

ANALISA PENGUJIAN MEKANIK TERHADAP VARIASI PENGGUNAAN *BENTONITE* DALAM PENGECORAN PINTU RUANG BAKAR: STUDI EKSPERIMEN DI PT. XYZ

Herry Darmadi¹, M. Fatih Abdillah², Agustin Nurya Savitri³, Karti⁴, Dian Kurnia⁵,
Murhaban⁶

^{1,2,3,4} Teknik Mekanika Politeknik Teknologi Kimia Industri

⁵Program Studi Agribisnis Kelapa Sawit, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan.

⁶Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Teuku Umar

Email : herry.darmadi@ptki.ac.id

Abstrak

Pintu ruang bakar merupakan komponen dari boiler yang berfungsi membuka dan menutup ruang pembakaran. Pada PT. XYZ, pintu ruang bakar dibuat melalui metode peleburan dan pengecoran logam. Pada metode pengecoran logam menggunakan cetakan pasir, dibutuhkan zat pembantu berupa bentonite yang berfungsi untuk merekatkan cetakan pasir dan memperkuat cetakan agar tidak mudah hancur saat menerima panas dari lava logam cair. Variasi bentonite yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8%, 10%, dan 12%. Pengujian mekanik (beban kejut dan kekerasan) merupakan pengujian yang paling efektif untuk mengetahui gambaran sifat mekanik suatu material. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar kekuatan beban kejut pada hasil pengecoran logam dalam pembuatan pintu ruang bakar dengan variasi bentonite yang berbeda melalui pengujian beban kejut dengan metode Charpy Impact Test dan nilai kekerasan pada hasil pengecoran logam dalam pembuatan pintu ruang bakar dengan variasi bentonite yang berbeda melalui pengujian kekerasan dengan metode Rockwell Hardness Test. Pada pengujian beban kejut diperoleh hasil analisis kekuatan beban kejut dari variasi bentonite 8% adalah 0,1655 Kg.m/mm², variasi bentonite 10% adalah 0,2119 Kg.m/mm², dan variasi bentonite 12% adalah 0,2555 Kg.m/mm². Pada pengujian kekerasan diperoleh hasil analisis kekerasan pada variasi bentonite 8% adalah 104,7 HRC, variasi bentonite 10% adalah 92,1 HRC, dan pada variasi bentonite 12% adalah 81,8 HRC.

Kata kunci— Pintu ruang bakar, bentonite, pengecoran logam, uji beban kejut, uji kekerasan.

Abstract

The Combustion chamber door is a component of the boiler that functions to open and close the combustion chamber. At PT. XYZ, the combustion chamber door is made through the melting and metal casting method. In the metal casting method using a sand mold, an auxiliary substance in the form of bentonite is needed which functions to glue the sand mold and strengthen the mold so that it is not easily destroyed when receiving heat from the molten metal lava. The bentonite variations used in this study are 8%, 10%, and 12%. Mechanical testing (impact and hardness) is the most effective test to determine the description of the mechanical properties of a material. The purpose of this study is to determine the magnitude of the impact strength of the metal casting results in the manufacture of combustion chamber doors with different bentonite variations impact testing with the Charpy Impact Test method and the hardness value of the metal casting results in the manufacture of combustion chamber doors with different bentonite variations through hardness testing with the Rockwell Hardness Test method. In the impact test, the results of the impact strength analysis of the 8% bentonite variation were 0.1655 Kg.m/mm², the 10% bentonite variation was 0.2119 Kg.m/mm², and the 12% bentonite variation was 0.2555 Kg.m/mm². In the hardness test, the results of the hardness analysis on the 8% bentonite variation were 104,7 HRC, the 10% bentonite variation was 92,1 HRC, and the 12% bentonite variation was 81,8 HRC.

Keywords— Combustion chamber door, bentonite, metal casting, impact test, hardness test.

1. PENDAHULUAN

Pembuatan pintu ruang bakar dengan proses pengecoran logam umumnya mengikuti tahapan pengecoran menggunakan cetakan pasir atau metode pengecoran lain yang sesuai dengan kebutuhan bentuk dan material pintu tersebut. Penggunaan bentonite pada pengecoran logam sangat penting dan berperan sebagai bahan pengikat dalam cetakan pasir[1]. Bentonite adalah tanah liat yang kaya mineral montmorillonit dengan sifat tiksotropik, yang memungkinkan cetakan pasir memiliki kekuatan, stabilitas, dan akurasi tinggi saat menahan tekanan dan berat logam cair. Bentonite adalah komponen vital dalam industri pengecoran logam karena meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan kualitas cetakan pasir[2]. Penggunaan bentonite mengurangi cacat pengecoran, memperbaiki efisiensi produksi, dan mendukung keberlanjutan lingkungan melalui kemampuan rekondisi. Penelitian menunjukkan komposisi campuran pasir silika dan bentonite yang optimal untuk pengecoran logam (ferro) adalah sekitar 85% pasir silika dan 10-15% bentonite, kadang ditambah grafit 5%, menghasilkan cetakan yang stabil, tidak mudah retak, dan efisien[3].

Bentonite memperkuat cetakan sehingga tidak mudah retak atau pecah saat logam cair dituangkan, menjaga integritas produk akhir dan juga bentonite membantu mengatur aliran udara dan gas yang terbentuk selama pengecoran, sehingga mengurangi risiko cacat seperti porositas dan inklusi gas pada hasil coran, dan penggunaan bentonite juga dibarengi dengan penggunaan grafit dalam proses pencetakan pengecoran logam sesudah di bakar dan dilelehkan[4].

Uji beban kejut pada pintu ruang bakar bertujuan untuk mengetahui ketahanan material atau komponen pintu terhadap beban mendadak atau kejut yang bisa terjadi selama operasional. Beban kejut ini dapat menyebabkan kerusakan getas atau patah pada material jika ketahanannya tidak memadai. Pengujian impact (beban kejut) biasanya dilakukan dengan metode standar seperti Charpy atau Izod[5]. Pada metode Charpy, spesimen yang memiliki takik (notch) diletakkan mendatar dan dipukul dengan pendulum dari belakang takik untuk mengukur energi yang diserap sebelum patah. Metode ini menguji ketangguhan material terhadap beban kejut mendadak[6]. Uji beban kejut pada pintu ruang bakar adalah pengujian yang mengukur ketahanan material pintu terhadap benturan mendadak menggunakan metode impact test seperti Charpy atau Izod, guna memastikan keamanan dan keandalan operasional pintu di lingkungan yang mengalami tekanan dan beban dinamis tinggi[7].

Uji kekerasan terhadap material pintu ruang bakar (katup) dilakukan untuk mengetahui daya tahan material terhadap panas, tekanan, dan aus yang terjadi selama operasi mesin[8]. Uji kekerasan pada pintu ruang bakar sangat penting untuk memastikan material katup mampu bertahan dalam kondisi suhu dan tekanan tinggi. Kekerasan material pintu ruang bakar harus cukup tinggi dan sesuai standar agar tidak cepat aus atau berubah bentuk, terutama pada bagian yang kontak langsung dengan ruang bakar[9]. Uji kekerasan terhadap pintu ruang bakar (katup ruang bakar) menggunakan metode seperti Rockwell Hardness penting untuk memastikan material katup memiliki kekerasan dan ketahanan yang sesuai dengan kondisi kerja ruang bakar mesin[10].

2. METODE PENELITIAN

a. Metode Peninjauan Langsung

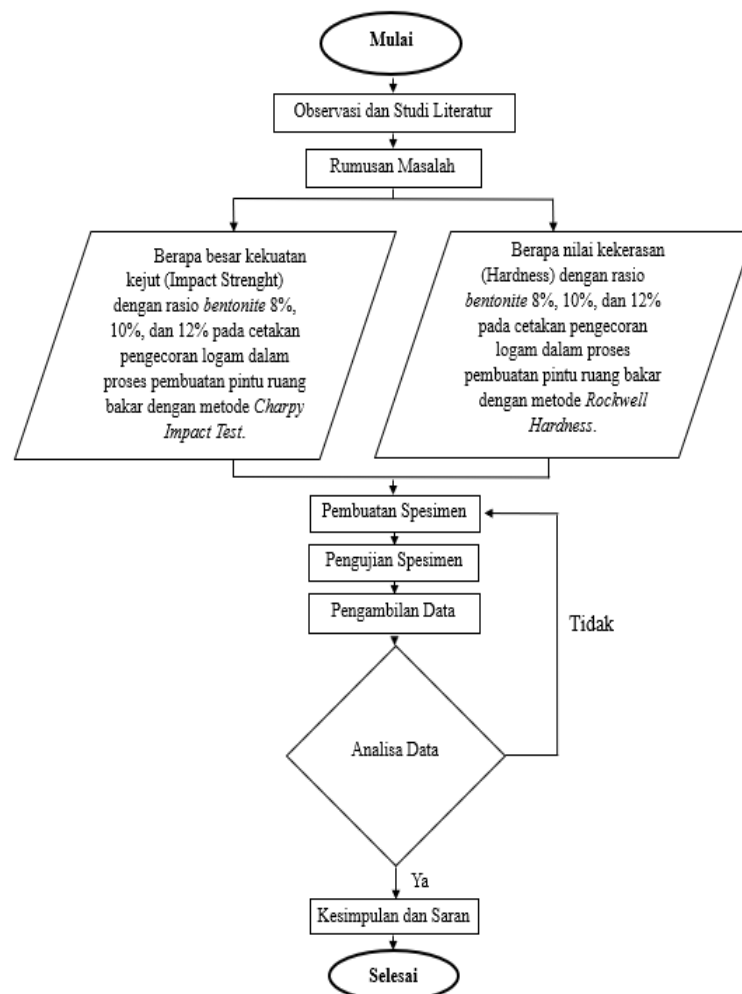
Metode ini, merupakan suatu metode yang dilakukan di PT. XYZ, hal yang dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan peninjauan langsung (*survey*) ke lapangan untuk dapat mengenali lingkungan tempat kerja praktek, sekaligus untuk pengambilan judul.
2. Mengikuti proses peleburan dan pengecoran logam untuk membuat sebuah komponen mulai dari membuat cetakan sampai proses *finishing* pada unit *casting*.
3. Melakukan diskusi dengan staff di unit *casting* dan pembimbing praktek kerja lapangan.
4. Mencari referensi serta buku dan jurnal tentang tahapan pengujian *Impact* dan kekerasan, sekaligus diskusi dengan dosen pembimbing, lalu memutuskan apakah penelitian dapat

- dilakukan atau tidak, setelahnya penulis menyimpulkan penelitian dapat dilakukan.
5. Pencarian dan penentuan sampel pintu ruang bakar. Pada penelitian ini penulis menggunakan pintu ruang bakar jenis logam berbahan besi cor. Besi cor tersebut hasil dari peleburan dan pengecoran logam *ferro* (besi scrap) dengan variasi rasio bentonit yang berbeda (8%, 10%, dan 12%) hingga ke proses pembentukan spesimen.
 6. Pembuatan dan penentuan sampel untuk pengujian beban kejut (impact test) dan kekerasan dengan metode *Charpy* dan *Rockwell*. Setelah penulis menentukan dimensi spesimen, maka penulis melakukan proses pembentukan spesimen dengan cara peleburan dan pengecoran logam dengan variasi rasio bentonit yang berbeda.
 7. Proses pembuatan spesimen dengan peleburan dan pengecoran logam dengan variasi rasio bentonit yang berbeda dilakukan sebagai syarat pengujian dengan menggunakan metode *Charpy Impact Test* dan *Rockwell hardness*, maka dari itu harus memiliki sampel uji (spesimen) yang dapat di uji kekuatan beban kejut dan kekerasannya.
 8. Setelah proses pembentukan spesimen selesai maka di lanjutkan dengan uji beban kejut dengan metode *Charpy Impact Test* dan uji kekerasan menggunakan *Rockwell hardness*.

b. Metode Analisa Data

Setelah pengujian dilakukan dan mengumpulkan data hasil pengujian, langkah selanjutnya melakukan analisa data melalui perhitungan dengan menggunakan rumus dan kemudian dikaji lewat literasi untuk menentukan kesimpulan[11]. Adapun kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

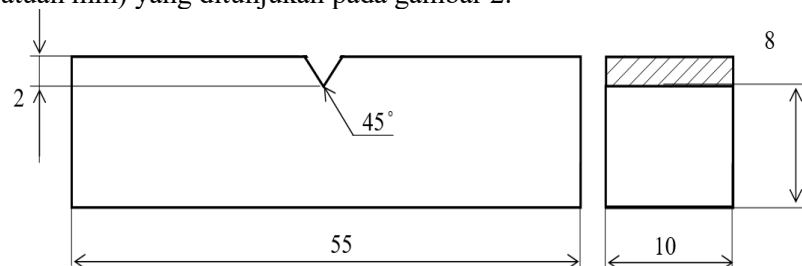
Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka di peroleh hasil penelitian sebagai berikut:

- a. Spesifikasi Alat Uji Beban Kejut.
Merk : MAEKAWA
Model : A No.30 IC
Berat Pendulum : 25,530 kg
Jarak Sumbu : 0,6495 m
- b. Speksifikasi Alat Uji Kekerasan.
Merk : MATSUZAWA
Model : 8781
Beban Penetrasi : 150 kg
Jenis Penetrator : Kerucut Berlian / *Diamond Cone*
- c. Speksifikasi Hasil Peleburan Logam.
Jenis : Besi Tuang Kelabu (BTK)
Komposisi Unsur Kimia
 - Karbon (C) : 3,15%
 - Silikon (Si) : 2%
 - Mangan (Mn) : 0,6%
- d. Speksifikasi Benda Uji.
 1. Uji Beban Kejut.
Panjang : 55 mm
Lebar : 10 mm
Tinggi : 10 mm
Kedalaman Takik : 2 mm
Bentuk Takik : *V notch*
 2. Uji Kekerasan
Panjang : 15 mm
Tebal : 10 mm

Analisa Data

- Besar kekuatan kejut (**Impact Strenght**) dengan rasio bentonite 8%, 10%, dan 12% pada cetakan pengecoran logam dalam proses pembuatan pintu ruang bakar dengan metode **Charpy Impact Test**.

Berikut adalah gambar dari dimensi sampel uji beban kejut (impact test) yang mengacu pada *Standard JIS Z 2242* (dalam satuan mm) yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji *Impact*

1. Perhitungan beban kejut (impact strenght) dari variasi *bentonite* 8%.

- a. Menghitung luas penampang bahan uji (mm²)

$$\begin{aligned} A &= a \times b \\ &= 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung E Teori (Kg.m)

$$\begin{aligned} E \text{ Teori} &= P \times D (\cos \beta - \cos \alpha) - L \\ &= 25,530 \text{ Kg} \times 0,6495 \text{ m} (0,0348 - (-0,8090)) - 0,751 \\ &= 16,5817 \text{ Kg.m} (0,8438) - 0,751 \\ &= 13,9916 \text{ Kg.m} - 0,751 \\ &= 13,2406 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

c. Menghitung kekuatan beban kejut (impact strengt) (Kg.m/mm²)

$$\begin{aligned} \partial k &= \frac{E}{A} (\text{Kg.m/mm}^2) \\ &= \frac{13,2406 \text{ Kg.m}}{80 \text{ mm}^2} \\ &= 0,1655 \text{ Kg.m/mm}^2 \end{aligned}$$

d. Menghitung selisih nilai lebar takik (mm)

$$\begin{aligned} LE &= b' - b \\ &= 10,6 \text{ mm} - 10 \text{ mm} \\ &= 0,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Perhitungan beban kejut (impact strenght) dari variasi *bentonite* 10%.

a. Menghitung luas penampang bahan uji (mm²)

$$\begin{aligned} A &= a \times b \\ &= 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung E Teori (Kg.m)

$$\begin{aligned} E \text{ Teori} &= P \times D (\cos \beta - \cos \alpha) - L \\ &= 25,530 \text{ Kg} \times 0,6495 \text{ m} (0,2588 - (-0,8090)) - 0,751 \\ &= 16,5817 \text{ Kg.m} (1,0678) - 0,751 \\ &= 17,7059 \text{ Kg.m} - 0,751 \\ &= 16,9549 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

c. Menghitung kekuatan beban kejut (impact strenght) (Kg.m/mm²)

$$\begin{aligned} \partial k &= \frac{E}{A} (\text{Kg.m/mm}^2) \\ &= \frac{16,9549 \text{ Kg.m}}{80 \text{ mm}^2} \\ &= 0,2119 \text{ Kg.m/mm}^2 \end{aligned}$$

d. Menghitung selisih nilai lebar takik (mm)

$$\begin{aligned} LE &= b' - b \\ &= 10,3 \text{ mm} - 10 \text{ mm} \\ &= 0,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan beban kejut (impact strenght) dari variasi *bentonite* 12% .

a. Menghitung luas penampang bahan uji (mm²)

$$\begin{aligned} A &= a \times b \\ &= 8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung E Teori (Kg.m)

$$\begin{aligned} E_{\text{Teori}} &= P \times D (\cos \beta - \cos \alpha) - L \\ &= 25,530 \text{ Kg} \times 0,6495 \text{ m} (0,4694 - (-0,8090)) - 0,751 \\ &= 16,5817 \text{ Kg.m} (1,2784) - 0,751 \\ &= 21,1980 \text{ Kg.m} - 0,751 \\ &= 20,4470 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

c. Menghitung kekuatan beban kejut (impact strenght) (Kg.m/mm²)

$$\begin{aligned} \partial k &= \frac{E}{A} (\text{Kg.m/mm}^2) \\ &= \frac{20,4470 \text{ Kg.m}}{80 \text{ mm}^2} \\ &= 0,2555 \text{ Kg.m/mm}^2 \end{aligned}$$

d. Menghitung selisih nilai lebar takik (mm)

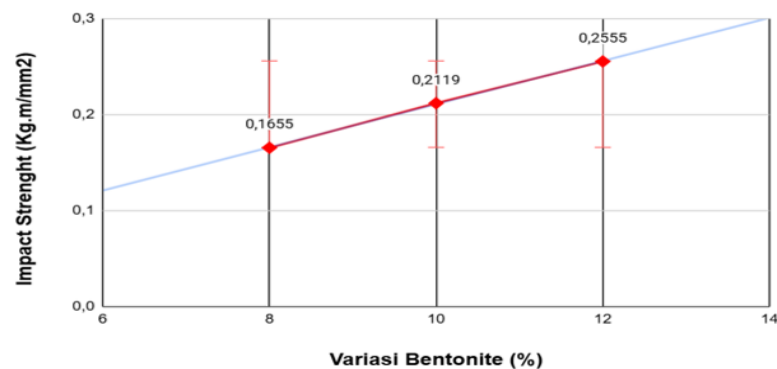
$$\begin{aligned} LE &= b' - b \\ &= 10,5 \text{ mm} - 10 \text{ mm} \\ &= 0,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh tabulasi seperti pada tabel 1. berikut ini

Tabel 1. Tabulasi data *impact test*

No.	Variasi Bentonite (%)	a (mm)	b (mm)	α (°)	β (°)	E _{Aktual} (kg.m)	E _{Teori} (kg.m)	∂k (kg.m/mm ²)	A (mm ²)	b' (mm)	LE (mm)
1.	8	8	10	144	88	13,9	13,2406	0,1655	80	10,6	0,6
2.	10	8	10	144	75	17,7	16,9549	0,2119	80	10,3	0,3
3.	12	8	10	144	62	21,1	20,4470	0,2555	80	10,5	0,5

Dari hasil tabulasi diatas, maka kita dapat membuat grafik seperti pada gambar 3 berikut ini.



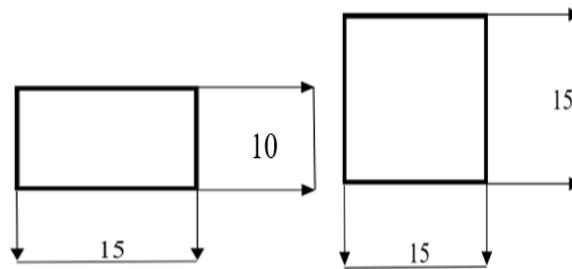
Gambar 3. Grafik variasi *bentonite* vs *impact strenght*

Dari hasil perhitungan dan ditinjau dari gambar grafik 3 diatas, kita dapat melihat perbedaan kekuatan beban kejut (impact strenght) dari ketiga variasi *bentonite* (8%, 10%, dan 12%) yaitu untuk variasi 8%

kekuatan beban kejutnya adalah 0,1655 Kg.m/mm², untuk variasi 10% adalah 0,2119 Kg.m/mm², dan untuk variasi 12% adalah 0,2555 Kg.m/mm², maka hasilnya adalah variasi *bentonite* 12% merupakan variasi yang paling kuat dalam menahan beban kejut.

2. Besar nilai kekerasan (Hardness) dengan rasio bentonite 8%, 10%, dan 12% pada cetakan pengecoran logam dalam proses pembuatan pintu ruang bakar dengan metode Rockwell Hardness.

Berikut adalah gambar dari dimensi sampel uji kekerasan (hardness test) yang mengacu pada *Standard JIS Z 2245* (dalam satuan mm) yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Dimensi spesimen uji *rockwell hardness*

Berdasarkan hasil pengujian *Rockwell Hardness Test* untuk mendapatkan nilai kekerasan dari bahan dari hasil peleburan dan pengecoran logam, maka didapat nilai tiap indentasi yaitu titik atas (a), titik tengah (b), titik bawah (c), dengan menggunakan indenter *Diamond cone* dan beban 150 Kg maka untuk mendapatkan nilai HRC dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

1. Perhitungan nilai kekerasan dari variasi *bentonite* 8%

$$\begin{aligned} \text{HRC} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{110,6+103,2+100,3}{3} \\ &= \frac{314,1}{3} \\ &= 104,7 \text{ HRC} \end{aligned}$$

2. Perhitungan nilai kekerasan dari variasi *bentonite* 10%

$$\begin{aligned} \text{HRC} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{90,5+90,8+95}{3} \\ &= \frac{276,3}{3} \\ &= 92,1 \text{ HRC} \end{aligned}$$

3. Perhitungan nilai kekerasan dari variasi *bentonite* 12%

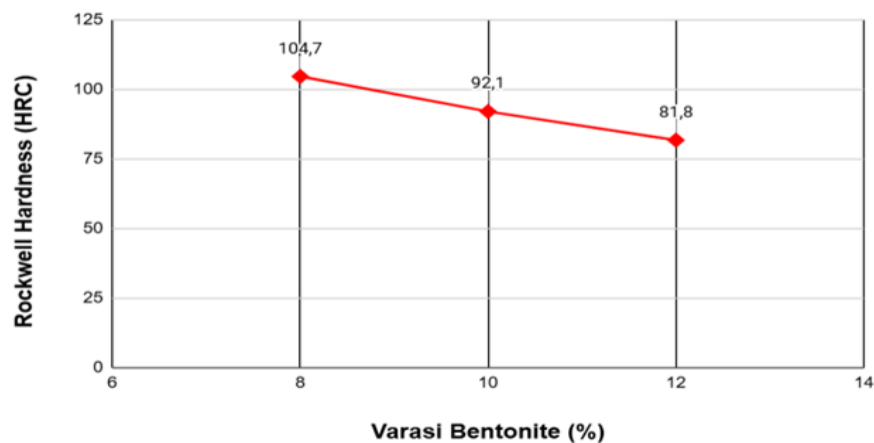
$$\begin{aligned} \text{HRC} &= \frac{a+b+c}{3} \\ &= \frac{76,4+85,2+84}{3} \\ &= \frac{245,6}{3} \\ &= 81,8 \text{ HRC} \end{aligned}$$

Dari dari pengolahan dan perhitungan data mengenai pengujian kekerasan (hardness test) dengan metode *rockwell hardness*, maka diperoleh hasil tabulasi data pada tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Tabulasi data *Rockwell Hardness*

No.	Variasi Bentonite (%)	Beban (Kg)	Data Percobaan			HRC
			a	b	c	
1.	8	150	82	103,2	115,5	104,7
2.	10	150	80,5	70,8	95	92,1
3.	12	150	66,4	115,2	121	81,8

Dari hasil perhitungan analisis data yang telah dihitung, kita dapat melihat grafik antara variasi *bentonite* dengan nilai kekerasan pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Grafik variasi *bentonite* vs *Rockwell Hardness*

Dari hasil perhitungan dan ditinjau dari gambar grafik 5. diatas, kita dapat melihat perbedaan nilai kekerasan (rockwell hardness) dari ketiga variasi *bentonite* (8%, 10%, dan 12%) yaitu untuk variasi 8% nilai kekerasannya adalah 104,7 HRC, untuk variasi 10% adalah 92,1 HRC, dan untuk variasi 12% adalah 81,8 HRC, maka hasilnya adalah variasi *bentonite* 10% merupakan variasi yang nilai kekerasannya tergolong lunak jika dibandingkan dengan kedua variasi lainnya.

4 . KESIMPULAN

Pada pengujian beban kejut (impact test) dengan metode *Charpy Impact Test*, diperoleh kekuatan beban kejut (impact strenght) dari bahan uji dengan variasi *bentonite* 8% adalah 0,1655 Kg.m/mm², variasi *bentonite* 10% adalah 0,2491 Kg.m/mm², dan variasi *bentonite* 12% adalah 0,2257 Kg.m/mm². Pada pengujian kekerasan (hardness test) dengan metode *Rockwell Hardness Test*, diperoleh nilai kekerasan *rockwell* dari bahan uji dengan variasi *bentonite* 8% adalah 100,23 HRC, variasi *bentonite* 10% adalah 82,1 HRC, dan variasi *bentonite* 12% adalah 100,86 HRC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yanto and M. Anas Hafidz Setiawan, "BESARNYA TEGANGAN LONGITUDINAL DAN TEGANGAN TANGENSIAL YANG TERJADI PADA DINDING BEJANA BERTEKANAN

-
- DI UNIT BPV (BACK PRESSURE VESSEL) AKIBAT ADANYA TEKANAN FLUIDA DARI DALAM PADA PT. XYZ,” *Jurnal Vokasi Teknik*, vol. 1, no. 3, pp. 8–18, Dec. 2023, doi: 10.12345/xxxxx.
- [2] G. Allegra Satoding, M. J. Azis Albar, and J. Sumbung, “A Study on The Effectiveness of Bentonite Adsorbent in Reducing Pb Metal Levels in Used Lubricating Oil Studi Efektivitas Adsorben Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Logam Pb pada Minyak Pelumas Bekas,” *Jurnal Sains dan Teknik Terapan*, vol. 2024, no. 1, pp. 20–26, Feb. 2024, [Online]. Available: <https://journal.akom-bantaeng.ac.id/index.php/jstt>
- [3] Geraldina, Taslimah, and R. Nuryanto, “Pemanfaatan Montmorillonit Terpilair Al-Cr pada Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B dengan Variasi Massa Adsorben dan Waktu Adsorpsi,” *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 19, no. 3, pp. 99–106, 2016.
- [4] R. Ella Estiarny, T. Emilia Agustina, T. Indah Sari, and R. Gayatri, “The Effect of Bentonite Activation and Its Application on Reducing Metal Ions Levels in Wastewater,” *J Teknol*, vol. 17, no. 2, pp. 115–122, Jul. 2025, doi: 10.24853/jurtek.17.2.115-122.
- [5] R. Derianto, M. Taufiqurrahman, and M. Ivanto, “Rancang Bangun Alat Uji Impact 100 Joule Type Charpy Skala Laboratorium (1)* Rizky Derianto, (2) Muhammad Taufiqurrahman, (3) Muhammad Ivanto,” *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN) Derianto, Taufiqurrahman & Ivanto*, vol. 5, no. 2, pp. 19–24, 2024.
- [6] C. Ruskandi, A. Siswanto, and R. Widodo, “Karakterisasi fisik dan kimiawi bentonite untuk membedakan natural sodium bentonite dengan sodium bentonite hasil aktivasi,” *Jurnal Polimesin*, vol. 18, no. 1, pp. 53–60, Feb. 2020.
- [7] R. Lumintang and F. Abdul Rauf, “PENGENALAN PENGGUNAAN ALAT UJI MATERIAL IMPACT TEST BAGI SISWA SMK DI TONDANO KABUPATEN MINAHASA,” *Jurnal Tekno Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 24–27, Oct. 2020.
- [8] A. Atikah, “EFEKTIFITAS BENTONIT SEBAGAI ADSORBEN PADA PROSES PENINGKATAN KADAR BIOETANOL,” *Distilasi*, vol. 2, no. 2, pp. 23–32, Sep. 2017.
- [9] A. Ilcham, O. Rama Gardatoga, and dan Ade Irma, “Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia ‘Kejuangan’ Karakter Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Bentonite Lokal Tulungagung dan Boyolali Mengacu Standar API 13A dengan Variasi Additive Polyamine,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* Yogyakarta: UPN “Veteran” Yogyakarta, May 2023, pp. 1–5.
- [10] S. Kurniadi, “Pembuatan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Plastik Dengan Takik,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 08, no. 1, pp. 20–24, Feb. 2019.
- [11] Musdalifah, M. Syahrir, and S. E. Putri, “Sintesis Komposit Bentonit-Fe₂O₃ serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Fenol Sintesis Komposit Bentonit-Fe₂O₃ serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Fenol Synthesis of Bentonite-Fe₂O₃ Composite and the Application in Photodegradation of Phenol Solution,” *Jurnal Chemica*, vol. 23, no. 2, pp. 9–17, Dec. 2022.
-