

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Dalam dunia industri sebuah proses *manufacturing* diharapkan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi, karena semakin tinggi teknologi yang digunakan, maka semakin tinggi pula tuntutan terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas tersebut salah satunya adalah akurasi dan kepresisian yang tinggi suatu produk atau *part* yang dibutuhkan dalam industri pesawat terbang. Integrasi dari perakitan merupakan hal yang perlu diperhatikan, sehingga tidak perlu terjadi kesalahan komunikasi pada bagian *assembling* yang mengakibatkan kerugian terhadap material, waktu kerja, dan biaya. Apabila kita dapat menghindarkan kerugian atau *losses* yang terjadi pada proses *manufacturing*, maka kita dapat menghemat biaya produksi.

Salah satu contoh masalah yang timbul di bagian fabrikasi suatu pesawat terbang adalah terjadinya *crack* pada Rib yang terletak di *wing*. Terjadinya peristiwa *crack* pada proses pembuatan Rib sering terjadi sehingga pada alur proses pembuatannya kadang terjadi perubahan untuk mengurangi maupun menghilangkan *crack*. Permasalahan ini muncul ketika material mengalami proses *lightening hole*. *Lightening hole* merupakan rekayasa material dengan cara pelubangan material dan penekukan material.

Pokok pembahasan dalam tugas akhir ini adalah melihat secara dekat proses produksi yang terjadi di industri pesawat terbang PT. Dirgantara Indonesia dengan permasalahannya. Khususnya pada proses pembuatan Rib pada *wing* pesawat. Permasalahan ini sungguh menarik

dibahas karena terjadi penambahan proses produksi dan penggantian jenis material.

## **1.2 Tujuan dan manfaat**

### **1.2.1 Tujuan penulisan**

Tujuan penulisan dari Tugas Sarjana ini adalah :

1. Mencari dan membahas besarradius *bending* maksimal yang dapat diterima aluminium 7075 pada proses *lighteninghole*.
2. Membahas pengaruh nilai kekerasan yang terjadi pada alumunium dari beberapa tebal jenis yang mengalami proses *lightening hole*.
3. Membahas pengaruh dari sifat mekanik beberapa material pada proses *lightening holes* saat proses produksinya.

### **1.2.2 Manfaat penulisan**

Manfaat dari penulisan dari Tugas Sarjana ini adalah :

1. Memberikan pemecahan masalah yang terjadi di perusahaan.
2. Memngurangi material yang cacat dari proses produksi sehingga di masa depan perusahaan akan menghemat material, biaya dan waktu produksi.

## **1.3 Batasan masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membatasi pada :

1. Benda uji yang digunakan adalah aluminium 7075 berbentuk lembaran dengan variasi ketebalan 1,2;1,4; dan 2,3 mm
2. Aluminium yang digunakan berupa lembaran-lembaran yang sudah mengalami proses *heat treatment*.
3. Proses *lightening hole* aluminium yang digunakan ketebalannya kurang dari 3mm

4. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik (*tensile*), struktur mikro (mikrografi) dan kekerasan mikro

#### **1.4 Metode penelitian**

Adapun langkah-langkah yang penulis lakukan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi, studi pustaka yang merupakan metode dengan memahami teori-teori yang mendasari topik permasalahan tugas akhir dengan mencari dan membaca pustaka yang berhubungan dengan materi tugas akhir seperti buku-buku perpustakaan, bahan perkuliahan pembentukan logam, sifat-sifat material, jurnal hasil penelitian ilmunan, serta laporan tugas akhir yang berkaitan dengan tugas sarjana ini.

Langkah selanjutnya, melakukan eksperimen yaitu dengan cara melakukan pengujian yang meliputi persiapan spesimen, memilih material yang digunakan, memberikan variasi radius bending pada setiap material, member pelumas pada tiap material, melakukan proses *lightening hole*, menyemprotkan *dry penetrant* dan sinar ultra violet untuk mengetahui adanya cacat pada material. Semua pengujian yang dilakukan di laboratorium PT. Dirgantara Indonesia.

Dan metode ketiga adalah bimbingan yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang topik yang berhubungan dengan tugas akhir. Dalam proses bimbingan, masukan dari dosen pembimbing serta koreksi terhadap kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pembuatan tugas akhir dan penyusunan laporan bermanfaat untuk meminimalisir ketidak sempurnaan penulisannya.

#### **1.5 Sistematika penulisan**

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

## **BAB II DASAR TEORI**

Berisi tentang teori dasar proses *lightening hole.metal forming*, aluminium 7075, pengerasan regangan dan mekanisme patahan.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Berisi tentang proses pembuatan spesimen uji dan proses pengujian material uji yang meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan mikro dan pengujian mikrografi.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Berisi data hasil pengujian

4.2 Berisi pembahasan dan analisa data-data hasil pengujian yang didapatkan

## **BAB V PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengujian dan pembahasan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Sheet metal forming

*Sheet metal forming* adalah proses pengubahan bentuk lembaran logam menjadi bentuk yang sesuai dengan kita inginkan tanpa terjadinya patahan. Jenis – jenis dari *sheet metal forming* antara lain :

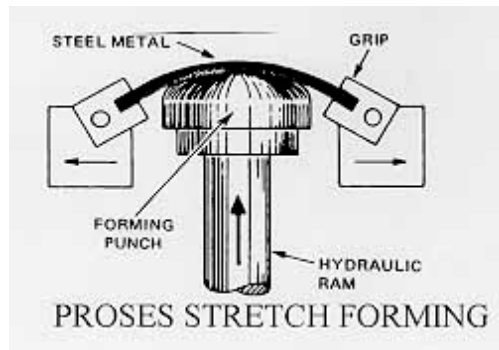
1. *Bending*
2. *Deep Drawing*
3. *Stretching*
4. *Plane - Strain Stretching*

*Bending* merupakan metode pembentukan untuk logam lembaran. Biasanya dilakukan pada mesin tekuk(*bend press*) tetapi juga digunakan *swing-bending-machines*.

*Deep drawing* atau biasa disebut *drawing* adalah proses pengubahan bentuk logam dari bahan lembaran yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang ditekan pada sebuah cetakan yang juga berbentuk lingkaran dengan kedalaman tertentu.

*Stretching* merupakan proses pembentukan logam dimana tidak terjadi aliran material. Die (*form block*) hanya dikenai tegangan kompresi, benda kerja yang diikat dengan grip dan ditarik ke arah horisontal. Die umumnya terbuat atau dapat dibuat dari kayu atau plastik.

*Stretch forming* merupakan proses yang dikembangkan dari *aerospace* dalam pembuatan penampang yang lebar dari sheet dan ditarik untuk membentuk lengkungan penampang.



Gambar 2.1 *Stretch forming*

## 2.2 **Lightening hole**

Pada proses *lightening hole* terdapat dua jenis proses, yaitu:

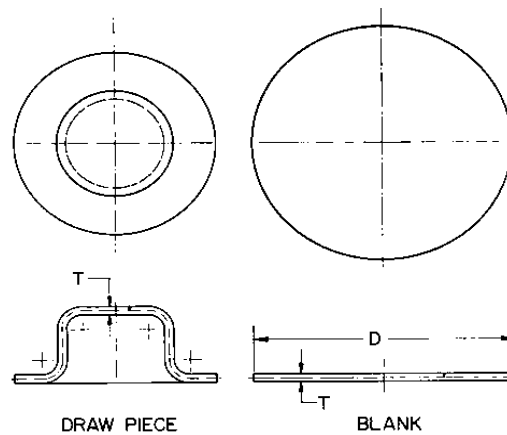
### 1. Pelubangan material

Pada proses ini terjadi pemotongan material yang bertujuan untuk mengurangi massa material. Pemotongan memanfaatkan gaya tekan dan mata pemotong memiliki prinsip kerja seperti gunting.

### 2. *Drawing*

Pada proses ini terjadi pengecilan benda kerja sebagai akibat tarikan melingkar yang digunakan untuk memperbesar diameter. Untuk mencegah kerutan dan ketebalan dinding yang tidak merata, aliran logam harus dikontrol. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan ring penahan.

Bahan dasar dari proses *lightening hole* adalah lembaran logam (*sheet metal*) yang disebut dengan *blank*, sedangkan produk dari hasil proses *lightening hole* disebut dengan *draw piecedan* alat yang digunakan disebut *eccentric press*

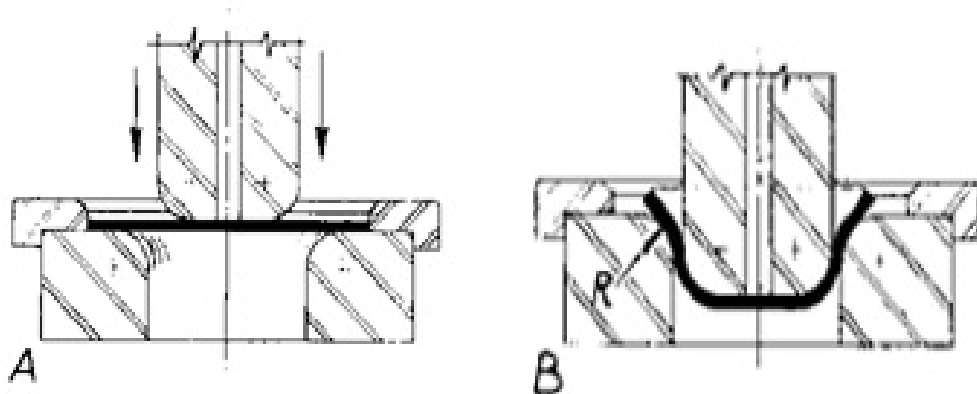


Gambar 2.2 *Blank dan draw piece*

### 2.2.1 Proses *lightening hole*

Proses *lightening hole* dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam yang disebut dengan *blank* sehingga terjadi pelubangan pada *blank*, setelah dilubangi *blank* ditekan kembali oleh punch sehingga terjadi peregangan mengikuti bentuk *dies*, bentuk akhir ditentukan oleh *punch* sebagai penekan dan *die* sebagai penahan benda kerja saat di tekan oleh *punch*. pengertian dari *sheet metal* adalah lembaran logam dengan ketebalan maksimal 6 mm.

Pada umumnya berbagai jenis material logam dalam bentuk lembaran dapat digunakan untuk proses *lightening hole* seperti *stainless stell*, aluminium, tembaga, perak, emas, baja, maupun titanium. Gambaran lengkap proses *lightening hole* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Proses *lightening hole*

Tahapan – tahapan yang terjadi proses *lightening hole* yang dijelaskan pada gambar 2.3 antara lain sebagai berikut :

#### Kontak Awal

Pada gambar 2.3A, *punch* bergerak dari atas ke bawah, *blank* dipegang oleh *nest* agar tidak bergeser ke samping, kontak awal terjadi ketika bagian-bagian dari die set saling menyentuh lembaran logam (*blank*) saat kontak awal terjadi belum terjadi gaya-gaya dan gesekan dalam proses drawing.

#### Bending

Selanjutnya lembaran logam mengalami proses bending seperti pada gambar 2.3 B, *punch* terus menekan kebawah sehingga posisi *punch* lebih dalam melebihi jari-jari ( $R$ ) dari *die*, sedangkan posisi *die* tetap tidak bergerak ataupun berpindah tempat, kombinasi gaya tekan dari *punch* dan gaya penahan dari *die* menyebabkan material mengalami peregangan sepanjang jari-jari *die*, sedangkan daerah terluar dari *blank* mengalami kompresi arah radial. Bending merupakan proses pertama yang terjadi pada rangkaian pembentukan proses *drawing*, keberhasilan proses bending ditentukan oleh aliran material saat proses terjadi.



### *Compression*

Proses *compression* terjadi ketika *punch* bergerak kebawah, akibatnya *blank* tertarik untuk mengikuti gerakan dari *punch*, daerah *blank* yang masih berada pada *blankholder* akan mengalami *compression* arah radial mengikuti bentuk dari *die*.

### *Tension*

Tegangan tarik terbesar terjadi pada bagian bawah cup produk hasil *drawing*, bagian ini adalah bagian yang paling mudah mengalami cacat sobek (*tore*), pembentukan bagian bawah cup merupakan proses terakhir pada proses *drawing*.

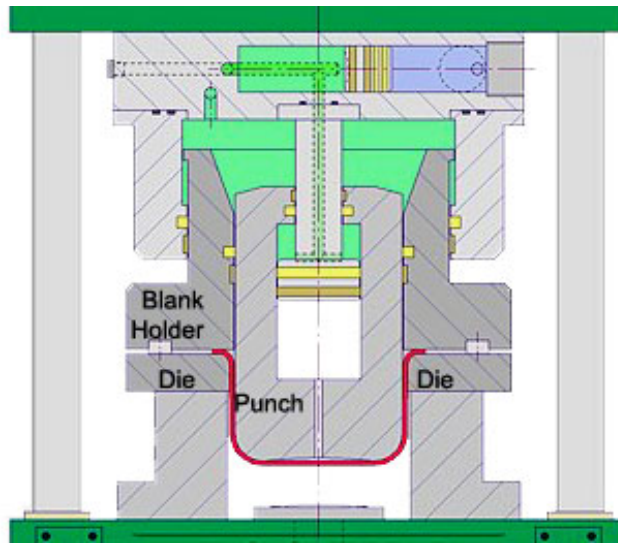
## **2.2.2 Komponen utamaeccentric press**

Dalam satu unit *dieset* terdapat komponen utama yaitu :

1. *punch*
2. *blankholder*
3. *die*

sedangkan komponen lainnya merupakan komponen tambahan tergantung dari jenis *die* yang dipakai.

Bentuk dan posisi dari komponen utama tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Bagian utama *eccentric press*

#### *Blank Holder*

Berfungsi memegang *blank* atau benda kerja berupa lembaran logam, pada gambar diatas *blank holder* berada diatas benda kerja, walaupun berfungsi untuk memegang benda kerja, benda kerja harus tetap dapat bergerak saat proses *lightening holed* dilakukan sebab saat proses *lightening hole* berlangsung benda kerja yang dijepit oleh *blank holder* akan bergerak ke arah pusat sesuai dengan bentuk dari *die*.

#### *Punch*

*Punch* merupakan bagian yang bergerak ke bawah untuk meneruskan gaya dari sumber tenaga sehingga *blank* tertekan ke bawah, bentuk *punch* disesuaikan dengan bentuk akhir yang diinginkan dari proses *lightening hole*.

#### *Die*

Merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan bentuk akhir dari benda kerja *lightening hole (draw piece)*, bentuk dan ukuran *die* bervariasi sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan, konstruksi *die* harus mampu menahan gerakan, gaya geser serta gaya

*punch*. Pada *die* terdapat radius tertentu yang berfungsi mempermudah reduksi benda saat proses berlangsung, lebih jauh lagi dengan adanya jari-jari diharapkan tidak terjadi sobek pada material yang akan di *lightening hole*.

### 2.2.3 Parameter proses *lightening hole*

Pada proses *lightening hole*, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi hasil dari proses ini. Oleh karena itu, parameter – parameter tersebut harus kita perhatikan ketika akan melakukan proses *lightening hole*. Parameter yang mempengaruhi proses *lightening hole* antara lain :

- Kecepatan *lightening hole*

*Die* *lightening hole* jenis *punch* berada diatas dengan *nest* dapat diberi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan jenis *die* yang menggunakan *blank holder*, kecepatan yang tidak sesuai dapat menyebabkan retak bahkan sobek pada material, Kecepatan *lightening hole* alumunium 0,762 m/s.( : *D. Eugene Ostergaard ;1967 : 131*

- Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan mempengaruhi besarnya gesekan yang terjadi, semakin kasar permukaan maka gesekan yang terjadi juga semakin besar. Hal ini disebabkan kofisien gesek yang terjadi semakin besar seiring dengan peningkatan kekasaran permukaan.

- Ketebalan material

Ketebalan *blank* mempengaruhi besar dari gaya penekanan yang dibutuhkan, semakin tebal *blank* akan dibutuhkan gaya penekanan yang besar sebaliknya bila *blank* semakin tipis maka dibutuhkan gaya yang kecil untuk menekan *blank*.

- Kelonggaran

Kelonggaran atau *cleaerance* adalah celah antara *punch* dan *die* untuk memudahkan gerakan lembaran logam saat proses *lightening hole* berlangsung.

Untuk memudahkan gerakan lembaran logam pada waktu proses *lightening hole*, maka besar *clearence* tersebut 7 % - 20 % lebih besar dari tebal lembaran logam, bila celah *die* terlalu kecil atau kurang dari tebal lembaran logam, lembaran logam dapat mengalami penipisan (*ironing*) dan bila besar *clearence* melebihi toleransi 20 % dapat mengakibatkan terjadinya kerutan. (Donaldson,1986:73)

- Radius *Punch*

Radius *punch* disesuaikan dengan besarnya radius *die*, radius *punch* yang tajam akan memperbesar gaya bending yang dibutuhkan untuk proses *lightening hole*.

- Radius *Die*

Radius *die* disesuaikan dengan produk yang pada nantinya akan dihasilkan, radius *die* berpengaruh terhadap gaya pembentukan, bila besarnya radius *die* mendekati besarnya tebal lembaran logam maka gaya bending yang terjadi semakin kecil sebaliknya apabila besarnya radius *die* semakin meningkat maka gaya bending yang terjadi semakin besar.

#### **2.2.4 Masalah – masalah pada *lightening hole***

Pada proses *lightening hole*, jika parameter proses yang digunakan tidak sesuai maka akan menimbulkan masalah pada proses tersebut sehingga produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa masalah yang sering terjadi pada proses *lightening hole*, antara lain

### 1. *Fracturing*

Lembaran logam yang dilakukan proses *drawing* atau *stretching* kemudian diberikan beban yang melebihi batas kekuatan material (beban berlebih pada salah satu bagian) sehingga patah. Perpatahan ini dipengaruhi oleh kecepatan penekanan.

### 2. *Buckling* dan *Wrinkling*

*Wrinkling* terjadi bila *drawing gap* terlalu besar yang menyebabkan gaya yang diaplikasikan tidak terlalu efektif terhadap punch. Pecah atau retak terjadi jika *drawing gap* terlalu kecil sehingga tahanan pada *dies* terlalu besar.

## 2.3 Alumunium 7075

Paduan ini digunakan pada industri pesawat terbang dengan paduan pokok *Al-Zn* ditambahkan *Mg, Cu*, dan *Cr*. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 504 MPa, sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin yang sering digunakan untuk struktur rangka pesawat. Berlawanan dengan kekuatannya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang.

Tabel 2.1 Komposisi aluminium 7075

| Element | Weight %  |
|---------|-----------|
| Al      | 91,4      |
| Zn      | 5,6-6,1   |
| Mg      | 2,1-2,5   |
| Cu      | 1,2-1,6   |
| Si      | 0,4       |
| Fe      | 0,5       |
| Cr      | 0,18-0,28 |
| Mn      | 0,3       |
| Ti      | 0,2       |

| Group | Major Alloying Addition(s)              | General Characteristics; Typical Uses   |
|-------|---|---|
| 1xxx  | Unalloyed Al of 99.00% purity or higher | Good corrosion resistance and formability, high conductivity, fairly low strength; architectural trim, heat exchangers, chemical equipment, electric power transmission lines, reflectors, lithographic sheet, kitchen foil |
| 2xxx  | Cu                                      | High strength, good machinability, precipitation hardenable, lower corrosion resistance; aircraft and highway vehicle structures  |
| 3xxx  | Mn                                      | Moderate strength, good formability; furniture, storage tanks, cooking utensils, window frames, highway signs, roofing  |
| 4xxx  | Si                                      | Lower melting point and lower coefficient of thermal expansion, some are precipitation hardenable; filler material for brazing and welding, anodized components   |
| 5xxx  | Mg                                      | Good strength and weldability, excellent corrosion resistance in marine environments; ornamental trim, ships, cryogenic vessels, street lights  |
| 6xxx  | Mg, Si                                  | Good formability and weldability, precipitation hardenable, high corrosion resistance; highway vehicles, bridges, welded construction, extrusions, tooling plate  |
| 7xxx  | Zn                                      | Precipitation hardenable, high strength-to-weight ratio; aircraft structures, mobile equipment  |
| 8xxx  | Other element(s)                        | (e.g., Al-Li, Al-Sn, Al-Ni-Fe, and others)  |

Gambar 2.5 Paduan aluminium

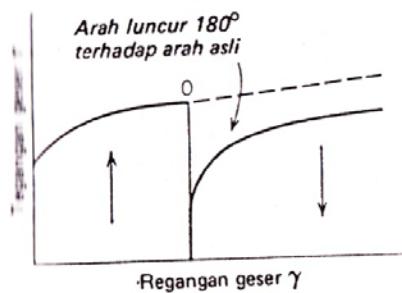
## 2.4 Pengerasan regangan

Salah satu karakteristik deformasi plastik logam adalah tegangan geser yang diperlukan untuk menghasilkan slip dengan terus menerus bertambah besar dengan bertambah besarnya tegangan geser. Pengerasan regangan disebabkan oleh dislokasi yang berinteraksi satu sama lain dan dengan penghalang (*barriers*) yang menghalangi gerakan dalam kisi kristal.

*Strain hardening* adalah suatu fenomena dimana material yang ulet menjadi lebih keras dan kuat saat mengalami deformasi plastis. *Strain hardening* juga sering disebut dengan *work hardening*. Karena deformasi ini terjadi pada saat temperatur di bawah batas luluh material, maka proses ini dapat dikategorikan sebagai *cold working*. Sebagian besar logam mengalami *strain hardening* pada suhu ruangan.

*Strain hardening* terjadi akibat adanya tegangan luar, maka dislokasi akan bergerak ke permukaan luar sehingga terjadi deformasi plastis. Selama bergerak, dislokasi - dislokasi tersebut akan bergerak satu sama lainnya. Hasil reaksinya ada

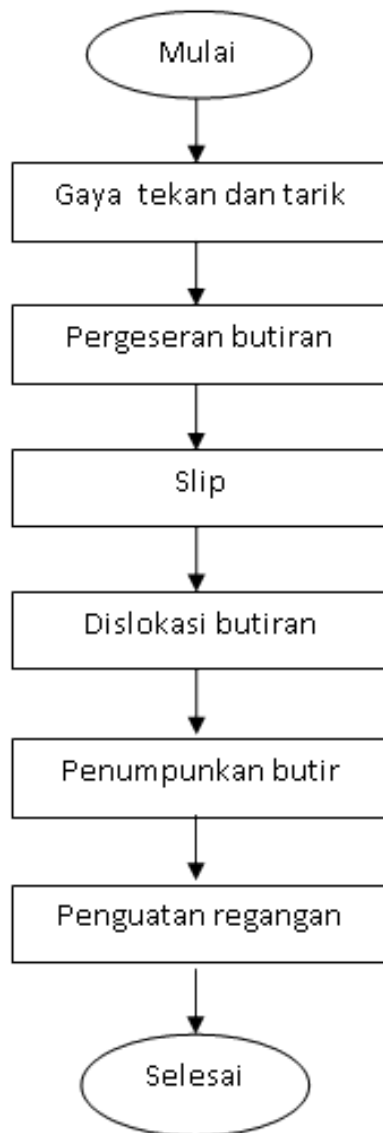
yang mudah bergerak dan ada pula yang sulit bergerak. Reaksi dislokasi yang sulit bergerak akan berfungsi sebagai sumber dislokasi baru sehingga kerapatan dislokasi akan bertambah. Akibat naiknya kerapatan dislokasi, maka gerakan dislokasi akan lebih sulit bergerak. Akibat sulitnya gerakan dislokasi adalah naiknya kekuatan logam. Maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan kekuatan suatu material akan meningkatkan pula kekerasannya. Fenomena ini disebut *strain hardening* atau pengerasan regangan



Gambar 2.6 Pengaruh pembalikan arah slip

Salah satu konsep dislokasi paling mudah untuk menjelaskan pengerasan regangan ialah gagasan bahwa dislokasi itu menumpuk dibidang slip penghalang atau *barriers* dalam kristal. Tumpukan itu menghasilkan tegangan balik yang melawan tegangan pada bidang slip. Pada saat dibebani ulang kristal luluh pada tegangan geser yang lebih rendah dibandingkan ketika kristal dibebani pertama kalinya.

Mekanisme pengerasan regangan lainnya disamping akibat tegangan balik yang dihasilkan bertumpuknya dislokasi di penghalang, terjadi jika dislokasi yang bergerak di bidang slip memotong, dislokasi lain berpotongan dengan bidang slip aktif. Dislokasi yang memotong slip aktif disebut *dislocation forest* dan proses pengerasan regangan ini disebut perpotongan *dislocation forest*.

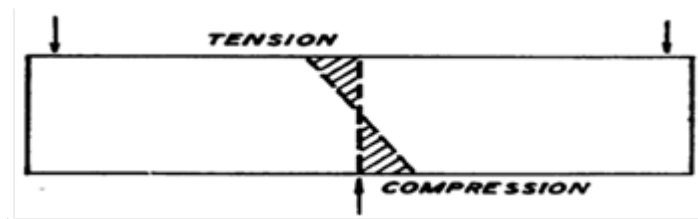


Gambar 2.7 Diagram mekanisme pengerasan

## 2.5 Mekanisme penguatan

Pada proses *lightening hole* material memiliki tegangan tekan dan tarik sebagai akibat dari deformasi pada permukaan. Pada permukaan material yang cembung memiliki tegangan tarik dan sisi yang cekung memiliki tegangan tekan.





Gambar 2.8 Tegangan pada material

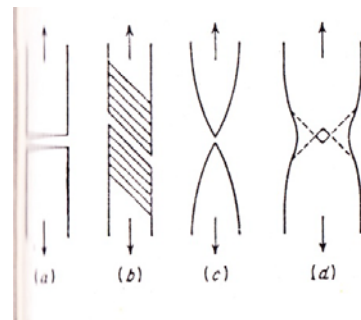
Pengintian maupun perambatan *crack* tidak dapat terjadi pada daerah yang memiliki tegangan tekan. Karena semua kegagalan dan tegangan korosi berpusat pada atau di dekat permukaan material, maka tegangan kompresi yang dihasilkan dari proses *lightening hole* pada permukaan dapat meningkatkan kekuatan dari material.

Penyebab terjadinya kegagalan sebagian besar dihasilkan oleh tegangan tarik. Tegangan ini dapat terjadi karena pembebanan dari luar atau tegangan sisa yang terjadi akibat proses *manufacturing*. Tegangan tarik berusaha menarik atau meregangkan permukaan dan pada akhirnya akan mengakibatkan awal terjadinya *crack*. Tegangan tekan akan merapatkan batas butir pada permukaan dan akan menahan terjadinya awal *crack*. Karena pertumbuhan retak akan mengalami perlambatan pada daerah tekan, peningkatan kedalaman pada daerah tekan akan semakin meningkatkan ketahanan terhadap *crack*.

## 2.6 Mekanisme patahan

Merupakan pemisahan atau pemecahan suatu benda padat menjadi 2 bagian atau lebih diakibatkan adanya tegangan. Hasil perpatahan terdiri dari 2 tahap yaitu timbulnya retak dan penjarangan retak, patah dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu patah ulet dan patah getas. Patah ulet ditandai dengan deformasi plastik yang cukup besar sebelum dan selama proses penjarangan retak pada permukaan patahan biasanya nampak deformasi yang cukup besar. Patah getas pada logam ditandai oleh adanya kecepatan penjarangan retak yang tinggi tanpa terjadi deformasi kasar dan sedikit sekali terjadi deformasi mikro.

Patah getas ada kaitannya dengan pembelahan kristal ionik kecenderungan terjadinya patah getas akan bertambah besar bila temperatur turun bahwa laju regangan bertambah dan tegangan yang bekerja tegangan tiga sumbu (biasanya dihasilkan oleh takik). Bagaimanapun juga retak getas harus dihindarkan karna terjadi tanpa tanda-tanda awal dan biasanya menimbulkan konsekuensi yang berbahaya.



Gambar 2.9 Jenis-jenis patahan

#### Jenis-jenis perpatahan logam

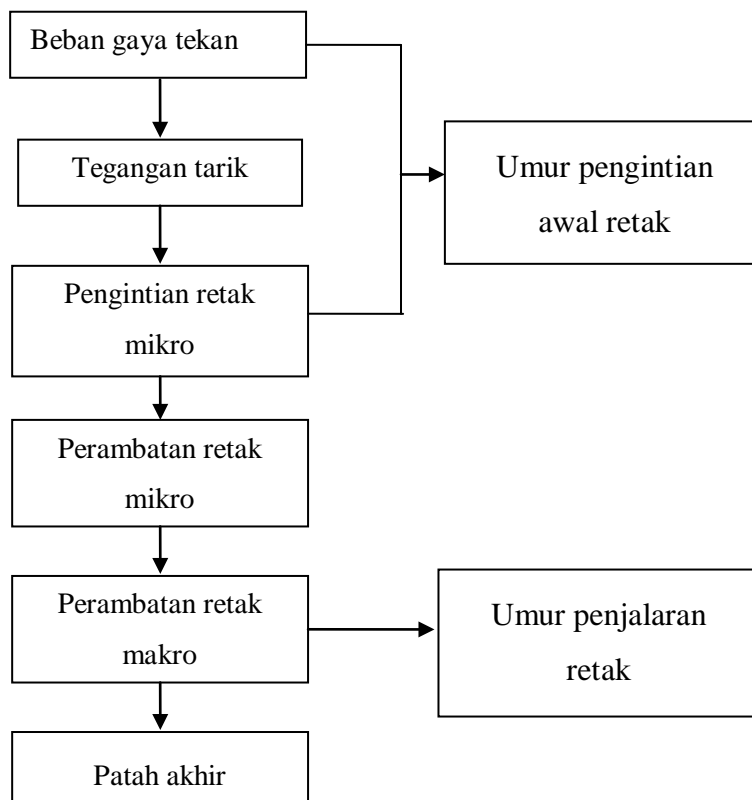
Logam dapat memperlihatkan beberapa jenis perpatahan yang berbeda tergantung jenis temperatur keadaan tegangan dan laju pembebanan. Katagori umum yang selalu dipergunakan adalah patah getas dan ulet secara skematis gambar 2. 9 menunjukkan beberapa jenis patahan akibat tarik yang terjadi pada logam. Patah getas (gambar 2.9A) ditandai oleh adanya pemisahan berarah tegak lurus terhadap tegangan tariknya.

Pada beberapa macam bentuk patah ulet kristal-kristal tunggal logam mengalami slip pada bidang dasar yang berurutan, sampai akhirnya kristal tersebut terpisah akibat tegangan geser (gambar 2.9B). Benda uji dari polikristal dari logam yang sangat liat misalnya emas atau timah putih dapat ditarik hinggasuatu titik sebelum terjadi patah (gambar 2.9C) pada perpatahan tarik logam yang cukup ulet deformasi plastik akhirnya akan menghasilkan daerah yang tertakik (gambar 2.9D)

Perpatahan digolongkan sesuai dengan karakteristiknya antara lain regangan perpatahan model kristalografi patahan dan penampilan patahan. Sering

kali permukaan patahan mengandung campuran antara patah berserat dan granular dan biasanya masing-masing jenis dinyatakan dalam persentasi luas permukaan. Berdasarkan pengujian metalografi patahan pada benda uji polikristalin dapat digolongkan sebagai transgranular atau intergranular. Patah liat menunjukkan derajat deformasi yang tinggi batas antara patah liat dan getas sulit ditentukan tergantung pada keadaan dimana peninjauan dilakukan. Sebagai contoh adalah benda uji tarik yang mempunyai takik yang dalam akan memperlihatkan deformasi kasar yang kecil meskipun patah yang terjadi ialah mode geser.

Fase yang terjadi dalam mekanisme keretakan logam adalah sebagaiberikut:

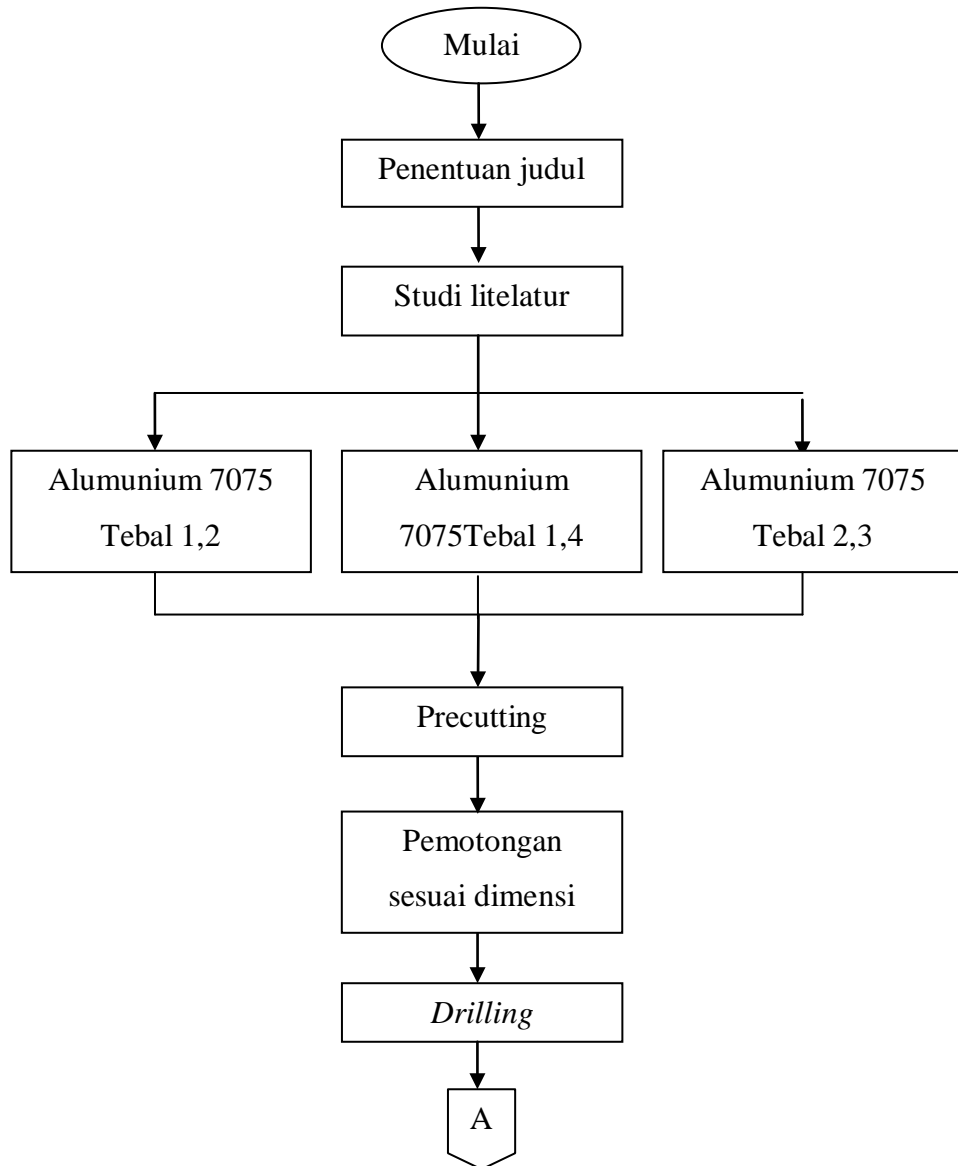


Gambar 2.10 Diagram fase mekanisme retak

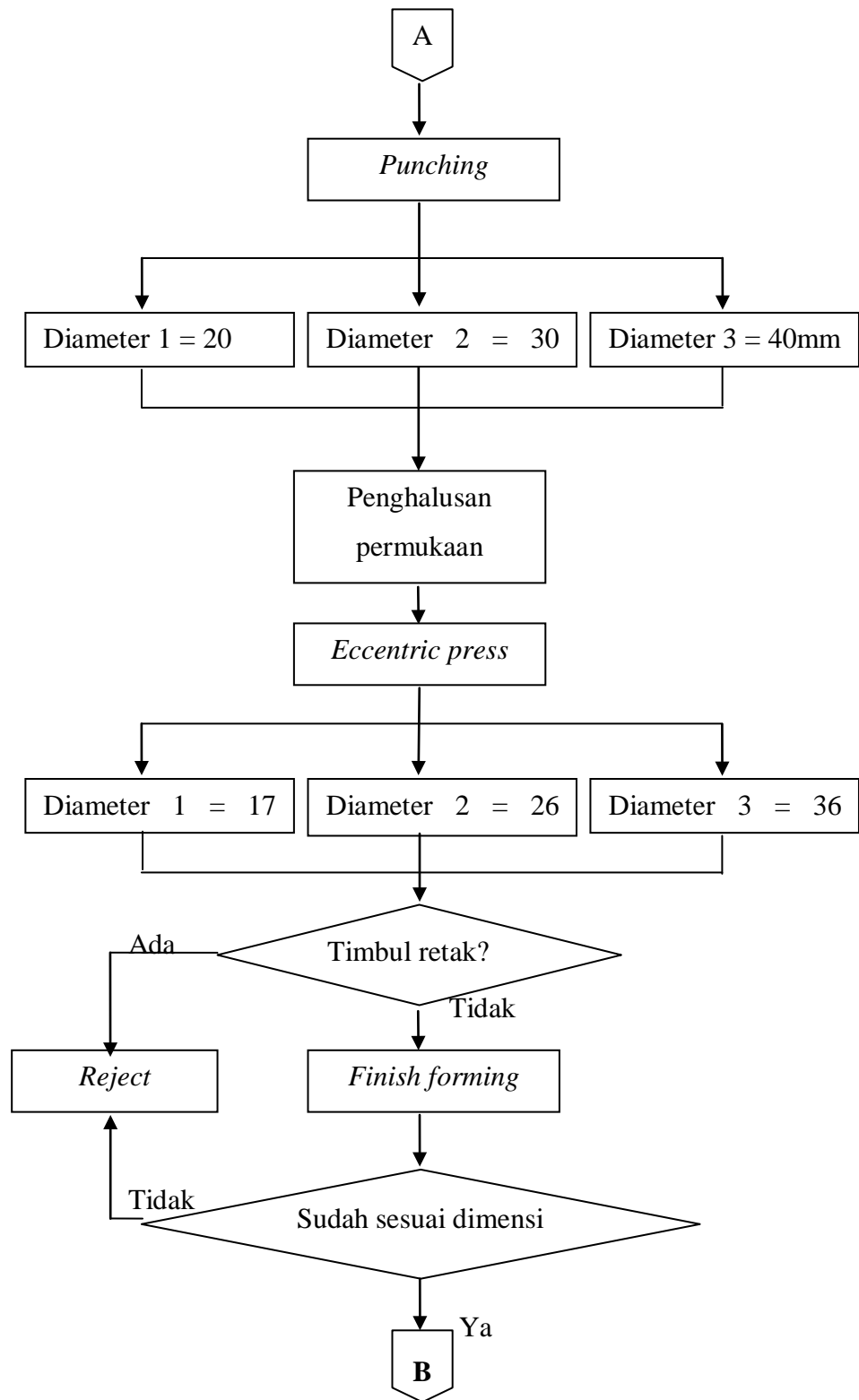
# BAB III

## METODE PENELITIAN

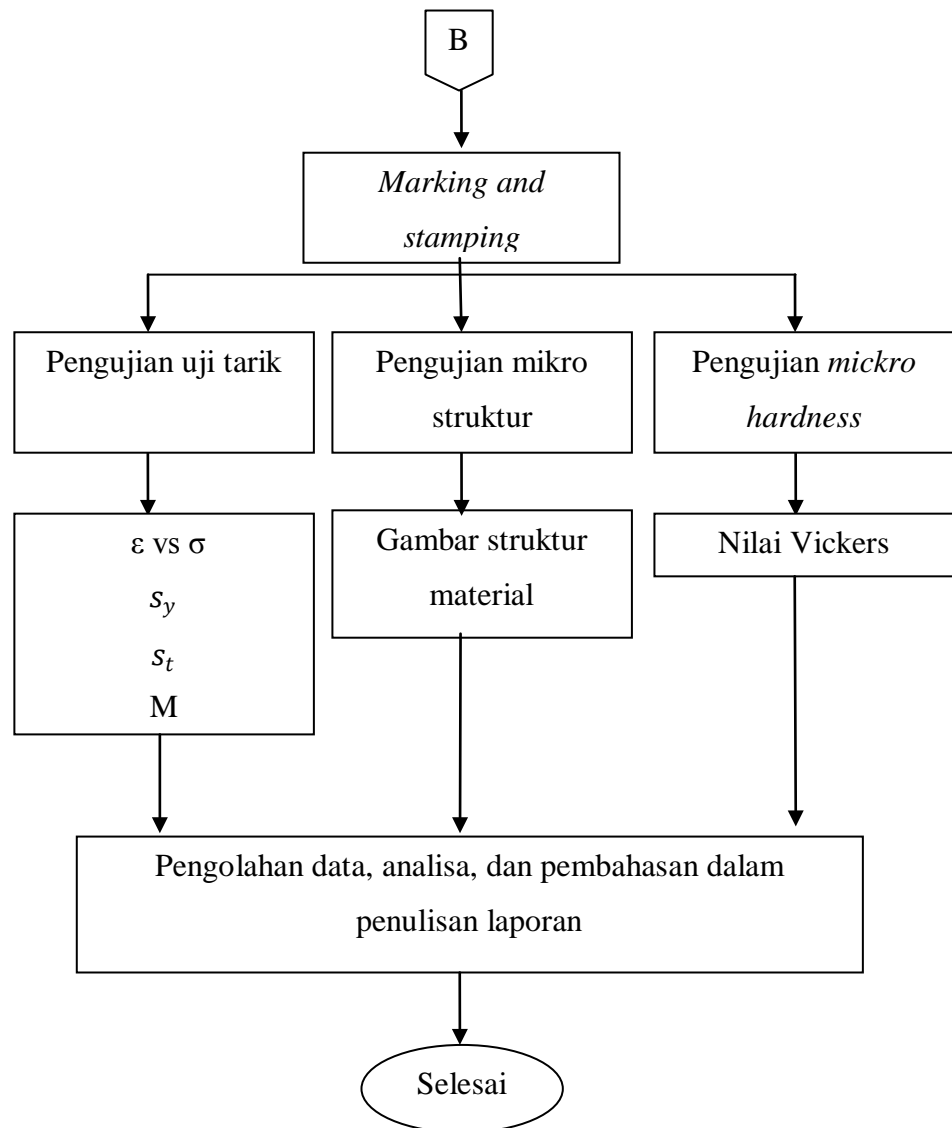
### 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian (lanjutan)



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian (lanjutan)

Keterangan:

1. Penentuan judul

Penentuan judul dilakukan untuk menentukan topik dan materi apa yang akan dibahas dalam penelitian ini. Pemilihan judul ini merupakan salah satu permasalahan yang ada di PT Dirgantara Indonesia departemen *Aerostructur*.

## 2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari materi dan teori yang berhubungan dengan penelitian ini dan memudahkan dalam menentukan langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian. Materi yang dibutuhkan antara lain proses *deep drawing* sebagai dasar *lightening hole*, pengujian kekerasan mikro, pengujian uji tarik dan pengujian struktur mikro.

## 3. Penentuan material

Material yang digunakan untuk kasus ini menggunakan material aluminium 7075 dan dengan variasi ketebalan terdiri dari 3 macam yaitu 1,2 mm, 1,4 mm dan 2,3 mm. Kami memilih material dengan variasi ketebalan tersebut sesuai dengan keadaan di lapangan yang sering digunakan dan mengalami permasalahan keretakan sehingga kami jadikan bahan penulisan tugas sarjana ini.

## 4. Preparasi spesimen

Preparasi spesimen meliputi pemeriksaan material yang akan digunakan dalam penelitian ini seperti pemeriksaan jenis material dan ketebalan yang akan diuji apakah sudah sesuai dengan spesifikasi gambar, pemeriksaan kerusakan atau cacat pada material tersebut.

## 5. *Precutting*

Material yang ada dalam bentuk lembaran yang sangat besar sehingga harus dipotong menjadi lebih kecil. Proses sebelum melakukan pemotongan ini adalah pengukuran dimensi pemotongan sesuai dengan permintaan dari gambar.

## 6. Pemotongan sesuai dimensi

Setelah pengukuran dimensi pemotongan, maka dilakukan pemotongan sesuai dengan dimensi yang telah dibuat. Bentuk pemotongan disesuaikan dengan kebutuhan pengujian dari spesimen.

#### 7. *Drilling*

*Drilling* dilakukan untuk melubangi titik tengah material yang akan di *punch* dan di *eccentric press*. Agar *dies* dari *punch* dapat melakukan pemotongan dengan tepat sesuai dengan diameter. Lubang ini sebagai pemegang pada proses *eccentric press*.

#### 8. *Punching*

*Punching* termasuk proses pelubangan. Lubang ini nantinya sesuai dengan diameter *dies* dari *eccentric press* dimana *eccentric press* digunakan untuk melakukan *bending* secara 3 dimensi.

#### 9. Penghalusan permukaan

Penghalusan permukaan atau disebut juga *pre-sharp* dilakukan setelah spesimen dilakukan *punching*. Setelah *punching*, permukaan spesimen yang kena pelubangan tersebut akan menjadi lebih kasar dan jika akan dilakukan *eccentric press* pada permukaan kasar tersebut maka kemungkinan terjadinya retak akan lebih besar sehingga tahap ini sebagai salah satu mengurangi kemungkinan material yang mengalami keretakan.

#### 10. *Eccentric press*

*Eccentric press* adalah proses *bending* secara 3 dimensi. Hal ini bertujuan agar meningkatkan kekakuan material dibandingkan dengan material tanpa perlakuan *lightening hole*. Diameter yang dilakukan *eccentric press* adalah 20 mm, 30 mm dan 40 mm

#### 11. *Finish forming*

Material yang telah menerima perlakuan *eccentric press* mengalami bergelombangnya permukaan maka spesimen akan dilakukan *finishing forming*, yaitu pelurusan kembali permukaan material yang sudah dibending. Pelurusan ini menggunakan palu plastik agar tidak merusak struktur butir material.

#### 12. Pengecekan spesimen

Setelah dilakukan proses *finish forming* material perlu dilakukan inspeksi. Fungsinya agar dimensi material sesuai dan apakah ada cacat yang terjadi



setelah dilakukan *bending* tersebut karena pada proses ini rawan sekali terjadinya retak khususnya material yang beradius kelengkungan kecil.

13. *Marking* dan *stamping*

*Marking* dan *stamping* adalah penandaan dan penomoran pada spesimen yang telah menyelesaikan semua langkah-langkah *lightening hole* dan tidak ada cacat didalam material tersebut.

14. Pengujian tarik

Pada pengujian tarik akan didapatkan sifat mekanis material seperti regangan, tegangan dan elastisitas.

15. Pengujian mikrostruktur

Mikrostruktur digunakan untuk melihat perubahan struktur mikro material sebelum dan sesudah *dibending*.

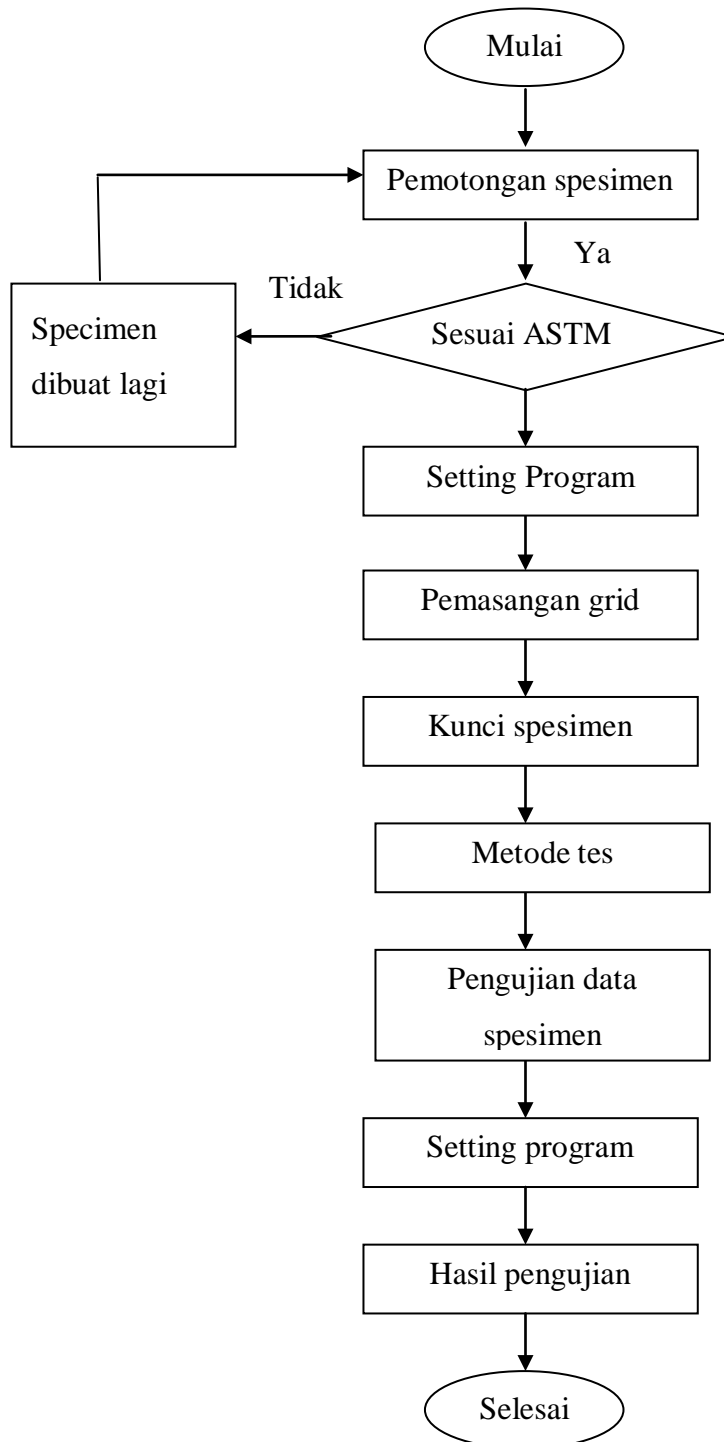
16. Pengujian *mikrohardness*

*Mikrohardness* juga digunakan sebagai data sifat mekanis dari material dan digunakan untuk membandingkan kekerasan sebelum dilakukan dan setelah dilakukan *bending*.

17. Pengolahan data, analisa, dan pembahasan dalam penulisan laporan

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.

### 3.2 Diagram alir pengujian uji tarik



Gambar 3.4 Diagram alir pengujian tarik

Keterangan :

### 1. Preparasi spesimen

Merupakan tahap awal mempersiapkan material yang akan digunakan dalam pengujian ini. Langkah-langkah persiapan spesimen meliputi :

- Bentuk dan dimensi spesimen sesuai gambar lampiran
- Spesimen diberi identifikasi yang jelas.
- Spesimen dibuat paling sedikit 2 buah.
- Pada saat pemotongan atau pembentukan spesimen, hindari panas dan getaran yang berlebihan untuk menghindari dan mencegah kerusakan pada spesimen.

### 2. Persiapan alat uji

Setelah menyiapkan material langkah selanjutnya menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pengujian. Persiapan alat uji meliputi :

- Nyalakan mesin uji sesuai petunjuk IK-ATR-M004.
- Pasang Grip sesuai dengan bentuk dan ukuran specimen

### 3. Setting alat pengujian

Merupakan langkah awal untuk mengoperasikan mesin uji tarik hal ini meliputi kalibrasi alat dengan spesimen uji. Langkah-langkah pada setting pengujian meliputi:

- Klik *File*
- Pilih menu *New* untuk metoda baru
- Pilih menu *Open* untuk metoda yang sudah ada
- Pilih metoda uji sesuai yang diinginkan kemudian klik OK
- Klik *Main*
- Pilih *Global* parameters untuk mengisi para meter uji standar
- Pilih *User* program untuk mengisi para meter yang khusus kemudian klik OK
- Klik *Specimen*

- Isikan data-data spesimen seperti bentuk , lebar, tebal, panjang dan lain-lain
- Isikan spesifikasi uji seperti ASTM dll.
- Klik OK
- Klik *Test*
- Klik Tarik ( *Down* ) dan Tekan ( *UP* )
- Isikan data kecepatan tarik ( *Speed* )
- Klik *Control chanel* pilih *position* untuk posisi *actuator* atau *load* untuk beban
- Klik *Loadlevel*
- Isikan data Kapasitas maximum mesin, batas atas dan batas bawah, klik OK
- Klik *Report*
- Klik *Template*, Pilih template repor yang diinginkan, klik OK.
- Klik *Set-UP*, isikan data-data temperatur dan humidity, klik OK
- Klik *User text*, isikan data-data nama lab., nama operator dan lain-lain sesuai kebutuhan, klik OK.
- Klik *Graps*, isikan data dari parameter grapik yang diinginkan untuk X-axis dan Y-axis , klik OK.
- Klik *Calculation*
- Klik *Screen*, Pilih data-data out put dari pengujian yang diinginkan yang akan ditampilkan di screen
- Klik *Printer*, Pilih data-data *output* dari pengujian yang diinginkan yang akan di print klik Ok
- Pilih *Save* dari *File*, kemudian klik *Home screen*

#### 4. Pemasangan specimen

Meletakkan spesimen pada alat uji. Memastikan bahwa spesimen di cekram oleh grip sehingga tidak terjadi slip sewaktu pengujian uji tarik ini. Tahap-tahapan untuk pemasangan spesimen :

- Pasang spesimen pada grip yang sesuai

- Kemudian tekan putar *handle clamp* dan tekan pedal clamp.
- Klik menu Test dari *Home Screen*
- Isikan data nomor spesimen, klik Ok
- Isikan Spesimen ID
- Pilih metoda test
- Pilih pengujian yang dilakukan *Tensile* untuk tarik dan *Compressive* untuk tekan, klik OK
- Isikan data tebal spesimen, lebar spesimen atau diameter specimen
- Isikan nomor urut spesimen, Klik Ok.

#### 5. Pelaksanaan Uji

Pelaksanaan ujian dilakukan di labotarium metalurgi PT Dirgantara Indonesia didampingi oleh operator labotarium. Pelaksaaan pengujian berupa langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

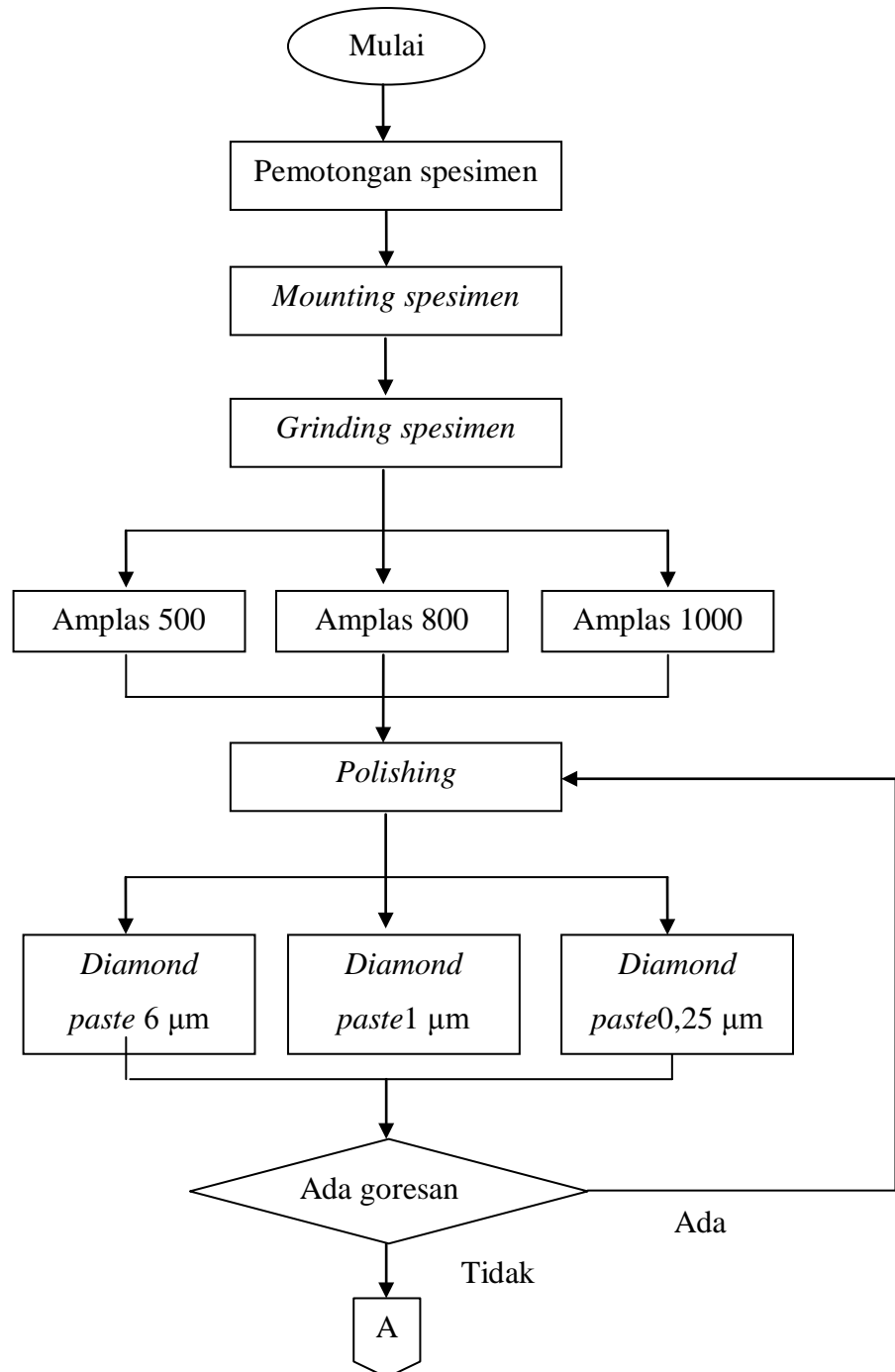
- Pasang spesimen pada grip dengan posisi tegak.
- Tekan tombol *load protect* kemudian tekan tombol *Remote* pada *tranducer* dan pengujian dimulai.
- Apabila pengujian telah selesai , maka pada screen akan muncul grafik dan data hasil pengujian.
- Klik *Continue*.
- Klik printer untuk mencetak data hasil pengujian.

Catatan: Komputer akan menghitung dan mengolah data secara otomatis, di display akan tampil data hasil pengujian sesuai dengan yang dibutuhkan, grafik yang keluar perbandingan tegangan dengan regangan.

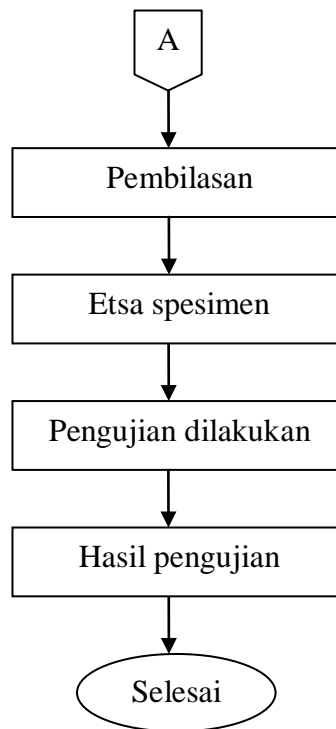
#### 6. Analisa pengujian

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik dan perhitungan sifat-sifat mekanis material yang dibuat dalam penulisan laporan.

### 3.3 Diagram alir pengujian struktur makro



Gambar 3.5 Diagram alir pengujian struktur makro



Gambar 3.6 Diagram alir pengujian struktur makro (lanjutan)

#### Keterangan

##### Preparasi spesimen

Merupakan tahap awal mempersiapkan material yang akan digunakan dalam pengujian ini. Langkah-langkah persiapan spesimen meliputi :

- Pemotongan spesimen.
- Spesimen dipotong sesuai dengan yang dipersyaratkan (spesifikasi uji) Pemilihan lokasi spesimen harus ditangani dengan lebih hati-hati, karena salah pengambilan spesimen akan menyebabkan salah pembacaan hasil pengujian metalografi.
- Pemotongan spesimen yang berukuran besar dilakukan dengan mesin potong *high speed* dan perhatikan *blade* yang digunakan harus sesuai dengan jenis material yang dipotong.
- Perhatikan sistim pendingin, temperatur spesimen tidak boleh lebih dari 30 derajat celcius.

- Pemotongan spesimen yang kecil dilakukan dengan mesin potong *low speed*.
- Untuk spesimen lapisan (*coating, elektro plating*) tidak izinkan menggunakan alat potong yang bergerigi kasar serta bergetar besar karena merusak lapisan yang akan diperiksa.

Peralatan yang akan digunakan dalam pengujian striktur mikro

- Mesin potong (*high speed*) yang dilengkapi pendingin.
- Mesin *press mounting* yang dilengkapi pemanas, pendingin, tekanan dan *control temperature*
- Mesin grinding yang dilengkapi sistim pendingin dan kontrol RPM
- Mesin poles yang dilengkapi sistim pendingin dan kontrol RPM.
- *Ultrasonic Cleaner*
- Alat pengering
- *Dessicant storing cabinet*.

Material yang akan digunakan dalam pengujian striktur mikro

- *Diamond wafering blade / abrasive of wheel*.
- *Isocut fluid*
- *Resin mounting*
- *Abrasive peper*.
- *Polishing cloth wheel*.
- *Diamond pasta*
- *Alumina*
- *Lubricant blue & red*.

#### 1. Mounting spesimen

Monting bertujuan sebagai alat bantu pemegang spesimen untuk memudahkan preparasi dan pemeriksaan *metalography*. Ada beberapa jenis bahan monting dimanapemakaiannya harus disesuaikan dengan



material dan jenis ujinya. Material monting dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 3.1 Monting panas (*Thermoplastic*)

| <i>Type monting</i>        | Temp./waktu/tekanan pemanasan               | Karakteristik   |
|----------------------------|---|---|
| <i>Acrelic</i>             | 120-150 celsius 10-15 menit 27-30 MPA press | Permukaan bersih, tidak meninggalkan gram. <i>Abrasive</i> rendah bereaksi oleh etsa panas. |
| <i>Epoxy</i>               | 120-150 celsius 10-15 menit 27-30 MPA press | Permukaan bersih, tahan etsa, <i>abrasive</i> tinggi dan keras.                             |
| <i>Phenolic (Bakelite)</i> | 120-150 celsius 10-15 menit 27-30 MPA press | Permukaan berpori, tahan etsa, <i>abrasive</i> tinggi dan sangat keras.                     |

## 2. Grinding

Pengamplasan bertujuan untuk meratakan permukaan dengan menggunakan *abrasive papper*. Proses pengamplasan biasanya dilakukan beberapa tahap yaitu dimulai dengan menggunakan amplas yang kasar sampai yang halus. Amplas yang digunakan dalam proses ini yaitu *mesh* 200, 500, dan 800. Pengamplasan dilakukan dengan mesin amplas dan dalam kondisi basah yaitu dengan dialiri air untuk mengurangi tingkat kerontokan spesimen dan mengurangi panas akibat gesekan spesimen dengan amplas.

## 3 Polesing

Polesing bertujuan untuk menghilangkan goresan-goresan halus pada permukaan menggunakan *nap cloth* dan *diamond paste*. Proses pemolesan biasanya dilakukan beberapa tahap yaitu dimulai dengan menggunakan

*diamond paste* yang kasar sampai yang halus. *diamond paste* yang digunakan dalam proses ini yaitu 6 $\mu$ m, 1 $\mu$ m, dan 0,25 $\mu$ m. Pemolesan dilakukan dengan mesin polesing dan dalam kondisi basah yaitu dengan dialiri air untuk mengurangi tingkat kerontokan spesimen dan mengurangi panas akibat gesekan spesimen dengan amplas.

*Grinding* dan *Polishing* dilakukan dengan mesin grinding yang dilengkapi dengan kontrol RPM, pendingin adapun tahap pengerjaan dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 3.2 *Polishing* dan *grinding*

| Tahapan                                 | Pendingin                   | Kekasaran              | Waktu (S) | RPM     | Keterangan               |
|---|-----------------------------|------------------------|-----------|---------|--------------------------|
| Grinding kasar                          | Air                         | 120-220                | 15-45     | 200-300 |                          |
| Grinding halus                          | Air                         | 240                    | 15-45     | 200-300 |                          |
|   |                             | 320                    | 15-45     | 200-300 |                          |
|   |                             | 500                    | 15-45     | 200-300 |                          |
| Final Grinding                          | Air                         | 800                    | 30-45     | 200-400 |                          |
|   |                             | 1000                   | 30-45     | 200-400 |                          |
|   |                             | 1200                   | 30-45     | 200-400 |                          |
| Polishing kasar<br>( <i>nap cloth</i> ) | DP-<br><i>lubrican blue</i> | Diamond 6<br>$\mu$ m   | 120-300   | 100-150 | Material<br>baja         |
|   | Air                         | Alumina<br>6 $\mu$ m   | 120-300   | 100-150 | <i>Material non fero</i> |
| Final polishing<br>( <i>dur cloth</i> ) | DP-<br><i>lubrican red</i>  | Diamon 1<br>$\mu$ m    | 120-300   | 100-150 | Material<br>baja         |
|   |                             | Diamon 0.25<br>$\mu$ m | 120-300   | 100-150 | Material<br>baja         |
|   |                             | Diamon 0.05            | 120-300   | 100-150 | Material                 |

|  |     | $\mu\text{m}$                 |         |         | baja                         |
|--|-----|-------------------------------|---------|---------|------------------------------|
|  | Air | Alumina<br>1 $\mu\text{m}$    | 120-300 | 100-150 | <i>Material<br/>non fero</i> |
|  |     | Alumina<br>0.5 $\mu\text{m}$  | 120-300 | 100-150 | <i>Material<br/>non fero</i> |
|  |     | Alumina<br>0.25 $\mu\text{m}$ | 120-300 | 100-150 | <i>Material<br/>non fero</i> |
|  |     | Alumina<br>0.05 $\mu\text{m}$ | 120-300 | 100-150 | <i>Material<br/>non fero</i> |

#### 4. Pembilasan

Pencucian dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dalam air selama 15-30 menit, kemudian dibilas dengan air (untuk material yang tidak tahan basa jangan menggunakan detergen) dan dikeringkan dengan alat pengering spesimen.

#### 5. Etsa

Pemberian warna pada material yang akan dilihat struktur mikronya. Larutan yang berikan Keffler's. Pemberian warna tidak boleh terlalu lama karena dapat merusak struktur mikro. Cukup 3 menit saja material dicelupkan ke larutan etsa.

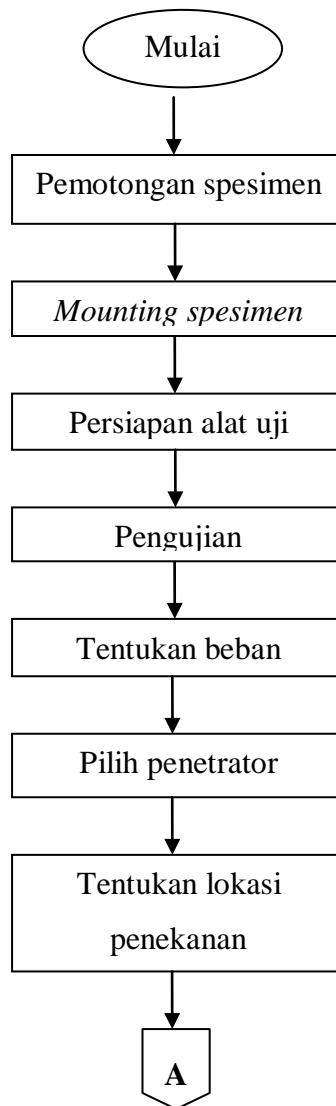
#### 6. Pelaksanaan pengujian

Pelaksanaan ujian dilakukan di laboratorium metalurgi PT Dirgantara Indonesia didampingi oleh operator laboratorium. Mengamati spesimen uji sesudah di etsa dengan mikroskop optik untuk mengetahui struktur mikro yang terjadi dalam spesimen refraktori yang telah *disintering* dan mengambil gambar struktur mikro dengan menggunakan kamera

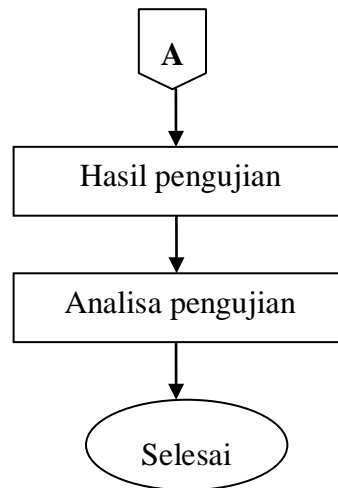
## 7. Analisa pengujian

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk foto dan hipotesis yang dibuat dalam penulisan laporan.

### 3.4 Diagram alir pengujian kekerasan mikro



Gambar 3.7 Diagram alir pengujian kekerasan mikro



Gambar 3.8 Diagram alir pengujian kekerasan mikro (lanjutan)

#### Keterangan

##### 1. Preparasi spesimen

Merupakan tahap awal mempersiapkan material yang akan digunakan dalam pengujian ini. Langkah-langkah persiapan spesimen meliputi :

- Permukaan spesimen yang akan diuji harus terlebih dahulu digrinding dan polis sampai halus ( lihat ASTM E3 )
- Apabila ukuran spesimen terlalu kecil gunakan monting sebagai pemegang.
- Hindarkan pengerjaan yang akan menimbulkan panas terhadap spesimen.
- Setiap spesimen harus diberi identifikasi yang jelas

##### 2. Persiapan alat uji

Setelah menyiapkan material langkah selanjutnya menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pengujian. Persiapan alat uji meliputi :

- Pastikan mesin uji dalam keadaan terkalibrasi
- Set mesin sesuai IK-AHR-M003
- Lakukan verifikasi mesin (kalibrasi rutin) rep. ASTM E384 – 99 method A1 dan A2 dengan test block yang sesuai.
- Catat, hitung dan arsipkan hasil verifikasi tersebut diatas.
- Apabila penyimpangan yang terjadi masih dalam batas toleransi, maka mesin layak untuk digunakan.

### 3. Pelaksanaan pengujian

Pelaksanaan ujian dilakukan di labotarium metalurgi PT Dirgantara Indonesia didampingin oleh operator labotarium. Pelaksaaan pengujian berupa langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

- Pilih beban sesuai dengan yang akan dipakai.
- Pilih penetrator Vickers
- Tempatkan spesimen pada meja uji (*stage*) dan dijepit dan kedudukan permukaan spesimen tegak lurus sumbu penetrator.
- Fokuskan permukaan spesimen yang akan diuji melalui *microscop*.
- Pilih lokasi atau titik yang akan diuji
- Set mesin uji hingga penetrator tepat diatas titik yang akan diuji.
- Lakukan pembebanan dan penetrator akan turun dengan otomatis, penekanan dimulai dan lama penekanan minimum 30 detik.
- Jika penekanan selesai angkat penetrator dari benda kerja dan putar mikroskop ukur tepat pada bekas penekanan.
- Set penerangan dan fokuskan bekas penekanan, lakukan pengukuran diagonal bekas penekanan.
- Verifikasi penekanan untuk HV dilakukan dengan jarak  $\geq 2x$  diagonal bekas penekanan dari sisi dan jarak antara penekanan  $\geq 3x$  diagonal bekas penekanan.
- Verifikasi penekanan untuk HK dilakukan dengan jarak  $\geq 3x$  lebar bekas penekanan dari sisi dan jarak antara penekanan  $\geq 4x$  lebar bekas penekanan.

### 4. Hasil pengujian

Setelah pengujian dilakukan maka hasil dari pengujian didapatkan. Hasil pengujian ini dicatat dan selanjutnya akan dijadikan bahan untuk pembahasan penelitian ini.

## 5. Analisa pengujian

Menganalisa data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.