

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli 2011. Dilaksanakan di Laboratorium Metrologi Industri Universitas Lampung, Laboratorium Material Teknik Universitas Sriwijaya, Indralaya dan Laboratorium Uji Metalurgi dan Material Universitas Indonesia, Depok.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan yang digunakan sebagai spesimen uji selama penelitian ini adalah Baja AISI 1045 berbentuk U- Bends berdasarkan standar ASTM G- 30 dengan dimensi 100mm x 90 mm x 9mm ditunjukkan pada gambar 3.



(a) Tampak depan



(b) Tampak atas

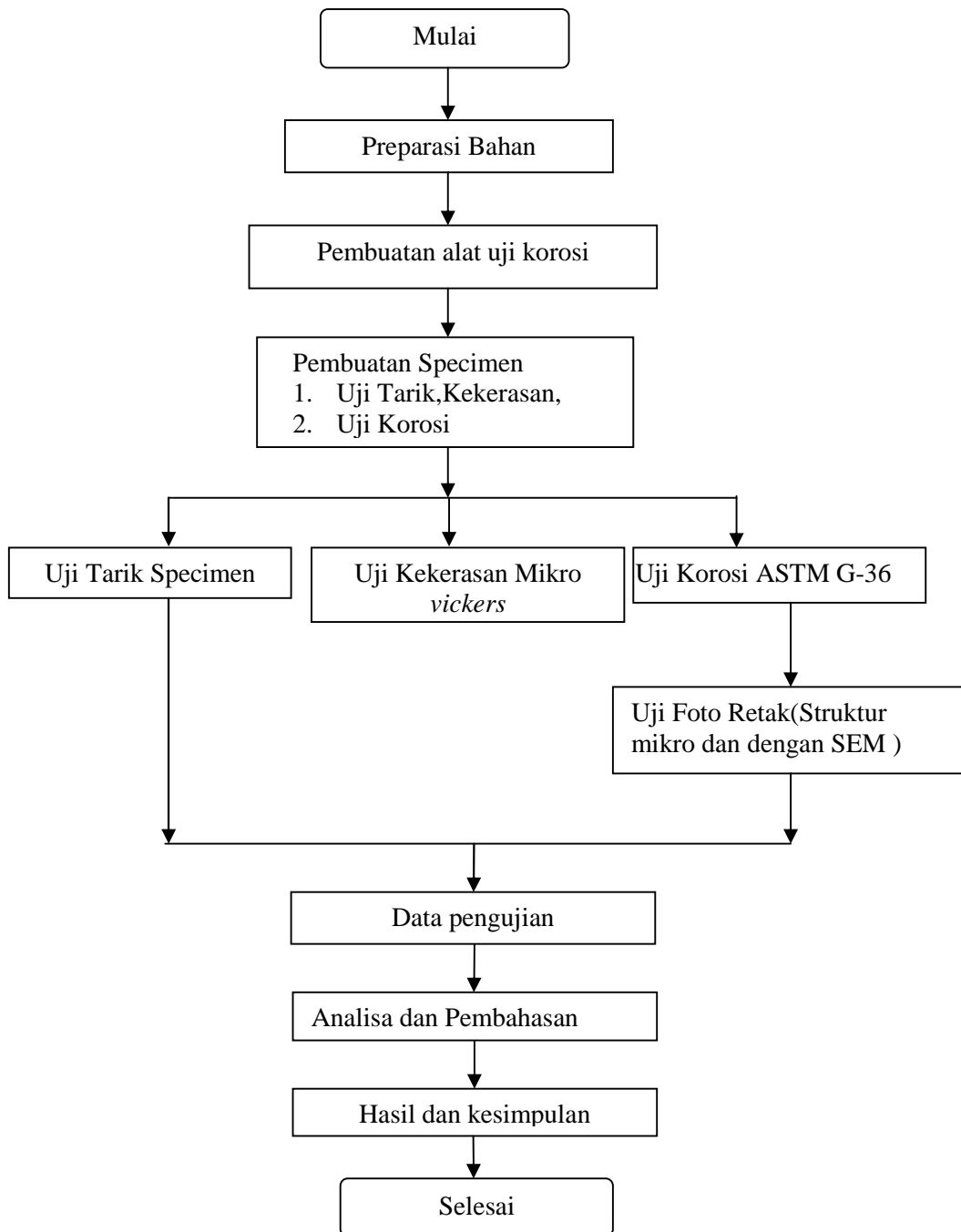
Gambar 3. Bahan yang digunakan pada penelitian
(Sumber Data Pribadi Penulis)

2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan untuk pengujian itu yaitu :

- a. *Universal Tension Machine* atau mesin uji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik material.
- b. Mesin *metacut* untuk memotong spesimen.
- c. Jangka sorong untuk mengukur spesimen.
- d. Mesin *Gerinder Polisher* untuk menghaluskan specimen.
- e. Mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan spesimen uji.
- f. Thermometer Hg dan Thermokopel type K sebagai pengukur suhu dalam larutan
- g. Kontaktor sebagai stabilizer tegangan arus listrik.
- h. *Display temperature* untuk menunjukkan suhu secara digital.
- i. Asparatus uji korosi dengan standar ASTM G - 36.
- j. $MgCl_2$ sebagai medium uji korosi.
- k. Timbangan *Digital* untuk menghitung kehilangan berat.

C. Prosedur Penelitian



Gambar 4. Prosedur Penelitian

D. Pelaksanaan Penelitian

1. Komposisi Kimia Spesimen Uji

Bahan uji yang digunakan adalah AISI 1045 berbentuk lembaran dengan ketebalan 5mm. Baja karbon AISI 1045 merupakan salah satu jenis baja karbon Sedang (0,43 – 0,50 %C berat) yang banyak digunakan dipasaran karena memiliki banyak keunggulan. Baja ini memiliki karakteristik : sifat ketahanan struktur setelah pengerjaan mesin yang baik, *wear resistance*-nya baik, dan sifat mekaniknya menengah.

Tabel 1. Komposisi kimia Baja AISI 1045

Nama Kimia	Persentase(%)
Carbon	0.42-0.50
Mangan	0.50-0.80
Silikon	Maks. 0.40
Sulfur	0.02-0.04
Crom+Molibdenum+Nikel	Maks. 0.63

Tabel 2. Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan Tarik	596 N/mm ²
Kekuatan Luluh	380N/mm ²
Elongation	16% per 50mm
Modulus Elastisitas	200GPa
Massa Jenis	7.87gr/cm

2. Dimensi

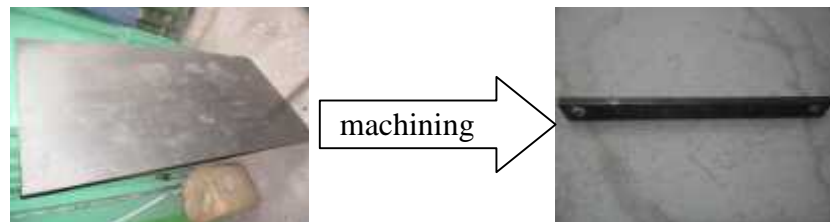
Bahan uji yang digunakan adalah AISI 1045 berbentuk lembaran dengan ketebalan 5mm. Baja karbon AISI 1045 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah (0,43 – 0,50 %C berat) yang banyak digunakan dipasaran karena

memiliki banyak keunggulan. Baja ini memiliki karakteristik : sifat ketahanan struktur setelah pengerjaan mesin yang baik, *wear resistance*-nya baik, dan sifat mekaniknya menengah.

Spesimen dalam pengujian korosi retak tegang ini dapat dibagi menjadi beberapa tahap penyajian, yaitu : pemotongan, proses sekrap, penekukan, dan pemberian beban statik. Berikut ini uraian tahap-tahap penyiapan spesimen tersebut.

a. Pemotongan spesimen

Material yang digunakan adalah plat baja tahan karat AISI 1045 dengan tebal 6,5 mm. bahan ini dipotong menggunakan mesin gergaji dengan ukuran 9 mm x 10 mm dan ketebalan 6,5 mm. proses pemotongan dengan mesin gergaji ini dilakukan di Bengkel DEAS Jakarta Barat. Ukuran pemotongan ini sesuai dengan standar ASTM G 30 seperti pada gambar dibawah ini : [Sukmana, 2001]



Gambar 5. Plat Baja AISI 1045

Gambar 6 Diskrap dan Boring

(Sumber : Bengkel DEAS, Jakarta 2011)

Pada pemotongan awal tebal dari spesimen awal yaitu 6,5 mm sedangkan yang akan dipakai untuk uji korosi adalah yang memiliki tebal 3 mm dengan panjang 10 mm serta lebar 9 mm. untuk mencapai tebal 3 mm tersebut maka variasi yang digunakan adalah proses sekrap.

b. Proses sekrap

Setelah material dipotong-potong dengan menggunakan mesin gergaji, plat tersebut masih mempunyai ketebalan 6,5 mm. Standar pengujian yang digunakan untuk pengujian korosi menurut standar ASTM G-36, dalam hal ini tebal yang dipilih 3 mm. Material yang mempunyai tebal 6,5 mm tadi akan di sekrap pada bagian atas dan bawah sedalam 1,75 mm. Proses penyayatannya berlangsung secara bertahap yaitu 0,5 mm sampai batas pemakanan 1 mm pada bagian atas dan bawah sehingga tebal yang diinginkan menjadi 3 mm. Variasi yang digunakan yaitu pada kecepatan potong yaitu 11,8 m/min, 19,2 m/min, 25,1 m/min dan langkah pemakanan sebesar 0,115 mm/langkah, 0,233 mm/langkah, 0,245 mm/langkah.



Gambar 7. Mesin frais milling

(Sumber : Bengkel DEAS, Jakarta 2011)

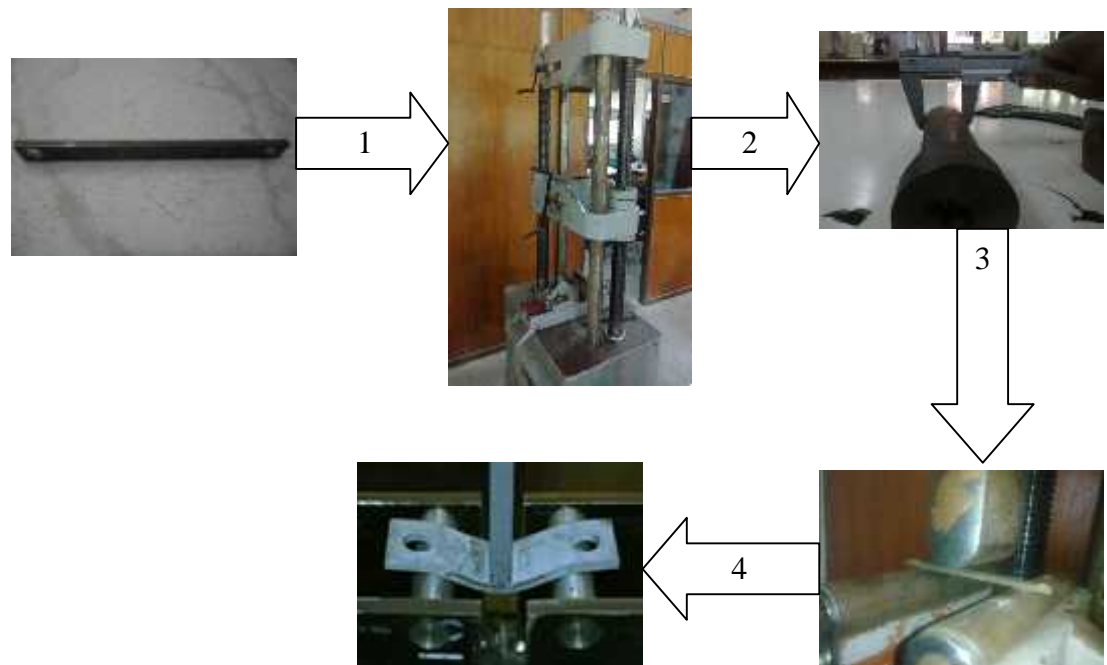
Tabel 3. Dimensi Spesimen *U-Bend* (Manual Book of ASTM Standar. 1979)

Example	L, mm	M, mm	W, mm	T, mm	D, mm	X, mm	Y, mm	R, mm	a, rad
A	80	50	20	2.5	10	32	14	5	1.57
B	100	90	9	3.0	7	25	38	16	1.57
C	120	90	20	1.5	8	35	35	16	1.57
D	130	100	15	3.0	6	45	32	1	1.57

E	150	140	15	0.8	3	61	20	9	1.57
F	310	250	25	13.0	13	105	90	32	1.57
G	510	460	25	6.5	13	136	165	76	1.57

c. Proses Penekukan

Untuk pengujian korosi, spesimen yang telah di sekrap kemudian ditekuk dengan membentuk huruf U dengan mesin UTM. Sebelum dilakukan proses *bending* disiapkan dulu indenter dan rol penahan yang sesuai dengan dimensi spesimen. Indentor *bending* dan rol tumpuan terbuat dari bahan baja [Sunu, 2005].



Gambar 8. Alur proses penekukan specimen uji

(Sumber :Lab. Material Teknik UNSRI, 2012)

Pada proses penekukan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu : proses penekukan bertahap, pertama-tama specimen ditekuk dengan sudut sekitar 90° dan kemudian baru dilakukan penekukan penuh. Proses penekukan langsung dilakukan dengan satu tahap proses hingga membentuk sudut 180° . Kedua standar tersebut sesuai dengan standar ASTM G 30 Dalam pengujian ini dipilih proses *Bending* metode langsung. Yaitu dengan melakukan prosedur seperti ditunjukkan pada gambar 8. Dengan mula –mula memilih beban penekukan yang sesuai dengan dimensi yang sesuai standar

d. Penimbangan dan Pengukuran Dimensi

Penimbangan yang akan diuji korosi retak tegang dilakukan dengan timbangan digital dengan tingkat ketelitian 1/100gr (0,01 gr). Ukuran spesimen yang diukur adalah ketebalan dengan menggunakan jangka sorong (tingkat ketelitian 0,01 mm).

e. Pemberian Beban Statik

Beban statik yang diberikan pada specimen dengan cara menahannya dengan baut M6.



Gambar 9. U- bend dengan pembebanan statik baut M6
(Sumber :Lab. Metrologi Industri Unila, 2012)

f. Pelapisan Baut

Untuk menghindari terjadinya korosi dwi bimetal antara spesimen U-Bends dari bahan baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) dengan baut, maka selain daerah pengujian dilapisi dengan *sealant* yaitu berupa *silicone rubber* yang

terbuat dari bahan karet. Proses pengeringan lapisan *sealant* dilakukan selama 24 jam sampai lapisan benar-benar kering.



Gambar 10. U-bend dengan dilapisi *sealant*
(Sumber :Lab Metrologi Industri Unila, 2012)

3. Penyiapan Larutan Uji Korosi

Larutan yang digunakan dalam pengujian korosi ini adalah larutan magnesium klorida yang mendidih pada temperatur 145°C . MgCl_2 300gr dan cairan *aquades*, besarnya konsentrasi larutan yang diinginkan mengikuti penelitian sebelumnya, yaitu dengan campuran 30% larutan magnesium klorida dan 70% *aquades* dengan total larutan sebesar 1000 ml ke ruang yang telah disiapkan (dalam tabung *erlemeyer*).



Gambar 11. Kristal MgCl_2



Gambar 12. Galon berisi aquades

(Sumber : Lab. Metrologi Industri Unila, 2012)

Larutan uji korosi dimasukkan kedalam tabung *erlemeyer* dengan termometer didalamnya. Kemudian tabung *erlemeyer* dipanaskan menggunakan kompor listrik.

Pada tabung *erlemeyer* dihubungkan dengan kondensor untuk memberikan pendinginan pada uap $MgCl_2$ yang naik. kristal-kristal $MgCl_2$ sedikit demi sedikit akan berubah menjadi cair dan ketika terlihat mulai mendidih, atur termokopel agar memutus arus dari kompor. Ketika temperatur yang diinginkan sudah didapat dan pengamatan perubahan temperatur terus dilakukan.



Gambar 13. Tabung Elenmeyer
(Sumber : Lab. Metrologi Industri Unila, 2012)

Sebagaimana disebutkan di atas, bahan dan kondisi lingkungan mempunyai peranan yang besar terhadap korosi retak tegang. Tabel 4 menampilkan beberapa jenis logam dan paduannya serta kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap pembentukan korosi retak tegang.

Tabel 4. Kerentanan bahan logam terhadap lingkungannya sebagai pemicu korosi retak tegang [Fontana.2001].

Bahan	Lingkungan yang sesuai
Fe-Cr baja tahan karat	$NaOH$ · NH_3 · H_2S · H_2SO_4 · NH_4Cl · $MgCl_2$
Besikrom-nikel baja tahan karat	$NaOH$ · KOH · NaF · $NaBr$ · $MgCl_2$ · $LiCl$

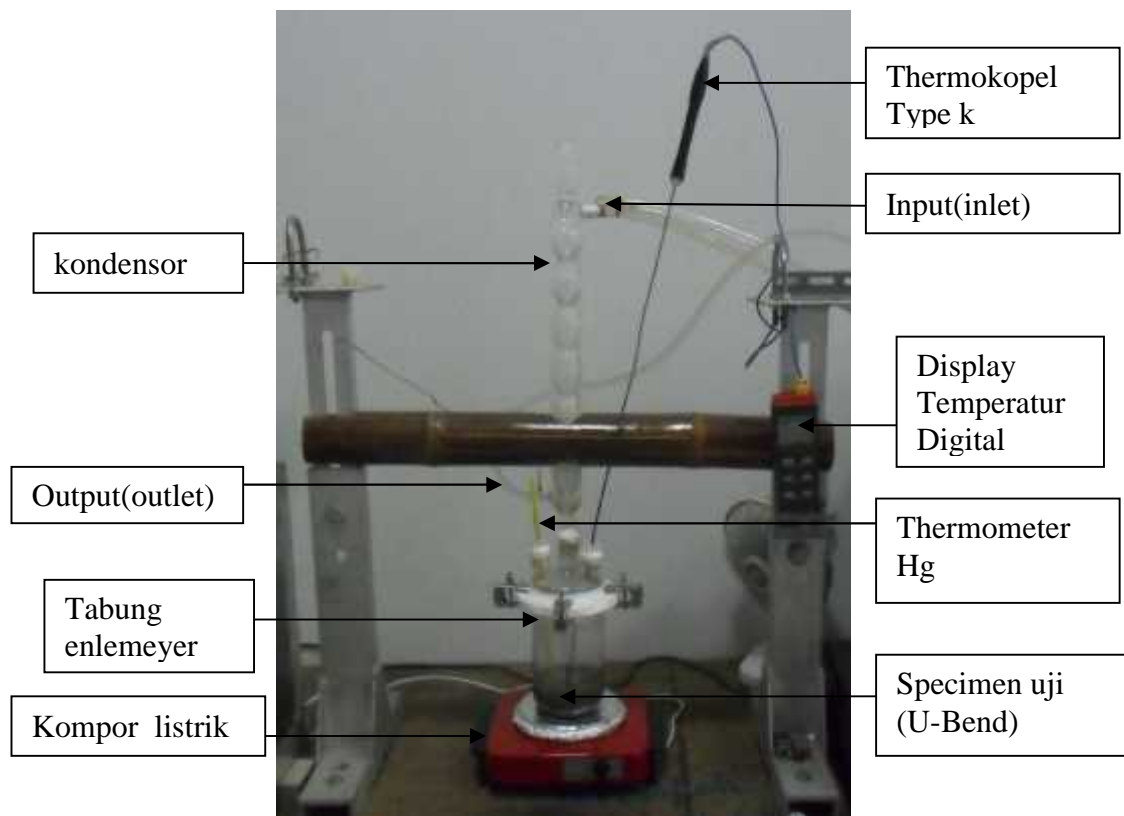
Baja karbon	HNO ₃ +H ₂ SO ₄ 、 CaCl ₂ 、 MgCl ₂ 、 H ₂ SO ₄ 、 H ₃ PO ₄ 、 H ₂ S...
Aluminium	NaCl 、 KCl 、 MgCl ₂
paduan tembaga paduan	NH ₃ 、 HNO ₃ 、 HCl 、 HgCl ₂

E. Pengujian-Pengujian

1. Uji Korosi dengan Metode Rendaman Total

Setelah semua spesimen dan larutan korosi siap maka proses pengujian korosi siap dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Spesimen yang berbentuk U-Bend yang telah diberika *sealant* direndamkan kedalam larutan magnesium klorida yang telah disiapkan di dalam tabung *erlemeyer*. Peningkatan suhu air setelah bercampur klorida yang dipanaskan menggunakan *heater* pemanas dipantau peningkatan suhunya menggunakan thermokopel tipe K yang di *set up* menggunakan *display* digital dan tidak boleh melebihi 145⁰C.
- b. Waktu perendaman yang digunakan dilakukan dengan urutan waktu 3 hari, 7 hari dan 10 hari.
- c. Proses pembersihan spesimen U-Bend yang telah diuji dilakukan dengan pembersihan mekanis, yaitu dengan sikat plastik dan dialiri air mengalir hingga seluruh permukaan bersih kemudian spesimen dikeringkan dengan lap kering.
- d. Spesimen yang telah bersih dari karat dan sudah kering kemudian ditimbang.



Gambar 14. Aparatus alat uji korosi retakan ASTM G-36
(Sumber : Lab. Metrologi Industri Unila, 2012)



Gambar 15. Termostat dan Display Temperatur
(Sumber : Lab. Metrologi Industri Unila, 2012)

2. Uji Tarik

Benda uji dijepit pada mesin uji kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus, besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan plotter, sehingga diperoleh grafik antara beban dan pertambahan panjang. Dari pengujian ini diperoleh tegangan luluh σ_s vs tegangan ultimate dan σ_{ult} modulus elastis bahan (E), selanjutnya sebelum pengujian diukur panjang mula-mula dan setelah pengujian diukur pertambahan panjang spesimen setelah putus untuk mengetahui berapa prosentase *elongation* bahan untuk mengetahui keuletan bahan (*ductile*).



Gambar 16. *Universal Tension Machine*
(Sumber : Lab. Material UNSRI, 2011)

3. Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan pada semua spesimen untuk melihat perubahan nilai kekerasan yang terjadi setelah diprestrain. Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136° yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan

(injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Secara matematis dan setelah disederhanakan, HV sama dengan 1,854 dikalikan beban uji (F) dibagi dengan diagonal intan yang dikuadratkan. Beban uji (F) yang biasa dipakai adalah 5 N per 0,102; 10 N per 0,102; 30 N per 0,102N dan 50 per 0,102 N. Dalam Praktiknya, pengujian Vickers biasa dinyatakan dalam (contoh) : HV 30 hal ini berarti bahwa kekerasan Vickers hasil pengujian dengan beban uji (F) sebesar 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 15 detik. Contoh lain misalnya HV 30 / 30 hal ini berarti bahwa kekerasan Vickers hasil pengujian dengan beban uji (F) sebesar 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 30 detik. Pada pengujian kali ini menggunakan penjejakan 30 kgf dengan waktu 15 detik penjejakan.



Gambar 17. Alat Uji kekerasan
(Sumber : Lab. Material UNSRI, 2011)

4. Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Uji SEM dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari permukaan patahan hasil uji pada spesimen hasil uji korosi.



Gambar 18. Rangkaian alat uji SEM
(Sumber: Lab. Metalurgi UI Depok, 2012)

5. Uji Foto Mikro

Pengujian fotomikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro baja AISI 1045 sebelum dan sesudah terkorosi (ASTM E3-95), bentuk retak yang terjadi, dan perubahan ukuran butir dan besarnya butir yang terjadi akibat terkoreksi (ASTM E112-96). Pengujian dilakukan menggunakan mikroskop optik pada perbesaran lensa objektif 100 atau 200X.



Gambar 19. Mikroskop optik
(Sumber : Lab. Metalurgi UI Depok, 2012)

F. Pengambilan data dan Evaluasi

Setelah spesimen diangkat dan dibersihkan, kemudian dilakukan pengambilan data dengan dua pendekatan analisa, yaitu: kuantitatif dan kualitatif. Pengambilan data kuantitatif dilakukan dengan menimbang spesimen setelah pengujian dan

dilakukan perhitungan besarnya angka kehilangan berat (*Weight losses*), Pengambilan data secara kualitatif dilakukan dengan pengambilan gambar foto makro permukaan dan penampang spesimen, foto kontur puncak U-Bend (pada daerah kritis sekitar 30^0 dari puncak) dan pengambilan data korosi *pitting* maupun retakan yang terjadi. Berikut diuraikan metode evaluasi secara kuantitatif dan kualitatif tersebut:

1. Metode Evaluasi Kuantitatif

a. Perhitungan kehilangan berat

Kehilangan berat adalah selisih berat awal specimen dan berat akhir specimen yang bersih dari karat setelah proses pengujian.

2. Metode Evaluasi Kualitatif

Spesimen yang telah diuji korosi akan membentuk karat lalu karat tersebut dibersihkan dengan menggunakan metode mekanis ataupun kimiawi, setelah itu specimen ini dapat dievaluasi secara kualitatif melalui dua tahapan antara lain :

a. Analisa permukaan

Digunakan untuk mengetahui jenis korosi yang terjadi pada daerah kritis yaitu dipuncak permukaan spesimen U-Bend atau sekitar $\pm 15^0$ dan 30^0 dari puncak lengkungan. Pada daerah penampang luar memiliki tegangan tarik dimana berpengaruh besar terhadap korosi dibandingkan dengan tegangan tekan.

b. Analisa struktur mikro

Pengambilan gambar pada penampang permukaan dilakukan dengan mikroskop optik untuk spesimen dengan waktu perendaman 3 hari (72 jam), 7 hari (168 jam) dan 10 hari (240 jam). Pengambilan gambar diambil pada beberapa spesimen tertentu untuk membantu analisa kualitatif. Foto diambil melalui kondisi permukaan setelah dilakukan uji korosi.