

**PENGARUH TEMPERATUR *DIES* TERHADAP KUALITAS
GEOMETRI DENGAN PROSES *COINING*
PADA TIMAH PUTIH**

SEKRIPSI

KONSENTRASI PRODUKSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

FAKHRUDIN BAGUS BRILIANTONO

NIM 0001063141-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007

Lembar persetujuan

**PENGARUH TEMPERATUR *DIES* TERHADAP KUALITAS
GEOMETRI DENGAN PROSES *COINING*
PADA TIMAH PUTIH**

SEKRIPSI

KONSENTRASI PRODUKSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



FAKHRUDIN BAGUS BRILIANTONO

NIM 0001063141-62

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Wahyono Suprpto, MT.,Met.
NIP. 131 574 846

Ir.Endi Sutikno, MT.
NIP. 131 756 002

**PENGARUH TEMPERATUR *DIES* TERHADAP KUALITAS
GEOMETRI DENGAN PROSES *COINING*
PADA TIMAH PUTIH**

Disusun Oleh :

FAKHRUDIN BAGUS BRILIANTONO

NIM 0001063141 – 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 3 Mei 2007

Dosen Penguji

Skripsi I

Skripsi II

Ir. H. Winarno Yahdi Atmodjo, MT.
NIP. 131 280 655

Ir. Bardji Hadi Pranoto.
NIP. 130 935 803

Komprehensif

Dr.Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 132 159 708

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Bambang Indrayadi., MT.
NIP. 131 653 469

**PENGARUH TEMPERATUR *DIES* TERHADAP KUALITAS
GEOMETRI DENGAN PROSES *COINING*
PADA TIMAH PUTIH**

SEKRIPSI

KONSENTRASI PRODUKSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

FAKHRUDIN BAGUS BRILIANTONO

NIM 0001063141-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007

KATA PENGANTAR

Segala puji kita panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur *Dies* Terhadap Kualitas Geometri dengan Proses *Coining* pada Timah Putih”. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1) di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Dalam penyusunan ini penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu tidak lupa penulis sampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M.Eng sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi , MT sebagai Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi
4. Bapak Ir. Wahyono Suprpto.,MT.Met sebagai Dosen Pembimbing 1
5. Bapak Ir.Endi Sutikno.,MT sebagai Dosen Pembimbing 2
6. Semua Dosen pengajar dan staf di lingkungan Teknik Mesin
7. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2000 yang telah memberi masukan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhirnya dengan kerendahan hati penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, untuk itu penulis harapan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun.

Malang, Mei 2007

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Proses Pembentukan Logam	4
2.2.1. Klasifikasi Proses Penekanan	6
2.2.2. Proses Pembuatan Koin	8
2.2.3. Pembentukan dengan Temperatur	9
2.3 Kriteria Tegangan Luluh	9
2.4 Mekanisme Pengerasan Logam	11
2.5 Kualitas Geometri	11
2.6 Pengujian Kekerasan	14
2.7 Proses Penekanan	15
2.7.1 Gaya Penekanan	15
2.8 Hipotesis	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Metodologi Penelitian	17
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Alat Yang Dipergunakan	17
3.4 Tempat Penelitian	19

3.5 Bahan Yang Digunakan.....	19
3.6 Prosedur Penelitian.....	20
3.7 Rancangan Penelitian.....	22
3.7.1. Analisa Statistik.....	22
3.7.2. Analisa Varian Satu Arah.....	22
3.7.3 Analisa Regresi.....	25
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	27
BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Analisis Data.....	28
4.1.1 Data Reduksi Ketinggian.....	28
4.1.2 Data Kekerasan dan Jumlah Retak Yang Terjadi.....	30
4.2 Pengolahan Data.....	31
4.2.1 Analisis Kualitas Geometri.....	31
4.2.2 Analisa Statistik.....	32
4.2.2.1 Analisa Statistik Kekerasan Logam.....	32
4.2.2.2 Analisa Statistik Reduksi Ketinggian Logam.....	33
4.2.3 Analisis Varian.....	34
4.2.3.1 Analisis Varian Kekerasan.....	34
4.2.3.2 Analisis Varian Reduksi Tinggi.....	36
4.2.4 Analisis Regresi.....	39
4.2.4.1 Analisis Regresi Kekerasan.....	39
4.2.4.2 Analisis Regresi Reduksi Tinggi.....	41
4.3 Pembahasan.....	42
4.3.1 Analisis Temperatur Terhadap Kekerasan Permukaan Koin.....	42
4.3.2 Analisis Temperatur Terhadap Kualitas Geometri pada Koin.....	44
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN	
Data Perhitungan Kekerasan.....	49

Analisa Statistik Kekerasan Logam.....	54
Data Perhitungan Reduksi Ketinggian.....	58
Analisa Statistik Reduksi Ketinggian Logam.....	61
Data Perhitungan Gaya Tekan.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	23
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian Kekerasan Permukaan Koin	23
Tabel 3.3 Penyederhanaan Analisis Varian Satu Arah	25
Tabel 4.1 Perbedaan Ketinggian Koin	28
Tabel 4.2 Reduksi Ketinggian	29
Tabel 4.3 Data Kekerasan	30
Tabel 4.4 Data Jumlah Retak yang Terjadi	31
Tabel 4.5 Interval Penduga Kekerasan Permukaan Proses <i>Coinning</i>	33
Tabel 4.6 Interval Penduga Reduksi Ketinggian pada Proses <i>Coinning</i>	34
Tabel 4.7 Data Perhitungan Kekerasan Koin	34
Tabel 4.8 Analisa Varian Satu Arah	36
Tabel 4.9 Data Perhitungan Reduksi Tinggi Koin	37
Tabel 4.10 Analisa Varian Satu Arah Reduksi Tinggi	38
Tabel 4.11 Analisa Regresi Kekerasan koin	39
Tabel 4.11 Analisa Regresi Kekerasan koin	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Operasi Pembentukan	6
Gambar 2.2	Skematis Peralatan Tempa	7
Gambar 2.3	Proses <i>Coinning</i>	8
Gambar 2.4	Sistem Proses Deformasi	9
Gambar 2.5	Tumpukan Dislokasi Dirintangan	13
Gambar 2.6	Retak Normal	13
Gambar 2.7	Retak Geser	13
Gambar 2.8	Skema Pengujian <i>Brinell</i>	14
Gambar 3.1	<i>Dies</i>	17
Gambar 3.2	Brinell Hardnes Tester	18
Gambar 3.3	Profil Projektor	18
Gambar 3.4	Alat pengontrol temperatur	19
Gambar 3.5	Alat <i>Press</i> hidrolik	19
Gambar 3.8	Dimensi spesimen	20
Gambar 3.9	Diagram alir penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara Temperatur Terhadap Kekerasan	43
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Temperatur Terhadap Reduksi Tinggi	45
Gambar 4.3	Bentuk retakan geser koin dengan menggunakan foto digital	45

Ringkasan

FAKHRUDIN BAGUS B. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2007. Pengaruh Temperatur Dies Terhadap Kualitas Geometri Dengan Proses Coining Pada Timah Putih. Dosen pembimbing : Ir. Wahyono Suprpto.,MT.Met dan Ir.Endi Sutikno.,MT.

Penambahan temperatur pada proses *coining* merupakan alternatif untuk mempercepat proses pembentukan koin. Penambahan temperatur yang dilakukan masih berada dibawah temperatur lebur timah yaitu 232°C dan pemberian gaya tekan sebesar $411,78 \frac{\text{kg.f}}{\text{cm}^2}$. Semakin mendekati temperatur lebur dari timah maka proses pembentukan koin akan semakin mudah, tetapi bila peningkatan temperatur sudah mencapai pada temperatur lebur timah maka logam timah akan cenderung rusak. Dari permasalahan tersebut maka dalam penelitian perlu dilakukan pencarian temperatur yang tepat sehingga didapatkan hasil koin dengan kualitas geometri yang baik.

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian eksperimental sungguhan, dengan cara memvariasikan pemberian temperatur pada proses *coining*. Variabel bebas yang dipergunakan adalah temperatur 75°C , 100°C , 125°C , 150°C . Sedangkan variabel terikat adalah kekerasan logam koin dan variabel terkontrol adalah gaya penekanan sebesar $411,78 \frac{\text{kg.f}}{\text{cm}^2}$. Penelitian dilakukan Di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan Laboratorium $\alpha\beta\gamma$ Malang.

Dari penelitian ini diketahui bahwa pada temperatur 175°C , diperoleh kualitas geometri koin yang baik tanpa cacat retak bentuk dan logam dapat memenuhi *dies* dan kekerasan permukaan pada logam juga meningkat.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Coining merupakan salah satu dari proses pembentukan logam dengan menggunakan alat tekan. Proses ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan proses tempa dan proses penekanan lainnya, diantaranya ialah; waktu pengerjaan singkat, biaya produksinya relatif lebih murah dibandingkan dengan proses pembentukan lainnya, menghemat material dan mudah pengerjaannya. Proses *coining* sangat banyak diterapkan pada perusahaan-perusahaan baik publik maupun pemerintah.

Pada sektor publik proses *coining* dipergunakan untuk membuat pin, gantungan kunci sampai dengan kancing baju, sedangkan pada sektor pemerintahan proses *coining* diperlukan untuk pembuatan uang logam, medali penghargaan. Setiap perusahaan yang menginginkan produk yang berkualitas maka perusahaan tersebut harus mampu merencanakan proses *coining* dengan sangat cermat dan beberapa parameter pembentukannya harus terkontrol, seperti gaya penekanan, pelumasan pada permukaan, temperatur pada waktu penekanan, *raw material*, alat tekan dan operator.

Berbagai cara untuk mengembangkan teknik pembuatan koin diantaranya adalah dengan memberikan gaya penekanan secara langsung pada spesimen dan menggunakan proses penekanan tertutup dengan menambahkan temperatur pada *dies*. Peneliti ini menggunakan logam timah putih (Sn) dalam pembuatan koin, karena timah putih mempunyai sifat mampu bentuk yang baik, tahan karat dan materialnya yang mudah didapatkan dipasaran, selain itu terdapat beberapa kendala yang mungkin ditemui antara lain cacat produk yang timbul. Cacat retak bentuk terjadi akibat deformasi plastis, dimana cacat ini terdiri dari dua macam cacat retak bentuk yaitu retakan normal dan retakan geser. Cacat retak bentuk timbul karena tidak terkontrolnya parameter pembentukan, terutama akibat dari gaya pembentukan dan apabila beberapa kendala diatas dapat dikontrol maka tingkat efisiensi produksi perusahaan tersebut akan meningkat. Dalam hal ini pembuatan koin dikerjakan dengan mesin *press* hidrolis. Sehingga dalam pembentukannya diperlukan gaya penekanan dan pemberian temperatur yang

sesuai agar produk yang dihasilkan tidak memiliki cacat retak bentuk dan material dapat memenuhi *dies*.

Sehubungan dengan itu peneliti dalam skripsi ini akan mengetengahkan analisa bagaimana pengaruh temperatur *dies* terhadap kualitas geometri pada proses *coining*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalahnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh temperatur *dies* terhadap jenis cacat retak dan kekerasan permukaan ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pembahasan tentang pembuatan koin ini maka ditentukan beberapa batasan masalah antara lain :

1. Hanya membahas proses kekerasan koin, dimensi dan keretakan yang timbul.
2. Analisa penelitian dititik beratkan pada temperatur dan kemampuan bentuk.
3. Pelumasan tidak dibahas.
4. Konstruksi mesin *press* tidak dibahas.
5. Mikrostruktur dan komposisi material tidak dibahas.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini antara lain adalah :

1. Dapat menentukan besarnya temperatur pada proses *coining* sampai didapat kualitas geometri yaitu: (dimensi) memenuhi tidaknya material dalam cetakan, bentuk dan keretakan yang timbul.
2. Mendapatkan data-data teknis yang merupakan hubungan antara gaya penekanan dan temperatur pada kekerasan permukaan .

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan tambahan referensi dan sumbangan pemikiran yang dapat digunakan pada proses pembuatan koin. Seperti pada mata uang yang masih banyak menggunakan koin sebagai bentuk alat pembayaran yang sah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Sony Krisdianto pada tahun 2001, dalam skripsinya yang berjudul “*Pengaruh gaya penekanan terhadap kesempurnaan bentuk dengan proses coining pada timah*” telah melakukan penelitian tentang variasi gaya penekanan terhadap tingkat produktifitas koin dan diambil data reduksi ketinggian dan jumlah retak yang timbul mulai dari pemberian gaya penekanan sebesar 250 kgf, 300 kgf, 350 kgf, 400 kgf dan 450 kgf. Kemudian dilihat spesimen mana yang memenuhi kedua kriteria kesempurnaan bentuk diatas sehingga didapatkan bahwa spesimen dengan gaya penekanan sebesar 400 kgf telah memenuhi kedua kriteria :

Dengan pemberian variasi gaya penekanan maka peneliti dapat mengetahui berapa gaya tekan yang dibutuhkan untuk membuat koin, sehingga koin yang dihasilkan terdapat sedikit cacat retak bentuk.

2.2. Proses Pembentukan Logam

Pada penelitian ini proses produksi koin ini menggunakan teknik pembentukan logam dari bahan dasar berbentuk tidak beraturan hingga menjadi bentuk yang dikehendaki. Pada prinsipnya dalam pembentukan logam tersebut adalah melakukan perubahan bentuk pada bahan baku dengan memberikan gaya dari luar sehingga terjadi *deformasi plastis* seperti, *rolling*, *forging* (tempa), *wire drawing*. Tujuan proses pembentukan logam yang utama adalah mengubah bahan baku menjadi bentuk yang telah direncanakan.

Pembuatan bentuk secara umum dapat dilakukan dengan 2 cara (Djaprie Sriati 1992 : 121).

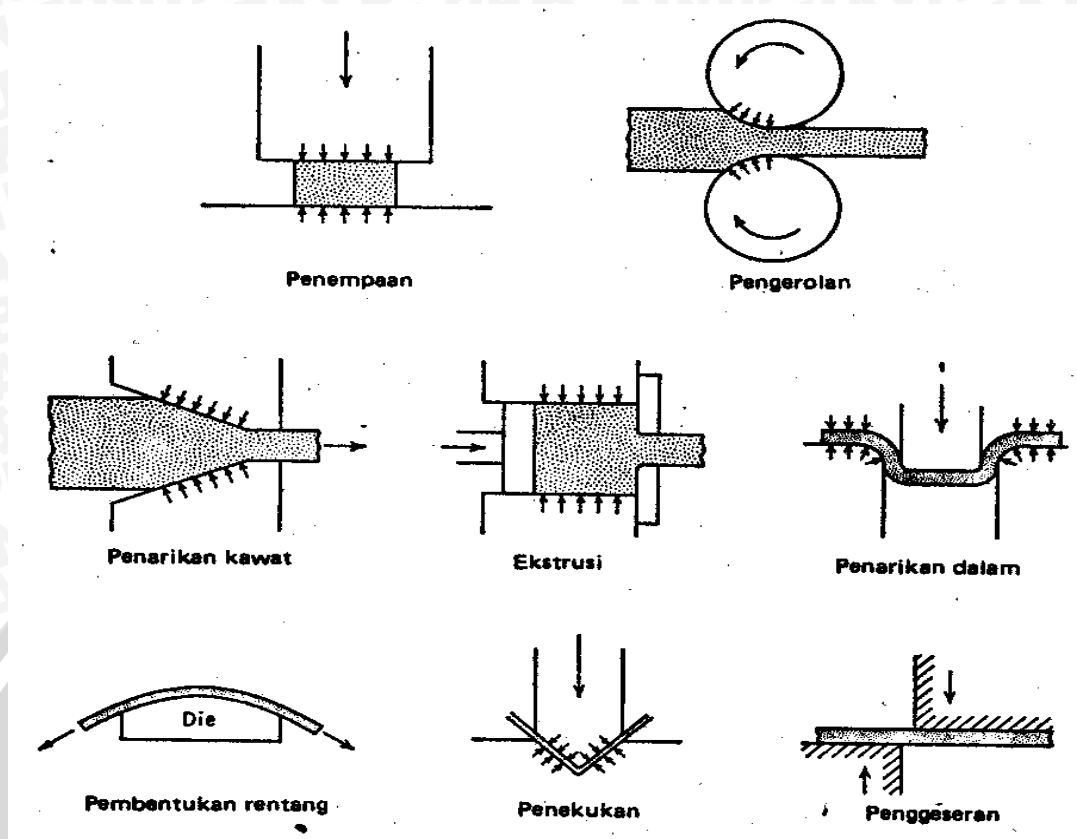
1. Secara proses deformasi plastik, dimana volume dan masa logam tetap dan logam bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain.
2. Dengan cara menghilangkan bagian-bagian logam atau proses-proses pemesinan, di mana bagian-bagian logam dihilangkan untuk memperoleh bentuk yang diinginkan.

Berbagai proses telah dikembangkan untuk pengerjaan logam yang spesifik. Akan tetapi proses-proses tersebut dapat dikelompokkan menjadi hanya beberapa kategori berdasarkan pada jenis pengenaaan gaya kebenda kerja sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Kategori-kategori tersebut adalah (Djaprie Sriati 1992 : 122):

1. Proses penekanan langsung
2. Proses penekanan tak langsung
3. Proses tarik
4. Proses penekukan
5. Proses pengguntingan

Pada proses penekanan langsung gaya dikenakan pada permukaan benda kerja, dan logam bergerak tegak lurus dengan arah tekanan. Contoh utama tipe proses demikian adalah proses tempa dan pengerolan (Gambar 2.1). Proses penekanan tak langsung meliputi penarikan kawat dan penarikan tabung, ekstrusi, dan penarikan dalam cawan. Gaya utama yang dikenakan biasanya gaya tarik, tetapi gaya tekan tak langsung yang timbul akibat reaksi antara benda kerja dengan cetakan mencapai nilai yang tinggi. Oleh karena itu, logam mengalir akibat keadaan gaya tekan yang tinggi, setidaknya dalam salah satu arah tegangan utamanya. Contoh yang paling jelas mengenai proses pembentukan jenis tarik adalah pembentukan rentang, di mana lembaran logam menutupi kontur cetakan di bawah pengaruh gaya tarik. Penekukan mencakup pemakaian momen lengkung terhadap lembaran logam, sedangkan pengguntingan melibatkan gaya geser (gaya gunting) yang cukup besar untuk memotong logam bidang geser. Gambar 2.1 menunjukkan proses tersebut di atas secara sederhana.



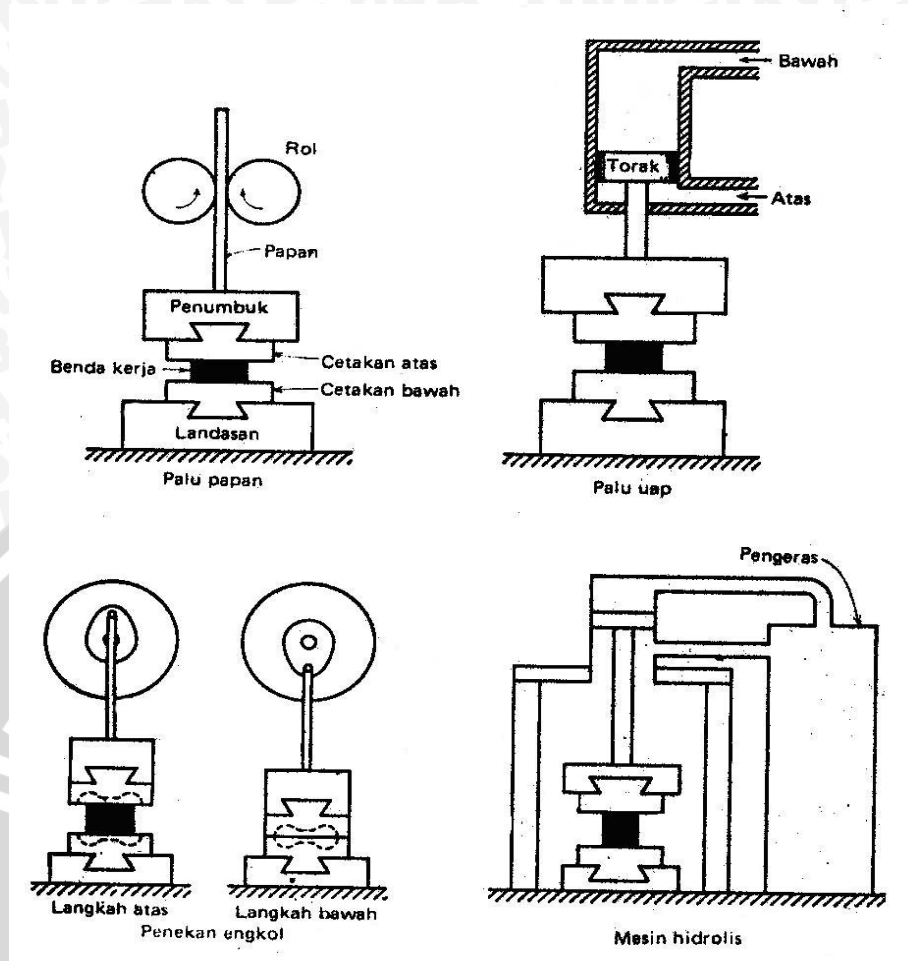
Gambar 2.1 Jenis operasi pembentukan

Sumber: Djaprie Sriati, 1992, 122

2.2.1. Klasifikasi Proses Penekanan

Dalam memenuhi salah satu cara bermacam-macam proses penekanan, harus dipertimbangkan beberapa hal antara lain (Degarmo E Paul, 1979 : 546):

- Kapasitas yang diperlukan
- Peralatan pres; misalnya manual, mekanik atau hidrolis
- Bentuk dari benda kerja.



Gambar 2.2. Skematis peralatan tempa

Sumber: Djaprie Sriati, 1992 : 182

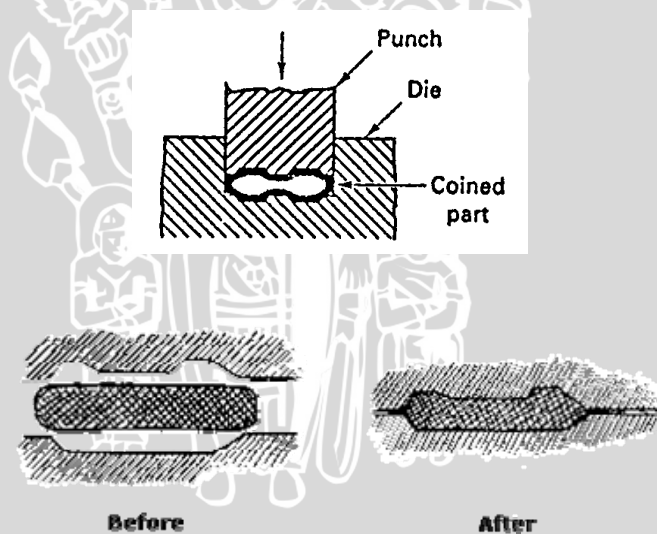
Pada gambar 2.2 dapat diketahui berbagai macam mekanisme dari mesin *press* yang ada. Pada umumnya dengan menggunakan mekanisme mekanik didapatkan proses pembentukan yang cepat dan mudah.

Mesin *press* yang menggunakan mekanisme hidrolis dimana gerak diperoleh dari pergerakan piston dan panjangnya langkah kerja piston pada silinder hidroliknya. Pada jenis ini gaya penekanan lebih mudah dikontrol dan tidak tergantung pada posisi peluncur pistonnya. Mesin *press* hidrolis bisa mencapai kapasitas 500.000 kgf. Mesin seperti ini sangat cocok untuk operasi yang membutuhkan tekanan konstan seperti *deep drawing*, *coining*. (Degarmo Paul E, 1979 : 546).

2.2.2. Proses Pembuatan Koin

Salah satu cara pembuatan koin dapat dilakukan dengan diikuti proses pemanasan agar supaya proses pembentukan benda kerja dapat berjalan dengan cepat dan tepat, contohnya pembuatan koin, medali, pin. Pada proses ini permukaan benda kerja sama dengan permukaan cetakan dan karena cetakan yang tertutup maka tidak memungkinkan untuk benda kerja keluar dari cetakan, kecuali apabila temperatur yang diberikan pada benda kerja sudah berada pada titik cairnya. Tingkat keakurasian volume dari benda kerja sangat mempengaruhi agar supaya dapat mencegah kerusakan pada cetakan. Pada gambar 2.3 dapat dilihat proses pembuatan koin dengan menggunakan cetakan tertutup. Dimana pada proses pembuatan koin ini melibatkan beberapa bagian antara lain:

- *Punch*
- *Dies*
- *Raw Material*



Gambar 2.3 Proses Coining

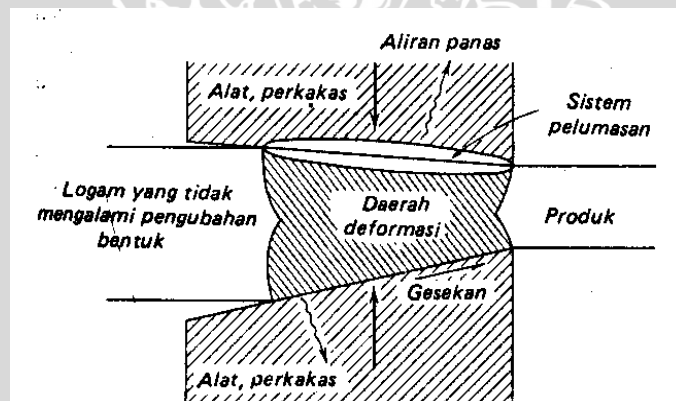
Sumber : Degarmo Paul E, 1979, 508

Coining yang dilakukan dengan proses tekan tertutup artinya terdapat penghalang atau rintangan dalam proses dislokasinya sehingga terjadi penumpukan dislokasi. Dislokasi utama dalam tumpukan (*pile-up*) tidak hanya dipengaruhi oleh tegangan geser tetapi juga oleh gaya

interaksi dengan dislokasi lainya dalam tumpukan, hal ini menjurus ke konsentrasi tegangan yang tinggi di dislokasi utama dalam tumpukan. Bila mana dalam tumpukan terdapat banyak dislokasi, tegangan dislokasi di pangkal tumpukan dapat mendekati tegangan putus geser, tegangan tinggi ini dapat mengawali luluh di satu sisi penghalang sehingga menyebabkan retak pada produk.

2.2.3. Temperatur Pembentukan

Bila temperatur kristal dinaikkan maka butiran logam akan beresilasi disekitar posisi rata-ratanya dan gaya penekanan yang diberikan lebih dari titik plastisnya maka logam akan terdeformasi searah dengan gaya penekanan yang terjadi seperti pada gambar 2.4 dibawah ini. Dengan pemberian gaya tekan yang konstan juga pemberian temperatur maka logam akan mengalami deformasi yang lebih mudah dan butiran logam akan lebih padat akibat gaya tekan yang diberikan, nilai kekerasan permukaan logam juga meningkat.



Gambar 2.4 Sistem proses deformasi

Sumber : Sriati Djaprie, 1992,123

2.3 Kriteria Tegangan Luluh

a. Kriteria Von Mises atau Kriteria Energi Distorsi

Von Mises (1913) menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana invarian kedua deviator tegangan J_2 melampaui harga kritis tertentu.

(Djaprie Sriati, 1992, 78)

$$J_2 = k^2 \quad (2-1)$$

$$\text{Dimana } J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]$$

Untuk evaluasi tetapan k dan menghubungkannya dengan luluh dalam uji tarik, kita ketahui bahwa luluh dalam uji tarik uniaksial terjadi bila:

$$\sigma_1 = \sigma_0, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$$

$$\sigma_0^2 + \sigma_0^2 = 6k^2$$

$$2\sigma_0^2 = 6k^2$$

$$\sigma_0 = \sqrt{6k^2}$$

$$\sigma_0 = k\sqrt{3} \quad (2-2)$$

Substitusi persamaan (2-1) dalam persamaan (2-2) menghasilkan bentuk kriteria luluh Von Mises.

$$\sigma_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \quad (2-3)$$

atau dari persamaan;

$$\sigma_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)]^{1/2} \quad (2-4)$$

Dari persamaan (2-3) atau (2-4) dapat diduga bahwa luluh akan terjadi bilamana selisih tegangan pada sisi kanan persamaan melampaui tegangan luluh dalam uji tarik uniaksial σ_0

b. Kriteria Tegangan Geser Maksimum atau Kriteria Tresca

Kriteria luluh ini memisalkan bahwa luluh terjadi bilamana tegangan geser maksimal mencapai harga tegangan geser dalam uji tarik uniaksial. Tegangan geser maksimum diberikan oleh;

$$\tau_{maks} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (2-5)$$

σ_1 = tegangan utama terbesar secara aljabar

σ_3 = tegangan utama terkecil secara aljabar.).

Untuk uji tarik uniaksial, $\sigma_1 = \sigma_0$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ dan tegangan luluh geser τ_0 sama dengan $\sigma_0/2$. Substitusi dalam persamaan (2-5) memberikan:

$$\tau_{maks} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \tau_0 = \frac{\sigma_0}{2}$$

Karena itu, kriteria tegangan geser maksimum diberikan oleh

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_0 \quad (2-6)$$

Untuk keadaan geser murni, $\sigma_1 = -\sigma_3 = k$, $\sigma_2 = 0$, dari kriteria tegangan geser maksimum dapat diduga bahwa luluh akan terjadi bilamana,

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2k = \sigma_0 \quad \text{atau} \quad k = \frac{\sigma_0}{2}$$

sehingga kriteria tegangan geser maksimum dapat ditulis;

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma'_1 - \sigma'_3 = 2k \quad (2-7)$$

2.4. Mekanisme Pengerasan Logam

Kekuatan dengan pengerasan aging terutama ditentukan oleh interaksi dislokasi yang bergerak dengan presipitat

Ada tiga macam pengerasan logam yaitu :

1. Pengerasan Regangan Koheren

Presipitasi partikel yang memiliki ketidak serasian dengan matrik akan menimbulkan medan tegangan yang akan menghambat pergerakan dislokasi luncur (Smallman R.E.,1991: 406).

2. Pengerasan Kimia

Pengerasan akibat terjadinya perubahan jumlah partikel terdekat dari pelarut yang larut sepanjang bidang slip (Smallman R.E,1991: 408).

3. Pengerasan Dispersi

Pada pengerasan dispersi presipitat tidak mengikuti perubahan bentuk matrik dan tegangan luluh merupakan tegangan yang diperlukan untuk merentangkan loop dislokasi antar presipitat (Smallman R.E,1991: 408).

2.5. Kualitas Geometri

Dalam pembuatan koin, kualitas geometri sangatlah berpengaruh terhadap kelayakan suatu koin untuk dipasarkan atau tidak. Tidak mudah untuk menentukan suatu koin sempurna atau tidak bila dilihat secara visual saja, oleh karena itu harus ditentukan parameter-parameter pembanding yang lain. Ada beberapa kriteria penting dalam menentukan kualitas geometri dari suatu koin antara lain :

- Reduksi Tinggi (Ketebalan)

Sebuah koin dapat dinyatakan sempurna bila sesuai dengan kriteria tinggi dimana reduksi tinggi diperoleh dari rumusan:

$$\text{Reduksi tinggi} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot (100\%) \quad (\text{Djaprie Sriati, 1992: 137})(2-8)$$

Dimana :

h_0 : Tinggi mula-mula bahan baku = 1,18 cm

h_1 : Tinggi koin yang telah jadi

d_0 : Diameter bahan baku = 2,45 cm

d_1 : Diameter koin yang telah jadi = 5 cm

V : Volume = konstan

dengan asumsi dalam proses penekanan

maka :

$$V_0 = V_1$$

$$\frac{1}{4} \pi d_0^2 \cdot h_0 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 \cdot h_1 \quad (\text{Djaprie Sriati, 1992, 138})(2-9)$$

sehingga $\frac{1}{4} \pi$ dapat dihilangkan dan didapat persamaan

$$d_0^2 \cdot h_0 = d_1^2 \cdot h_1 \Rightarrow h_1 = \frac{d_0^2 \cdot h_0}{d_1^2} \quad (2-10)$$

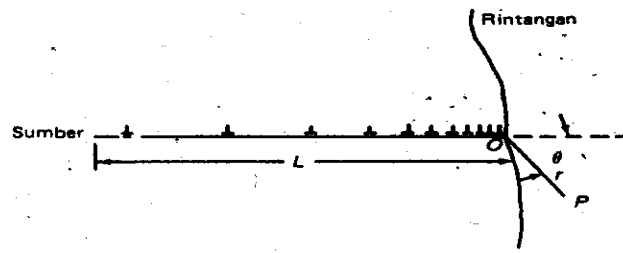
dengan memasukkan nilai h_1 ke persamaan reduksi tinggi diperoleh

$$\text{Reduksi tinggi} = \frac{2,45^2 - 1,18}{5^2} \cdot (100\%) = 75,99\%$$

Jadi reduksi tinggi yang didapat adalah 75,99 %.

- Jumlah Retakan

Kualitas geometri dari suatu bentuk koin sangat tergantung dari jumlah retakannya. Semakin banyak retakan yang terjadi walaupun koin tersebut memenuhi kriteria dari reduksi ketinggian maka koin itu dapat dinyatakan tidak sempurna. Dan bila suatu koin jumlah retakannya sedikit dan tidak memenuhi kriteria reduksi ketinggian maka dapat dinyatakan koin tersebut tidak memenuhi kriteria dari kualitas geometri. Dan suatu koin dapat dinyatakan memenuhi kriteria dari kualitas geometri bila koin itu mempunyai kriteria reduksi ketinggian tanpa keretakan yang terjadi.

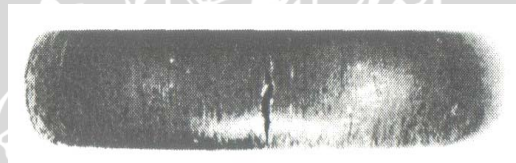


Gambar 2.5 Tumpukan dislokasi dirintangan
Sumber : Djaprie Sriati, 1992,183

Dari gambar 2.5 diatas terlihat retak yang timbul akibat menumpuknya dislokasi pada rintangan dalam hal ini adalah dinding cetakan. Ada dua jenis cacat retak yang timbul dalam proses ini yaitu:

- Retak normal

Retak normal merupakan retak yang arahnya tegak lurus terhadap dasar permukaan produk, seperti terlihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Retak Normal
Sumber : Kalpakjian, 1984,323

- Retak geser

Retak geser merupakan retak yang arahnya membentuk sudut terhadap dasar permukaan produk, seperti terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Retak Geser
Sumber : Kalpakjian, 1984,323

Dislokasi selain dapat menyebabkan munculnya retak juga akan berpengaruh pada sifat mekanis bahan pada proses penekanan yang dikerjakan pada pengerjaan dingin dimana material akan mengalami penguatan regangan (*strain hardening*) dan ikatan struktur atom menjadi lebih kuat, hal ini akan

mempengaruhi perubahan sifat mekanik dari bahan. Naiknya nilai kekerasan dan kekuatan dari bahan dapat dianggap sebagai hal yang positif, tetapi hal tersebut juga diikuti dengan berkurangnya keuletan, yang berarti logam lebih sulit untuk dibentuk.

2.6. Pengujian Kekerasan

Pada penelitian kali ini dipergunakan uji kekerasan dengan menggunakan *Brinell hardness tester*, dimana harga numerik dari *Brinell hardness* dinyatakan dalam kilogram perkuadrat milimeter yang besarnya sama dengan pembagian beban dengan luasan yang terbentuk oleh penekanan bola indenter, seperti yang terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini:

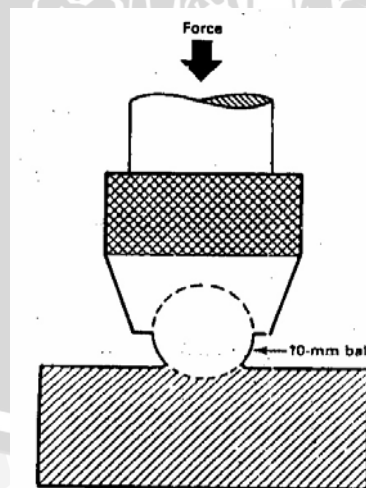
$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{Djaprie Sriati, 1992: 329}) \quad (2 - 11)$$

D : Diameter bola

d : Diameter bekas penetrasi

P : Beban

Dengan D dan d adalah diameter bola indenter dan luas yang dibentuk, t adalah waktu pemberian tekanan sehingga dapat dari rumusan diatas akan diperoleh harga kekerasan dari uji *Brinell Hardness Tester*.



Gambar 2.8 Skema pengujian *brinell*

Sumber : L. Small, 1990, 84

2.7. Proses Penekanan

Bahan baku koin yang akan dibentuk pada mesin pres mempunyai bentuk silinder yang langsung dimasukkan kedalam *dies* karena dimensinya telah disesuaikan.

2.7.1. Gaya penekanan

Gaya penekanan yang diperlukan dapat dicari menggunakan rumus :

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Djaprie Sriati, 1992, 154}).(2 - 12)$$

dimana :

P = Tekanan (kgf/m^2)

F = Gaya Penekan (kgf)

A = Luasan Permukaan punch (m^2)

Pada mesin pres, tekanan yang diberikan merupakan tekanan yang diperoleh dari hidrolik sehingga :

$$P_{\text{Hidrolik}} = \frac{F_{\text{Hidrolik}}}{A_{\text{Hidrolik}}}$$

Dengan

$$A_{\text{Hidrolik}} = \frac{1}{4} \pi D_{\text{Hidrolik}}^2$$

Sehingga di dapat

$$F_{\text{Hidrolik}} = \frac{1}{4} \pi D_{\text{Hidrolik}}^2 \cdot P_{\text{Hidrolik}} \quad (2 - 13)$$

Dikarenakan *punch* berhubungan langsung dengan hidrolik. Jadi gaya yang bekerja pada punch sama dengan gaya yang diberikan hidrolik sehingga.

$$F_{\text{Hidrolik}} = F_{\text{Punch}}$$

Sedangkan pada punch berlaku rumusan

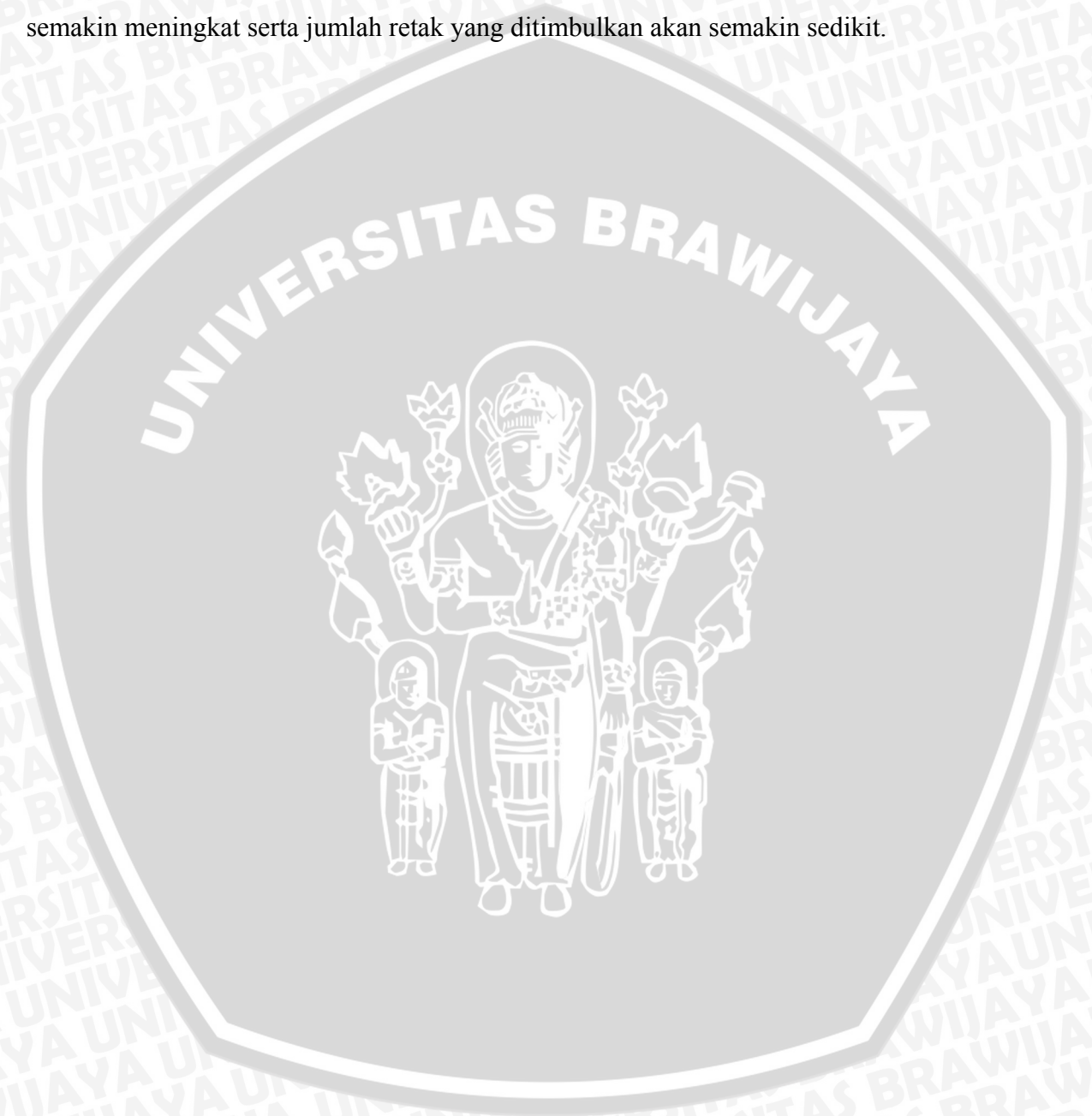
$$P_{\text{Punch}} = \frac{F_{\text{Punch}}}{A_{\text{Punch}}}$$

dari persamaan 2 – 11 disubstitusikan ke persamaan 2 – 12 diperoleh

$$P_{\text{Punch}} = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot D_{\text{Hidrolik}}^2 \cdot P_{\text{Hidrolik}}}{\frac{1}{4} \pi D_{\text{Punch}}^2} \Rightarrow P_{\text{Punch}} = \frac{D_{\text{Hidrolik}}^2 \cdot P_{\text{Hidrolik}}}{D_{\text{Punch}}^2} \quad (2 - 14)$$

2.8 Hipotesis

Semakin tinggi temperatur *dies* yang digunakan pada proses *coining* akan berpengaruh terhadap kekerasan permukaan dan jumlah retak yang ditimbulkan. Dimana semakin tinggi temperatur cetakan dengan gaya penekanan yang konstan maka dapat menyebabkan terdeformasinya butiran kristal secara cepat dan kekerasan akan semakin meningkat serta jumlah retak yang ditimbulkan akan semakin sedikit.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah eksperimen sejati (*true experiment research*) untuk memperoleh data-data dan kajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku maupun jurnal.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Variabel bebas : temperatur dengan variasi, $75C^0$, $100C^0$, $125C^0$, $150C^0$, $175C^0$.
2. Variabel terikat : kualitas geometri.
3. Variabel kendali : gaya tekan $411,78 \frac{kg \cdot f}{cm^2}$

3.3 Alat Yang Dipergunakan

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Dies dengan bentuk dan dimensi tertentu, terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Dies

2. Mesin uji kekerasan bahan, terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk : GNEHM HORGEN

Diameter bola : 5 mm

Type : OMI 150

Apparat no : 44/6

Beban : 62,5 kg (10-190 *BHN*)
100 kg (150-500 *BHN*)



Gambar 3.2 Brinell Hardnes Tester

3. Profile Projektor terlihat pada gambar 3.3 dibawah ini dengan spesifikasi sebagai berikut:

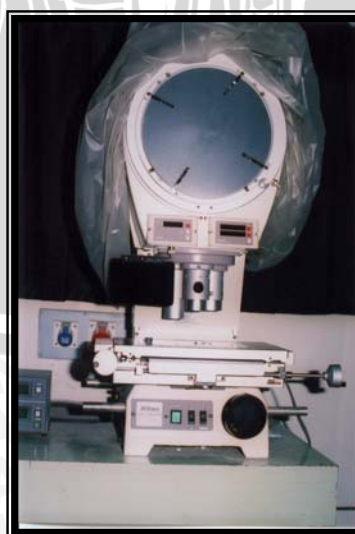
Merk : NIKON

Type : V – 12 B

Buatan : Jepang

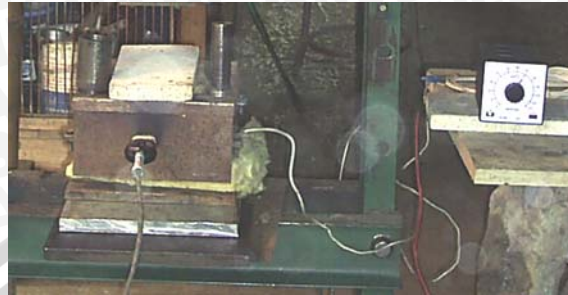
Voltage : 90 – 260 V

Frequency : 50/60 Hz



Gambar 3.3 Profile Projektor

4. *Dies* dengan alat pengontrol temperatur terlihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 *Dies* dengan alat pengontrol temperatur

5. Alat Press Hidrolik terlihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Alat Press Hidrolik

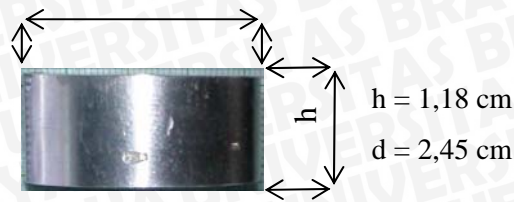
3.4 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, Jl. Veteran PO Box 04 Malang.

3.5 Bahan Yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah timah putih (Sn) berbentuk *solid cylindrical billet* terlihat pada gambar 3.6 dengan dimensi:

d



Gambar 3.6 Dimensi spesimen

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan percobaan

Persiapan alat dan bahan yang digunakan yaitu :

Pembuatan bahan

- Timah putih yang didapat dari pasaran kemudian dilebur lalu dimasukkan cetakan spesimen.
- Cetakan bahan tersebut terbuat dari pipa besi yang telah dibelah menjadi dua bagian, yang bertujuan agar pada saat timah sudah dingin maka timah yang sudah dibentuk dapat dengan mudah diambil dari cetakannya.
- Bahan yang telah jadi kemudian dipotong-potong dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Timah dimasukkan kedalam tungku pemanas sampai mencair kemudian dituangkan kedalam cetakan bahan dan ditunggu sampai dingin atau timah cair telah mengeras, baru cetakan dibuka
- Timah yang sudah berbentuk silinder hasil pencetakan bahan maka timah kita potong sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan

2. Pelaksanaan

Dengan mengatur variasi pemanasan *dies* dengan temperatur ($75-175^{\circ}\text{C}$)

- Pelaksanaan pertama, bahan yang sudah jadi kita masukkan kedalam lubang *dies* dan memberikan beberapa variasi perlakuan panas dengan menggunakan *heater* yang terletak pada sisi bawah *dies* dan diatur dengan *thermostart* yang dihubungkan dengan *thermocouple* yang sudah tertanam pada *dies* sehingga bila temperatur melebihi dari yang sudah ditentukan maka *heater* secara otomatis akan mati, setelah *heater* mati barulah kita memberikan gaya tekan dari luar selama satu menit

dan *heater* kita matikan dan spesimen kita lepaskan dari *dies* setelah spesimen dalam kondisi sudah dingin.

- Dengan cara yang sama seperti langkah pertama dilakukan juga pada temperatur 100 °C, 125 °C, 150 °C, 175 °C.
- Tiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

3. Metode pengujian kekerasan

Pengujian yang dilakukan adalah untuk menguji kekerasan permukaan bahan dengan peralatan *Brinell Hardnes Tester*. Pengujian ini diharapkan mempunyai data yang akurat mengenai kekerasan permukaan spesimen.

Langkah-langkah dalam pengujian kekerasan :

- a. Melakukan proses pengikisan pada sisi tepi dari spesimen agar sisi tepi lebih rata dengan permukaan dan juga bertujuan agar bola alat uji bisa masuk ketengah dari pada spesimen.
- b. Pemasangan spesimen pada *Brinell Hardnes Tester* dengan permukaan yang tegak lurus
- c. Pencekaman spesimen agar spesimen pada waktu dilakukan pengujian tidak bergerak.
- d. Dilakukan pengujian kekerasan dengan elektrik *Brinell Hardnes Tester* untuk mendapatkan data kekerasan dari masing-masing permukaan sampel uji.
- e. Setiap spesimen dilakukan pengujian sebanyak tiga titik penetrasi dari alat uji *Brinell Hardnes Tester*.

4. Metode pengujian keretakan.

- a. Spesimen dilihat secara visual banyaknya keretakan yang terjadi setiap spesimen.
- b. Pada keretakan yang memanjang atau juga bercabang tetap dihitung satu retakan.
- c. Untuk lebih memperjelas lagi dilakukan pengambilan foto makro dari spesimen dengan menggunakan beberapa kali pembesaran gambar.

5. Pembahasan data.

Pembahasan data, membahas kekerasan permukaan sehingga diperoleh variasi temperatur pemanasan *dies* terhadap kekerasan permukaan yang terjadi pada proses *coining*.

3.7 Rancangan Penelitian

Data yang akan diperoleh dari penelitian ini akan menunjukkan data kekerasan permukaan dari hasil variasi temperatur yaitu lima level dan menggunakan tiga kali pengulangan yang dimasukkan dalam tabel analisa varian satu arah dengan satu kontrol perlakuan dan kemudian dianalisa secara statistik sehingga diketahui pengaruh pemanasan *dies* yang minimum ataupun yang maksimum.

3.7.1 Analisis Statistik

Analisis statistik disini digunakan untuk menduga perubahan rata-rata yang terjadi di dalam hal ini kekerasan permukaan akibat pengaruh temperatur yang berbeda.

Kekerasan rata-rata:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.1)$$

Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.2)$$

Standar deviasi rata-rata:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} \quad (3.4)$$

3.7.2 Analisis Varian Satu Arah

Dari analisis varian satu arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh temperatur terhadap kekerasan permukaan hasil proses *coining* karena pengaruh variasi temperatur dianggap U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 , maka hipotesis penelitian ditulis sebagai berikut:

$$H_0 = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5$$

(tidak ada pengaruh nyata antara temperatur terhadap kekerasan)

$$H_1 \neq U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4 \neq U_5$$

(ada pengaruh nyata antara temperatur terhadap kekerasan)

Data hasil pengamatan ditunjukkan pada tabel 3.1 dan 3.2. berikut ini:

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian

Temperatur ($^{\circ}$ C)	Replikasi	Karakteristik Produk	
		Jumlah Retak	
		Geser	Normal
75	1	S ₁₁	N ₁₁
	2	S ₁₂	N ₁₂
	3	S ₁₃	N ₁₃
100	1	S ₂₁	N ₂₁
	2	S ₂₂	N ₂₂
	3	S ₂₃	N ₂₃
125	1	S ₃₁	N ₃₁
	2	S ₃₂	N ₃₂
	3	S ₃₃	N ₃₃
150	1	S ₄₁	N ₄₁
	2	S ₄₂	N ₄₂
	3	S ₄₃	N ₄₃
175	1	S ₅₁	N ₅₁
	2	S ₅₂	N ₅₂
	3	S ₅₃	N ₅₃

Tabel 3.2 Rancangan penelitian kekerasan permukaan koin.

Faktor	Variasi temperatur <i>dies</i> ($^{\circ}$ C)				
	A	B	C	D	E
Replikasi	75	100	125	150	175
Kekerasan					
1	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₁	X ₅₁
2	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₂	X ₅₂
3	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃	X ₄₃	X ₅₃

Berdasarkan data ditabel 3.1 atau 3.2 dapat ditentukan analisa varian kekerasan yaitu :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \quad (3.5)$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \quad (3.6)$$

- Faktor koreksi (fk)

$$fk = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{\sum ni} \quad (3.7)$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \quad (3.8)$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{ni} - fk \quad (3.9)$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \quad (3.10)$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{dbper} \quad (3.11)$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{dbgalat} \quad (3.12)$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \quad (3.13)$$



Tabel 3.3. Penyederhanaan Analisis varian satu arah

Jumlah varian	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	(k-1)	$JK_{perl} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} \right] - Fk$	$KTP = \frac{JKP}{k-1}$	$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$	$F(\alpha; dB)$
Galat	n-k	$JKG = JKT - JKP$	$KTG = \frac{JKG}{n-k}$		

(Sumber : Hifni. M, 1991 : 23)

Pengujian adanya pengaruh ada tidaknya perlakuan adalah dengan cara membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} sehingga:

1. Jika $[F_{hitung}] > F \left\{ \frac{\alpha}{2}, k, db \right\}$ berarti H_0 ditolak, ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-1 dengan kontrol rata-rata
2. Jika $[F_{hitung}] < F \left\{ \frac{\alpha}{2}, k, db \right\}$ berarti H_0 diterima, ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-1 dengan kontrol rata-rata

3.7.3. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah teknik statistik parametrik yaitu dengan menggambarkan hubungan 2 variabel atau lebih yang biasanya dipakai untuk perkiraan atau ramalan atau mencari pangaruh dari variabel yang satu dengan variabel yang lain. Misalnya mengadakan peramalan besarnya variasi yang terjadi pada variabel Y berdasar variabel X. Pada analisa regresi ini digunakan persamaan regresi linier karena dalam penelitian ini digunakan variabel bebas sebanyak satu buah untuk setiap analisis data.

$$\text{Regresi linier : } Y = a + bX \quad (3.14)$$

Keterangan:

Y : Variabel terikat (Kriterium)

X : Variabel bebas (Prediktor)

a : Variabel (Konstanta regresi) atau harga yang memotong sumbu Y

b : Koefisien regresi (Gradien)

Adapun untuk koefisien determinasinya adalah :

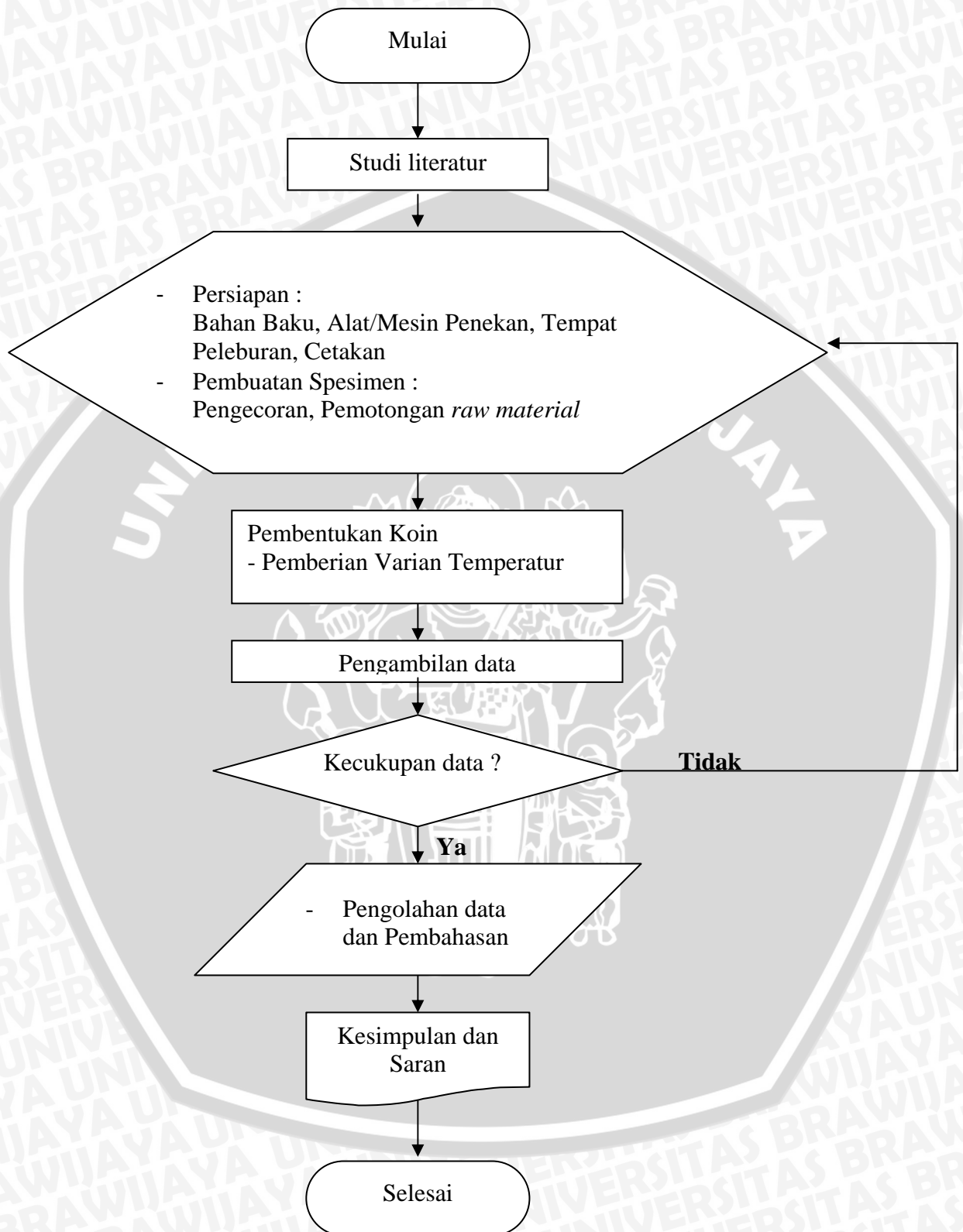
$$JKR = b^2 \left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \quad (3.15)$$

$$JKT = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (3.16)$$

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \quad (3.17)$$



3.8. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis data

4.1.1. Data Reduksi Ketinggian

Data dari hasil penelitian diperoleh perbedaan ketinggian koin, dan dapat ditabelkan pada tabel 4.1. Data reduksi ketinggian diperoleh dari rumusan reduksi ketinggian pada sub bab 2.4 dan ditabelkan pada tabel 4.2

Tabel 4.1 Perbedaan ketinggian koin

Temperatur (°C)	Replikasi	Tinggi awal (cm)	Tinggi akhir (cm)
75	1	1,18	0,45
	2	1,18	0,45
	3	1,18	0,44
100	1	1,18	0,40
	2	1,18	0,37
	3	1,18	0,38
125	1	1,18	0,35
	2	1,18	0,36
	3	1,18	0,35
150	1	1,18	0,33
	2	1,18	0,32
	3	1,18	0,33
175	1	1,18	0,28
	2	1,18	0,29
	3	1,18	0,29

$$\text{Reduksi tinggi} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot (100\%) \tag{4.1}$$

h_0 : Tinggi mula-mula bahan baku = 1,18 cm

h_1 : Tinggi koin yang telah jadi

d_0 : Diameter mula-mula dari bahan baku = 2,45 cm

d_1 : Diameter koin yang telah jadi = 5 cm

V : Volume = konstan

(dengan asumsi dalam proses penekanan)

maka :

$$V_0 = V_1$$

$$\frac{1}{4} \pi d_0^2 \cdot h_0 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 \cdot h_1 \tag{4.2}$$



sehingga $\frac{1}{4}\pi$ dapat dihilangkan dan didapat persamaan

$$d_0^2 \cdot h_0 = d_1^2 \cdot h_1 \Rightarrow h_1 = \frac{d_0^2 \cdot h_0}{d_1^2} \quad (4.3)$$

$$h_1 = \frac{2,45^2 \times 1,1}{5^2}$$

$$= 0,283318 \text{ cm}$$

dengan memasukkan nilai h_1 ke persamaan reduksi tinggi diperoleh

$$\text{Reduksi tinggi} = \frac{1,18 - 0,283318}{1,18} \cdot (100\%) = 75,99\%$$

Range harus diantara $\pm 0,9$ dari reduksi tinggi yang didapat

Jadi reduksi tinggi yang didapat adalah 75,99%.

Data reduksi ketinggian yang terjadi pada spesimen dengan temperatur 175°C

$$= \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot (100\%) \quad (4.4)$$

$$= \frac{1,18 - 0,29}{1,18} \times 100\%$$

$$= \frac{0,89}{1,18} \times 100\%$$

$$= 75,4237\% \text{ (masuk pada range batas reduksi ketinggian)}$$

Dan pada masing-masing specimen dapat ditabulasikan pada table 4.2 berikut ini;

Tabel 4.2 Reduksi ketinggian.

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Replikasi	Reduksi ketinggian (%)
75	1	61,86
	2	61,86
	3	62,71
100	1	66,10
	2	68,64
	3	67,79
125	1	70,33
	2	69,49
	3	70,33
150	1	72,03
	2	72,88
	3	72,03
175	1	76,27
	2	75,42
	3	75,42

4.1.2 Data kekerasan dan Jumlah Retak yang Terjadi

Data kekerasan hasil proses *coining* diperoleh dari uji kekerasan dengan menggunakan *Brinnel Hardness Tester* dan ditabelkan pada tabel 4.3, sedangkan jumlah retak yang terjadi diperoleh dengan pengamatan *visual* secara langsung dan juga ditabelkan pada tabel 4.4.

D : Diameter Bola = 5mm

d : Diameter Penetrasi

P : Beban 62,5 Kg

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4.5)$$

$$BHN = \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,40^2})}$$

$$= \frac{125}{\pi \times 5(0,613)}$$

$$= \frac{125}{9,645}$$

$$= 12,961 \text{ BHN}$$

Tabel 4.3 Data kekerasan

Temperatur (°C)	No Spesimen	Replikasi	Diameter penetrasi (d)(mm)	KEKERASAN (BHN)
75	1	1	2,40	12,96
	2	2	2,39	13,08
	3	3	2,42	12,74
100	4	1	2,39	13,08
	5	2	2,37	13,32
	6	3	2,37	13,32
125	7	1	2,30	14,19
	8	2	2,29	14,33
	9	3	2,28	14,47
150	10	1	2,21	15,45
	11	2	2,25	14,87
	12	3	2,22	15,30
175	13	1	2,20	15,60
	14	2	2,12	15,90
	15	3	2,20	15,60

Tabel 4.4 Data jumlah retak yang terjadi

Temperatur (°C)	No Spesimen	Replikasi	karakteristik produk	
			jumlah retak	
			normal	geser
75	1	1	0	9
	2	2	0	3
	3	3	0	2
100	4	1	0	5
	5	2	0	6
	6	3	0	0
125	7	1	0	5
	8	2	0	6
	9	3	0	3
150	10	1	0	2
	11	2	0	0
	12	3	0	1
175	13	1	0	0
	14	2	0	0
	15	3	0	0

4.2 Pengolahan Data

4.2.1. Analisis Kualitas Geometri

Spesimen-spesimen hasil proses *coining* harus memenuhi kriteria-kriteria dari kualitas geometri antara lain:

- Reduksi tinggi harus sebesar 75,99 % dengan range $\pm 0,9$ % antara 75,09 % sampai dengan 76,89 %
- Jumlah retak harus nol atau tidak ada retakan yang timbul dari proses pembuatan koin diatas.

Dari tabel 4.2 tentang reduksi tinggi, tabel 4.3 data kekerasan dan tabel 4.4 jumlah retak yang terjadi, spesimen yang memenuhi kriteria tersebut diatas adalah spesimen 13, 14 dan 15. Pada spesimen tersebut diperoleh reduksi ketinggian diantara 75,09 % sampai dengan 76,89 % dan tidak mengalami cacat retak. Sedangkan untuk spesimen-spesimen yang lainnya tidak memenuhi kriteria karena reduksi tinggi yang terjadi di bawah range reduksi ketinggian diantara 75,09 % sampai dengan 76,89 % dan terdapat cacat retak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa spesimen yang memenuhi kedua kriteria reduksi tinggi dan cacat retak yaitu spesimen: 13,14 dan 15.

4.2.2 Analisis Statistik

4.2.2.1 Analisis Statistik Kekerasan Logam

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 75 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{38,78}{3} = 12,92 \quad (4.6)$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (13,08 - 12,92)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0256}{2}} \\ &= 0,113 \\ &= 0,187 \end{aligned} \quad (4.7)$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} &= \frac{0,113}{\sqrt{3}} = 0,065 \end{aligned} \quad (4.8)$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan logam temperatur sebesar 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5 \%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \sigma < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \sigma \quad (4.9)$$

$$12,92 - (2,92 \cdot 0,065) < X < 12,92 + (2,92 \cdot 0,065)$$

$$12,73 < X < 13,109$$

Jadi hasil interval penduga kekerasan permukaan hasil proses *coining* pada pemberian temperatur sebesar 75-175 °C dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Interval penduga kekerasan permukaan proses *coining*

Variasi temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	75	100	125	150	175
Interval Penduga					
Kekerasan rata-rata (\bar{X})	12,92	13,05	14,33	15,21	15,70
Standar deviasi (σ)	0,113	0,268	0,10	0,24	0,14
Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)	0,065	0,155	0,057	0,138	0,08
Interval penduga rata-rata	12,73 < X < 13,109	13,59 < X < 13,49	14,04 < X < 14,62	14,80 < X < 15,61	15,46 < X < 15,93

4.2.2.2 Analisis Statistik Reduksi Ketinggian Logam

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 75°C .

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{186,43}{3} = 62,143 \quad (4.10)$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (62,71 - 62,143)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,3214}{2}} \\ &= 0,4009 \end{aligned} \quad (4.11)$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,4009}{\sqrt{3}} = 0,2314 \end{aligned} \quad (4.12)$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75°C :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, \text{db}) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t \left[\frac{\alpha}{2}, \text{db} \right] \bar{\sigma} < h < \bar{h} + t \left[\frac{\alpha}{2}, \text{db} \right] \bar{\sigma} \quad (4.13)$$

$$62,143 - (2,92 \cdot 0,2314) < h < 62,143 + (2,92 \cdot 0,2314)$$

$$62,143 - 0,674 < h < 62,143 + 0,674$$

$$61,469 < h < 62,817$$

Jadi hasil interval penduga reduksi ketinggian hasil proses *coining* pada pemberian temperatur sebesar 75-175 °C dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Interval penduga reduksi ketinggian pada proses *coining*

Variasi temperatur (°C)	75	100	125	150	175
Interval Penduga					
Reduksi rata-rata (\bar{h})	62,143	67,51	70,05	72,31	75,70
Standar deviasi (σ)	0,4009	0,997	0,395	0,1979	0,7979
Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)	0,2314	0,5756	0,228	0,114	0,114
Interval penduga rata-rata	61,469 < X < 62,817	67,342 < X < 67,678	69,37 < X < 70,726	71,976 < X < 72,644	75,366 < X < 76,034

4.2.3. Analisis Varian

Dari data kualitas kekerasan permukaan dan reduksi ketinggian dari hasil proses *coining* yang diperoleh dapat dilakukan analisis varian satu arah untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh temperatur terhadap kekerasan permukaan spesimen dari hasil proses *coining*

4.2.3.1 Analisis Varian Kekerasan

Hipotesa dari temperatur terhadap kekerasan permukaan adalah:

$$H_{01}: h_{75^{\circ}\text{C}} = h_{100^{\circ}\text{C}} = h_{125^{\circ}\text{C}} = h_{150^{\circ}\text{C}} = h_{175^{\circ}\text{C}}$$

$$H_{11}: h_{75^{\circ}\text{C}} \neq h_{100^{\circ}\text{C}} \neq h_{125^{\circ}\text{C}} \neq h_{150^{\circ}\text{C}} \neq h_{175^{\circ}\text{C}}$$

Untuk mempermudah perhitungan data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada table 4.7 Data perhitungan kekerasan koin sebagai berikut.

Tabel 4.7 Data perhitungan kekerasan koin

Replikasi Kekerasan	Temperatur (°C)				
	75	100	125	150	175
1	12,96	13,08	14,19	15,45	15,60
2	13,08	13,32	14,33	14,87	15,90
3	12,74	13,32	14,47	15,30	15,60
Jumlah	38,78	39,72	42,99	45,62	47,10
Nilai rata-rata	12,93	13,24	14,33	15,21	15,70

Dari data yang ada maka akan diperoleh hasil perhitungan statistik sebagai berikut:

- Jumlah seluruh perlakuan $= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 214,21$ (4.14)

- Jumlah kuadrat Seluruh Perlakuan

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 = (214,21)^2 = 45885,92 \quad (4.15)$$

- Faktor Koreksi (FK) :

$$Fk = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n.k} \quad (4.16)$$

$$= \frac{(214,21)^2}{15}$$

$$= \frac{45885,92}{15} = 3059,06$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] - Fk \quad (4.17)$$

$$= 3076,812 - 3059,6$$

$$= 17,7521$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$JKP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n} \right] - Fk \quad (4.18)$$

$$= 3076,434 - 3059,06$$

$$= 17,3737$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$JKG = JKT - JKP \quad (4.19)$$

$$= 17,7521 - 17,3737$$

$$= 0,3784$$

- Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) :

$$KTP = \frac{JKP}{db} \quad (4.20)$$

$$= \frac{17,3737}{4} = 4,3434$$

- Kuadrat Tengah Galat (KTG) :

$$KTG = \frac{JKG}{dbgalat} = \frac{0,3784}{10} = 0,03784 \quad (4.21)$$

- F hitung :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{4,3434}{0,03784} = 114,78 \quad (4.22)$$

Dengan mengambil $\alpha:5\%$ maka didapat $F_{tabel} =$ analisa varian satu arah nilai kekerasan ditunjukkan oleh tabel 4.8. dibawah ini :

Tabel 4.8 Analisa varian satu arah kekerasan

Sumber varian	db	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	4	17,3737	4,3434	114,78	3,48
Galat	10	0,3784	0,03784		
Jumlah	14	17,7521			

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima, hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang nyata antara temperatur terhadap kekerasan permukaan dengan tingkat keyakinan 95%.

4.2.3.2 Analisis Varian Reduksi Tinggi

$H_{01}: h_0^{\circ}C = h_75^{\circ}C = h_{100}^{\circ}C = h_{125}^{\circ}C = h_{150}^{\circ}C = h_{175}^{\circ}C$

$H_{11}: h_0^{\circ}C \neq h_75^{\circ}C \neq h_{100}^{\circ}C \neq h_{125}^{\circ}C \neq h_{150}^{\circ}C \neq h_{175}^{\circ}C$

Untuk mempermudah perhitungan data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada table 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Data perhitungan reduksi tinggi koin

Replikasi Reduksi	Temperatur (⁰ C)				
	75	100	125	150	175
1	61,86	66,1	70,33	72,03	76,27
2	61,86	68,64	69,49	72,88	75,42
3	62,71	67,79	70,33	72,03	75,42
Jumlah	186,43	202,53	210,15	216,94	227,11
Nilai rata-rata	62,14	67,51	70,05	72,31	75,70

Dari data yang ada maka akan diperoleh hasil perhitungan statistik sebagai berikut:

- Jumlah seluruh perlakuan = $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 1043,16$ (4.23)

- Jumlah kuadrat Seluruh Perlakuan $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2$
 $= (1043,16)^2 = 3362786$ (4.24)

- Faktor Koreksi (FK) :

$$Fk = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n \cdot k} \quad (4.25)$$

$$= \frac{(1043,16)^2}{15}$$

$$= \frac{3362786}{15} = 72545,52$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] - Fk \quad (4.26)$$

$$= 72865,09 - 72545,52$$

$$= 319,5678$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$JKP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} \right] - Fk \quad (4.27)$$

$$= 72859,8 - 72545,5$$

$$= 314,309$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$JKG = JKT - JKP \quad (4.28)$$

$$= 319,5678 - 314,309$$

$$= 5,2588$$

- Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) :

$$KTP = \frac{JKP}{db} \quad (4.29)$$

$$= \frac{314,309}{4} = 78,5772$$

- Kuadrat Tengah Galat (KTG) :

$$KTG = \frac{JKG}{db_{galat}} = \frac{5,2588}{10} = 0,52588 \quad (4.30)$$

- F hitung :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{78,5772}{0,52588} = 149,42 \quad (4.31)$$

Dengan mengambil $\alpha:5\%$ maka didapat F_{tabel} = analisa varian satu arah nilai reduksi tinggi ditunjukkan oleh tabel 4.10. dibawah ini :

Sumber varian	db	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	4	314,30896	78,57724	149.4205	3,47805
Galat	10	5,2588	0,52588		
Jumlah	14	319,56776			

Tabel 4.10 Analisa varian satu arah reduksi tinggi

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima, hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang nyata antara temperatur terhadap reduksi ketinggian logam dengan tingkat keyakinan 95%.

4.2.4. Analisis Regresi

4.2.4.1 Analisis Regresi Kekerasan

Dari data diatas dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini dengan variabel bebas dan terikat untuk kekerasan permukaan dapat dilakukan perhitungan secara matematik yaitu dengan persamaan regresi linier adapun persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$\Sigma Y = NA + B\Sigma X \quad (4.32)$$

$$\Sigma XY = A\Sigma X + B\Sigma X^2 \quad (4.33)$$

Analisis regresi data kekerasan koin

X = Temperatur pemanasan

Y = Kekerasan koin

Tabel 4.11 Analisa regresi kekerasan koin

Spesimen	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	75	12,96	5625	167,96	972
2	75	13,08	5625	171,09	981
3	75	12,74	5625	162,31	955,5
4	100	13,08	10000	171,09	1308
5	100	13,32	10000	177,42	1332
6	100	13,32	10000	177,42	1332
7	125	14,19	15625	201,36	1773,75
8	125	14,33	15625	205,35	1791,25
9	125	14,47	15625	209,38	1808,75
10	150	15,45	22500	238,70	2317,5
11	150	14,87	22500	221,12	2230,5
12	150	15,30	22500	234,09	2295
13	175	15,60	30625	243,36	2730
14	175	15,90	30625	252,81	2782,5
15	175	15,60	30625	243,36	2730
jumlah	1875	214,21	253125	3076,812	27339,75

$$15 A + 1875 B = 214,21$$

$$1875 A + 253125 B = 27339,75$$

Dari persamaan diatas diperoleh :

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (4.34)$$

$$b = \frac{15(27339,75) - (401643,75)}{15(253125) - (1875)^2}$$

$$= 0,03005$$

$$a = \bar{y} - b\bar{X} \quad (4.35)$$

$$= 14,28 - ((0,03005) \cdot (125))$$

$$= 10,524$$

Sehingga didapatkan koefisien korelasi $a = 10,524$

$$b = 0,03005$$

Setelah didapatkan nilai a dan b dapat disusun persamaan regresi linear untuk nilai kalor adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 10,524 + 0,03X$$

Adapun untuk koefisien determinasinya adalah :

$$JKR = b^2 \left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \quad (4.36)$$

$$= (0,03)^2 \left[253125 - \frac{1875^2}{15} \right]$$

$$= ((0,03)^2 \cdot (18750))$$

$$= 16,875$$

$$JKT = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (4.37)$$

$$JKT = 3076,812 - \frac{(214,21)^2}{15}$$

$$= 17,75$$

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT}$$

$$= \frac{16,875}{17,75} = 0,9507$$

Dari tabel 4.7 didapat bahwa F_{hitung} diatas F_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya bahwa hubungan temperatur dengan kekerasan permukaan koin linier pada $Y = 0,03 X + 10,524$.

4.2.4.2 Analisis Regresi Reduksi Tinggi

Dari data diatas dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini dengan variabel bebas dan terikat untuk reduksi tinggi dapat dilakukan perhitungan secara matematik yaitu dengan persamaan regresi linier adapun persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$\Sigma Y = NA + B\Sigma X \quad (4.38)$$

$$\Sigma XY = A\Sigma X + B\Sigma \quad (4.39)$$

Analisis regresi data reduksi tinggi koin

X = Temperatur pemanasan

Y = Reduksi koin

Tabel 4.12 Analisa regresi reduksi koin

Spesimen	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	75	61,86	5625	3826,66	4639,5
2	75	61,86	5625	3826,66	4639,5
3	75	62,71	5625	3932,54	4703,25
4	100	66,1	10000	4369,21	6610
5	100	67,79	10000	4595,48	6779
6	100	68,64	10000	4711,45	6864
7	125	70,33	15625	4946,31	8791,25
8	125	69,49	15625	4828,86	8686,25
9	125	70,33	15625	4946,31	8791,25
10	150	72,03	22500	5188,32	10804,5
11	150	72,88	22500	5311,49	10932
12	150	72,03	22500	5188,32	10804,5
13	175	76,27	30625	5817,11	13347,25
14	175	75,42	30625	5688,18	13198,5
15	175	75,42	30625	5688,18	13198,5
jumlah	1875	1043,16	253125	72865,09	132789,25

$$15A + 1875B = 1043,16$$

$$1875A + 253125B = 132789,25$$

Dari persamaan diatas diperoleh :

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (4.40)$$

$$b = \frac{15(132789,25) - (1955925)}{15(253125) - (1875)^2}$$

$$= 0,12769$$

$$a = \bar{y} - b\bar{X} \quad (4.41)$$

$$= 69,544 - ((0,12769) \cdot (125))$$

$$= 69,544 - 15,961$$

$$= 53,582$$

Sehingga didapatkan koefisien korelasi $a = 53,582$

$$b = 0,12769$$

Setelah didapatkan nilai a dan b dapat disusun persamaan regresi linear untuk nilai kalor adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 53,582 + 0,12769 X$$

Adapun untuk koefisien determinasinya adalah :

$$JKR = b^2 \left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \quad (4.42)$$

$$= (0,12769)^2 \left[253125 - \frac{1875^2}{15} \right]$$

$$= ((0,12769)^2 \cdot (18750))$$

$$= 305,7138$$

$$JKT = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (4.43)$$

$$JKT = 72865,09 - \frac{(1043,16)^2}{15}$$

$$= 319,5678$$

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT}$$

$$= \frac{305,7138}{319,5678} = 0,956648$$

Dari tabel 4.7 didapat bahwa F_{hitung} diatas F_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya bahwa hubungan temperatur dengan reduksi ketinggian koin linier pada $Y = 0,12769 X + 53,582$.

4.3 Pembahasan

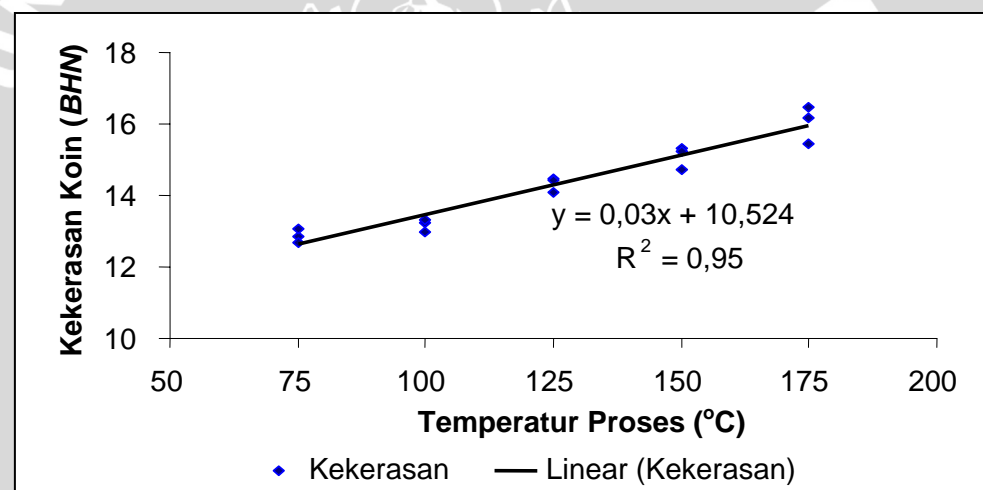
4.3.1. Analisis Temperatur terhadap Kekerasan Permukaan Koin.

Kekerasan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekan berupa penetrasi bahan yang lebih keras. Terlihat dari data yang diperoleh, didapatkan nilai kekerasan koin dengan gaya penekanan 411,78

$\frac{kg.f}{cm^2}$ dan temperatur 175 °C didapatkan kekerasan berkisar antara 15,46

sampai dengan 16,46 *BHN*, pada temperatur 150 °C didapatkan angka kekerasan berkisar antara 14,74 sampai 15,31 *BHN*, dan dengan pemberian temperatur 125 °C didapatkan kekerasan antara 14,09 sampai dengan 14,48 *BHN*, untuk temperatur 100°C didapatkan angka kekerasan berkisar antara 12,99 sampai dengan 13,32 *BHN* dan untuk pemberian temperatur sebesar 75°C diperoleh angka kekerasan berkisar antara 12,67 sampai 13,07 *BHN*.

Dari data analisis varian untuk pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} ($F_{hitung} > F_{tabel}$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekerasan hasil proses *coining* dengan keyakinan 95%. Sehingga pengaruh temperatur terhadap kekerasan hasil *coining* dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara temperatur terhadap kekerasan

Hubungan antara temperatur terhadap kekerasan permukaan ditunjukkan pada gambar 4.1, dengan sumbu Y sebagai kekerasan permukaan dan sumbu X sebagai besar temperatur. Dimana hubungan antara temperatur dengan kekerasan permukaan mempunyai bentuk $Y = 0,03 X + 10,524$ dan besar hubungannya $R = 0,95$.

Grafik regresi memperlihatkan hubungan linear dimana semakin besar temperatur yang diberikan pada koin maka kekerasan permukaan koin akan semakin meningkat. Dari pengamatan dapat dilihat bahwa kekerasan yang terendah ada pada pemberian temperatur sebesar 75°C dan kekerasan yang terbesar pada pemberian temperatur sebesar 175°C. Hal ini

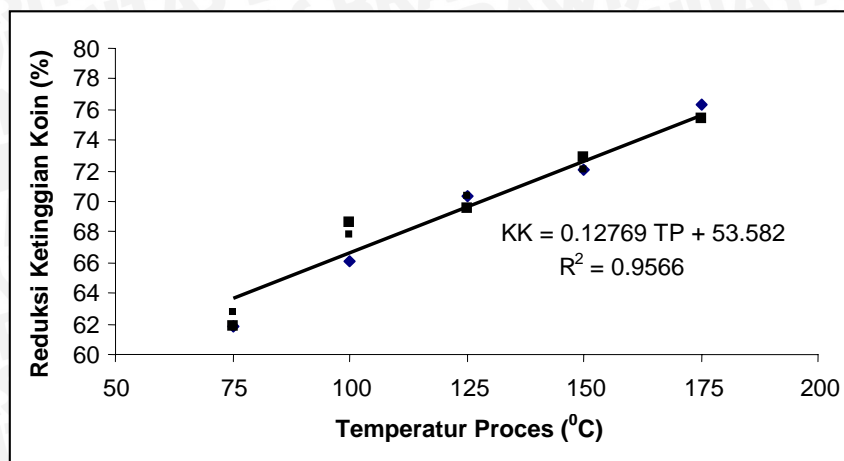
disebabkan adanya peningkatan temperatur pada logam tersebut sehingga menyebabkan atom-atom dari logam tersebut akan bergerak untuk saling mengisi ruang kosong yang ada disekitar atom tersebut, sesuai dengan dasar teori pada sub bab 2.2.

Selain proses saling mengisi atom karena peningkatan temperatur pada koin tersebut, juga ditambahkan dengan penekanan dari luar sebesar $411,78 \frac{kg.f}{cm^2}$ maka atom akan lebih cepat untuk berosilasi dan akan menyebabkan terbentuknya orientasi baru dengan ikatan yang semakin kuat dan akan menyebabkan kekuatan dan kekerasan dari material bertambah besar atau dapat dikatakan kekerasannya semakin meningkat.

Hal ini terbukti dari hasil pengujian kekerasan brinell yaitu semakin tinggi temperatur yang diberikan maka kekerasan logam akan meningkat terlihat pada gambar grafik 4.1 (Grafik hubungan antara temperatur terhadap kekerasan), diatas terlihat bahwa semakin tinggi temperatur maka kekerasan akan meningkat yaitu ditunjukkan dengan semakin naiknya garis linier bila temperatur semakin besar.

4.3.2 Analisis Temperatur terhadap Kualitas Geometri pada Koin

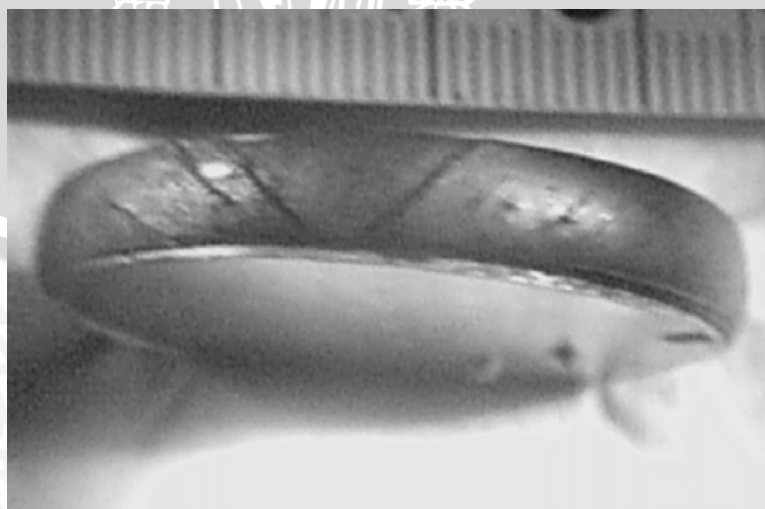
Seperti yang dibahas pada bab 2 bahwa produk koin harus memenuhi dua kriteria kualitas geometri yaitu : reduksi ketinggian dan jumlah keretakan yang timbul. Terdapat 3 Spesimen yang memenuhi kedua kriteria tersebut yaitu spesimen 13,14 dan 15. Pemberian temperatur juga berpengaruh terhadap reduksi ketinggian hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya data pada tabel 4.8 (reduksi ketinggian dan jumlah retak yang timbul). Hubungan antara temperatur terhadap reduksi ketinggian ditunjukkan pada gambar 4.2, dengan sumbu Y sebagai reduksi ketinggian dan sumbu X sebagai besar temperatur. Dimana hubungan antara temperatur dengan reduksi ketinggian mempunyai bentuk $Y = 0,12769 X + 53,582$ dan besar hubungannya $R = 0,9566$.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara temperatur dengan reduksi ketinggian

Untuk kriteria jumlah retakan dari data tabel 4.8 dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya pemberian temperatur maka jumlah retak yang timbul akan semakin sedikit dan retak tersebut berangsur hilang pada pemberian temperatur yang mendekati pada temperatur lebur logam karena butir logam lebih cepat beresilasi pada temperatur ini sehingga mengakibatkan masa logam bergerak dari suatu tempat ketempat lain dan akan memenuhi *dies*, sesuai dengan dasar teori pada sub bab 2.2.3.

Pada variasi temperatur 75°C dengan gaya penekanan sebesar 411,78 $\frac{kg \cdot f}{cm^2}$ bentuk tepi koin tidak beraturan dan banyak cacat retak yang timbul yaitu: antara 2 sampai dengan 9 retakan, sisi tepi logam juga tidak menyinggung dinding *dies*, hal tersebut dikarenakan pada temperatur 75°C butir logam belum dapat beresilasi secara maksimum. Bentuk retakan yang terjadi pada spesimen nampak pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar. 4.3 Bentuk retakan geser koin dengan menggunakan kamera digital

Pada variasi temperatur 100°C dengan gaya penekanan sebesar $411,78 \frac{\text{kg}\cdot\text{f}}{\text{cm}^2}$ terlihat bentuk tepi koin masih tidak beraturan, banyak lendutan besar tetapi logam dari koin sudah mulai menyentuh tepi dari *dies*, cacat retak yang timbul antara 5 sampai dengan 6 retakan yang terjadi mulai menurun, hal tersebut diakibatkan oleh adanya penambahan temperatur pada *dies*. Pada variasi temperatur 125°C dengan gaya penekanan $411,78 \frac{\text{kg}\cdot\text{f}}{\text{cm}^2}$ cacat retak yang timbul antara 3 sampai dengan 6 retakan. Pada pemberian variasi temperatur 150°C cacat retak yang timbul makin sedikit yaitu antara 0 sampai dengan 2 retakan. Pada pemberian temperatur 175°C koin sudah tidak mengalami retakan dan juga logam memenuhi *dies*, permukaan logam terlihat mengkilat. Hal tersebut terjadi akibat temperatur yang diberikan sudah mendekati temperatur lebur dari logam timah yaitu 232°C . Pada temperatur 175°C logam timah menjadi lunak dan mudah untuk dibentuk karena butir dari logam timah sangat mudah untuk berdifusi, tidak ada cacat retak yang terjadi.

Dari pengamatan terhadap dimensi yang timbul terlihat bahwa terjadi jumlah retak bervariasi pada pemberian temperatur 75°C sampai dengan temperatur 150°C sedangkan untuk temperatur 175°C tidak muncul adanya retakan dan tampak logam dapat memenuhi *dies* dan retak yang terjadi adalah retak geser, hal ini membuktikan bahwa pemberian temperatur berpengaruh terhadap jumlah retakan yang terjadi. Semakin tinggi temperatur maka retakan akan semakin sedikit seperti pada pemberian temperatur sebesar 175°C yaitu temperatur yang sudah mendekati temperatur cair dari logam timah tersebut yaitu 232°C , maka logam timah akan semakin lunak dan untuk proses pembentukannya akan semakin mudah, karena atom akan dengan mudah berdifusi disekitar posisi rata-ratanya sesuai dengan dasar teori yang terdapat pada sub bab 2.2.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa data hasil Penelitian dan Pembahasan yang telah diuraikan pada bab terdahulu, maka dapat diambil kesimpulan :

Dengan pemberian temperatur yang semakin meningkat jenis retak normal tidak ada dan jenis retak geser semakin berkurang. Jumlah retak geser terbanyak 9 retakan yaitu terjadi pada temperatur 75⁰C. Kekerasan juga semakin meningkat dan kekerasan paling tinggi terdapat pada temperatur yaitu sekitar 15 sampai dengan 16 *BHN*.

5.2 Saran

Karena masih banyak faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan beserta kualitas geometri dari hasil proses *coining*, maka untuk mendapatkan hasil koin yang optimum, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil *coining* tersebut, antara lain :
Perlu dilakukan penelitian dengan melakukan variasi komposisi unsur Sn dan C pada paduan.

DAFTAR PUSTAKA

- Degarmo E Paul.1979. *Material and Processes In Manufacturing*. Addison-wesley Publishing Company.
- Dieter, George.1992. *Metalurgi Mekanik* jilid 2 Terjemahan Sriatie Djaprie. Erlangga: Jakarta.
- Djaprie Sriati.1992. *Metalurgi mekanik*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Gere & Timoshenko.1985. *Mekanika Bahan* jilid 1 dan 2, Terjemahan Hans. J. Wospakrik. Erlangga: Jakarta.
- Hifni, M. 1990. *Analisis Varian & Penerapannya*. UPT Penerbitan FT Unibraw: Malang.
- S.Kalpakjian.1984. *Manufacturing Processes For Engineering Material*. Addison-wesley Publishing Company.
- Smallman.1991. *Hardness: Theory and Practice*, Service Diamond Tool Co. Ferndale, MI : New York.
- Sudjana.1996. *Metode Statistika*. Penerbit Torsito : Bandung



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Data Perhitungan Kekerasan

Data perhitungan kekerasan

No Spesimen	Diameter Bola (D)(mm)	Diameter penetrasi (d)(mm)	$\frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	Kekerasan (BHN)
1	5	2,40	12,96	13
2	5	2,39	13,08	13
3	5	2,42	12,74	13
4	5	2,39	13,08	13
5	5	2,37	13,32	13
6	5	2,37	13,32	13
7	5	2,30	14,19	14
8	5	2,29	14,33	14
9	5	2,28	14,47	14
10	5	2,21	15,45	15
11	5	2,25	14,87	15
12	5	2,22	15,30	15
13	5	2,20	15,60	16
14	5	2,12	15,90	16
15	5	2,20	15,60	16

D : diameter Bola = 5mm

d : Diameter Penetrasi

P : beban 62,5 Kg

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 1 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,40^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,613)} \\
 &= \frac{125}{9.645} \\
 &= 12.961 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,39^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,608)} \\
 &= \frac{125}{9,553} \\
 &= 13,084 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,42^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,624)} \\
 &= \frac{125}{9,812} \\
 &= 12,739 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 4 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,39^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,608)} \\
 &= \frac{125}{9,553} \\
 &= 13,084 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 5 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,37^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,597)} \\
 &= \frac{125}{9,383} \\
 &= 13,321 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 6 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,37^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,597)} \\
 &= \frac{125}{9,383} \\
 &= 13,321 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 7 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,30^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,560)} \\
 &= \frac{125}{8,802} \\
 &= 14,199 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 8 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,29^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,555)} \\
 &= \frac{125}{8,721} \\
 &= 14,333 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 9 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,28^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,550)} \\
 &= \frac{125}{8,640} \\
 &= 14,467 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 10 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,21^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,514)} \\
 &= \frac{125}{8,088} \\
 &= 15,454 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 11 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,25^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,534)} \\
 &= \frac{125}{8,401} \\
 &= 14,879 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 12 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,22^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,519)} \\
 &= \frac{125}{8,166} \\
 &= 15,307 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 13 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,20^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,510)} \\
 &= \frac{125}{8,011} \\
 &= 15,603 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 14 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,18^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,500)} \\
 &= \frac{125}{7,858} \\
 &= 15,907 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 15 BHN} &= \frac{2 \times 62,5}{\pi \times 5(5 - \sqrt{5^2 - 2,20^2})} \\
 &= \frac{125}{\pi \times 5(0,510)} \\
 &= \frac{125}{8,011} \\
 &= 15,603 \text{ BHN}
 \end{aligned}$$



Analisa Statistik Kekerasan Logam

1. Analisis statistik untuk temperatur sebesar 75 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{38,78}{3} = 12,92 \text{ BHN}$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (13,08 - 12,92)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0256}{2}} \\ &= 0,113 \end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,113}{\sqrt{3}} = 0,065$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$12,92 - (2,92 \cdot 0,065) < X < 12,92 + (2,92 \cdot 0,065)$$

$$12,73 < X < 13,109$$

2. Analisis statistik untuk temperatur sebesar 100 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{39,14}{3} = 13,046 \text{ BHN}$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (13,08 - 13,46)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,144}{2}} = 0,268 \end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,268}{\sqrt{3}} = 0,155$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma} < x < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma}$$

$$13,046 - (2,92 \cdot 0,155) < X < 13,046 + (2,92 \cdot 0,155)$$

$$12,593 < X < 13,498$$

3. Analisis statistik untuk temperatur sebesar 125 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{42,99}{3} = 14,33 \text{ BHN}$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (14,19 - 14,33)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0196}{2}} \\ &= 0,099 \end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,099}{\sqrt{3}} = 0,057$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma} < x < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma}$$

$$14,33 - (2,92 \cdot 0,099) < X < 14,33 + (2,92 \cdot 0,099)$$

$$14,04 < X < 14,62$$

4. Analisis statistik untuk temperatur sebesar 150 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{45,62}{3} = 15,21 \text{ BHN}$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma(14,87-15,21)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,115}{2}} \\ &= 0,24\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,24}{\sqrt{3}} = 0,138$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma} < x < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \bar{\sigma}$$

$$15,21 - (2,92 \cdot 0,138) < X < 15,21 + (2,92 \cdot 0,138)$$

$$14,80 < X < 15,61$$

5. Analisis statistik untuk temperatur sebesar 175 °C.

- Kekerasan rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{47,1}{3} = 15,7 \text{ BHN}$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma(15,90-15,7)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,5323}{2}} \\ &= 0,14\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,14}{\sqrt{3}} = 0,08$$

- Interval penduga rata-rata kekerasan permukaan :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma} < x < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right]\bar{\sigma}$$

$$15,7 - (2,92 \cdot 0,08) < X < 15,7 + (2,92 \cdot 0,08)$$

$$15,46 < X < 15,93$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Data Perhitungan Reduksi Ketinggian

Table reduksi ketinggian

Temperatur (°C)	No Spesimen	Tinggi Awal (cm)	Tinggi Akhir (cm)	Diameter Awal (cm)	Diameter Akhir (cm)
75	1	1,18	0,45	2,45	5
	2	1,18	0,45	2,45	5
	3	1,18	0,44	2,45	5
100	1	1,18	0,40	2,45	5
	2	1,18	0,37	2,45	5
	3	1,18	0,38	2,45	5
125	1	1,18	0,35	2,45	5
	2	1,18	0,36	2,45	5
	3	1,18	0,35	2,45	5
150	1	1,18	0,33	2,45	5
	2	1,18	0,32	2,45	5
	3	1,18	0,33	2,45	5
175	1	1,18	0,28	2,45	5
	2	1,18	0,29	2,45	5
	3	1,18	0,29	2,45	5

$$\text{Reduksi tinggi} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot (100\%)$$

Temperatur 75⁰ C :

$$\text{Spesimen : 1} = \frac{1,18 - 0,45}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 61,86 \%$$

$$\text{Spesimen : 2} = \frac{1,18 - 0,45}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 61,86 \%$$

$$\text{Spesimen : 3} = \frac{1,18 - 0,44}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 62,71 \%$$

Temperatur 100° C :

$$\text{Spesimen : 1} = \frac{1,18 - 0,40}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 66,1 \%$$

$$\text{Spesimen : 2} = \frac{1,18 - 0,37}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 68,64 \%$$

$$\text{Spesimen : 3} = \frac{1,18 - 0,38}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 67,79 \%$$

Temperatur 125° C :

$$\text{Spesimen : 1} = \frac{1,18 - 0,35}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 70,33 \%$$

$$\text{Spesimen : 2} = \frac{1,18 - 0,36}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 69,49 \%$$

$$\text{Spesimen : 3} = \frac{1,18 - 0,35}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 70,33 \%$$

Temperatur 150° C :

$$\text{Spesimen : 1} = \frac{1,18 - 0,33}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 72,03 \%$$

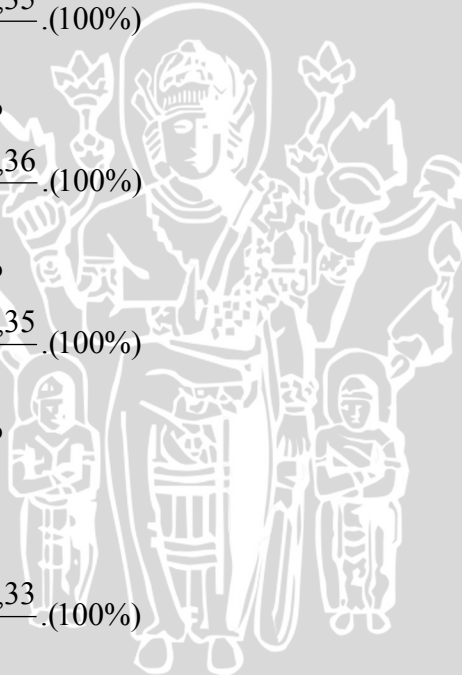
$$\text{Spesimen : 2} = \frac{1,18 - 0,32}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 72,88 \%$$

$$\text{Spesimen : 3} = \frac{1,18 - 0,33}{1,18} \cdot (100\%)$$

$$= 72,03 \%$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

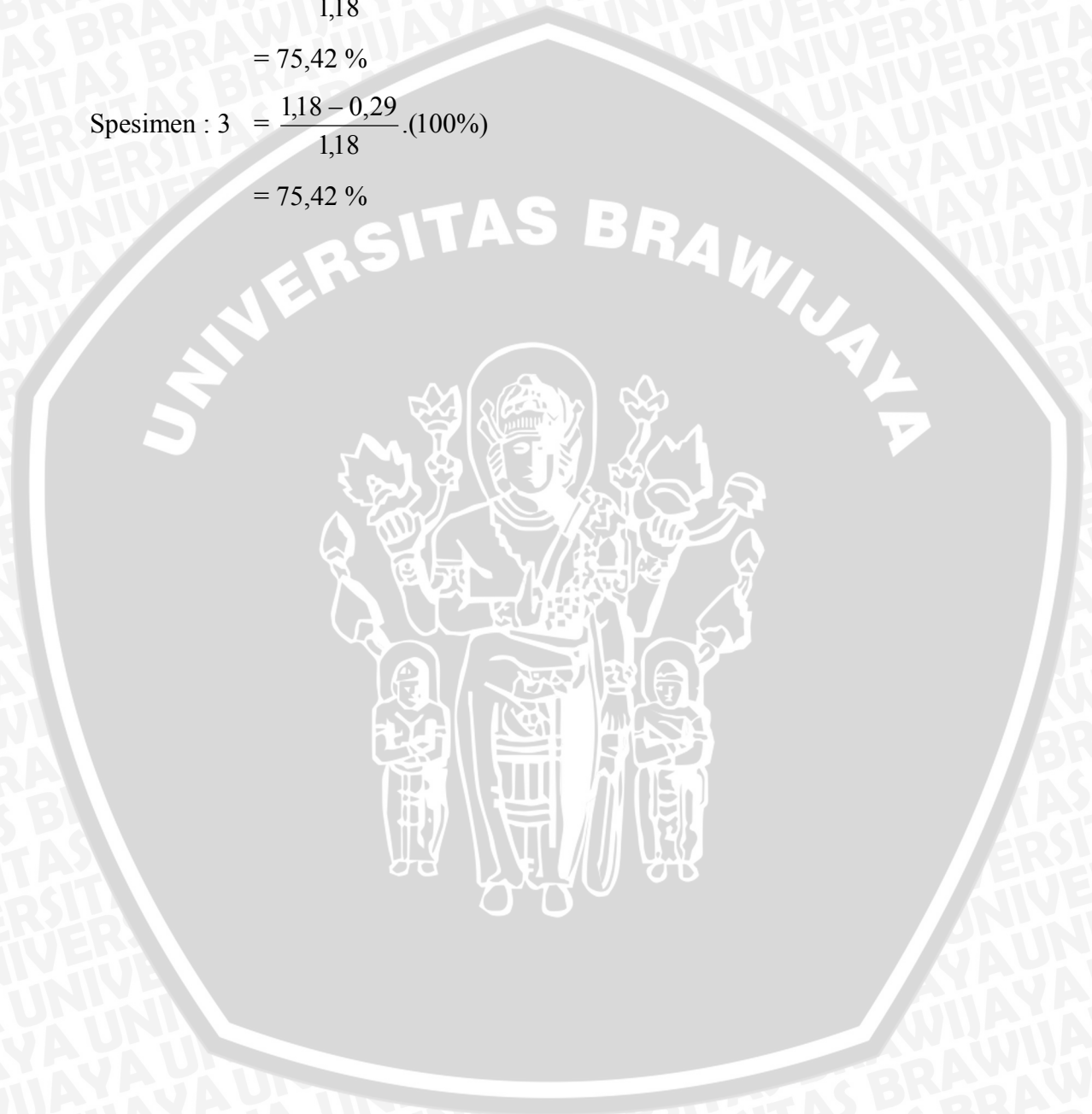


Temperatur 175⁰ C :

$$\begin{aligned}\text{Spesimen : 1} &= \frac{1,18 - 0,28}{1,18} \cdot (100\%) \\ &= 76,27 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spesimen : 2} &= \frac{1,18 - 0,29}{1,18} \cdot (100\%) \\ &= 75,42 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spesimen : 3} &= \frac{1,18 - 0,29}{1,18} \cdot (100\%) \\ &= 75,42 \%\end{aligned}$$



Analisa Statistik Reduksi Ketinggian Logam

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 75 °C.

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{h} = \frac{\sum h}{n} = \frac{186,43}{3} = 62,143$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (h - \bar{h})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (62,71 - 62,143)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,3214}{2}} \\ &= 0,4009\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} &= \frac{0,4009}{\sqrt{3}} \\ &= 0,2314\end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = t(0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < h < \bar{h} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$62,143 - (2,92 \cdot 0,2314) < h < 62,143 + (2,92 \cdot 0,2314)$$

$$62,143 - 0,674 < h < 62,143 + 0,674$$

$$61,469 < h < 62,817$$

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 100 °C.

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{h} = \frac{\sum h}{n} = \frac{202,53}{3} = 67,51$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (h - \bar{h})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (66,1 - 67,51)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{1,9881}{2}} \\ &= 0,997\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} &= \frac{0,997}{\sqrt{3}} \\ &= 0,5756\end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < h < \bar{h} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$67,51 - (2,92 \cdot 0,5756) < h < 67,51 + (2,92 \cdot 0,5756)$$

$$67,51 - 0,1680 < h < 67,51 + 0,1680$$

$$67,342 < h < 67,678$$

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 125 °C.

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{h} = \frac{\sum h}{n} = \frac{210,15}{3} = 70,05$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum (h - \bar{h})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (69,49 - 70,05)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,3136}{2}} \\ &= 0,395\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\frac{\bar{\sigma}}{\sigma} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,395}{\sqrt{3}} = 0,228\end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \bar{\sigma} < h < \bar{h} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \bar{\sigma}$$

$$70,05 - (2,92 \cdot 0,228) < h < 70,05 + (2,92 \cdot 0,228)$$

$$70,05 - 0,6758 < h < 70,05 + 0,6758$$

$$69,37 < h < 70,726$$

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 150 °C.

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{h} = \frac{\Sigma h}{n} = \frac{216,94}{3} = 72,31$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma (h - \bar{h})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma (72,03 - 72,31)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0784}{2}} \\ &= 0,1979\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} &= \frac{0,1979}{\sqrt{3}} \\ &= 0,114\end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < h < \bar{h} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$72,31 - (2,92 \cdot 0,114) < h < 72,31 + (2,92 \cdot 0,114)$$

$$72,31 - 0,334 < h < 72,31 + 0,334$$

$$71,976 < h < 72,644$$

Analisis statistik untuk temperatur sebesar 175 °C.

- Reduksi rata-rata :

$$\bar{h} = \frac{\Sigma h}{n} = \frac{227,11}{3} = 75,70$$

- Standar deviasi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma (h - \bar{h})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma (75,42 - 75,70)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0784}{2}} \\ &= 0,1979\end{aligned}$$

- Standar deviasi rata-rata:

$$\begin{aligned}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} &= \frac{0,1979}{\sqrt{3}} \\ &= 0,114\end{aligned}$$

- Interval penduga rata-rata reduksi ketinggian logam pada temperatur 75 °C:

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha, db) = (0,05; 2) = 2,920$

$$\bar{h} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < h < \bar{h} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$75,70 - (2,92 \cdot 0,114) < h < 75,70 + (2,92 \cdot 0,114)$$

$$75,70 - 0,334 < h < 75,70 + 0,334$$

$$75,366 < h < 76,034$$

Data Perhitungan Gaya Tekan

Gaya tekan yang terjadi.

Diketahui : $P_d = 300 \text{ bar}$ $1 \text{ bar} = 1.01972 \text{ kgf/cm}^2$

$D_{\text{Piston}} = 5,8 \text{ cm}$

$D_{\text{Spesimen}} = 5 \text{ cm}$

- Tekanan pada Dongkrak (P_d)

$P_d = 300 \text{ bar}$

$$= 305,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Luas Penampang Piston (A_p)

$$A_p = \frac{\pi}{4} (D_{\text{Piston}})^2$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} (5,8)^2$$

$$= 26,431 \text{ cm}^2$$

- Gaya Tekan pada Dongkrak (F_d)

$F_d = P_d A_d$

$$= 305,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 26,431 \text{ cm}^2$$

$$= 8085,24 \text{ kg}$$

- Luas Penampang Specimen (A_s)

$$A_s = \frac{\pi}{4} (D_{\text{Spesimen}})^2$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} (5)^2$$

$$= 19,635 \text{ cm}^2$$

- Tekanan Pada Spesimen (P_s)

$$P_s = \frac{F_d}{A_s}$$

$$= \frac{8085,24 \text{ kg}}{19,635 \text{ cm}^2} = 411,78 \frac{\text{kg} \cdot \text{f}}{\text{cm}^2}$$

