



Analisa Perbandingan Kekerasan Material Kuningan dan Aluminium dengan Metode Rockwell

Comparative Analysis Of The Hardness Of Brass and Aluminium Materials using The Rockwell Method

Uskar Rahman^{1,a)}, Wisma Soedarmadji¹,

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan

^{a)}Corresponding author: uskarrahman13@gmail.com

Abstrak

Bahan teknik seperti kuningan dan aluminium memiliki sifat yang berbeda sehingga banyak digunakan dalam kebutuhan industri. Salah satu sifat penting yang memengaruhi ketahanan material adalah kekerasan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat kekerasan kuningan dan aluminium menggunakan metode uji Rockwell, yang cepat dan sesuai untuk bahan relatif keras. Selain itu, dilakukan pula pengamatan struktur mikro untuk melihat pengaruhnya terhadap kekerasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aluminium memiliki nilai kekerasan rata-rata 29,0 (spesimen 1) dan 40,1 (spesimen 2), sedangkan kuningan mencapai 41,5 (spesimen 1) dan 24,0 (spesimen 2). Pengamatan struktur mikro memperlihatkan ukuran butir aluminium sekitar 0,0449 mm (44,9 µm), sementara kuningan 0,0318 mm (31,8 µm). Ukuran butir yang lebih kecil cenderung meningkatkan kekerasan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kuningan umumnya memiliki kekerasan lebih tinggi dibanding aluminium, dan perbedaan struktur mikro berperan dalam variasi sifat mekanik.

Kata Kunci: kuningan; aluminium; kekerasan; rockwell ; struktur mikro

Abstract

Engineering materials such as brass and aluminum have different properties, making them widely used in various industrial applications. One important property that influences material durability is hardness. This study aims to compare the hardness levels of brass and aluminum using the Rockwell test method, which is considered fast and suitable for relatively hard materials. In addition, microstructural observations were carried out to examine their influence on hardness. The test results showed that aluminum had an Average hardness value of 29.0 (specimen 1) and 40.1 (specimen 2), while brass reached 41.5 (specimen 1) and 24.0 (specimen 2). Microstructural analysis revealed that the Average Grain Size of aluminum was 0.0449 mm (44.9 µm), while brass had 0.0318 mm (31.8 µm). Smaller Grain sizes tend to increase hardness. Therefore, it can be concluded that brass generally has higher hardness than aluminum, and microstructural differences play a role in influencing these mechanical properties.

Keywords: brass; aluminum; hardness; rockwell ; microstructure

PENDAHULUAN

Material *hardness* atau kekerasan material adalah sifat dari suatu bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menahan tekanan, goresan, atau tusukan dari benda lain. Kekerasan menjadi salah satu faktor penting dalam memilih bahan teknik karena berkaitan dengan ketahanan terhadap aus atau keausan akibat gesekan.

Brass (kuningan) dan aluminum (aluminium) adalah dua jenis logam yang sering digunakan dalam dunia teknik karena memiliki sifat yang berbeda. Kuningan merupakan

campuran dari tembaga dan seng, memiliki kekuatan yang baik dan tahan terhadap karat. Sementara aluminium dikenal sebagai logam yang ringan, tahan karat, dan bisa menghantarkan panas dengan baik, namun kekerasannya lebih rendah.[1][2]

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa kekerasan logam bisa berubah tergantung pada jenis campuran logamnya, perlakuan panas, dan cara mendinginkannya. Menambahkan unsur tembaga atau seng pada aluminium dan kuningan, serta menggunakan media pendingin seperti oli, udara, atau minyak jarak bisa memengaruhi susunan

bagian dalam logam yang disebut struktur mikro, dan akhirnya memengaruhi kekerasannya[3][4][5]. Struktur mikro yang lebih halus bisa membuat logam menjadi lebih keras karena pergerakan di dalamnya jadi lebih terbatas [6][7].

Salah satu cara yang sering digunakan untuk mengukur kekerasan logam adalah *Rockwell hardness test*. Cara ini menggunakan bola baja atau ujung kerucut yang ditekan ke permukaan logam dengan beban tertentu, lalu diukur seberapa dalam tekanan tersebut masuk ke logam. Untuk logam seperti aluminium dan kuningan, digunakan skala HRB karena keduanya termasuk logam yang tidak terlalu keras [8][9][10].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kekerasan antara aluminium dan kuningan menggunakan metode *Rockwell hardness test* skala HRB. Penelitian ini juga ingin mengetahui apakah perbedaan bagian dalam (struktur mikro) kedua logam tersebut berpengaruh terhadap nilai kekerasannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu memilih bahan yang sesuai untuk keperluan teknik dan industri yang membutuhkan bahan tahan tekanan dan gesekan.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan penelitian secara berurutan:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan teori dan referensi yang berkaitan dengan sifat mekanik aluminium dan kuningan, khususnya terkait karakteristik kekerasan material, serta teori dan prosedur pengujian kekerasan metode Rockwell. Standar pengujian yang digunakan mengacu pada ASTM E18 tentang *Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*.

2. Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan berupa material aluminium dan kuningan berbentuk pelat dengan dimensi masing-masing sekitar $5 \times 25 \times 25$ mm. Ketebalan sampel diverifikasi mencukupi untuk pengujian skala HRB, sehingga efek substrat dapat dihindari sesuai rekomendasi ASTM E18. Permukaan spesimen dipreparasi dengan pengampelasan bertahap menggunakan kertas ampelas hingga *grit* 1000, kemudian dilakukan polishing untuk memperoleh permukaan yang halus, rata, dan bebas cacat permukaan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.

3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji *Rockwell* dengan skala HRB, menggunakan indenter bola baja berdiameter 1/16 inci dan beban mayor 100 kgf sesuai standar ASTM E18. Sebelum pengujian, alat dikalibrasi untuk memastikan keakuratan hasil. Setiap spesimen diuji pada tiga titik indentasi, dengan jarak antar

indentasi minimal 3 kali diameter jejak indentasi, serta jarak dari tepi spesimen minimal 2,5 kali diameter indentasi, guna menghindari pengaruh interaksi antar jejak dan efek tepi. Nilai kekerasan diperoleh secara langsung dari mesin uji sebagai nilai HRB berdasarkan kedalaman penetrasi indenter ke permukaan material.

4. Pengumpulan Data

Seluruh nilai kekerasan dari masing-masing titik uji pada setiap spesimen dicatat secara sistematis sebagai data primer penelitian.

5. Pengolahan Data

Data hasil pengujian diolah dengan menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi untuk masing-masing material. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan kekerasan antara aluminium dan kuningan yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas perbedaan karakteristik mekanik kedua material tersebut

Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang digunakan seperti yang tertera berikut ini:

1. *Hardness Tester* (Alat Uji Kekerasan *Rockwell*)

Adapun fungsinya mengukur tingkat kekerasan logam menggunakan skala *Rockwell*. Sedangkan untuk spesifikasinya sebagai berikut:

- . Tipe: *Rockwell Hardness Tester* digital
 - a. Skala: HRB (*Rockwell B*)
 - b. Indenter: Bola baja 1/16 inci
 - c. Beban: 100 kgf
 - d. Hasil: Skala HRB
 - e. Merek: Portable Leeb *Hardness Tester Steel Metal Pen Type Hardness* Besi Logam

2. Mikroskop Metalografi

Adapun fungsinya mengamati struktur mikro logam setelah dipoles dan diberi larutan etsa. Sedangkan untuk spesifikasinya sebagai berikut:

- . Tipe: Mikroskop optik pantul
 - a. Pembesaran: 100x – 1000x
 - b. Sumber cahaya: Cahaya pantul (*reflected light*)
 - c. Merek: Olympus BH-2 BHT

3. Gerinda Mesin Gerinda Tangan

Adapun fungsinya membentuk dan meratakan permukaan spesimen logam sebelum dipoles. Sedangkan untuk spesifikasinya sebagai berikut:

- . Tipe: Gerinda tangan
 - a. Daya: 200–500 watt
 - b. Ukuran batu gerinda: ± 6 inci
 - c. Merek: Makita

4. Aluminium

- . Jenis: Aluminium komersial seri 6061
 - a. Bentuk: Pelat
 - b. Ukuran: $5 \times 25 \times 25$ mm
 - c. Warna: Perak mengkilap

- d. Kondisi: Belum mengalami perlakuan panas (as received)
- e. Sumber: Dibeli dari distributor bahan teknik lokal
5. Kuningan
- . Jenis: Kuningan kuning (Cu ± 60–70%, Zn ± 30–40%)
 - a. Bentuk: Pelat
 - b. Ukuran: 5 x 25 x 24 mm
 - c. Warna: Kuning keemasan
 - d. Kondisi: Belum mengalami perlakuan panas (as received)
 - e. Sumber: Dibeli dari distributor logam non-ferro

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan *Rockwell* (HRB) dilakukan terhadap dua jenis material: aluminium dan kuningan. Masing-masing diuji dalam dua kelompok (Aluminium 1 & 2 dan Kuningan 1 & 2).

Tabel 1. Penyajian nilai kekerasan rata-rata yang diperoleh.

N o	Jenis Bahan	Beban Mayor (kg)	Beban Minor (kg)	Waktu detik	Jenis Skala	Warna	Harga kekerasan (HRB)	Rata-rata kekerasan (HRB)
1.	Aluminium 1	100 kg	10 kg	3 detik	Steel ball 1/16 in	Merah	23,8 37,3 25,9	29,0
2.	Aluminium 2	100 kg	10 kg	3 detik	Steel ball 1/16 in	Merah	29,7 42,9 47,7	40,1
3.	Kuningan 1	100 kg	10 kg	3 detik	Steel ball 1/16 in	Merah	26,4 57,5 40,5	41,5
4.	Kuningan 2	100 kg	10 kg	3 detik	Steel ball 1/16 in	Merah	16,7 21,8 33,4	24,0

Berikut adalah rumus umum menghitung rata-rata [11] :

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3)}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = nilai rata-rata

x_1, x_2, x_3 = data nilai kekerasan

n = jumlah data

Adapun cara menghitung rata-rata kekerasan HRB adalah sebagai berikut:

Aluminium 1:

$$\bar{x} = \frac{(23.8 + 37.3 + 25.9)}{3} = \frac{87.0}{3} = 29.0$$

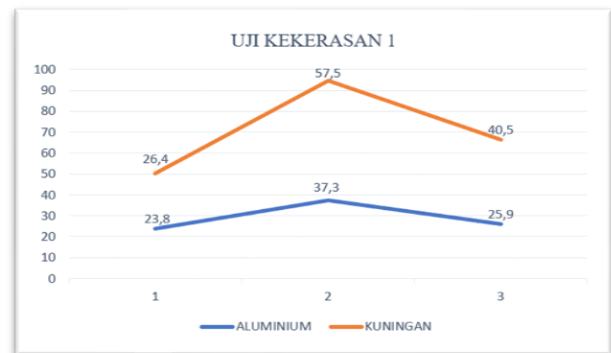
Aluminium 2:

$$\bar{x} = \frac{(29.7 + 42.9 + 47.7)}{3} = \frac{120.3}{3} = 40.1$$

$$\text{Kuningan 1:} \quad \bar{x} = \frac{(26.4 + 57.5 + 40.5)}{3} = \frac{124.4}{3} = 41.5$$

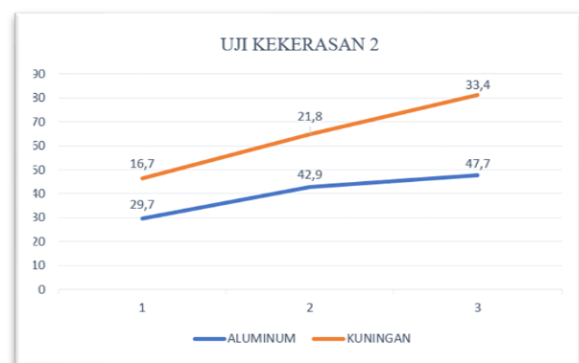
$$\text{Kuningan 2:} \quad \bar{x} = \frac{(16.7 + 21.8 + 33.4)}{3} = \frac{71.9}{3} = 24.0$$

Analisis Grafik Kekerasan Material Aluminium dan Kuningan



Gambar 1. Grafik Uji kekerasan 1

Hasil uji menunjukkan bahwa kuningan 1 memiliki rata-rata kekerasan lebih tinggi (41,5 HRB) dibandingkan Aluminium 1 (29,0 HRB). Hal ini selaras dengan temuan [6] yang menyatakan bahwa penambahan aluminium pada kuningan dapat meningkatkan kekerasan logam. Penelitian [12] ini juga menunjukkan bahwa paduan aluminium-kuningan memberikan peningkatan signifikan terhadap kekuatan impact.



Gambar 2. Grafik Uji Kekerasan 2

Sebaliknya, Aluminium 2 menunjukkan nilai kekerasan lebih tinggi (40,1 HRB) dibandingkan Kuningan 2 (24,0 HRB). Perbedaan ini menunjukkan adanya variasi karakteristik material yang memengaruhi sifat mekaniknya. Namun, dalam penelitian ini belum dilakukan pengujian komposisi kimia maupun identifikasi perlakuan panas terhadap material, sehingga faktor penyebab peningkatan kekerasan tersebut belum dapat dipastikan secara langsung. Oleh karena itu, perbedaan nilai kekerasan

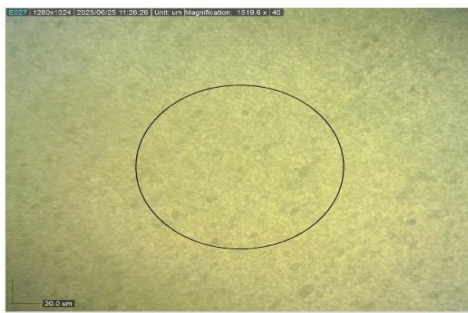
ini masih bersifat dugaan dan perlu dikaji lebih lanjut melalui uji komposisi material dan riwayat perlakuan panas pada penelitian berikutnya.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Kekerasan HRB Pada Material Aluminium Dan Kuningan.

Dari grafik perbandingan rata-rata HRB, diketahui bahwa Kuningan 1 memiliki kekerasan tertinggi (41,5 HRB), sementara Kuningan 2 memiliki nilai terendah (24,0 HRB). Sementara itu, Aluminium 2 menunjukkan kekerasan yang mendekati Kuningan 1, bahkan lebih tinggi dibandingkan Kuningan 2. Temuan ini memperkuat pernyataan bahwa komposisi kimia, perlakuan panas, dan kondisi fabrikasi sangat memengaruhi sifat mekanik logam

Data Hasil Uji Struktur Mikro Material Aluminium dan Kuningan



Gambar 4. Pengujian Struktur Mikro Pada Material Aluminium

Dari gambar di atas setelah ditentukan diameter lingkaran 8 cm dan dilakukan perhitungan untuk menentukan garis yang berada di dalam lingkaran (n_1) dan garis yang bersinggungan (n_2) dengan pembesaran 200x sehingga berdasarkan tabel pengali *Jefferies*, maka:

Diketahui :

$$n_1 = 64$$

$$n_2 = 21$$

Sehingga, menurut Wadzi 2024 [14], untuk menghitung butir-butir struktur yang ada dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$G = [3,32 \text{ Log } (N_a) - 2,95]$$

$$N_a = f \left(\frac{n_1 + n_2}{2} \right)$$

$$\text{Luas } 5000 \text{ mm}^2$$

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \cdot 8^2$$

$$= 200,96$$

$$D = 2 \cdot r$$

$$D = 2,8$$

$$= 16 \text{ cm}$$

$$n_1 = 64$$

$$n_2 = 21$$

Sehingga diketahui :

$G =$ (Besar butir dirujuk ke tabel *jefferies* untuk mencari nilai diameter butir μm)

$N_a =$ (Jumlah butir *perlite*)

$f =$ (Faktor pengali pada tabel *Jefferies*)

$n_1 =$ (Jumlah butir yang didalam lingkaran)

$n_2 =$ (Jumlah butir yang diluar dan didekat garis lingkaran)

Tabel 2. Faktor Pengali *Jefferies* Berdasarkan Pembesaran Mikroskop

Pembesaran (x)	Faktor Pengali (f)
1	0,002
25	0,125
50	0,5
75	1,125
100	2
200	8
300	18
500	50
1000	200

Keterangan: f adalah faktor pengali *Jefferies* pada metode ASTM E112

Sumber: Metode *Jefferies* ASTM E112-Standard Test Methods for Determining Average Grain Size

Maka :

$$N_a = f \left(\frac{n_1 + n_2}{2} \right) = 8 \left(\frac{64 + 21}{2} \right)$$

$$= 8 (68 + 10,5)$$

$$= 8 (78,5)$$

$$= 628$$

Sehingga :

$$G = (3,32 \log (N_a) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log (628) - 2,95)$$

$$G = 3,32 \cdot 2,79 - 2,95$$

$$= 9,26 - 2,95$$

$$= 6,31$$

Berdasarkan pada tabel 4.2 ASTM E112 dan hasil penelitian Ilahi [15], maka nilai G yang paling mendekati dari nilai $G = 6,31$ adalah 6,0 jadi yang dipilih $G = 6,0$. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai $G = 32,0$ maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada spesimen 1 memiliki diameter rata-rata sebesar 0,0449 mm atau 44,9 μm .

Tabel 3. Grain Size ASTM Material Aluminium

Grain Size No. G	N_A Grain sUnit Area	Average Diameter	Average Diameter	Mean Intercep t	N_A
------------------	------------------------	------------------	------------------	-----------------	-------

	$\mu\text{m}^2 10\times$	$\mu\text{m}^2 1\times$	mm^2	μm^2	mm^2	μm^2	m^2	μm^2	No. μm
00	0.25	3.88	0.258	25806	0.508	508.0	0.4525	452.	2.21
			1	4	0			5	
0	0.50	7.75	0.129	12903	0.359	359.2	0.3200	320.	3.12
			0	2	2			0	
0,5	0.71	10.96	0.091	91239	0.302	302.1	0.2691	269.	3.72
			2		1			1	
1,0	1.00	15.50	0.0645	64516	0.254	254.0	0.2263	226.	4.42
					0			3	
1,5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.213	213.6	0.1903	190.	5.26
					6			3	
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.179	179.6	0.1600	160.	6.25
					6			0	
2,5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.151	151.0	0.1345	134.	7.43
					0			5	
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.127	127.0	0.1131	113.	8.84
					0			1	
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.106	106.8	0.0951	95.1	10.5
					8			1	
4.0	8.00	124.00	0.0080	8065	0.069	89.8	0.0800	80.0	12.5
			6		8			0	
4.5	11.31	175.36	0.0057	5703	0.075	75.5	0.0673	67.3	14.8
			0		5			7	
5.0	16.00	248.00	0.0040	4032	0.063	63.5	0.0566	56.6	17.6
			3		5			8	
5.5	22.63	350.73	0.0028	2851	0.053	53.4	0.0476	47.6	21.0
			5		4			2	
6.0	32.00	496.00	0.0020	2016	0.044	44.9	0.0400	40.0	25.0
			2		9			0	
6.5	45.25	701.45	0.0014	1426	0.037	37.8	0.0336	33.6	29.7
			3		8			3	
7.0	64.00	992.00	0.0010	1008	0.031	31.8	0.0283	28.3	35.3
			1		8			6	
7.5	90.51	1402.9	0.0007	713	0.026	26.7	0.0238	23.8	42.0
			1		7			4	
8.0	128.00	1984.0	0.0005	504	0.022	22.5	0.0200	20.0	50.0
			0		5			0	
8.5	181.02	2805.8	0.0003	356	0.018	18.9	0.0168	16.8	59.4
			6		9			6	
9.0	256.00	3968.0	0.0002	252	0.015	15.9	0.0141	14.1	70.7
			5		9			1	
9.5	362.04	5611.6	0.0001	178	0.013	13.3	0.0119	11.9	84.0
			8		3			9	
10.0	512.00	7936.0	0.0001	126	0.011	11.2	0.0100	10.0	100.
			3		2			0	
10.5	724.08	11223.2	0.0000	89.1	0.009	9.4	0.0084	8.4	118.
			69		4			9	
11.0	1024.0	15872.0	0.0000	63.0	0.007	7.9	0.0071	7.1	141.
	0		63		9			4	
11.5	1448.1	22446.4	0.0000	44.6	0.006	6.7	0.0060	5.9	168.
			45		7			2	
12.0	2048.0	31744.1	0.0000	31.5	0.005	5.6	0.0050	5.0	200.
	0		32		6			0	
12.5	1448.1	44892.9	0.0000	22.3	0.004	4.7	0.0042	4.2	237.
	5		22		7			8	
13.0	4096.0	63488.1	0.0000	15.8	0.004	4.0	0.0035	3.5	282.
	0		16		0			8	
13.5	5792.6	69785.8	0.0000	11.1	0.003	3.3	0.0030	3.0	336.
	2		11		3			4	
14.0	8192.0	126976.3	0.0000	7.9	0.002	2.8	0.0035	2.5	400.
	0		8		8			0	

Struktur Mikro Material Kuningan



Gambar 2. Pengujian Struktur Mikro Pada Material Kuningan

Dari gambar diatas setelah ditentukan diameter lingkaran 8 cm dan dilakukan perhitungan untuk menentukan garis yang berada di dalam lingkaran (n_1) dan garis yang bersinggungan (n_2) dengan pembesaran 200x sehingga berdasarkan tabel pengali *Jefferies*, maka:

Diketahui : $n_1 = 104$

$n_2 = 33$

Sehingga, menurut Wadzi 2024 [14], untuk menghitung butir-butir struktur yang ada dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$G = [3,32 \log (Na) - 2,95]$$

$$N_a = f \frac{(n_1 + n_2)}{2}$$

$$\text{Luas } 5000 \text{ mm}^2$$

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \cdot 8^2$$

$$= 200.96$$

$$D = 2.r$$

$$D = 2.8 = 16 \text{ cm}$$

$$n_1 = 104$$

$$n_2 = 33$$

Sehingga diketahui :

$G =$ (Besar butir dirujuk ke tabel *jefferies* untuk mencari nilai diameter butir μm)

$Na =$ (Jumlah butir *perlite*)

$f =$ (Faktor pengali pada tabel *Jefferies*)

$n_1 =$ (Jumlah butir yang didalam lingkaran)

$n_2 =$ (Jumla butir yang diluar dan didekat garis lingkaran)

Tabel 4. Faktor Pengali *Jefferies* Berdasarkan Pembesaran Mikroskop

Pembesaran (x)	Faktor Pengali (f)
1	0,002
25	0,125
50	0,5
75	1,125
100	2
200	8
300	18
500	50
1000	200

Keterangan: f adalah faktor pengali *Jefferies* pada metode ASTM E112

Sumber: Metode *Jefferies* ASTM E112-Standard Test Methods for Determining Average Grain Size

Maka :

$$N_a = f \left(n_1 \frac{n_2}{2} \right) = 8 \left(104 + \frac{33}{2} \right)$$

$$= 8 (104 + 16,5)$$

$$= 8 (120,5)$$

$$= 964$$

Sehingga :

$$G = (3,32 \log (N_a) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log (964) - 2,95)$$

$$G = 3,32 \cdot 2,98 - 2,95$$

$$= 9,89 - 2,95$$

$$= 6,94$$

Berdasarkan pada tabel 4.3 ASTM E112 dan hasil penelitian illahi [15], maka nilai G yang paling mendekati dari nilai G = 6,94 adalah 7,0 jadi yang dipilih G = 7,0. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai G = 64,0 maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada specimen 2 memiliki diameter rata-rata sebesar 0,0318 mm atau 31,8 μm .

Tabel 5. Grain Size ASTM E112

Grain Size No.	N_A	Grain sUnit Area	Average Diameter	Average Diameter	Mean Intercept	N_A
G		$\mu\text{m}^2 100 \mu\text{m}^2 1x$	$\text{mm}^2 \mu\text{m}^2$	$\text{mm} \mu\text{m}^2$	$\text{mm} \mu\text{m}^2$	No. μm
00	0.25	3.88	0.2581 258064	0.5080 508.0	0.4525 452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290 129032	0.3592 359.2	0.3200 320.0	3.12
0,5	0.71	10.96	0.0912 91239	0.3021 302.1	0.2691 269.1	3.72
1,0	1.00	15.50	0.0645 64516	0.2540 254.0	0.2263 226.3	4.42
1,5	1.41	21.92	0.0456 45620	0.2136 213.6	0.1903 190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323 32258	0.1796 179.6	0.1600 160.0	6.25
2,5	2.83	43.84	0.0228 22810	0.1510 151.0	0.1345 134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161 16129	0.1270 127.0	0.1131 113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114 11405	0.1068 106.8	0.0951 95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.00806 8065	0.0698 89.8	0.0800 80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570 5703	0.0755 75.5	0.0673 67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403 4032	0.0635 63.5	0.0566 56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285 2851	0.0534 53.4	0.0476 47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202 2016	0.0449 44.9	0.0400 40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143 1426	0.0378 37.8	0.0336 33.6	29.73
7.0	64.00	992.00	0.00101 1008	0.0318 31.8	0.0283 28.3	35.36
7.5	90.51	1402.9	0.00071 713	0.0267 26.7	0.0238 23.8	42.04
8.0	128.00	1984.0	0.00050 504	0.0225 22.5	0.0200 20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036 356	0.0189 18.9	0.0168 16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025 252	0.0159 15.9	0.0141 14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018 178	0.0133 13.3	0.0119 11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013 126	0.0112 11.2	0.0100 10.0	100.0
10.5	724.08	11223.2	0.00006 89.1	0.0094 9.4	0.0084 8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.00006 63.0	0.0079 7.9	0.0071 7.1	141.4
11.5	1448.15	22446.4	0.00004 44.6	0.0067 6.7	0.0060 5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.00003 31.5	0.0056 5.6	0.0050 5.0	200.0
12.5	1448.15	44892.9	0.00002 22.3	0.0047 4.7	0.0042 4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.00001 15.8	0.0040 4.0	0.0035 3.5	282.8
13.5	5792.62	69785.8	0.00001 11.1	0.0033 3.3	0.0030 3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.00008 7.9	0.0028 2.8	0.0035 2.5	400.0

Analisis Ukuran Butir Berdasarkan ASTM E112

Dari kedua material tersebut, pada material aluminium jumlah Butiran yang terlihat 6,28 dengan ukuran butiran menurut standar ASTM E112: G =6,0. Sedangkan untuk

material Kuningan jumlah butir yang terlihat:964 dengan ukuran butir menurut standar ASTM E112 :G= 7,0 . Sehingga dapat di Analisa bahwa semakin besar nilai G maka semakin kecil ukuran butirnya . Maka dari itu dapat kita simpulkan bahwa Kuningan memiliki butiran yang lebih halus atau lebih kecil di dibandingkan logam murni aluminium. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa struktur mikro kuningan yang lebih halus ini berkontribusi pada peningkatan sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik.

Ucapan Terima Kasih

Atas terselesaikannya penelitian dan analisa data hingga selesai, maka disampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember dan PT. *Manufactur Dynamic* Indonesia yang telah memberikan fasilitas dan pendampingan hingga terselesaikannya kegiatan penelitian.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *Rockwell* dan analisis struktur mikro terhadap material aluminium dan kuningan, dapat disimpulkan bahwa kuningan spesimen 1 memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 41,5 HRB, diikuti oleh aluminium spesimen 2 sebesar 40,1 HRB, aluminium spesimen 1 sebesar 29,0 HRB, dan kuningan spesimen 2 sebesar 24,0 HRB. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi paduan serta perlakuan teknis sangat berpengaruh terhadap kekerasan material. Peningkatan kekerasan pada aluminium spesimen 2 diduga disebabkan oleh perlakuan panas atau adanya unsur tambahan seperti tembaga atau magnesium, sedangkan rendahnya kekerasan pada kuningan spesimen 2 mengindikasikan pengaruh perbedaan komposisi atau proses manufaktur yang kurang optimal. Selain itu, ukuran butir kuningan yang lebih kecil dengan nilai G sebesar 7,0 (31,8 μm) dibandingkan aluminium dengan nilai G sebesar 6,0 (44,9 μm) menunjukkan bahwa struktur mikro yang lebih halus berkorelasi dengan nilai kekerasan yang lebih tinggi, sehingga menegaskan pentingnya pengendalian struktur mikro dalam meningkatkan sifat mekanik logam.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar kajian lebih menekankan pada aspek aplikasi material sesuai kebutuhan industri, serta dilakukan pengujian tambahan seperti uji tarik dan uji komposisi kimia guna memperoleh karakterisasi material yang lebih komprehensif. Selain itu, penggunaan standar material yang lebih spesifik juga perlu ditambahkan agar hasil penelitian dapat dibandingkan secara lebih akurat dengan referensi internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Qate'a, A. Mohammed, and M. Jweeg, "Comparative study on the formability of Aluminum 1100 and Brass CuZn37 in SPIF," *Eng. Technol. J.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–18, 2024, doi: 10.30684/etj.2024.151769.1784.
- [2] S. A. Ajeel and Z. Karm, "Mechanical and Corrosion Properties of Cold Working Brass," vol. 9, no. 7, pp. 9–13, 2017.
- [3] A. I. Fatahillah, U. Lesmanah, and I. Choitotin, "Analisis Kekerasan Pada Pengecoran Aluminium Paduan Kuningan Dengan Menggunakan Oli, Udara, dan Minyak Jarak Sebagai Media Pendingin," *J. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 3, pp. 17–21, 2024.
- [4] T. Setiabudi *et al.*, "Analisis Pengecoran Aluminium (Al) Dengan Paduan Kuningan (CuZn) Dan Variasi Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan," *Jur. Tek. Mesin Univ. Islam Malang*, no. 1, pp. 26–31, 2021.
- [5] A. I. Ramadhani *et al.*, "Pengaruh Komposisi Cu-Zn Terhadap Tingkat Kekerasan Dan Struktur Mikro Aluminium Die Casting (Adc) 12 Sebagai Bahan Propeller," *J. Bluefin Fish.*, vol. 3, no. 2, p. 32, 2022, doi: 10.15578/jbf.v3i2.114.
- [6] E. Nugroho, "Pengaruh Unsur Aluminium Dalam Kuningan Terhadap," no. 115, pp. 10–15, 2012.
- [7] A. R. Putra Utama, N. Muhayat, and T. Triyono, "Pengaruh volume Zn terhadap kekerasan dan struktur mikro pada friction stir processing aluminium AA 1100," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 42–46, 2019, doi: 10.36289/jtmi.v14i2.129.
- [8] A. T. Kurniawan, "Analisa Kekerasan Bahan dalam Proses Pengecoran Aluminium Sebagai Bahan Pembuatan Blok Silinder Motor Bakar," *J. Ilm. Mhs. Tek. [JIMT]*, vol. 4, no. 2, pp. 98–110, 2024.
- [9] M. Sulaeman, H. Budiman, and E. Koswara, "Proses Uji Dimensi, Uji Kekerasan dengan Metode Rockwell dan Uji Komposisi Kimia pada Cangkul di Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM) Bandung," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 539–543, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1460>
- [10] K. Herman and J. P. Sugiono, "Studi Pengukuran Kekerasan Benda dengan Analisa Spektral," *J. Informatics Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 65–74, 2023, doi: 10.30741/jid.v1i2.1091.
- [11] L. Ariyani and N. La Djamudi, "Meningkatkan Keterampilan Membaca melalui Metode Suku Kata pada Mata Pelajaran Bahasa Indonesia Siswa Kelas III Sekolah Dasar," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 1, no. 1, pp. 139–146, 2023, [Online]. Available: <http://www.jurnal-umbuton.ac.id/index.php/prosahttps://doi.org/10.35326/prosa.v8i4.4253>
- [12] K. Dhalia and N. Jain, "Testing Of Material Strength Of Brass Mixed With Aluminum Metal," *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [13] M. N. Nwigbo, "Effects of Heat Treatment on the Strength and Hardness of Hot Rolled 2Sr, 3Sr and 8Sr Aluminium Alloys," *Int. J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 2, no. 1, p. 28, 2019, [Online]. Available: www.abjournals.org
- [14] F. Wazdi, "Efek pemberian campuran cuka dan air garam terhadap laju korosi material ss hl 201 dan ss hl 304," vol. 7, no. 1, pp. 29–38, 2024.
- [15] W. N. Ilahi, M. Mas'ud, and M. Huda, "Pengaruh Jenis Elektroda E6013 Pada Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Baja Kontruksi Jis G3350," *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 68–76, 2023, doi: 10.35891/jmmt.v4i2.4426.