

PERANCANGAN ALAT UJI KEMAMPUKERASAN *JOMINY TEST* UNTUK LABORATORIUM TEKNIK MESIN UNIVERSITAS ISLAM “45” BEKASI

Taufiqur Rokhman¹⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin – Universitas Islam “45”, Bekasi
rokhman_taufiq@yahoo.com – www.taufiqurrokhman.com

Abstraksi

Kemampukerasan (*Hardenability*) adalah kemampuan suatu material untuk dapat di keraskan sampai kedalaman tertentu dengan cara perlakuan panas (*Hardening*) dengan properti mekanik, hingga terbentuk martensit pada proses pendinginan untuk mencapai kekerasan tertentu. Salah satu metode pengujian *hardenability* yaitu *jominy test* (*uji jominy*) (Van Vlack, 1991) Uji *jominy* merupakan sebuah metode untuk mengetahui kemampuan pengerasan logam (baja). Caranya yaitu benda uji dipanaskan pada suhu yang ditentukan, kemudian didinginkan dengan menyemprotkan air pada salah satu ujungnya (bagian bawah). Setelah pengujian dengan alat uji *jominy*, diukur kekerasannya dengan menggunakan alat uji kekerasan (Parker,1967).Meningat penting proses *hardenability* dalam industri mesin dan logam, penulis bermaksud mengembangkan penelitian ini dengan rancang bangun untuk menghasikan mesin uji *Jominy* berdasarkan standard ASTM A255. Berdasarkan hasil percobaan dan pengamatan terhadap perancangan kelayakan alat alat uji *jominy* dengan sample matrial uji S45C, setelah di panaskan (*Hardening*) dengan suhu 870^oC di tahan selama 30 menit kemudian dilakukan pengujian *Quenching* pada ujung specimen matrial S45C pada pengujian pertama, kedua, dan ketiga nilai kekerasan pada ujung matrial uji tersebut memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu pada daerah terdekat dengan semburan air dari nozel. Dengan demikian perancangan alat uji kemampukerasan *Jominy Test* standar ASTM dengan metode A255 telah berhasil dan layak di gunakan.

Kata Kunci : *Hardenability, jominy test, uji kekerasan, Hardening, Quenching*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sifat kekerasan (*hardness*) suatu logam merupakan salah satu persyaratan utama di dalam pemilihan suatu elemen mesin. Kekerasan suatu logam, baja khususnya, dapat dimodifikasi tanpa menambahkan unsur paduan dan dilakukan dengan perlakuan panas. Kemampukerasan (*Hardenability*) adalah kemampuan suatu material untuk dapat di keraskan sampai kedalaman tertentu dengan cara perlakuan panas (*Hardening*) dengan properti mekanik, hingga terbentuk martensit pada proses pendinginan untuk mencapai kekerasan tertentu. *Hardenability* merupakan perlakuan panas untuk mendapatkan kekerasan pada matrial baja.

Tidak semua material mampu dikeraskan dengan cara tersebut, untuk mengetahuinya perlu dilakukan uji *hardenability* (pengujian untuk mengetahui kemampukerasan suatu logam). Salah satu metode pengujian *hardenability* yaitu *jominy test* (*uji jominy*) (Van Vlack, 1991) Uji *jominy* merupakan sebuah metode untuk mengetahui kemampuan pengerasan logam (baja). Caranya yaitu benda uji dipanaskan pada suhu yang ditentukan, kemudian didinginkan dengan menyemprotkan air pada salah satu ujungnya (bagian bawah). Setelah pengujian dengan alat uji *jominy*, diukur kekerasannya dengan menggunakan alat uji kekerasan (Parker,1967).

Meningat penting proses *hardenability* dalam industri mesin dan logam, penulis bermaksud mengembangkan penelitian ini dengan rancang bangun untuk menghasikan mesin uji *Jominy* berdasarkan standard ASTM A255. Hasil rancang bangun ini akan uji cobakan pada material S45C.

1.2. Batasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi pada :

1. Rancang bangun mesin uji *Jominy* Standard ASTM A255 Standard ASTM A255 .
2. *Hardenability* pada Spicement Baja S45C

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pada penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan rancang bangun *Jominy Test* berdasarkan Standard ASTMA255
2. Menghasilkan *hardenability* pada Spicement Baja S45C.

2. Tinjauan Pustaka

Taufiqur Rokhman, “Perancangan Alat Uji Kemampukerasan *Jominy Test* ”
Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol. 3, No.1 Februari 2015 Universitas Islam 45 Bekasi <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>

2.1. Konsep Teori Perancangan

Definisi perancangan adalah merumuskan konsep dan ide yang baru atau merubah konsep dan ide yang sudah ada tersebut dengan cara yang baru dalam usaha memenuhi kebutuhan manusia. Dalam merancang terdapat beberapa aspek yang disebut *The Four C's of Design* yaitu:

Creativity,

Melakukan kreasi dari sesuatu hal yang belum ada sebelumnya atau belum ada di dalam pikiran perancang sebelumnya

Complexity,

Memerlukan pengambilan keputusan terhadap banyaknya variabel dan parameter

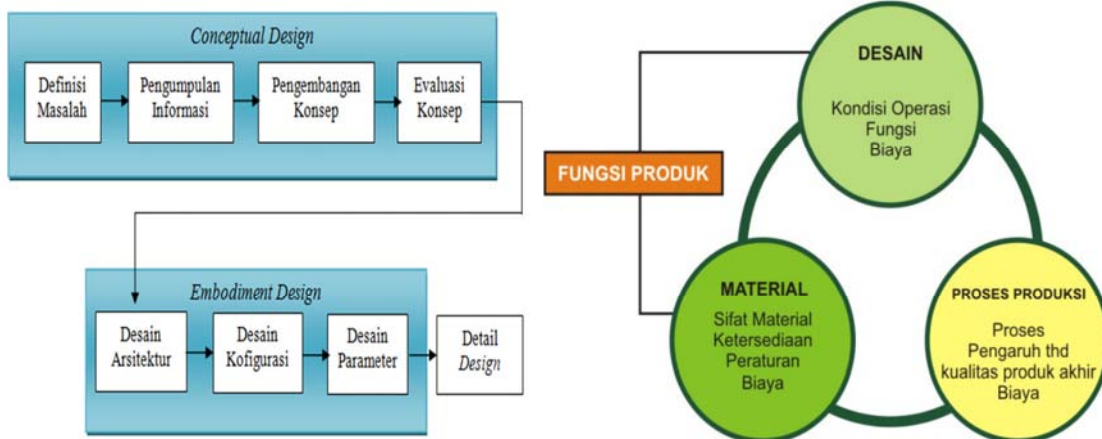
Choice,

Memerlukan pilihan diantara berbagai macam kemungkinan solusi yang ada, dari konsep dasar sampai detail yang terkecil dari bentuk

Compromise,

Memerlukan kompromi terhadap kebutuhan – kebutuhan saling konflik.

Dalam perancangan terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui sebelum rancangan mulai dimanufaktur. Tahapan desain yang pertama menurut Morris Asimow adalah *Conceptual Design*. Pada tahapan ini memerlukan kreatifitas yang besar dan terdapat ke tidak pastian yang luas. Tahapan yang kedua adalah *Embodiment Design* dimana pada tahapan ini dimulai pemilihan material, dimensi, geometri, serta terjadinya kegagalan. Tahapan yang ketiga adalah *Detail Design* yang di sini merupakan pemeriksaan perancangan sebelum proses manufaktur.



Gbr 2.1 Tahapan Desain.(Morris Asimow)

Gbr 2.2 Hubungan terintegrasi antara desain, material, dan proses produksi [Ashbey]

2.1.1 Perancangan Menurut Pahl dan Beitz

Pahl dan Beitz mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya; *Engineering Design: A Systematic Approach* dalam Ginting (2009). Cara merancang Pahl dan Beitz tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Keempat fase tersebut adalah Perencanaan dan penjelasan tugas, Perancangan konsep produk, Perancangan bentuk produk, Perancangan detail.

Sebenarnya langkah-langkah dalam keempat fase proses perancangan diatas tidaklah perlu dikelompokkan dalam 4 fase secara kaku, sebab seperti misalnya, pada langkah pada fase perancangan detail (fase ke-4) cara pembuatan komponen produk sudah diperlukan detail dan banyak lain contohnya seperti itu. Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti fase pertama menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan.

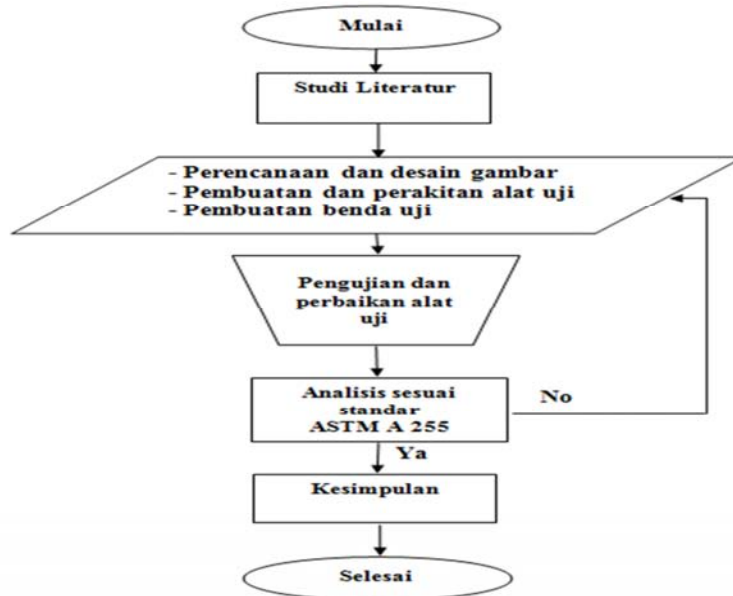
2.2. Pemilihan Material

Pemilihan material adalah merupakan salah satu langkah penting dalam perancangan mesin. Jenis material apa yang sebaiknya digunakan untuk alat uji *jominy test*?, Ini adalah pertanyaan yang sangat dasar yang sering dihadapi perancang. Karakteristik apa saja yang harus dipertimbangkan : kekuatannya? tahan korosi? *density*? *Machine ability*? dan pertanyaan-pertanyaan lain-lainnya. Seandainya perancang telah mendapatkan jenis material yang cocok, biasanya masih ada kendala-kendala lain yang harus dihadapi seperti misalnya harganya mahal, material tidak tersedia di pasar.. dan kendala lainnya. Kegiatan pemilihan material dan proses

manufacturing/fabrikasi adalah merupakan bagian yang terintegrasi dalam perancangan mesin. Jadi kemampuan dalam mengeksploitasi potensi dan karakteristik serta sifat-sifat material adalah essential bagi insinyur perancangan mesin. (Gambar 2.3) menjelaskan hubungan yang menunjukkan integrasi antara desain, pemilihan material dan proses produksi dalam pengembangan peralatan mesin.

3. Metodologi

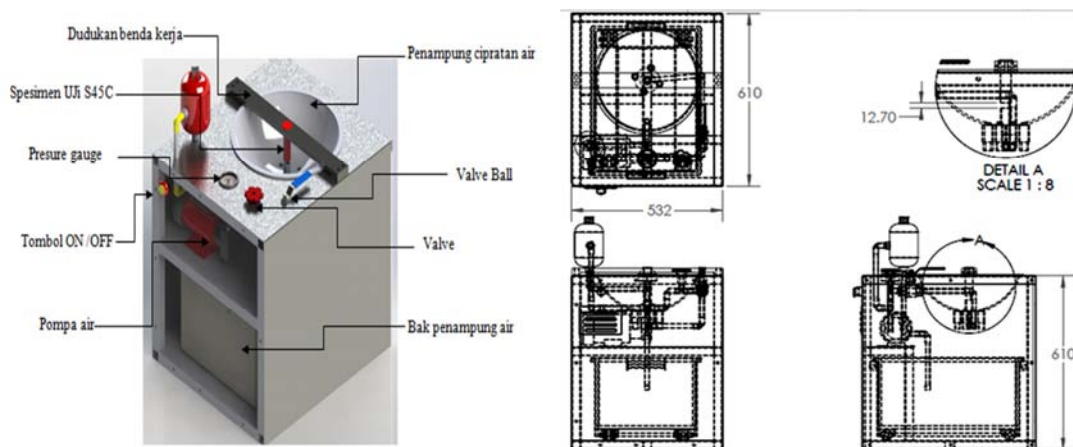
3.1. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.2. Desain *Jominy Test* dan Spesimen Uji

3.2.1. Desain *Jominy Test*



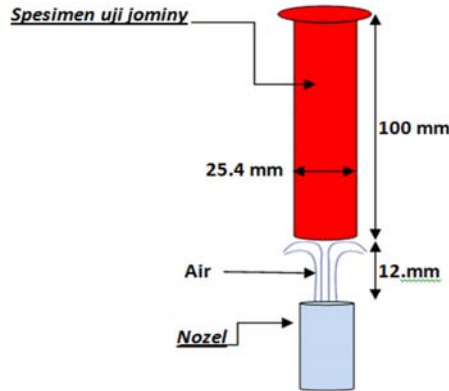
Gambar 3.3 Desain *Jominy Test*

Keterangan:

- a. Rangka b. Penampung Cipratan air c. Pompa air d. Bak penampung air
 e. Bagian pendukung : pipa air, nozel, selang, kran dan lain-lain

3.2.2 Spesimen uji *Jominy*

Pengujian dilakukan dengan spesimen berupa sepotong baja silinder berukuran panjang 4 inc (100 mm), diameter 1 inchi (25 mm) dengan tinggi pancaran air dari ujung nozel 65 mm (ASTM Metode Pengujian A255). Spesimen tersebut dipanaskan dalam alat pemanas, setelah spesimen mencapai suhu dan waktu yang telah ditentukan, kemudian spesimen dikeluarkan dengan cepat, diletakkan pada dudukan yang berada tepat diatas nozel yang memancarkan air dari bak penampung air. Setelah spesimen tersebut dingin kemudian diambil untuk dilakukan pengujian.



Gambar 3.4 Spesimen Uji Jominy

3.3. Pembuatan Alat

Alat *Jominy Test* ini dikerjakan di Workshop Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi. Untuk menyelesaikannya dibutuhkan waktu ± 2 bulan. Beberapa Komponen yang dikerjakan antara lain: rangka, cover dan Spesimen uji

3.3.1. Pembuatan Rangka

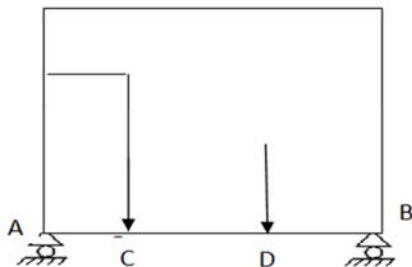
Dalam perancangan alat ini, dibutuhkan sebuah komponen yang mampu menopang berbagai komponen lain, yaitu rangka. Rangka alat Uji *Jominy* ini mempunyai beberapa fungsi yang penting, antara lain:

1. Tempat menopang corong air.
2. Tempat menopang spesimen uji
3. Tempat menopang bak penampung air.
4. Tempat menopang pompa air.
5. Tempat menopang pralon atau pipa air.

Adapun rangka dari alat ini disusun dari batang hollow galvanis yang harus mempunyai kekuatan menopang komponen alat tersebut, serta kuat menahan getaran dari pompa air dan pancaran air. Selain itu, kerangka tersebut harus mempunyai ketahanan yang baik.

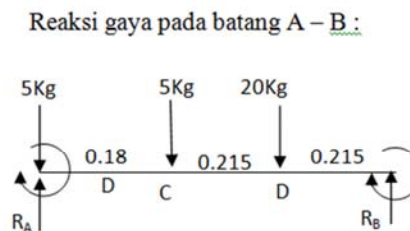
3.3.1.1 Menentukan momen maksimum pada kerangka.

Dari perancangan rangka tersebut, diperoleh gambar sketsa kerangka:



Gambar 3.5. Sketsa gaya dan tumpuan pada kerangka

Keterangan : D : 20 kg (bak berisi air) = 196 N



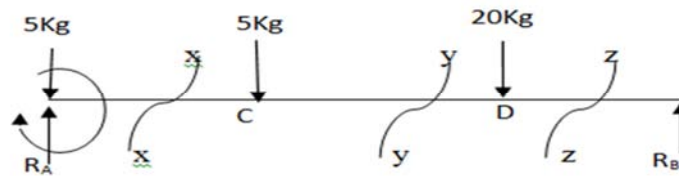
Gambar 3.6. Reaksi gaya batang A - B

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ &= (0.18 \times 49) + (0.395 \times 196) - (0.61 \times R_B) \\ &= 8.82 \text{ Nm} + 77.42 \text{ Nm} - 0.61 R_B \\ 0.61 R_B &= 8.82 \text{ Nm} + 77.42 \text{ Nm} \\ R_B &= \frac{86.24 \text{ Nm}}{0.61 \text{ m}} \\ &= 141.377 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ &= -(0.215 \times 196) - (0.43 \times 49) - (0.61 \times 49) + R_A \\ &= -42.14 \text{ Nm} - 21.07 \text{ Nm} - 29.89 + 0.61 R_A \\ -0.61 R_A &= 42.14 + 21.07 + 29.89 \\ R_A &= \frac{93.1 \text{ Nm}}{0.61 \text{ m}} \\ &= 152.62 \text{ N} \end{aligned}$$

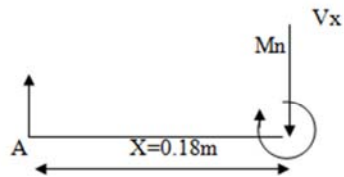
3.3.1.2. Menentukan gaya dalam

a. Batang A – B



Gambar 3.7. Potongan batang A-B

b. Potongan x – x (kiri)

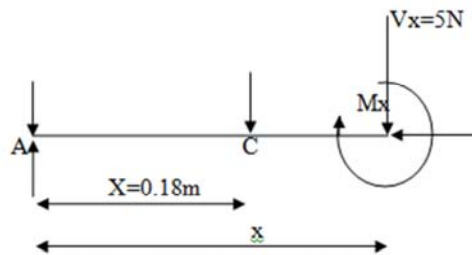


Gambar 3.8. Potongan x - x (kiri)

$$\begin{aligned} N_x &= 0 \\ V_x &= 5 \text{ kg} = 49 \text{ N} \\ M_x &= 49 \text{ N} \cdot X \\ M_x &= 49 \text{ N} \cdot 0.18 = 8.82 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_C &= 0 \\ &= -(0.18 \times 49) + 0.18 R_A \\ 0.18 R_A &= 8.82 \text{ Nm} \\ R_A &= \frac{8.82 \text{ N}}{0.81 \text{ m}} \\ &= 49 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Potongan y – y (kiri)



Gambar 3.9. Potongan y - y (kiri)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 49 \text{ N} - 49 \text{ N} = 0$$

$$M_x = 49 \text{ N} \cdot (0.18 + X) - 49 \text{ N} \cdot X$$

$$\sum M_D = 0$$

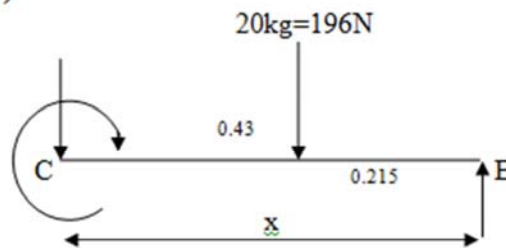
$$= - (0.215 \times 49) - (0.395 \times 49) + 0.395 R_A$$

$$0.395 R_A = 10.535 + 19.355$$

$$R_A = \frac{29.89}{0.395}$$

$$= 75.67 \text{ N}$$

d. Potongan z - z (kanan)



Gambar 3.10. Potongan z - z (kanan)

$$N_x = 0$$

$$V_x = 5 \text{ kg} = 49 \text{ N}$$

$$M_x = 49 \text{ N} \cdot X$$

$$\sum M_C = 0$$

$$= (0.215 \times 196) - 0.43 \times R_B$$

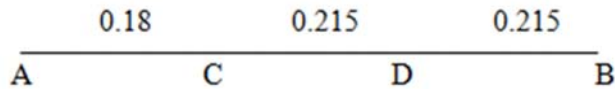
$$0.43 R_B = 42.14 \text{ Nm}$$

$$R_B = \frac{42.14 \text{ Nm}}{0.43 \text{ m}}$$

$$= 98 \text{ N}$$

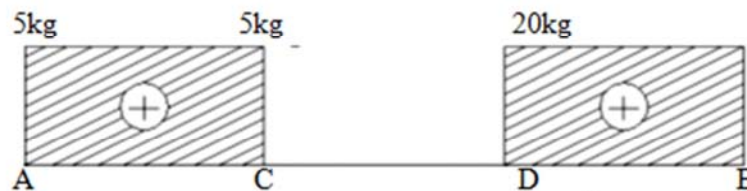
3.3.1.3. Gambar diagram gaya dalam

a) Diagram gaya normal (NFD)



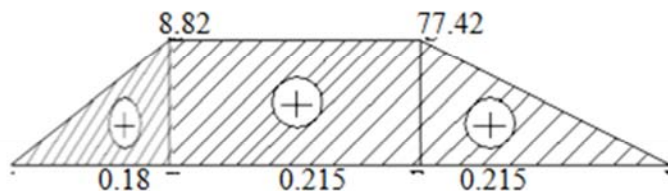
Gambar 3.11. Diagram NFD

b) Diagram gaya geser (SFD)



Gambar 3.12. Diagram SFD

c) Diagram Moment (BMD)



Gambar 3.13. Diagram BMD

Pada konstruksi rangka digunakan baja hollow galvanis dengan $A = 201 \text{ mm}^2$. Dan dari hasil perhitungan, dapat diketahui besar momen maksimum dari rangka tersebut adalah $= 20 \text{ kg.cm}$ (196 N). Sehingga dari data tersebut maka dapat ditentukan tegangan tarik dari rangka tersebut sebesar :

Dimana :

σ = Tegangan tarik

F = Tegangan tarik aksial (N)

A = Luas penampang (m^2)

Sehingga :

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{196}{9 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = 21.7 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Sedangkan pada perencanaan rangka tersebut dipilih baja Ringan Hollow Galvanis Dengan dengan :

- Kekuatan tarik bahan $\sigma_{\text{tarik}} = 2400 \text{ kg/cm}^2$
- Keamanan, (Sf) = 4

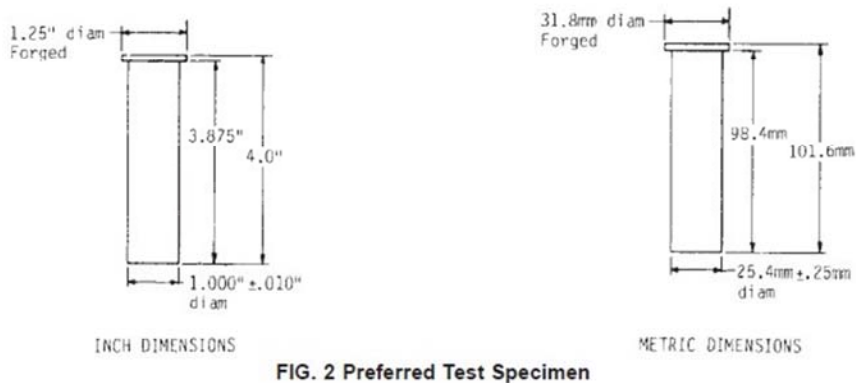
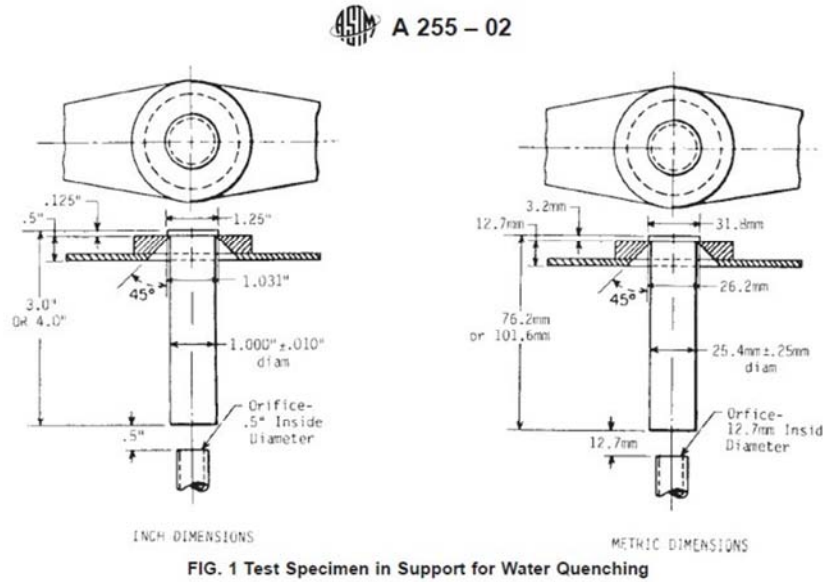
$$\sigma_{\text{tarik}} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa $\sigma_{\text{tarik}} < \sigma$ ijin , maka konstruksi aman.

4. Hasil Dan Analisa Pengujian

4.1 Standar Pengujian Jominy Test

Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian hardenability adalah ASTM A255. Untuk metode pengujian Jominy Test ini dilakukan di workshop Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 45 Bekasi



Gambar 4.1 Standar ASTM A 255

4.2 Alat dan Specimen Material Uji

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian jominy ini adalah:

4.2.1 Alat :

1. Gerinda
2. Mesin Jominy
3. Tungku *heat treatment*
4. Mesin Brineel Test

4.2.2 Spesifikasi Material Uji

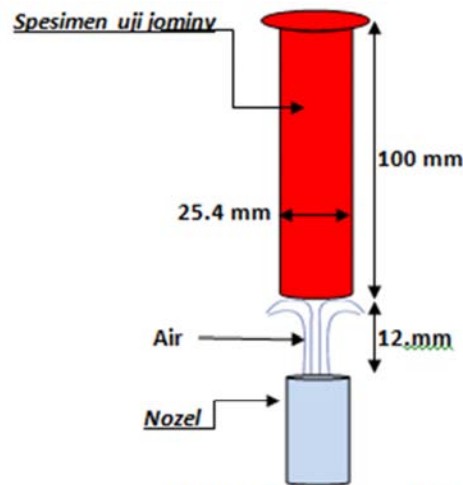
Material uji yang di gunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (S45C) dan di buat menjadi tiga spesimen dengan ukuran dan komposisi kimia yang sama.

Tabel 4.1 Spesifikasi S45C (JIS G 4051)

| Type | C | Si | Mn | P | S | Cu |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| Carbon steel S45C | 0.42-0.48 | 0.15-0.35 | 0.60-0.90 | ≤0.030 | ≤0.035 | ≤0.030 |

4.2.2.1 Ukuran Material Uji

Ukuran yang di gunakan berbentuk batang silinder dengan diameter 25.4 mm, dengan panjang 100 mm



Gambar 4.2 Spesimen Uji Jominy

4.3 Langkah-langkah Pengujian Jominy

Langkah – langkah di sajikan sebagai berikut:

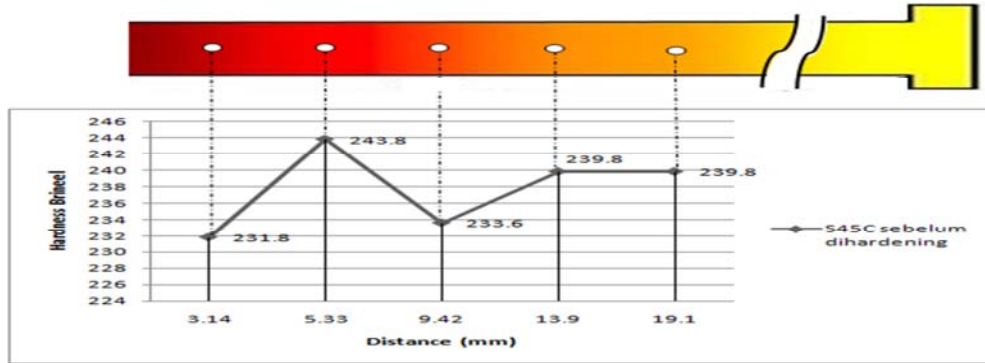
1. Melakukan preparasi spesimen yang akan digunakan dengan ketentuan sesuai standard ASTM A255, yaitu :
Panjang : 100 mm
Diameter : 25 mm
2. Melakukan preparasi alat pengujian Jominy dengan ketentuan sesuai ASTM A255, yaitu :
Tinggi pancaran : 60 mm
Jarak antar ujung specimen dengan nozzle : 12.5 mm
3. Memanaskan spesimen S45C menggunakan tungku *heat treatment* sampai temperature 870°C. kemudian ditahan selama 30 menit.
4. Mendinginkan spesimen di dalam tungku *heat treatment* selama 30 menit (holding time).
5. Mengambil dan memasukkan specimen dengan cepat ke lubang pemegang alat Jominy dan segera pula air pendingin disemprotkan dan mengenai ujungnya
6. Setelah dingin, spesimen diambil dan dihaluskan permukaan spesimen dengan mesin gerinda
7. Melakukan pengukuran kekerasan pada setiap jarak 1/16” (titik Jominy) dengan mesin Brinell Test.

4.4 Data Hasil Pengujian Kekerasan Jominy Test

Hasil pengujian yang dilakukan, selengkapnya disajikan dalam tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 4.2 Kekerasan S45C

| No | D1 | D2 | HB | N/mm ² |
|----|------|------|-------|-------------------|
| 1 | 3.96 | 3.99 | 231.8 | 799 |
| 2 | 3.87 | 3.89 | 243.8 | 846 |
| 3 | 3.98 | 3.94 | 233.6 | 808 |
| 4 | 3.85 | 3.97 | 239.9 | 809 |
| 5 | 3.86 | 3.96 | 239.9 | 829 |



Gambar 4.4 Grafik Kekerasan S45C.

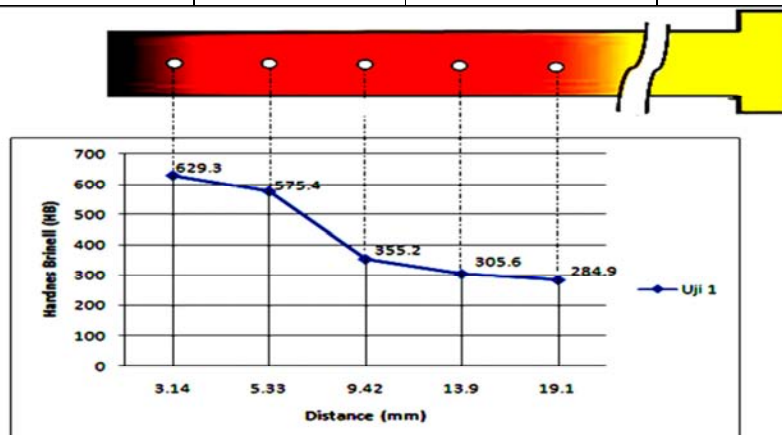
- a) Pengujian Pertama
 Waktu *Hardening* : 7.33 menit, Tekanan Air pada saat *Quenching* : 4 (psi),
 Pemindahan waktu *Speciment* : 3.39 detik < (5 detik)

Tabel 4.3 Pengujian Pertama *Quenching*

| <i>Speciment</i> | T ₀ | T ₁₀ | T ₂₀ | T ₃₀ |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Atas | ~ | 152 ⁰ | 49 ⁰ | 39 ⁰ |
| Bawah | 301 ⁰ | 49 ⁰ | 31 ⁰ | 29 ⁰ |

Tabel 4.4 Kemampukerasan S45C Setelah Di *Hardening* dan *Quenching* Pengujian Pertama

| No | D1 | D2 | HB | N/mm ² |
|----|------|------|-------|-------------------|
| 1 | 2.45 | 2.44 | 629.3 | E |
| 2 | 2.67 | 2.44 | 575.4 | E |
| 3 | 3.23 | 3.24 | 355.2 | 1222 |
| 4 | 3.50 | 3.46 | 305.6 | 1061 |
| 5 | 3.58 | 3.62 | 284.9 | 922 |



Gambar 4.5 Grafik Kekerasan S45C Setelah Di *Hardening* dan *Quenching* Pengujian Pertama.

b) Pengujian Kedua

Waktu *Hardening* : 5 menit

Tekana Air *Quenching* : **perubahan tekanan disaat quenching* 3.5 - 4 (psi).

Pemindahan waktu *Speciment Uji* : 4.30 detik < (5 detik)

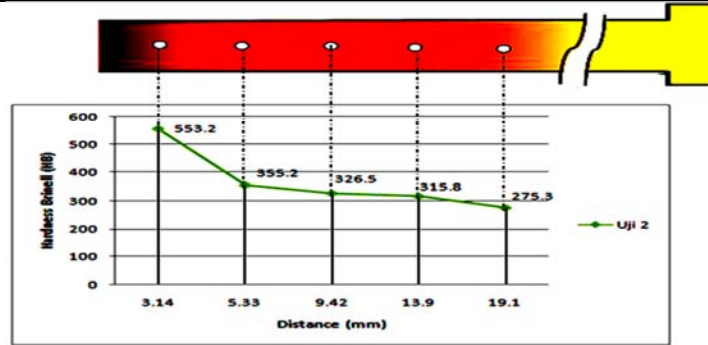
Tabel 4.5 Pengujian Kedua *Quenching*

| <i>Speciment Uji</i> | T ₀ | T ₁₀ | T ₂₀ | T ₃₀ |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Atas | ~ | 120 ⁰ | 44.4 ⁰ | 35.6 ⁰ |
| Bawah | 290 ⁰ | 42 ⁰ | 34.8 ⁰ | 34.3 ⁰ |

Tabel 4.6 Kemampukerasan S45C Setelah di *Hardening* dan *Quenching*

Pengujian Ke 2

| No | D1 | D2 | HB | N/mm ² |
|----|------|------|-------|-------------------|
| 1 | 2.54 | 2.67 | 553.2 | E |
| 2 | 3.19 | 3.28 | 355.2 | 1222 |
| 3 | 3.36 | 3.38 | 326.5 | 1129 |
| 4 | 3.44 | 3.41 | 315.8 | 1095 |
| 5 | 3.67 | 3.65 | 275.3 | 961 |



Gambar 4.6 Grafik Kekerasan S45C Setelah Di *Hardening* dan *quenching* Pengujian Kedua

a) Pengujian Ketiga

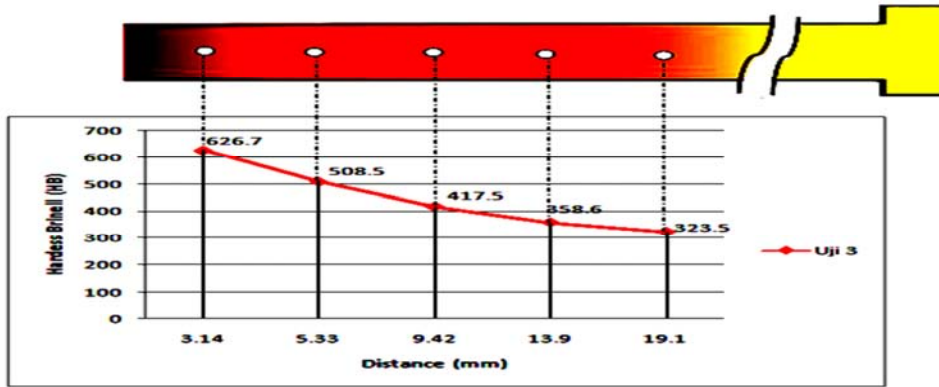
Waktu *Hardening* : 6 menit, Tekana Air : 4 (psi), Pemindahan waktu *Speciment Uji*: 4.60 detik < (5 detik)

Tabel 4.7 Pengujian Ketiga *Quenching*

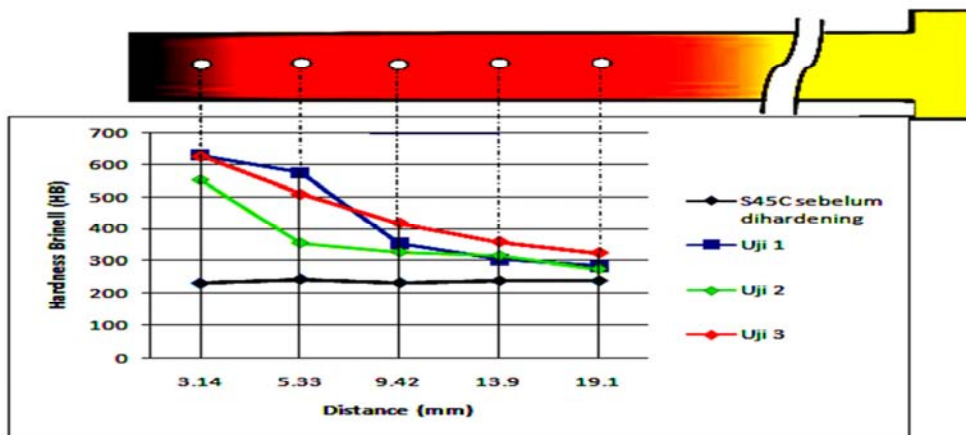
| <i>Speciment Uji</i> | T ₀ | T ₁₀ | T ₂₀ | T ₃₀ |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Atas | ~ | 132 ⁰ | 45.3 ⁰ | 36 ⁰ |
| Bawah | 295 ⁰ | 44 ⁰ | 36.9 ⁰ | 30 ⁰ |

Tabel 4.8 Kekerasan S45C Setelah Di *Hardening* dan *quenching* pengujian Ketiga

| No | D1 | D2 | HB | N/mm ² |
|----|------|------|-------|-------------------|
| 1 | 2.46 | 2.44 | 626.7 | E |
| 2 | 2.82 | 2.61 | 508.5 | E |
| 3 | 2.97 | 3.10 | 417.5 | 1423 |
| 4 | 3.15 | 3.29 | 358.6 | 1231 |
| 5 | 3.35 | 3.42 | 323.5 | 1119 |



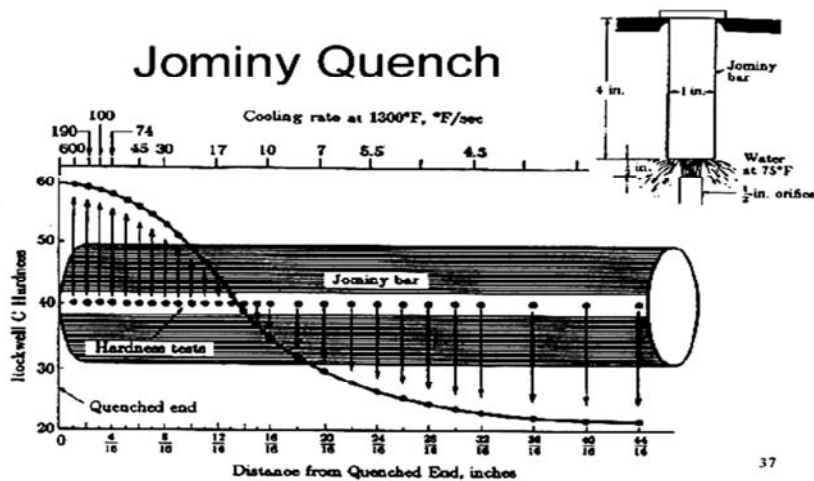
Gambar 4.7 Grafik Kekerasan S45C Setelah Di *Hardening* dan *quenching* pengujian ketiga



Gabungan grafik kekerasan S45C sebelum dan setelah di Jominy Test

Gambar 4.8 Grafik Kekerasan S45C sebelum dan Setelah di *Jominy Test*

Pada Gambar 4.9 adalah grafik sebagai pembandingan harga kekerasan pengujian dengan setandar ASTM metode Uji A 255



Gambar 4.9 kekerasan (ASTM A 255)

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini disimpulkan sbb :

1. Perancangan alat uji kemampukerasan *Jominy Test* standar ASTM dengan metode A255 telah berhasil dan layak di gunakan untuk praktek Hardenability
2. Dari hasil pengujian dengan menggunakan alat uji jominy yang telah di buat nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada daerah terdekat dengan semburan air dari nozel.

6. Daftar Pustaka

Surdia, Tata dan Shinroku Saito. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradya Paramita, 1992.
Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradya Paramita, 2006.
Prayitno, Dody. *Teknologi Rekayasa Material*. Jakarta: 2010
Sanawan, Rohim dan Rohim Suratman, *Pengelasan Logam*. Bandung: Penerbit ITB, 2006