

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini tergolong penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Adapun objek dalam penelitian ini adalah sebanyak 15 benda uji yang meliputi:

- 4 buah spesimen WF 200.100.8.6,8 (2 Spesimen besar dari daerah *web* dan 2 spesimen kecil dari daerah *flange*)
- 5 buah spesimen *Hollow* 100.50.5 (1 spesimen besar dan 4 spesimen kecil)
- 2 buah spesimen Siku 60.60.6 (2 spesimen kecil dari daerah *flange*)
- 4 buah spesimen Plat 8 mm (2 spesimen besar dari daerah *web* dan 2 spesimen kecil dari daerah *flange*)

Pelaksanaan penelitian meliputi analisis data eksperimental, dimana dari data teknis pada benda uji didapatkan dari beberapa metode pengujian yaitu dengan metode uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine* dengan bantuan *strain gauge* untuk mendapatkan nilai kuat tarik dari kurva tegangan regangan dan modulus elastisitas dengan pembacaan regangan pada *strain meter*, dan *Equotip Portable Rockwell Hardness* ataupun *Equotip 550 Leeb* untuk mendapatkan nilai kekerasan. Namun, karena semua benda uji merupakan spesimen dengan berat dibawah 50 N, maka digunakan alat *Equotip Portable Rockwell Hardness* sebagai wakil dari alat *Non Destructive Test* (NDT). Analisis antar variabel dilakukan untuk mendapatkan korelasi nilai kuat tarik yang berupa tegangan leleh dan tegangan putus dan modulus elastisitas dari *destructive test* dengan *hardness* yang didapatkan menggunakan *non destructive test*.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada semester genap yakni pada bulan Juli sampai dengan Agustus tahun 2017.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup:

- a. Timbangan
- b. *Loading frame* atau rangka penguji berfungsi untuk menempatkan benda uji pada saat pengujian
- c. Klem pengunci
- d. Alat tulis dan mistar
- e. *Universal Testing Machine* (UTM)
- f. *Equotip Portable Rockwell Hardness*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

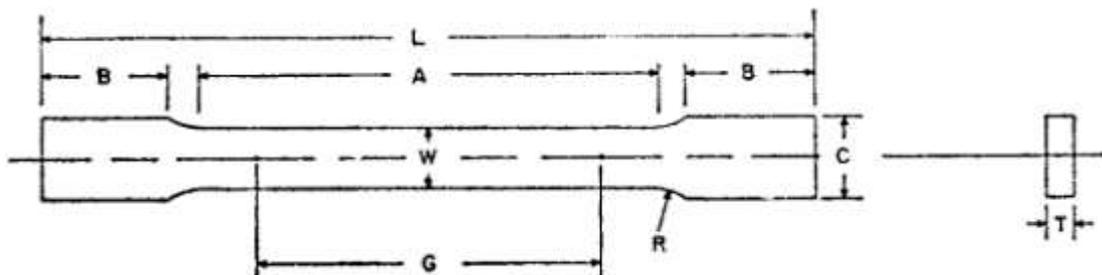
- a. Profil Baja:
  - WF 200.100.8.6,8 (*web and flange*)
  - *Hollow* 100.50.5
  - Siku 60.60.6
  - Plat 8 mm

### 3.4 Benda Uji

Dimensi dari model yang diukur diambil dari model yang sebenarnya sehingga diperoleh bentuk yang mendekati model sesungguhnya. Pada pengujian ini, dipakai enam profil benda uji meliputi profil WF 200.100.8.6,8 (*web and flange*), *Hollow* 100.50.5), Siku 60.60.6 dan Plat 8 mm.

#### 3.4.1 Ketentuan Spesimen ASTM E8

Untuk melakukan eksperimental yang valid, maka digunakan ukuran pengujian yang sudah di standarkan. Dalam hal ini pengujian mengikuti ketentuan model dan ukuran yang sudah ditetapkan oleh ASTM E-8 seperti yang terlihat pada *Gambar 3.1*.



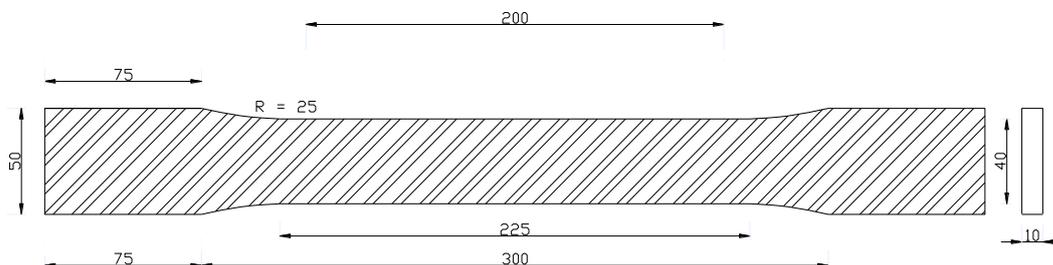
	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		Thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Notes 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Gambar 3.1 Model dan Ukuran yang ditentukan pada ASTM E8

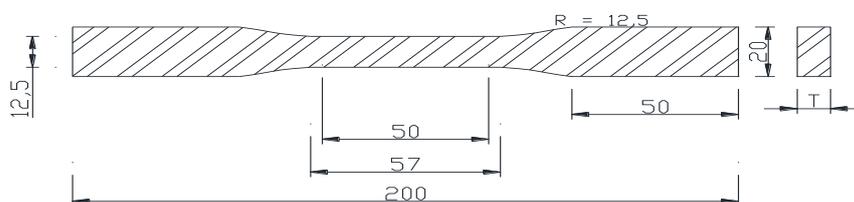
Sumber: ASTM E8

### 3.4.2 Model dan Ukuran Benda Uji

Karena mengikuti dimensi ukuran yang sudah ditetapkan oleh ASTM E8, maka model ukuran dari benda uji mengikuti seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, dengan spesifikasi ukuran *real* yang diukur penguji pada Tabel 3.1. Sedangkan untuk benda uji yang telah dipotong sesuai standart ASTM E-8 dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.2 Dimensi Benda uji Spesimen Besar (Plate type)



Gambar 3.3 Dimensi Benda Uji Spesimen Kecil (Sheet-type)



Gambar 3.4 Benda Uji

Jika mengacu pada notasi dan ukuran pada *Gambar 3.1*, maka hasil pengukuran real benda uji pasca pemotongan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1

Hasil Pengukuran Benda Uji Pasca Pemotongan

No	Profil	Berat (g)	A (mm)	w (mm)	Lo (mm)	t (mm)
1	HOLLOW FLANGE 1	125,2	6,1	1,3	7,1	4,8
2	HOLLOW FLANGE 2	128	6,1	1,3	6,8	4,95
3	HOLLOW FLANGE 3	127,8	6,1	1,3	7	4,9
4	HOLLOW FLANGE 4	124	6,2	1,28	7	4,8
5	PLAT KECIL 1	199,6	6	1,3	6,9	7,6
6	PLAT KECIL 2	206,4	6,1	1,33	7	7,8
7	SIKU KECIL 1	139,4	6,1	6,9	6,9	5,3
8	SIKU KECIL 2	135,4	6	7,1	7,1	5,2
9	WF FLANGE 1	207,4	6,1	1,28	7	8
10	WF FLANGE 2	213,6	6	1,28	7	8
11	HOLLOW WEB 2	664	18,9	4	22,2	5
12	PLAT BESAR 1	1076,6	19,8	4	22,2	7,75
13	PLAT BESAR 2	1077,6	19,8	4	22,2	7,75
14	WF BESAR 1	806	19,5	4	22,2	5,8
15	WF BESAR 2	785,2	19,2	4	22,3	5,8

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

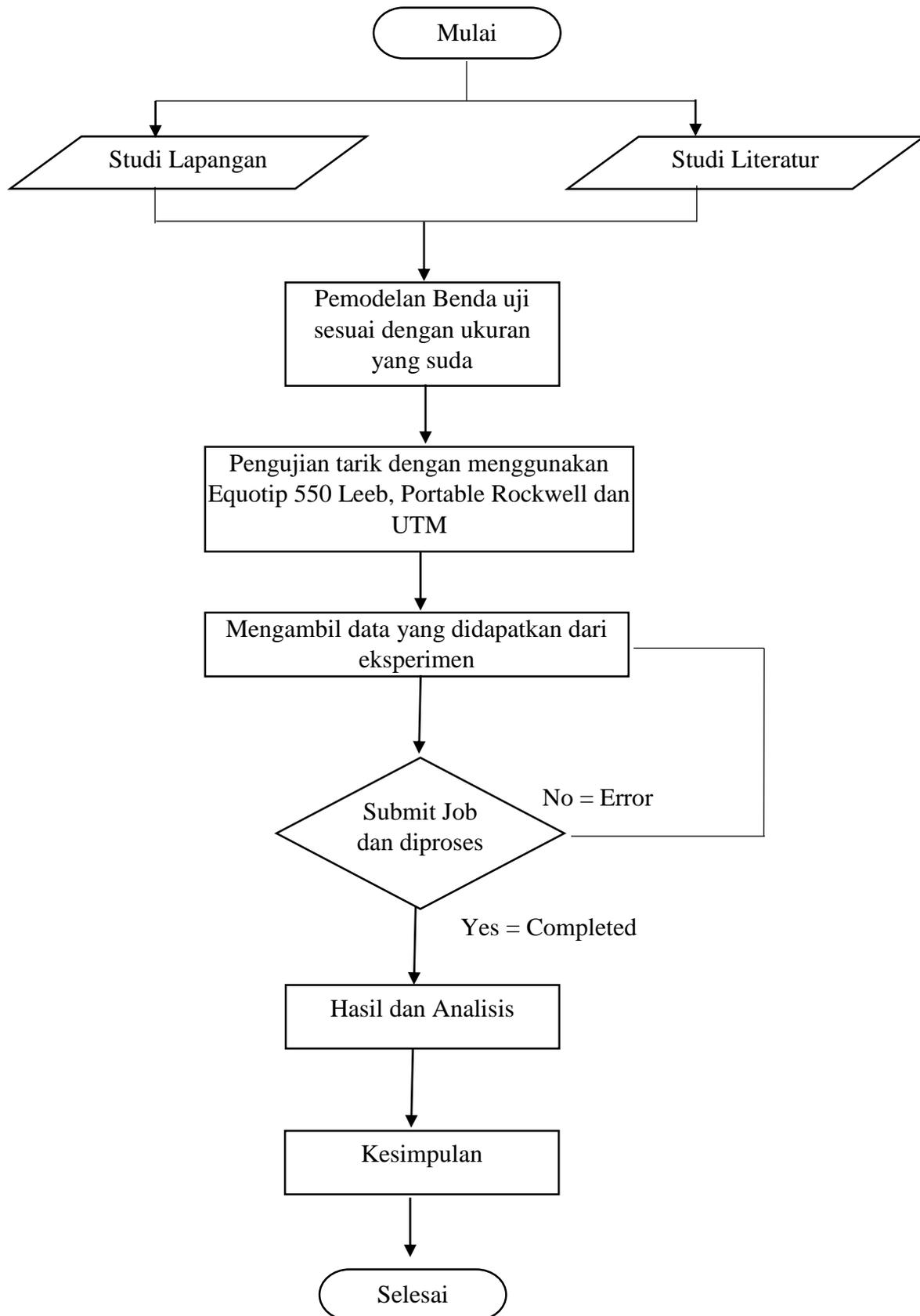
- Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti sendiri. Adapun variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi profil dan tipe spesimen yaitu :
  - WF 200.100.8.6,8 (*web and flange*)
  - Hollow* 100.50.5
  - Siku 60.60.6
  - Plat 8 mm
- Variabel terikat adalah variabel yang bergantung pada variabel bebas. Pada penelitian ini yang merupakan variabel terikat yaitu nilai kuat tarik, modulus elastisitas dari uji tarik dan nilai kekerasan menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness*.

### 3.6 Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian kali ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan topik yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Studi lapangan dan literatur mengenai korelasi nilai kuat Tarik dan modulus elastisitas pada baja.
3. Studi lapangan dan literatur mengenai kekerasan pada baja.
4. Menentukan profil baja yang akan digunakan untuk eksperimen.
5. Penyediaan bahan dan pemotongan sesuai dengan ukuran spesimen yang ditentukan pada ASTM E8.
6. Penomoran pada spesimen sesuai dengan jumlah masing-masing profil baja.
7. Standarisasi bahan dengan melihat kualitas kekasarannya sebelum melakukan eksperimen kekerasan.
8. Melakukan eksperimen terhadap sampel baja yang sudah distandarisasi kekasarannya untuk dilakukan pengujian kekerasan.
9. Mencatat hasil nilai kekerasan pengujian kekerasan. Pada eksperimen menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness*, hasil yang akan ditinjau yaitu berupa nilai kekerasan dalam satuan HV.
10. Melakukan percobaan eksperimen terhadap beberapa sampel baja yang sudah ditentukan untuk mendapatkan data-data yang digunakan dalam analisis dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dan dengan bantuan *strain gauge*. Dimana UTM akan menjadi acuan pembanding hasil data. Adapun hasil yang akan ditinjau dalam eksperimen menggunakan *Universal Testing Machine* yaitu grafik hubungan tegangan regangan untuk mencari nilai modulus elastisitas, hasil nilai kuat tarik baja meliputi tegangan putus ( $F_u$ ) dan tegangan leleh ( $F_y$ ).
11. Hasil Analisis  
Data hasil nilai kuat tarik dan modulus elastisitas dari eksperimen menggunakan *Universal Testing Machine* akan dibandingkan dengan nilai kekerasan yang didapatkan dari eksperimen menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness*.
12. Kesimpulan  
Berisi tentang intisari yang bisa diambil setelah dilakukannya penelitian.

### 3.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

### 3.8 Prosedur Alat Penelitian

#### 3.8.1 Equotip Portable Rockwell Hardness



Gambar 3.6 Alat Equotip Portable Rockwell

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

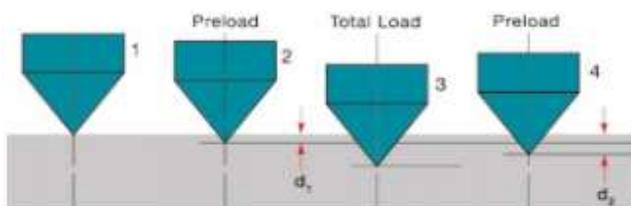
Tabel 3.2

Spesifikasi Equotip Portable Rockwell

	Measuring range	0-100 $\mu\text{m}$ ; 19-70 HRC; 35-1'000 HV
	Resolution	0.1 $\mu\text{m}$ ; 0.1 HRC; 1 HV
	Measuring accuracy	$\pm 0.8 \mu\text{m}$ ; $\pm 1.0$ HRC over entire range
	Test loads	Preload 10 N / Total Load 50 N
	Diamond indenter	Angle $100.0^\circ \pm 0.5^\circ$ , diameter of flat area of $60 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$
	Dimensions	$\varnothing 40$ mm, Length 115 mm

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

Prinsip uji Equotip Portabel Rockwell mengikuti metode uji statik tradisional Rockwell. Selama pengukuran dengan Equotip Portabel Rockwell Probe, indenter berlian dipaksa ke dalam potongan uji dengan menggunakan kekuatan tepat dikendalikan. Kedalaman lekukan berlian terus diukur saat beban diterapkan dan dirilis. Dari  $d_1$  kedalaman lekukan dan  $D_2$  tercatat dua beban didefinisikan, perbedaan dihitung:  $\Delta = d_2 - d_1$ . Ini secara tradisional disebut deformasi plastik. Adapun prinsip pembebanan pada Equotip Portable Rockwell Hardness dapat dilihat pada *Gambar 3.6*.



Gambar 3.6 Loading Principle pada Portable Rockwell

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

Tahap pengujian menggunakan Equotip Portabe Rockwell yaitu:

1. Menyesuaikan standar alat dengan benda uji
2. Memasukkan data fisik terkait (Kesesuaian kehalusan benda uji dengan standar yang telah ditetapkan oleh Equotip)
3. Memasukkan data pembebanan dan skala yang diinginkan
4. Hardness load testing dan pembacaan grafik dan statistik
5. Penyimpanan data

### 3.8.2 Universal Testing Machine

*Universtal Testing Machine* (UTM) merupakan Mesin uji gaya sumbu tunggal tarik/tekan sering digunakan dalam pengujian material logam maupun material lainnya yang memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh gaya yang diberikan pada material tersebut. Cara penggunaan *Universal Testing Machine* adalah dengan memberikan gaya tekan atau gaya tarik kepada terhadap bahan yang diujikan. Adapun alat dari *Universal Testing Machine* dapat dilihat pada gambar berikut.



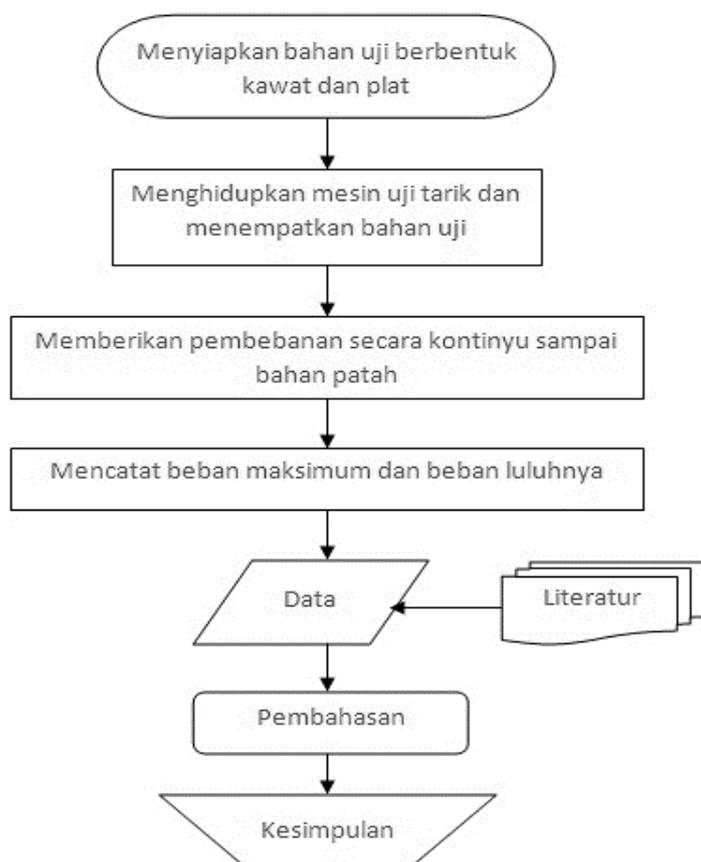
Gambar 3.7 Bagian *Universal Testing Machine*

Untuk melaksanakan pengujian tekan atau tarik terhadap material, kita memerlukan benda uji yang lainnya. Benda uji itu dipasang pada mesin penguji dengan gaya tekan dan gaya tarik yang akan semakin bertambah besar akhirnya menekan dan menarik pada batang tersebut, maka batang ini akan menjadi pendek atau panjang. Dalam hal ini, benda uji yang dimaksudkan ialah profil-profil baja yang sudah ditentukan dan disesuaikan ukurannya. Dimana benda uji ini akan dilakukan uji gaya tarik dan akan diambil data pertambahan panjang untuk mengetahui regangan dan bisa dicari tegangannya pula.

Adapun prosedur penggunaan alat Universal Testing Machine yaitu:

1. Penyiapan benda uji spesimen dengan standar yang sudah ditetapkan pada ASTM E8
2. Pemasangan benda uji pada *test accessor*, *grip* harus menahan benda uji spesimen dengan baik agar tidak terlepas
3. Penguncian benda uji pada manual control
4. Penyesuaian limit load dan skala sesuai dengan data yang diinginkan
5. Memulai load test dan pembacaan nilai pada *load meter*

Proses penggunaan alat Universal Testing Machine dapat dilihat sesuai diagram alir berikut:



Gambar 3.8 Diagram Alir UTM

### 3.9 Metode Analisis Data

#### 3.9.1 Data Terkait

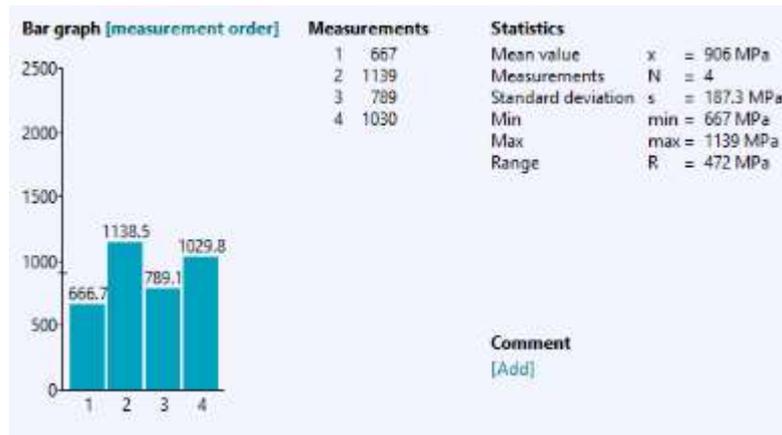
Dari pengujian Uji Tarik maka akan didapatkan data-data sebagai berikut:

- Grafik Hubungan Pembebanan dan Perpanjangan yang terjadi
- Tegangan melalui strain meter yang dihubungkan pada benda uji dengan strain gauge

Sedangkan dari pengujian menggunakan Equotip Portable Rockwell Hardness akan didapatkan data-data:

- Nilai Kekerasan yang terjadi
- Data Statistik keseluruhan nilai kekerasan

Adapun tampilan dari data-data yang dapat disajikan alat Equotip dapat dilihat pada *Gambar 3.9*.



*Gambar 3.9* Contoh statistik hasil pengujian menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness*

### 3.9.2 Langkah Analisis Data

Setelah semua data terkait sudah didapatkan, maka langkah selanjutnya untuk pengolahan data antara lain:

- 1) Mencari nilai tegangan dan regangan melalui hubungan beban, perpanjangan dan tegangan yang terjadi pada grafik beban-perpanjangan dan juga *strain meter*.
- 2) Perhitungan Modulus Elastisitas dengan membandingkan tegangan dan regangan yang terjadi pada benda uji.
- 3) Menarik trendline dan persamaannya untuk mengetahui kemiringan pada hubungan tegangan-regangan pada saat elastis.
- 4) Membuat tabel hubungan modulus elastisitas dan nilai kekerasan (HV) yang terjadi dari *Equotip Portable Rockwell Hardness*.
- 5) Membuat grafik hubungan modulus elastisitas dan nilai hardness dari masing-masing benda uji.
- 6) Membuat persamaan korelasi modulus elastisitas dan nilai hardness masing-masing benda uji.

- 7) Perhitungan statistik dari persamaan.
- 8) Mendapatkan pendekatan persamaan akhir korelasi masing-masing modulus elastisitas dan nilai kuat tarik yang terjadi pada *Universal Testing Machine* dengan nilai kekerasan yang terjadi pada *Equotip Portable Rockwell Hardness*.

### 1.8.3 Tabel Pengolahan Data

Tabel 3.3

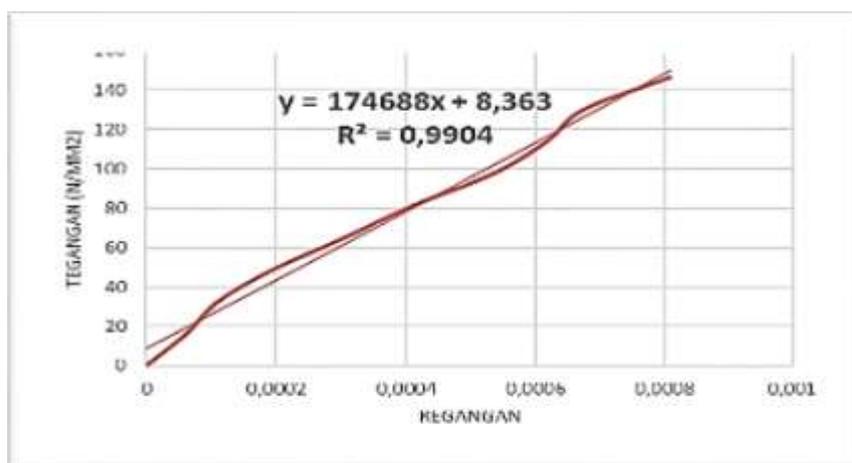
Tabel Pengolahan Data Untuk Mencari HV Rata-Rata

No	Profil	A (mm <sup>2</sup> )	HV			HV Rata-rata	HV Rata-rata
			(a)	(b)	(c)		
1							
2							
3							

Tabel 3.4

Tabel Pengolahan Data Untuk Mencari Nilai E

No	Sample	A (mm <sup>2</sup> )	P (kN)	Tegangan (kg/mm <sup>2</sup> )	Lo (mm)	ΔL (mm)	Regangan	E (Mpa)
1	1							
2	2							
3	3							

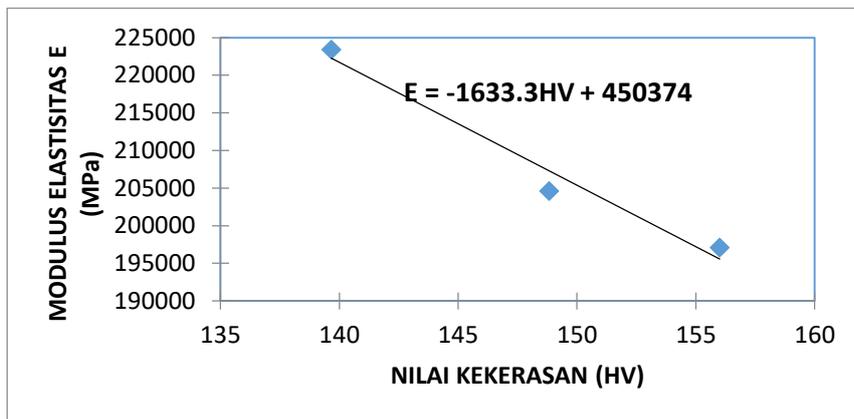


Gambar 3.10 Grafik Plot Nilai Elastisitas E

Tabel 3.5

Tabel Pengolahan Data Plot E dan HV

No	Sample	E (Mpa)	HV
1			
2			
3			



Gambar 3.11 Grafik Hubungan modulus elastisitas dengan nilai kekerasan