

Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam pada Perlakuan Panas terhadap Kekerasan Baja ST 60

Hamzah Nur

Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
Jl. Daeng Tata Raya Makassar Kampus UNM Parang Tambung

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam Pada Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja ST 60. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini menggambarkan secara mendalam tentang pengaruh penggunaan media pendingin air garam, air tawar dan air asam pada perlakuan terhadap kekerasan baja ST 60. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum diuji statistik didapatkan nilai kekerasan sampel baja st 60 yang didinginkan dengan air setelah dirata-ratakan sebesar 403,644, oli sebesar 226,057 dan udara sebesar 159,320 dari kekerasan awal sebesar 1,193. Nilai hasil penelitian kemudian dianalisis dengan analisis statistik dalam hal ini yakni uji-t, untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan baja St 60 yang didinginkan dengan air, oli dan udara. Hasil dari uji-t sampel yang didinginkan dengan air dan oli ($X_1 - X_2$) didapatkan nilai perbedaan sebesar 2,790, nilai perbedaan air dengan udara ($X_1 - X_2$) sebesar 3,412 dan nilai perbedaan oli dengan udara ($X_2 - X_3$) sebesar 4,696.

Kata Kunci : Media pendingin, Perlakuan panas, Kekerasan

A. LATAR BELAKANG

Pada saat sekarang ini terdapat berbagai bahan teknik yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri, salah satu diantaranya adalah dari jenis logam. Logam sebagai salah satu bahan teknik yang sangat penting saat ini, beragam jenisnya dan semakin mutakhir penggunaannya, terutama sebagai bahan industri. Seiring dengan hal tersebut, perlu diadakan pemilihan dalam penggunaannya yang didasarkan pada sifat, lingkungan, dan cara penggunaannya.

Perlakuan panas menurut Schonmetz (1985: 38) adalah "suatu cara yang dapat mengakibatkan perubahan struktur pada bahan melalui suatu penyerapan panas". Senada dengan pernyataan di atas, Syamsul Arifin (1976: 99) menjelaskan bahwa "perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendingin pada logam (baja) untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada logam (baja). Perlakuan panas pun juga menuntut pemanasan pada

benda kerja menuju suhu pengerasan, setelah suhu pengerasan (austenit) diperoleh secara meyakinkan selanjutnya diadakan proses penyejukan atau pendinginann secara cepat yang menyebabkan larutan padat austenit tetap dipertahankan hingga mencapai suhu yang sedemikian rendahnya sehingga terbentuk *martensit*. Suhu pembentukan martensit akan semakin rendah apabila semakin tinggi kandungan zat arang, sedangkan tinggi rendahnya kekerasan martensit akan tergantung pada jenis pendingin yang digunakan, akibat dari berbedanya kekuatan masing-masing pendingin dan kekuatan pendingin itu sendiri didasarkan pada seberapa cepat pendinginn itu menurunkan suhu benda kerja yang dipanaskan. Akibat pendinginan dari daerah suhu pengerasan ini dicapailah suatu keadaan bagi struktur baja yang dapat merangsang kekerasan.

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dan dengan mengacu pada tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini, maka rumusan masalah peneliti ini adalah apakah ada Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam Pada Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja ST 60?

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam Pada Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja ST 60.

3. Manfaat Penelitian

Setelah penelitian ini dilakukan, maka diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Bagi industri pengolahan baja, sebagai bahan informasi dalam menentukan sistem pendinginan yang tepat untuk memperoleh nilai kekerasan baja yang diinginkan.
- b. Bagi para akademisi, dapat dijadikan perbandingan dalam mengkaji proses perlakuan panas pada baja.
- c. Bagi para mahasiswa dan peneliti, dapat dijadikan sebagai bahan perbandingan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan Kekerasan Baja.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Baja

Baja didefinisikan sebagai, “suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya”, Hari Amanto (2003: 22). Baja mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Sementara Vohdin (1982: 27) menyatakan bahwa “Baja adalah besi yang dapat ditempa yang kadar zat arangnya di bawah 1,7 % dibuat dari besi mentah oleh sebuah konverter atau proses dapur tinggi”. “Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1-1,7 %, sedangkan unsur lainnya

dibatasi persentasenya”, Hari Amanto (2003: 22). Sedangkan BJM. Beumer (1994:80) menyatakan bahwa “baja pada umumnya mempunyai kadar zat arang sebesar 0,6 % - 1,5 %”.

Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh persentase karbon dan struktur mikro, Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan goresan, dan tahan suhu baja. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja.

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi 3 macam.

- a. Baja karbon rendah
- b. Baja karbon sedang
- c. Baja karbon tinggi

2. Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah “suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat logam tersebut”, B.H. Amstead (1995: 5).

Tujuan perlakuan panas adalah untuk memberi sifat yang lebih sempurna pada bahan. Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butir-butirannya, juga mengubah unsur pelarutnya dalam jumlah yang kecil. Bentuk butirannya dapat diubah dengan cara dipanaskan pada suhu di atas suhu rata-rata.

Adapun jenis-jenis perlakuan panas yang menghasilkan kondisi yang seimbang dan kondisi yang tidak seimbang yaitu:

a. Memijar

Menurut Hari Amanto (2003: 73) “memijar adalah pemanasan bahan sampai kira-kira 150°C, lalu dipertahankan beberapa waktu lamanya pada suhu tersebut dan sesudah itu didinginkan dalam dapur dengan perlahan-lahan”. Sedangkan menurut B.J.M. Beumer (1980:23)

“memijar adalah memanaskan bahan sampai suhu tertentu, lalu mempertahankan suhu itu untuk beberapa waktu lamanya dan kemudian membiarkan bahan dingin dengan perlahan-lahan.

b. Menyepuh keras

Menyepuh keras adalah, pemanasan bahan sampai suhu tertentu, lalu mempertahankan suhunya beberapa waktu lamanya dan kemudian didinginkan dengan cepat. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengeraskan bahan. Dalam proses ini biasanya komponen terbuat dari baja dengan kandungan karbon sekitar 0,3%. Untuk menyepuh keras baja, harus dilakukan pemanasan sekitar 50⁰C di atas garis sepuh keras. Struktur yang terjadi waktu penyepuhan keras baja, tergantung dari kecepatan pendingin.

c. Memudakan

”Memudakan ialah pengerjaan panas, di mana memanaskan bahan sampai suhu tertentu, lalu membiarkan beberapa waktu lamanya pada suhu ini dan sesudah itu didinginkan secara perlahan”, B.J.M. Beumer (1980: 35).

Proses memudakan dibagi atas dua macam yaitu memudakan rendah (pada suhu rendah) dan memudakan tinggi (pada suhu tinggi). Memudakan rendah, bahan dipanaskan sampai kurang lebih 180⁰C. Tujuan dari pengerjaan panas ini ialah untuk mengurangi tegangan, yang terjadi pada penyepuhan keras akibat dari pendinginan yang cepat. Sedangkan memudakan tinggi, bahan dipanaskan sampai suhu yang terletak berkisar 300⁰C - 675⁰C yang bertujuan untuk memperbesar kekenyalan bahan.

d. Memurnikan

Memurnikan atau memuliakan ialah pengerjaan panas yang dikombinasikan antara sepuh keras dan pemudaan tinggi.

e. Karbonasi

Karbonasi ialah pengerjaan panas untuk baja yang kadar karbonnya kurang

dari 0,3% C. adapun bahan yang digunakan dalam proses karbonasi yaitu bahan padat, bahan cair, dan bahan gas.

f. Nitrase

B.J.M. Beumer (1980:44). “Nitrase ialah pemanasan bahan sampai 500⁰C – 550⁰C dalam lingkungan yang dapat menyerahkan nitrogen, lalu dibiarkan beberapa waktu lamanya pada suhu ini dan sesudah itu didinginkan dengan perlahan-lahan”.

g. Pengerjaan panas secara khusus

Pengerjaan panas secara khusus atau karbonitrase ialah melakukan karbonasi bersamaan dengan nitrase lunak. Adapun keuntungan pengerjaan panas khusus atau karbonitrase yaitu; (1) Waktu karbonasi lebih pendek dan suhu karbonasi lebih rendah, sehingga dapat memperoleh hablur yang tidak begitu kasar. (2) Kecepatan pendinginan kritis lebih rendah, sehingga waktu menyepuh keras, pendinginan dapat dilakukan dengan tidak begitu cepat. (3) Lapisan yang dikarbonasi lebih tahan aus.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dan dengan mengacu pada tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini, maka rumusan masalah peneliti ini adalah apakah ada Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam Pada Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja ST 60?

3. Media Pendingin

Media pendingin pada proses perlakuan panas sangat penting dalam pembentukan struktur logam. “Pendinginan adalah pemindahan panas dari suatu tempat ke tempat yang lain yang diikuti oleh adanya perubahan-perubahan pada tempat yang didinginkan (dari panas ke dingin)” Jensen (1989:24).

a. Media Pendingin Air Tawar

“Air dipermukaan bumi terdiri dari 7/10 bagian yang senantiasa berada dalam sirkulasi yang merupakan prasyarat

kehidupan di atas bumi ini terutama kehidupan manusia” Rafael Candell Villa (1995: 34). Di alam ini tidak ada air bersih sebagaimana yang ditentukan oleh para ahli kimia, yaitu terdiri dari hidrogen (zat air) dan oksigen (zat asam) saja. Air sungai, air bawah tanah dan bahkan air hujan selalu berisi elemen lain yang larut di dalamnya meskipun dalam jumlah sangat kecil tetapi mampu memainkan peranan penting. Seorang ahli hidrologi yang bernama Michael Batisse dalam Rafael Candell Villa (1995: 41) mengatakan bahwa, “setiap tetes air mengandung sedikit garam”. Ini berarti bahwa elemen lain yang paling banyak larut dalam air adalah garam.

b. Media Pendingin Air Garam

Pendinginan dengan air garam dilakukan untuk perlakuan panas untuk mendinginkan baja. Air garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang.

c. Media Pendingin Air Asam

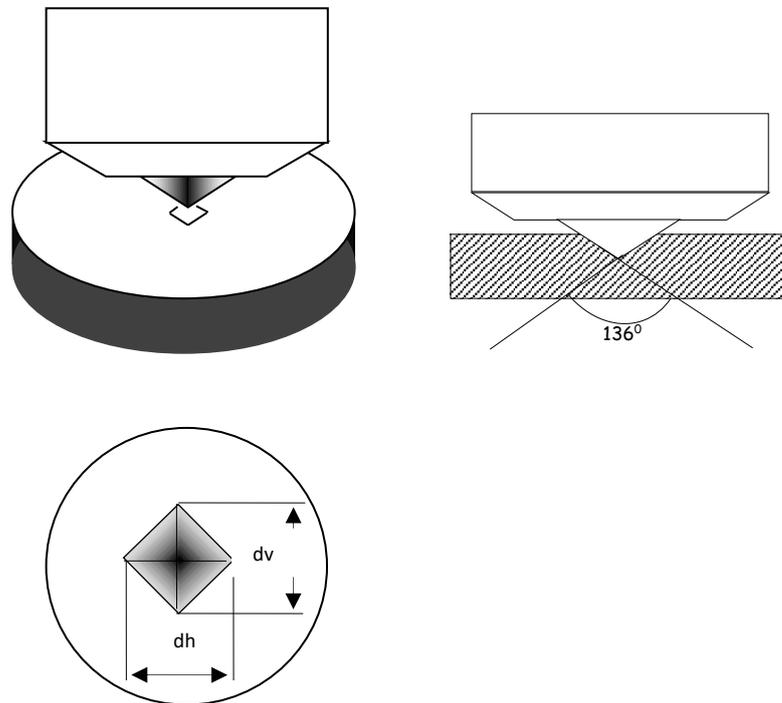
Air Asam pada kalangan masyarakat biasanya disebut dengan cuka atau asam cuka, “Asam cuka merupakan cairan yang rasanya masam dan pembuatannya melalui proses fermentasi alcohol dan fermentasi asetat yang didapat dari bahan kaya gula seperti anggur, apel, malt, gula, dan sebagainya”, Anton A

(2003). Air asam atau cuka dihasilkan oleh berbagai bakteri penghasil asam asetat. Asam asetat ini berasal dari bahasa latin yaitu acetum, yang berarti cuka. Sifat Fisika dari asam asetat adalah berbentuk cairan jernih, tidak berwarna, barbau menyengat, pH asam, memiliki rasa asam yang sangat menyengat sekali.

4. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi.

Untuk mengetahui nilai kekerasan baja yang telah melalui proses pemanasan dan dilanjutkan dengan proses pendinginan maka perlu dilakukan pengujian kekerasan. Djaindar S (1979:91) “membagi metode penentuan kekerasan kedalam tiga macam yaitu (1) metode goresan (metode Mohr), (2) metode penekanan, dan (3) metode dinamik (pantulan)”. Metode goresan merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kekerasan berdasarkan kemampuan goresan yang satu dengan yang lain yang dijadikan referensi. Metode penekanan ini dilakukan dengan cara melakukan penekanan terhadap spesimen, sedangkan metode dinamik dengan cara memantulkan sesuatu terhadap spesimen. Sebagai gambaran bahwa sebelum sampel benda kerja diuji maka terlebih dahulu benda uji di polishing, dan secara skematik gambaran mengenai bentuk pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers disajikan Gambar 1.



Gambar 1. Uji kekerasan Vickers

Angka kekerasan Vickers menurut George E. Dieter (1993:334) ditentukan

Dengan persamaan berikut: $VHN =$

$$\frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1,854 \cdot P}{L^2} \quad (1)$$

Keterangan:

P = beban yang diterapkan, kg

L = panjang diagonal rata-rata $\left(\frac{dv+dh}{2}\right)$, mm

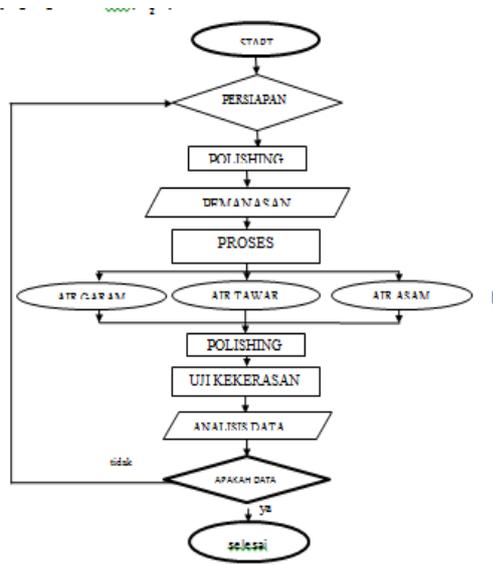
θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136° .

C. KERANGKA PIKIR

Baja merupakan campuran dari besi dan karbon yang dapat ditempa, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya dengan kadar zat arang di bawah 1,7%, di samping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon

(Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Baja ST 60 merupakan baja karbon sedang dengan kandungan unsur karbon 0,3 % - 0,6 % dan dapat dikeraskan dengan proses perlakuan panas yakni proses memanaskan sampai 800°C dan kemudian didinginkan dengan media air garam, air tawar, dan air asam. Dari media pendingin tersebut menghasilkan kekerasan yang berbeda, untuk mengetahui kekerasan tersebut dilakukan pengujian. Pengujian yang dipakai yakni, pengujian tekan berupa uji vickers. Kerangka berpikir ini

selanjutnya diuraikan secara singkat pada skema berikut ini:



C. METODE PENELITIAN

1. Bahan dan Alat

a. Bahan

Baja ST 60 berbentuk bulat, berdiameter 52 mm dengan ketebalan 7 mm, sebanyak 15 potong dan Media pendingin berupa air garam, air tawar, dan air asam.

b. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Dapur pemanas (tungku) beserta kelengkapannya, Satu unit alat pengujian kekerasan Vickers beserta kelengkapannya, Profil proyektor, Mesin polis, Mistar baja, Mistar insut, Penggores, Mesin gergaji dan Wadah untuk media pendinginan

2. Langkah kerja

Adapun langkah kerja dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menyediakan alat dan bahan serta perlengkapan lainnya yang akan digunakan.
- Memotong bahan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Sebelum bahan dipanaskan, bahan di uji untuk mengetahui nilai kekerasan awalnya.

d. Proses perlakuan panas, di mana benda kerja dipanaskan di dalam tungku atau dapur pemanas.

e. Mengatur temperatur pemanasan, yakni 800°C.

f. Mendinginkan sampel telah dipanaskan dengan menggunakan air garam, air tawar, dan air asam.

g. Benda kerja dipolis atau dihaluskan permukaannya sebelum dilakukan pengujian.

h. Mengatur temperatur pemanasan, yakni 800°C

i. Mendinginkan sampel telah dipanaskan dengan menggunakan air garam, air tawar, dan air asam.

j. Mengukur bekas penekanan dengan menggunakan alat profil proyektor.

k. Menghitung nilai kekerasan sampel.

3. Variabel dan desain penelitian

a. Variabel penelitian

Variabel penelitian adalah nilai kekerasan baja ST 60, Variabel pertama adalah nilai kekerasan baja ST 60 setelah proses perlakuan panas yang didinginkan dengan menggunakan air garam yang diberi simbol (X_A), nilai kekerasan baja ST 60 setelah proses perlakuan panas yang didinginkan dengan menggunakan air tawar yang diberi simbol (X_O), nilai kekerasan baja ST 60 setelah proses perlakuan panas didinginkan dengan menggunakan air asam yang diberi simbol (X_U).

b. Desain penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen yang dilakukan dengan cara memberi pendinginan yang berbeda pada setiap sampel untuk memperoleh gambaran mengenai perbedaan kekerasan sampel yang didinginkan dengan menggunakan air garam, air tawar, dan air asam setelah mengalami proses perlakuan panas.

4. Defenisi operasional variabel

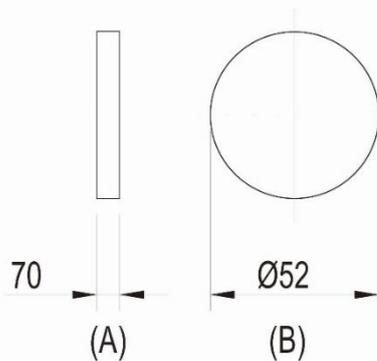
Defenisi operasional variabel dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memberi batasan masalah terhadap variabel yang diteliti.

1. Nilai kekerasan baja ST 60 yang didinginkan dengan menggunakan air garam. (X_A) adalah nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas.
2. Nilai kekerasan baja ST 60 yang didinginkan dengan menggunakan air tawar. (X_o). adalah nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas.

Nilai kekerasan baja ST 60 yang didinginkan dengan menggunakan air asam (X_u). adalah nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas.

5. Sampel

Sampel penelitian adalah baja ST 60 berbentuk bulat berdiameter 52 mm dengan ketebalan 7 mm.



Gambar 3. Bahan uji atau Sampel (A) Tampak samping, (B) Tampak Depan.

Penetapan sampel adalah dengan cara *purposive sampling* atau teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu.

a. Teknik pengumpulan data

Untuk memperoleh data atau informasi yang diperlukan dalam penelitian ini, maka digunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara pengamatan. Pengamatan terhadap tempat, alat, bahan, dan proses perlakuan panas sampai pada pengujian kekerasan sampel.

2. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data hasil penelitian, yaitu

berupa tulisan maupun dalam bentuk gambar selama dalam proses penelitian

b. Teknik analisis data

1. Uji normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Menurut Sugiono (1999:135) “sebelum dilakukan pengujian data hasil penelitian, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya normalitas dan homogenitas varians”.

Untuk keperluan uji normalitas ini Sudjana (1996:273) memberikan persamaan sebagai berikut :

$$X^2 = \sum \frac{(fh - fo)^2}{fh} \quad (2)$$

Keterangan:

X^2 = chi-kuadrat

fh = hasil pengamatan

fo = frekuensi teoritis

Kriteria pengujianya adalah jika X_{hitung} lebih kecil atau sama dengan X_{tabel} pada taraf signifikansi dengan derajat kebebasan (dk) = $k-1$ maka data berdistribusi normal, dan jika X_{hitung} lebih besar atau sama dengan X_{tabel} maka data tidak berdistribusi normal.

2. Uji homogenitas

Uji homogenitas diperlukan sebelum membandingkan dua kelompok atau lebih, agar perbedaan data dasar. Pengujian homogenitas varians dapat dilakukan dengan cara membandingkan varians $\alpha = 0.05$ terbesar terhadap varians terkecil.

$$F = \frac{\text{variens terbesar}}{\text{variens terkecil}} \dots \dots \dots (3)$$

(Agus Irianto, 2004: 276)

$F_h \leq F_t$: H_a diterima, varians homogen.

$F_h \geq F_t$: H_o ditolak, varians tidak homogen

Jika F_{hitung} lebih kecil atau sama dengan F_{tabel} , maka varians homogen dan

Jika F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka varians tidak homogen.

3. Uji hipotesis

Sebelum dilakukan analisis dengan uji hipotesis (t-tes) terlebih dahulu

dilakukan uji F untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan dengan menggunakan uji ANOVA satu jalur.

1. $JK_{tot} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N}$
2. $JK_{ant} = \frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum X_m)^2}{n_m} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N}$
3. $JK_{dal} = JK_{tot} - JK_{ant} = \dots$
4. $MK_{ant} = \frac{JK_{ant}}{m-1} = \dots$
5. $MK_{dal} = \frac{JK_{dal}}{N-m} = \dots$
6. $F_{hit} = \frac{MK_{ant}}{MK_{dal}} = \dots$

N = jumlah seluruh anggota sampel

M = jumlah kelompok sampel

Bila variabel terdapat perbedaan maka dapat dilanjutkan dengan uji hipotesis.

$F_{hitung} = F_{tabel}$ = tidak terdapat perbedaan, dan jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ = terdapat perbedaan.

Uji hipotesis untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan baja ST 60 yang didinginkan dengan air garam (X_A), air tawar (X_O), dan air asam (X_U) yaitu; X_A dengan X_O , X_O dengan X_U , dan X_A dengan X_U .

Bentuk hipotesis statistik yang digunakan adalah sebagai berikut:

$t_{hitung} = t_{tabel}$: Terdapat perbedaan, H_a diterima dan H_o ditolak.

$t_{hitung} < t_{tabel}$: Tidak terdapat perbedaan, H_o diterima dan H_a ditolak.

Menurut Sugiyono (2010:138) terdapat dua rumus yang dapat digunakan untuk uji hipotesis komparatif sampel independen yaitu:

Separated Variation

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (4)$$

(Agus Irianto, 2004: 276)

$F_h \leq F_t$: H_a diterima, varians homogen.

$F_h \geq F_t$: H_o ditolak, varians tidak homogen

Jika F_{hitung} lebih kecil atau sama dengan F_{tabel} , maka varians homogen dan

Jika F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka varians tidak homogen

Polled Varians

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - n_2)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 3} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (5)$$

di mana: t = t-tes (t hitung)
 X = rata-rata sampel
 S = varians sampel
 n = jumlah anggota sampel

Bila jumlah anggota sampel $n_1 = n_2$ dan varians homogen ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$), maka dapat digunakan rumus t-tes *Sparated Varians* maupun *polled Varians*, dan apabila $n_1 \neq n_2$, varians tidak homogen ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$), dapat digunakan rumus *Sparated Varians* maupun *polled Varians* dengan $dk = n_1 - 1$ atau $dk = n_2 - 1$.

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Bentuk penelitian adalah bersifat experimental yaitu baja ST 60 sebagai sampel penelitian terlebih dahulu diberikan perlakuan dengan cara dipanasi di dalam tungku pemanas listrik TNW Walwuk Holland, dan setelah dipanaskan, kemudian didinginkan secara cepat dan secara lambat. Sampel kemudian diuji kekerasannya menggunakan pengujian kekerasan Vickers. kemudian proses perlakuan panas sampai pengujian kekerasan diadakan di UPTD Balai Pendidikan dan Pelatihan Kejuruan Teknologi (BPPKT) Propinsi Sulawesi Selatan. Waktu pelaksanaan mulai dari penyediaan bahan sampai dengan pengujian kekerasan ialah 2 minggu.

Penentuan nilai kekerasan didapat setelah setiap sampel diuji kekerasannya. Namun sebelum diuji, terlebih dahulu sampel dipersiapkan, caranya adalah sampel dipotong menggunakan mesin gergaji sebanyak enam belas buah dengan ukuran panjang masing-masing 7 mm. Setelah sampel dipotong, sampel dipolish menggunakan mesin polish. 16 buah sampel yang telah dipotong dan dipolish tersebut, kemudian dipisahkan menjadi empat bagian, masing-masing terdiri dari

lima buah dan sisanya satu buah digunakan untuk diuji langsung untuk mengetahui kekerasan awalnya. Pemisahan tersebut dimaksudkan untuk menyesuaikan dengan sistem pendinginan yang akan digunakan setelah melalui proses pemanasan, yaitu air garam, air tawar, dan air asam. Setelah itu, sebelum sampel dipanaskan menggunakan tungku pemanas listrik diadakan media pendingin yaitu air garam. Air garam ini diperoleh dari pelarutan garam kedalam air. Setelah media pendingin sudah ada maka dilanjutkan dengan proses pemanasan sampel menggunakan dapur listrik. Sebanyak 15 buah sampel dipanaskan secara bersamaan dan dibagi dalam tiga kelompok terdiri dari lima buah. Proses pemanasan sampel, dibagi menjadi dua waktu pemanasan yaitu pemanasan awal dan pemanasan akhir.

Pemanasan awal membutuhkan waktu 15 menit yang dihitung sejak sampel dimasukkan kedalam tungku pemanas dengan suhu pemanasan mencapai 150°C . Waktu 15 menit dengan suhu pemanasan 150°C digunakan untuk mencapai suhu pemanasan awal yang diperlukan. Pada saat suhu pemanasan awal telah dicapai, kemudian dilanjutkan dengan pemanasan akhir. Lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu pemanasan akhir adalah 85 menit, dihitung mulai dari saat suhu awal menunjukkan 150°C sampai suhu pemanasan yang dipilih yaitu 800°C . Setelah pemanasan akhir mencapai suhu 800°C , secara perlahan tungku pemanas dibuka, kemudian sampel dikeluarkan dan langsung dicelupkan kedalam media

pendingin air garam, air tawar, dan air asam.

Sampel yang telah didinginkan, kemudian digosok menggunakan kertas gosok agar permukaannya menjadi bersih dari kotoran terak. Apabila semua sampel penelitian telah bersih, maka diadakan pengujian kekerasan terhadap semua sampel penelitian.

Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *Vickers ESE Way Hardness Tester* dengan cara sampel diberi tekanan konstan sebesar 150 kgf. Dari penekanan tersebut, diperoleh diagonal lubang penekanan yang diukur dengan menggunakan *Profil Proyektor* pada arah diagonal lubang penekanan yaitu d_v dan d_h , pengukuran dilakukan pada semua sampel yang sudah ditekan. Berdasarkan dari hasil penekanan, nampak adanya nilai ukuran diagonal lubang penekanan yang agak berbeda pada semua sampel. Dalam tabel 4 disajikan, dari sampel kelompok pertama ukuran diagonal yang paling besar adalah sebesar 0.878 mm dan 0.846 mm dan diagonal terkecil 0.691 mm dan 0.706 mm. Sementara itu, pada kelompok sampel kedua ukuran diagonal penekanan terbesar 0.757 mm dan 0.787 mm, dan ukuran diagonal terkecil 0.633 mm dan 0.610 mm, dan pada kelompok sampel ketiga ukuran diagonal penekanan terbesar 0.942 mm dan 0.911 mm, dan ukuran diagonal terkecil 0.707 mm dan 0.793 mm. Dari semua hasil diagonal penekanan sampel pertama, kedua, dan ketiga tidak ada yang mendekati diagonal sampel yang tidak mendapat perlakuan.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan Baja ST 60 yang didinginkan dengan air garam, air tawar, air asam dalam proses perlakuan panas.

Sistem pendingin	Nomor Sampel	Ukuran Diameter Penekanan (mm)		Rata-rata d (mm)	Nilai Kekerasan (Kgf/mm)
		dh	dv		
Air Garam	1	0.831	0.818	0.824	409.422
	2	0.814	0.829	0.821	412.419
	3	0.691	0.706	0.699	569.991
	4	0.878	0.846	0.862	374.271
	5	0.754	0.735	0.745	501.507
Air tawar	1	0.757	0.787	0.772	466.623
	2	0.670	0.697	0.683	595.865
	3	0.734	0.714	0.724	530.059
	4	0.633	0.610	0.622	719.205
	5	0.705	0.696	0.701	566.741
Air Asam	1	0.759	0.851	0.805	429.328
	2	0.777	0.852	0.815	418.855
	3	0.707	0.793	0.750	494.620
	4	0.910	0.887	0.898	344.608
	5	0.942	0.911	0.927	323.857

Sumber : Berdasarkan data primer dan sekunder

Dari hasil perhitungan diperoleh suatu gambaran, bahwa semakin kecil diameter penekanannya nilai kekerasannya semakin tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel hasil tabulasi nilai kekerasan baja ST 60 setelah uji Kekerasan Vickers.

2. Pembahasan

Nilai kekerasan Baja St 60 setelah proses perlakuan panas dan didinginkan dengan media pendingin yang berbeda mendapatkan nilai kekerasan yang berbeda pula. Dapat dilihat pada hasil penekanan uji Vickers dari 15 sampel dengan 3 media pendingin yang berbeda yaitu air, oli dan udara.

Setiap sampel dilakukan tiga kali penekanan hal ini dilakukan agar dapat mewakili nilai kekerasan setiap sampel, ketiga titik hasil penekanan tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mengetahui nilai kekerasannya tiap sampel dari setiap media yang digunakan. Secara kasat mata

luas permukaan hasil penekanan sampel yang didinginkan dengan air dan udara sangat berbeda, luas penekanan sampel yang didinginkan dengan air lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang didinginkan dengan udara sedangkan sampel yang didinginkan dengan oli tidak jauh berbeda dengan sampel yang didinginkan dengan udara.

Besar kecilnya bekas penekanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel penelitian (baja St 60). Semakin kecil hasil bekas penekanan maka akan semakin keras nilai kekerasannya. Atau sebaliknya. Kekerasan sampel tiap media pendingin tidaklah sama hal ini dikarenakan kehilangan panas pada saat pengumpulan sampel untuk didinginkan karena jarak dapur dengan media pendingin agak sedikit jauh dari dapur pemanas.

Berdasarkan hasil penelitian, sebelum diuji statistik didapatkan nilai

kekerasan sampel baja st 60 yang didinginkan dengan air setelah dirata-ratakan sebesar 403,644, oli sebesar 226,057 dan udara sebesar 159,320 dari kekerasan awal sebesar 1,193. Nilai hasil penelitian kemudian dianalisis dengan analisis statistik dalam hal ini yakni uji-t, untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan baja St 60 yang didinginkan dengan air, oli dan udara. Hasil dari uji-t sampel yang didinginkan dengan air dan oli ($X_1 - X_2$) didapatkan nilai perbedaan sebesar 2,790, nilai perbedaan air dengan udara ($X_1 - X_2$) sebesar 3,412 dan nilai perbedaan oli dengan udara ($X_2 - X_3$) sebesar 4,696.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan baja St 60 yang didinginkan dengan air, oli dan udara setelah proses perlakuan panas. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai kekerasan baja yang didinginkan dengan media pendingin yang berbeda setelah proses perlakuan panas maka, akan mendapatkan nilai kekerasan yang berbeda pula.

b. Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan informasi, bahan pembanding bagi teman-teman mahasiswa dalam menyusun skripsi yang mempunyai kemiripan dengan penelitian.
2. Untuk penelitian yang berkaitan dengan objek ini diharapkan untuk meneliti nilai kekerasan baja dengan media pendingin oli yang berbeda begitu pula dengan media pendingin air.
3. Untuk penelitian yang berkaitan dengan objek ini diharapkan untuk menyediakan suatu alat yang digunakan untuk mengeluarkan sampel dari dapur pemanas secara bersamaan dan didinginkan secara bersamaan sehingga

tidak ada perbedaan waktu pada saat didinginkan.

4. Sebelum melakukan penelitian (proses perlakuan panas) terlebih dahulu memperhatikan kriteria sampel yang akan di uji coba, agar tidak terjadi kesalahan suhu pemanasan saat sampel di panaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto Hari & Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. Jakarta. Bumi Aksara.
- Amstead. B.H. dkk. 1995. *Teknologi Mekanik*. Jakarta. Erlangga.
- Beumer. B.J.M. 1980. *Pengetahuan Bahan*. Jakarta. Bharata Karya Aksara
- Beumer. B.J.M. 1994. *Ilmu Bahan Logam Jilid 1*. Jakarta. Bharatara.
- Dieter. E, George. 1993. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta. Erlangga.
- Irianto Agus. 2004. *Statistik konsep Dasar Dan Aplikasinya*. Jakarta. kencana
- Jenesen. 1989. *Kekuatan Bahan Terapan*. Jakarta. Erlangga.
- Soedjono & Mashudi. 1978. *Pengetahuan Logam 1*. Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sugiono. 1999. *Statiska Untuk Penelitian*. Bandung. Alfabeta.
- Sugiono. 2010. *Statiska Untuk Penelitian*. Bandung. Alfabeta. Vohdin, K.W. 1981. *Ilmu Logam*. Jakarta. Pradnya Paramita.