ketebalan spesimen (mm)

3. Pengujian Struktur Makro

Pengujian makro adalah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan suatu material. Pengujian makro ini biasanya digunakan untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar atau kasar. Seperti logam, bahan hasil coran, dan material-material yang termasuk non metal. Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa mikroskop optik usb yang terhubung dengan computer atau gadget untuk hasil fotonya.

Adapun langkah-langkah pengujian makro sebagai berikut :

- a. Menempelkan optik pada dudukan yang sudah menempel di meja kerja.
- b. Menyalakan komputer dan menghubungkan optik dengan komputer.
- c. Membuka aplikasi optik yang sudah terinstall.
- d. Meletakkan spesimen uji dibawah kamera optik dan memfokuskan kamera optiknya.
- e. Mengambil gambar pada daerah hasil pengelasan yang akan diperbesar.
- f. Mengulangi langkah-langkah diatas dengan mengganti spesimen menurut variasi yang ada.