

ANALISIS PERUBAHAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PERLAKUAN PANAS PRODUK PANDAI BESI DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN BATANG PISANG

Sailon ¹⁾, Samsul Rizal ²⁾

¹⁾²⁾ Staf Pengajar Jurusan Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

ABSTRAK

Salah satu rangkaian proses pengerjaan logam yang dilakukan oleh pandai besi adalah proses pendinginan, dimana media pendingin yang biasa dilakukan oleh pandai besi selama ini adalah air. Dari hasil pengamatan di lapangan penulis menemukan ada seorang pandai besi yang melakukan pendinginan dengan media batang pisang. Tujuan penelitian ini adalah meneliti perubahan-perubahan sifat mekanik dari logam (terutama sifat kekerasannya) akibat perlakuan pendinginan dengan batang pisang pada berbagai variasi waktu. Pada penelitian ini variasi waktu pendinginan diambil 1, 3, 5, 10 dan 15 menit. Dari kelima variasi waktu tersebut diharapkan didapatkan waktu pendinginan yang paling optimum. Berdasarkan analisa data hasil pengujian dan analisis foto struktur mikro sampel, kesimpulan yang didapat adalah, dengan menggunakan media pendingin batang pisang terjadi penurunan kekerasan. Penurunan ini disebabkan karena laju pendinginan yang lambat. Waktu pendinginan yang paling optimum adalah 5 menit. Unsur-unsur kimia pada batang pisang tidak memberikan pengaruh terhadap perubahan sifat mekanik logam.

Kata Kunci : Perlakuan Panas, Kekerasan, struktur mikro, variasi waktu, batang pisang

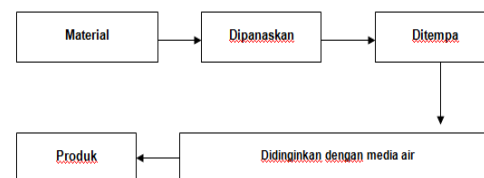
1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri akhir-akhir ini tertuju pada bagaimana suatu produk yang dihasilkan dapat memuaskan konsumen/pelanggan. Suatu perusahaan atau industri berlomba-lomba untuk menguasai pangsa pasar, meningkatkan kepuasan konsumen sebagai perantaranya. Kepuasan tentu saja erat kaitannya dengan kualitas produk.

Kompetisi yang semakin ketat, secara langsung memberikan tekanan kepada perusahaan atau industri untuk semakin meningkatkan kualitas produknya dalam upaya meningkatkan kepuasan pelanggan. Memperbaiki kualitas produk terus-menerus merupakan sesuatu hal yang penting dalam membangun masa depan perusahaan/industri yang berkelanjutan agar bisa tetap eksis.

Begitu juga halnya apa yang dilakukan oleh seorang pemilik usaha kecil dibidang pandai besi tempat penulis melakukan observasi penelitian ini. Salah

satu usaha yang telah dilakukannya dalam upaya meningkatkan kualitas produknya adalah sebagai berikut; produk tempa seperti parang, (hasil proses pada gambar 1), dipanaskan kembali kemudian didinginkan dengan menggunakan media pendingin batang pisang. Gambar 1 dan 2 menunjukkan aliran proses pembuatan produk pandai besi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan.



Gambar 1 Aliran Proses Pembuatan Produk Pandai Besi Sebelum Perbaikan



Gambar 2. Aliran Proses Pembuatan Produk Pandai Besi Setelah Perbaikan

Dari hasil wawancara penulis kepada pemilik usaha "Produk tempa yang dimasukkan kedalam batang pisang (selanjutnya disebut pendinginan) maka akan semakin baik kualitasnya, (dalam hal ini ketajamannya meningkat, tidak mudah gompal serta life timenya/umur pakai sampai diasah kembali meningkat). Akan tetapi faktor-faktor apa saja yang diduga dapat meningkatkan kualitas produk tersebut belum diteliti secara pasti.

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi meningkatnya kualitas produk tempa seperti ; Jenis bahan baku, temperatur pemanasan, waktu pendinginan, laju pendinginan, media pendingin dan keahlian orang yang mengerjakan (pandai besinya)

Karena banyak sekali faktor-faktor yang diduga yang dapat memberikan pengaruh terhadap kenaikan kualitas produk tempa, sebagaimana yang telah dikemukakan di atas, pada penelitian ini penulis membatasi diri (memfokuskan) penelitian ini pada faktor waktu pendinginan, dengan kata lain variabel bebasnya adalah waktu pendinginan dan variabel lainnya (jenis bahan baku, temperatur pemanasan, jenis batang pisang dan orang yang mengerjakannya dikonstantkan), dengan pertimbangan bahwa: 1. Untuk faktor jenis bahan baku dan temperatur, dari banyak literatur dan penelitian sudah jelas memberikan pengaruh terhadap perubahan sifat mekanik logam. Jenis bahan baku dan temperatur pemanasan yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda. Oleh karena itu dalam penelitian ini tidak akan diteliti lagi (kedua faktor tersebut dikonstantkan).

2. Dari faktor lainnya, seperti jenis batang pisang, unsur-unsur kimia yang terkandung dalam air batang pisang, orang yang mengerjakan (pandai besinya), dan waktu pendinginan. Dari faktor-faktor ini, diduga kuat bahwa waktu pendinginan inilah yang memberikan pengaruh yang terbesar terhadap

kenaikan kualitas produk tempa tersebut sehingga faktor waktu ini dijadikan variabel bebasnya.

Pada penelitian ini waktu pendinginan divariasikan yaitu: 1 menit, 3 menit, 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Selain itu akan ditinjau pula apakah ada pengaruh unsur-unsur kimia yang terdapat pada batang pisang, untuk itu dalam penelitian ini komposisi kimia dalam batang pisang akan dilakukan pengecekan juga. Jenis pisang yang digunakan adalah pisang nangka (*Musa Paradisiaca Normalis*) [1].

Untuk mengetahui/menganalisis perubahan-perubahan sifat mekanis logam sampel (dalam hal ini kekerasannya), pada penelitian ini akan dilakukan uji kekerasan dan uji struktur-mikro. Uji struktur mikro dilakukan pada arah potongan melintang dan memanjang.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perubahan-perubahan sifat mekanik yang terjadi pada logam sampel sehingga dapat ditarik kesimpulan apa yang dilakukan oleh pandai besi tempat melakukan penelitian ini dapat diterima secara ilmiah atau tidak.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi dunia pendidikan sebagai pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ditemukannya jenis media pendingin yang baru maka akan menambah perbendaharaan media pendingin.
2. Bagi industri pandai besi sendiri, akan meningkatkan pangsa pasar karena kualitas produk yang baik (memenuhi keinginan konsumen). Secara ekonomis dapat meningkatkan nilai tambah.

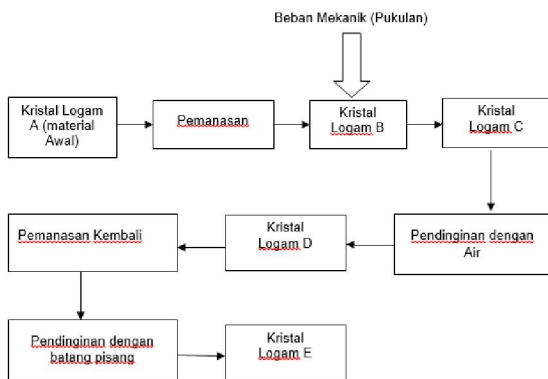
Hipotesa yang diambil pada penelitian ini adalah Media Pendinginan Batang Pisang Memberikan Pengaruh Terhadap Perubahan Kekerasan dan Struktur Mikro Logam.

1.1 Proses Pembentukan Logam

Umumnya bentuk mula produk logam berupa batangan (ingot) yang dihasilkan dari proses pengolahan bijih besi melalui dapur tinggi. Selanjutnya untuk dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, logam yang berupa ingot tersebut memerlukan pengolahan lanjut berupa pengerjaan mekanik menjadi batang, kawat, pipa, pelat, benda-benda tempa dan sebagainya.

Berdasarkan temperatur pembentukannya pengerjaan logam diklasifikasikan pada dua jenis yaitu: pengerjaan panas (Hot working) dan pengerjaan dingin (Cold working). Pengerjaan panas adalah proses pembentukan logam yang dilakukan di atas suhu rekristalisasi. Pengerjaan dingin adalah proses pembentukan logam yang dilakukan di bawah suhu rekristalisasi. Suhu rekristalisasi logam berkisar antara $0,35 \div 0,6$ dari titik cairnya [2].

Proses Pembentukan Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang



Gambar 3. Diagram Alir Perubahan Kristal Logam Pada Proses Pembuatan Produk Pandai Besi Dengan Media Pendingin Batang Pisang

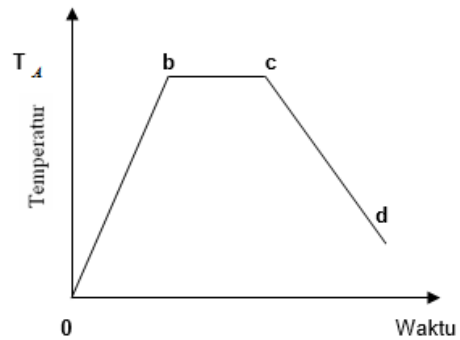
1.2 Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan suatu logam terhadap deformasi plastis karena pembebanan pada permukaan yang berupa beban tekan atau goresan. Kekerasan merupakan suatu sifat dari logam yang sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Kekerasan dapat berubah karena pengaruh dari pengerjaannya, seperti pengerjaan panas atau pengerjaan dingin. Selain itu kekerasan dapat berubah karena perlakuan panas padanya.

1.3 Perlakuan Panas

Perlakuan Panas adalah proses pemanasan logam yang diikuti dengan pendinginan dimana tujuannya adalah untuk memperoleh sifat logam baru yang kita inginkan. Secara umum, proses perlakuan panas adalah sebagai berikut :

1. Memanaskan logam sampai suhu tertentu
2. Mempertahankan temperatur pemanasan dalam waktu tertentu
3. Mendinginkan dengan media pendingin pada laju tertentu. Proses ini dapat ditunjukkan melalui gambar 4.



Gambar 4. Diagram Perlakuan

Panas

Keterangan :

o – b : Pemanasan

T_A : Temperatur Holding time

c – d : Laju Pendinginan

1.4 Hardening (Pengerasan)

Salah satu jenis perlakuan panas adalah hardening (pengerasan), yang tujuannya antara lain untuk memperoleh sifat kekerasan dan kekuatan logam yang lebih baik dari sebelum dilakukan hardening. Hardening dilakukan dengan memanaskan logam pada temperatur austenit kemudian mendinginkannya dengan media pendingin secara cepat (quenching) yang dimaksudkan untuk mengubah austenit menjadi martensit. Kekerasan yang dicapai tergantung pada beberapa faktor yaitu: kandungan karbon, laju pemanasan, holding time, jenis media pendingin dan laju pendinginan.

1. Kandungan Karbon dan Temperatur Pemanasan

Kandungan karbon sangat menentukan kenaikan kekerasan dari logam yang dihardening. Secara umum temperatur austenisasi untuk baja hypoeutectoid (< 0,83 % C) adalah 30°C - 60°C di atas

temperatur A₃, untuk baja hypereutectoid (>

0,83% C) 30°C – 60°C di atas temperatur A₁ [3]. Temperatur pemanasan dapat ditentukan dengan menggunakan diagram Besi – karbon seperti tertera pada gambar 5

2. Holding Time

Lamanya holding time tergantung pada jenis baja dan temperatur austenisasi yang dipakai. Beberapa pedoman untuk menentukan holding time. Baja karbon dan baja paduan rendah 5 ÷ 15 menit, baja karbon dan baja paduan menengah 25 ÷ 15 menit.

3. Laju Pemanasan

Pemanasan dengan laju yang sangat lambat, austenit yang terbentuk sudah homogen tidak perlu lagi holding time. Pada dasarnya temperatur austenisasi dan holding time dapat ditentukan melalui diagram transformasi untuk pemanasan.

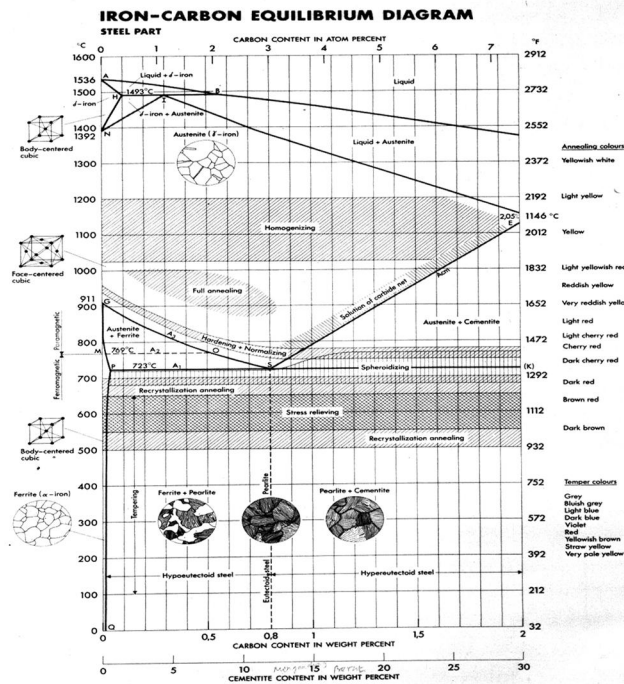
4. Laju Pendinginan

Laju pendinginan sangat menentukan terjadinya perubahan sifat mekanik dari logam. Gambar 9 memperlihatkan diagram C-C-T suatu baja yang dipanaskan pada temperatur Austenisasi (garis A), Pada kondisi ini baja

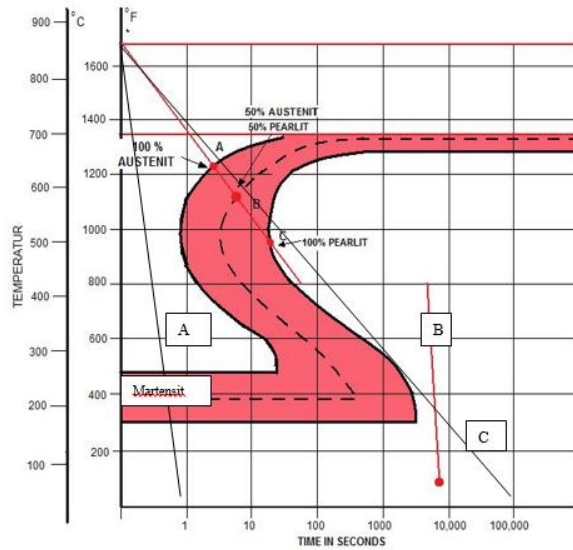
mempunyai struktur mikro Austenit dan Ferit. Kemudian didinginkan secara cepat (1 detik) sehingga akan terbentuk Martensit. Garis C Suatu baja dipanaskan pada temperatur Austenisasi, lalu didinginkan selama 10.000 detik. garis C tersebut menyentuh kurva transformasi sehingga terbentuk Austenit dan Perlit. Demikian seterusnya semakin cepat waktu pendinginan, garis transformasi akan bergerak kesebelah kiri menjauhi kurva dan sebaliknya semakin lambat waktu pendinginan garis transformasi akan bergerak kesebelah kanan mendekati atau melewati kurva transformasi. Pendinginan yang lambat akan terbentuk: Ferit, Perlit dan sementit. Pendinginan yang cepat akan terbentuk struktur mikro Martensit. Gambar 7. memperlihatkan perubahan struktur mikro akibat pendinginan secara cepat dan lambat.

5. Media Pendingin

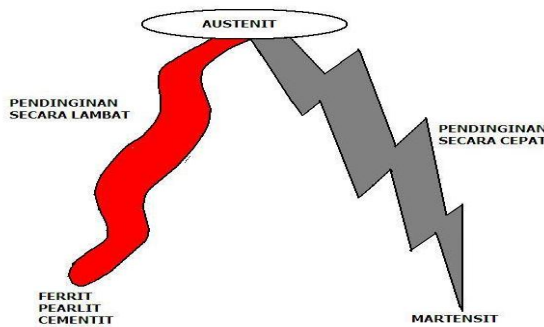
Ada sejumlah media pendingin yang umum dipakai dalam proses pengerasan baja seperti: air, oli dan udara. Air merupakan media pendinginan yang mempunyai laju pendinginan yang sangat tinggi. Oli lebih rendah dari pada air, dan udara yang paling rendah diantara ketiganya.



Gambar 5. Diagram Besi Karbon [4]



Gambar 6. Diagram C-C-T [4]

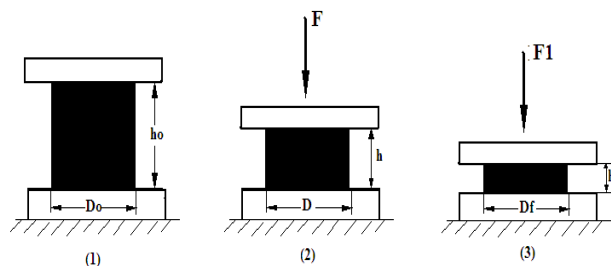


Gambar 7. Pendinginan secara cepat dan lambat [4]

Akibat beban mekanik, logam akan mengalami perubahan bentuk (deformasi). Gambar 4 memperlihatkan deformasi suatu benda. Gambar 8. (1), suatu benda dengan diameter awal D_0 , tinggi h_0 , kemudian benda tersebut diberi beban dengan gaya F sehingga diameternya dari (D_0) berubah menjadi D (membesar) dan tingginya dari (h_0) berubah menjadi h

(mengecil) seperti yang yang ditunjukkan oleh gambar 8. (2).

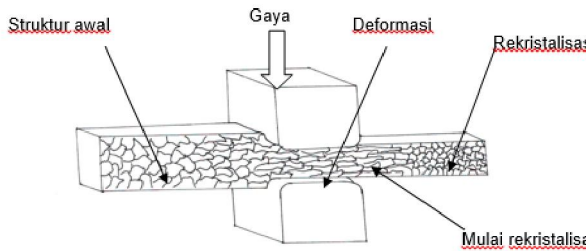
Apabila benda tersebut diberi beban yang lebih besar lagi F_1 , maka diameternya menjadi lebih besar lagi (D_f) dan tingginya menjadi lebih kecil h_f seperti yang ditunjukkan oleh gambar 8. (3)



Gambar 8. Deformasi Akibat Beban Mekanik

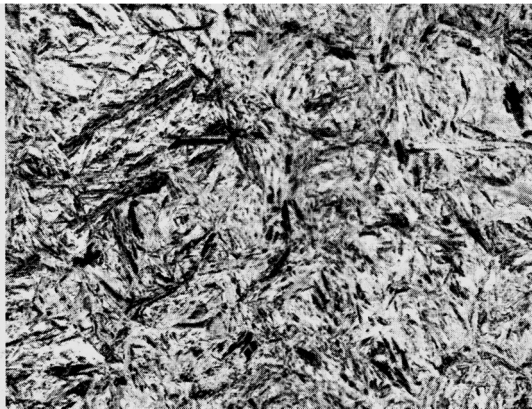
1.5 Efek Deformasi Terhadap Sifat Mekanis Logam

Ada dua macam deformasi yaitu: deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis terjadi bila logam atau benda padat dibebani gaya, misalnya, berupa beban tekan (pukulan) maka benda akan memipih. Setelah gaya ditiadakan benda akan kembali kepada bentuk semula. Deformasi elastis tidak memberikan efek yang besar terhadap perubahan sifat mekanis logam. Gambar 9 menunjukkan contoh logam yang mengalami deformasi elastis.



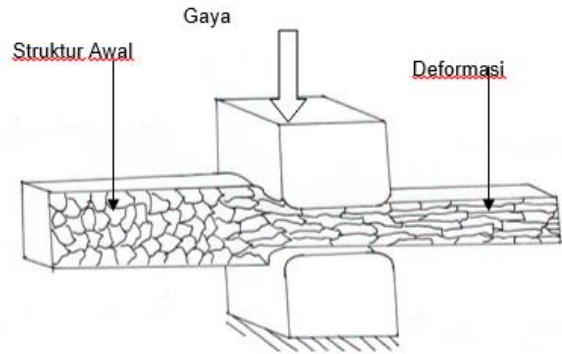
Gambar 9. Penempaan Secara Hot Working

Deformasi plastis merupakan perubahan bentuk yang permanen meskipun bebannya ditiadakan. Deformasi plastis dapat merubah struktur mikro logam, oleh karena itu deformasi plastis dapat merubah sifat mekanis logam. Sifat mekanis logam yang mempunyai nilai teknis yang besar akibat deformasi plastis adalah kekuatan dan kekerasannya akan



Gambar 11. Struktur Mikro Martensit dari baja 1020 Ferit warna putih, Perlit warna hitam [4]

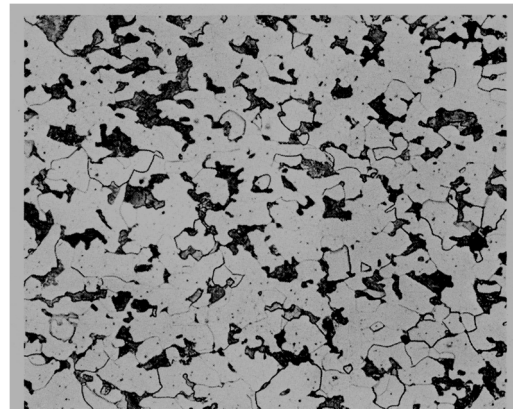
meningkat [4]. Gambar 10 menunjukkan contoh logam yang mengalami deformasi plastis.



Gambar 10. Penempaan Secara Cold Working.

1.6 Struktur Mikro Logam

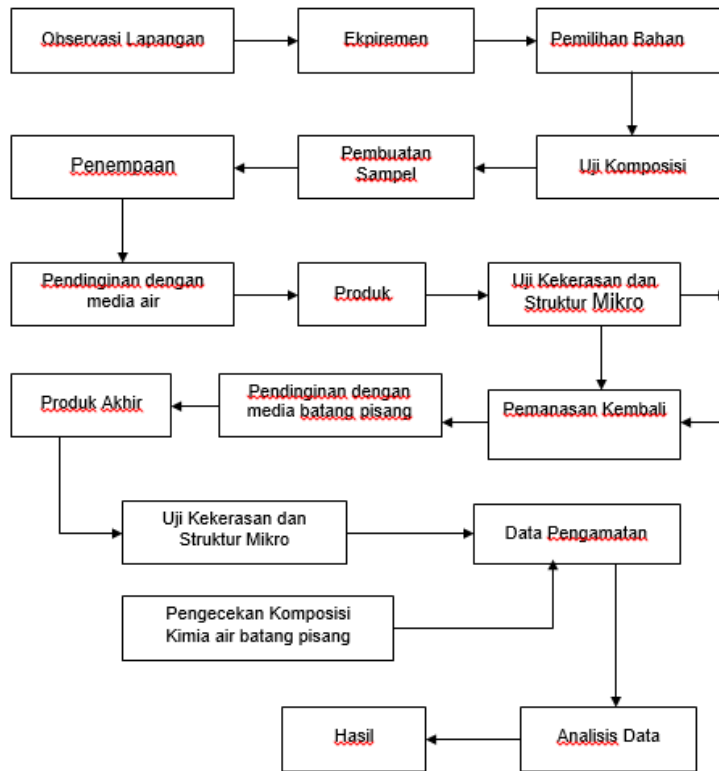
Struktur bahan dalam orde kecil disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang tetapi harus menggunakan alat misalnya mikroskop optik. Ada beberapa struktur mikro dari baja yang kita kenal yaitu; ferit, perlit, sementit, austenit dan martensit. Gambar 2.9 ÷ 2.12 memperlihatkan contoh bentuk-bentuk struktur mikro dari logam hasil foto mikroskop optik.



Gambar 12. Struktur Mikro Ferit dan Perlit dari baja 1020 Ferit warna putih, Perlit warna hitam [4]

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi dan metode eksperimen. Langkah penelitian yang dilakukan seperti pada diagram alir berikut ini :



Gambar 13. Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian

2.1 Observasi Lapangan

- Identifikasi masalah yang akan diangkat menjadi penelitian
- Mencari buku-buku literatur.

2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah Desain Acak Sempurna, seperti pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Desain Data Pengamatan

	Perlakuan				Jumlah
	1	2	3	k	
Data Pengamatan	Y_{11} Y_{12} Y_{1n_1}	Y_{21} Y_{22} Y_{2n_2}	..... ..... ..... ..... .....	Y_{k1} Y_{k2} Y_{kn_k}	
Jumlah	J_1	J_2	.....	J_k	$J = \sum_{i=1}^k j_i$
Banyak Pengamatan	n_1	n_2	.....	n_k	$\sum_{i=1}^k n_i$
Rata-rata	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	.....	\bar{Y}_k	$\bar{Y} = J \sum_{i=1}^k n_i$

Dimana :

$$- J_i = \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} = \text{Jumlah nilai pengamatan untuk tiap perlakuan} \quad (1)$$

$$- J = \sum_{i=1}^k j_i = \text{Jumlah seluruh nilai pengamatan} \quad (2)$$

$$- \bar{Y}_i = \frac{J_i}{n_i} = \text{Rata-rata pengamatan untuk tiap perlakuan} \quad (3)$$

$$- \bar{Y} = J \sum_{i=1}^k n_i = \text{Rata-rata nilai pengamatan} \quad (4)$$

Selanjutnya data pengamatan di atas, dianalisis dengan Analisis Varian (ANOVA), seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Daftar ANOVA

Sumber variasi	Derajat Kebebasan (dk)	Jumlah Kuadra Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)
Rata-rata	1	R_y	$R = R_y$
Antar Perlakuan	$k - 1$	P_y	$P = P_y / k-1$
KekeliruanEksperimen (Dalam perlakuan)	$\sum_{i=1}^k (n_i - 1)$	E_y	$E = E_y / \sum (n_i - 1)$
Jumlah/Total	$\sum_{i=1}^k n_i$	$\sum Y^2$	$(s_c^2 = E)$

Dari data hasil pengamatan dan daftar ANOVA di atas langkah selanjutnya adalah mencari kesimpulan. Asumsi yang diambil dalam ANOVA adalah model linier dengan persamaan [5]

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; \quad (i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n_k) \quad (5)$$

Y_{ij} = variabel yang akan dianalisis

μ = rata-rata sebenarnya

τ_i = efek perlakuan ke i

ε_{ij} = kekeliruan, berupa efek acak yang berasal dari unit eksperimen ke j karena dikenai perlakuan ke n

Tabel 3. Daftar ANOVA dan EKT Model Acak Sempurna

Sumber Variasi	dk	JK	KT	EKT	F
Rata-rata Antar perlakuan Kekeliruan	1 k-1 $\sum (n_i - 1)$	R_y P_y E_y	R P $E = s^2_\varepsilon$	$\sigma^2_\varepsilon + \sum n_i \tau_i^2 / (k - 1)$ σ^2_ε	
Jumlah	$\sum n_i$	$\sum Y^2$	-	-	

$$F_{hitung} = \frac{P}{E} = \frac{KT(\text{antarperlakuan})}{KT(\text{kekeliruan eksperimen})} \tag{6}$$

Hipotesa :Jika, $F_{hitung} < F_{\alpha(v_1, v_2)}$ maka :

Hipotesa ditolak [5] berarti: **Media Pendinginan batang pisang memberikan pengaruh terhadap perubahan Kekerasan dan struktur mikro produk pandai besi.**

2.3 Bahan Sampel

Dari hasil pengamatan di lapangan, bahan yang digunakan oleh pandai besi untuk membuat produknya ada bermacam-macam yaitu: bekas pipa Pertamina, bekas per mobil, bekas kikir. Pada penelitian ini bahan untuk sampel diambil dari per bekas dari mobil kijang.

2.4 Pembuatan spesimen

- a. Spesimen untuk uji komposisi. Bahan dari per mobil yang berupa pelat dipotong dengan ukuran panjang 5 x 5 cm, kemudian permukaannya diratakan. Pengujian komposisi kimia material sampel dilakukan di Balai Besar Logam dan Mesin Laboratorium Kalibrasi dan Pengujian Bandung. Hasil pengujian terlampir. Dari hasil uji ini diketahui kandungan karbon logam sampel adalah 0,467 % C sehingga temperatur pemanasan dapat ditentukan yaitu 850 °C
- b. Spesimen untuk uji kekerasan dan struktur mikro material awal ukuran 30 x

6 cm dipotong menjadi 6 bagian masing-masing dengan ukuran 5 x 6 cm. Kemudian potongan – potongan ini diberi tanda $T_A, T_1, T_3, T_5, T_{10}, T_{15}$ dan dipanaskan lagi pada temperatur 850°C, kemudian didinginkan dengan batang pisang. Sebagai contoh potongan yang diberi kode T_A artinya potongan yang hanya didinginkan dengan air. T_1 artinya sampel yang didinginkan dengan batang pisang selama 1 menit setelah itu diangkat, demikian juga untuk T_3, T_5, T_{10} ,

dan T_{15} . Setelah semuanya didinginkan dengan batang pisang, masing-masing potongan tersebut, dipotong lagi menjadi tiga bagian, satu untuk spesimen uji kekerasan, satu untuk spesimen uji struktur mikro arah memanjang dan satunya lagi untuk spesimen uji struktur mikro arah melintang. Demikian juga untuk potongan T_A . Potongan-potongan kecil ini kemudian dimounting. Setelah semua spesimen uji dibuat selanjutnya diuji dengan alat uji. Pada penelitian ini alat uji yang digunakan adalah alat uji kekerasan dan struktur mikro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
Data Pengujian Kekerasan

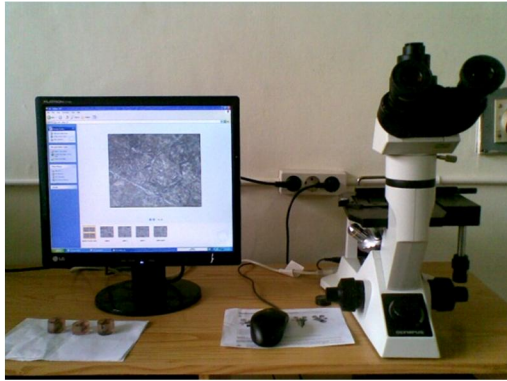
Setelah spesimen uji selesai dibuat, langkah selanjutnya diuji dengan Alat uji kekerasan dan hasilnya seperti tertera pada tabel 4

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan

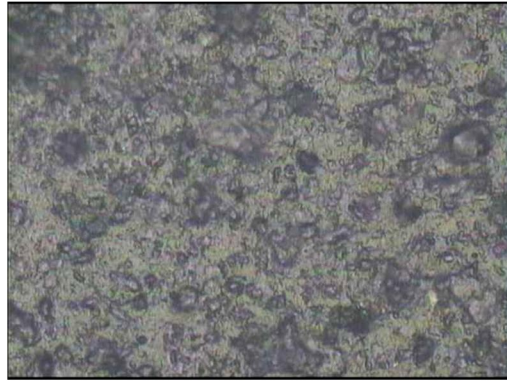
K E K E R A S A N (HRC)	Material	Media Pendingin					
	Awal	Air	Batang Pisang (menit)				
			1	3	5	10	15
K	48	55,5	53,5	51,5	51,5	49,5	49
E	48	56,5	54	50,5	52	50	48
R	48	56	54	53	51,5	50,5	49
A	48	57	53,5	53	51	50	49
S	48		54	53			
N		57			52	50	49
Jumlah	240	282	269	261	258	250	243
Rerata	48	56,4	53,8	52,2	51,6	50	48,6

3.1 Data Pengujian Struktur Mikro

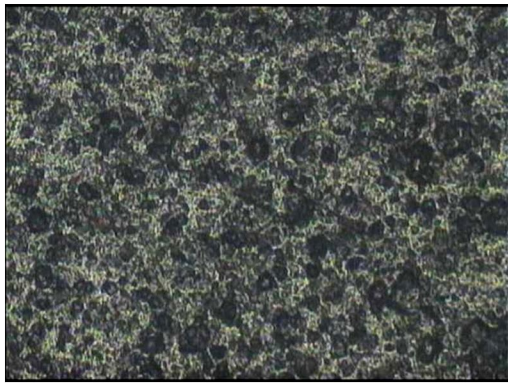
Spesimen uji dipoto dengan alat uji metallografi seperti gambar 14 dan hasilnya tertera pada gambar 15 – 23.



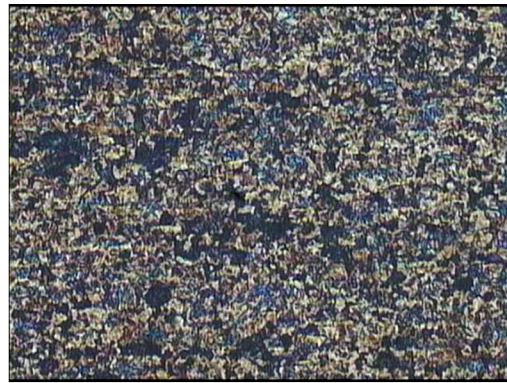
Gbr. 14. Mesin Uji Metallografi



Gbr. 15. Struktur Mikro Material Awal
0,467%C, 200 X, Etsa Nital 3%,Ferit, Perlit



Gbr. 16. Struktur Mikro Perlakuan:
Pemanasan 850°C, Penempaan,
Pendingin Air, Melintang, 200 X,
Etsa Nital%, Martensit, Austenit



Gbr. 17. Struktur Mikro Perlakuan :
Pemanasan 850 °C, Penempaan, Pendingin Air,
Pemanasan 850°C, Pendingin batang pisang,
1 menit, Melintang, 200 X, Martensit, Austenit,



Gbr. 18. Struktur Mikro perlakuan :
Pemanasan, 850 °C, Penempaan, Pendingian
Pendingian



Gbr. 19. Struktur Mikro perlakuan :
Pemanasan, 850 °C, Penempaan,

Air, Pemanasan 850 °C, Pendingin Batang Pisang Waktu 3 Menit Arah Melintang, 200 X ,
Etsa Nital 3 %, Austenit, Martensit



Gbr. 20. Struktur Mikro perlakuan : Pemanasan 850°C, Penempaan, Pendingin Air, Pemanasan 850°C, Pendingin Batang Pisang Waktu 10 Menit Arah Melintang 200 X, Etsa Nital 3%, Austenit, Martensit

Air, Pemanasan 850 °C, Pendingin Batang Pisang Waktu 5 Menit Arah Melintang, 200 X,
Etsa Nital 3 %, Austenit, Martensit



Gbr. 23. Struktur Mikro perlakuan : Pemanasan 850°C, Penempaan, Pendingin Air, Pemanasan 850°C, Pendingin Batang Pisang Waktu 15 Menit Arah Melintang 200 X, Etsa Nital 3%, Austenit, Martensit

3.2 Data Komposisi Kimia Batang Pisang

Berdasarkan pengujian di Laboratorium Analisis Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Air Batang Pisang Mengandung Unsur Karbon (data pengujian terlampir) dan berdasarkan penelitian [7,8,9] batang pisang mengandung unsur Karbon (C).

3.3 Data Temperatur Batang Pisang

Dari hasil pengukuran didapat temperatur batang pisang yaitu 18,8 °C sama dengan temperatur air.

4. PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kuantitatif

Uji Hipotesa

Untuk menguji hipotesa yang diambil, dalam penelitian ini digunakan Analisa Varian (ANOVA). Dari tabel 4 diubah menjadi tabel 5.

Tabel 5. Data Pengujian Kekerasan, Media Pendingin Batan Pisang

K e k e r a s a n	Waktu Pendinginan (Menit)					Jumlah
	1	3	5	10	15	
(HRC)	53,5	51,5	51,5	49,5	49	
	54	50,5	52	50	48	
	54	53	51,5	50,5	49	
	53,5	53	51	50	49	
	54	53	52	50	49	
Jumlah	269	261	258	250	243	1281
Jlh Pengamatan	5	5	5	5	5	25
Rata-rata	53,8	52,2	51,6	50	48,6	51,24

Nilai-nilai yang diperlukan untuk ANAVA adalah :

$$Ry = \frac{(1281)^2}{25} = 65.638,44$$

$$My = Py = \frac{(269)^2}{5} + \frac{(261)^2}{5} + \frac{(258)^2}{5} + \frac{(250)^2}{5} + \frac{(243)^2}{5} - 65.638,44 = 80,56$$

$$\sum Y^2 = 535^2 + 54^2 + 54^2 + 535^2 + 54^2 +$$

$$515^2 + 505^2 + 53^2 + 53^2 + 53^2 + 515^2 +$$

$$52^2 + 515^2 + 51^2 + 52^2 + 495^2 + 50^2 +$$

$$505^2 + 50^2 + 50^2 + 49^2 + 48^2 + 49^2 +$$

$$48 + 49^2 = 65.784,25$$

$$Ey = 65.784,25 - 65.638,44 - 80,56 = 65,25$$

Tabel 6. Daftar ANAVA untuk data pada tabel 5

Sumber Variasi	dk	JK	KT	EKT	F
Rata-rata	1	65.638,44	65.638,44	-	
Kekerasan	4	80,56	20,14		6,17
Kekeliruan	20	65,25	3,26		
Jumlah	25	65.784,25	-	-	-

$$F_{hitung} = \frac{20,14}{3,26} = 6,17$$

Dari lampiran (3) untuk nilai-nilai :

- $\alpha = 0,10$

- $v_1 = 4$

- $v_2 = 20$

Maka : $F_{tabel} = 2,25$

$F_{hitung} > F_{tabel}$ Hipotesa 0 ditolak :

6,17 > 2,25 maka Hipotesa 0 ditolak, berarti [5]: **waktu pendinginan memberikan pengaruh terhadap perubahan kekerasan.**

Uji Rentang Newman – Keuls

Dari tabel 5 didapat rata-rata perlakuan untuk ring 1 sampai 5 diperoleh :

- rata-rata : 48,6 ; 50 ; 52,2 ; 51,6 ; 53,8

- perlakuan : 15 ; 10 ; 3 ; 5 ; 1

Dari tabel 6 diperoleh KT (kekeliruan) 3,26

dengan dk = 20

Kekeliruan baku rata-rata untuk tiap perlakuan besarnya [5];

$$s_{y_i} = \sqrt{\frac{KT}{n_i}}$$

dimana :

KT = kekeliruan

n_i = Banyak perlakuan

maka :

$$s_{y_i} = \sqrt{\frac{KT}{n_i}} = \sqrt{\frac{20}{5}} = 2$$

Dari daftar pada lampiran 5 untuk $\nu = 20$ dan $\alpha = 0,05$ didapat

n tidak memberikan perbedaan yang berarti (perbedaannya kecil).

p =	3	5	10	15
rentang =	3,53	4,24	5,01	5,43

Dengan mengalikan nilai rentang yang diperoleh dengan 2 maka didapat RST (rentang signifikan terkecil)

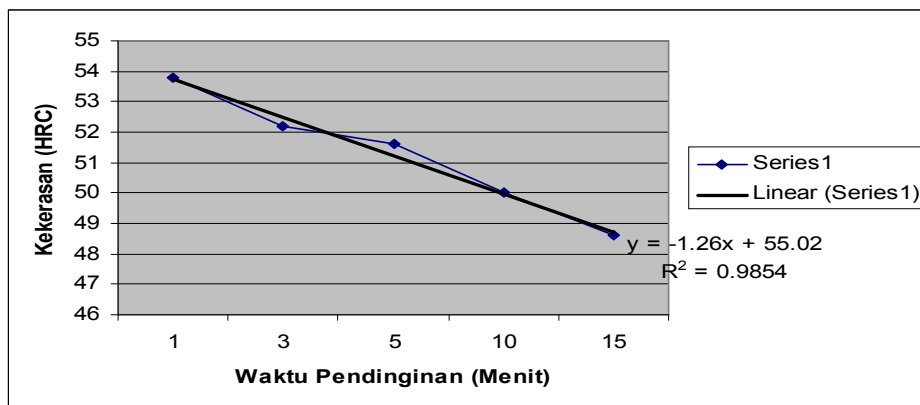
p =	3	5	10	15
RST =	7.06	8,48	10,2	15,86

Perbandingan antara perlakuan :

- 3 dengan 15 —————> 3,6 < 5,43
- 3 dengan 10 —————> 2,2 < 5,01
- 3 dengan 5 —————> 0,6 < 4,24
- 1 dengan 15 —————> 5,2 < 5,43
- 1 dengan 10 —————> 3,8 < 5,01
- 1 dengan 5 —————> 2,6 < 4,24
- 5 dengan 15 —————> 3 < 5,43
- 5 dengan 10 —————> 1,6 < 5,01

Dari nilai-nilai perbandingan antar perlakuan ini terdapat perbedaan antara perlakuan 3 dan 15, 3 dan 10, 3 dan 5, 1 dan 15, 1 dan 10, 1 dan 5, 5 dan 15, 5 dan 10 namu

4.2 Uji Regresi



Gambar 24. Hubungan Antara Waktu Pendinginan dengan Kekerasan

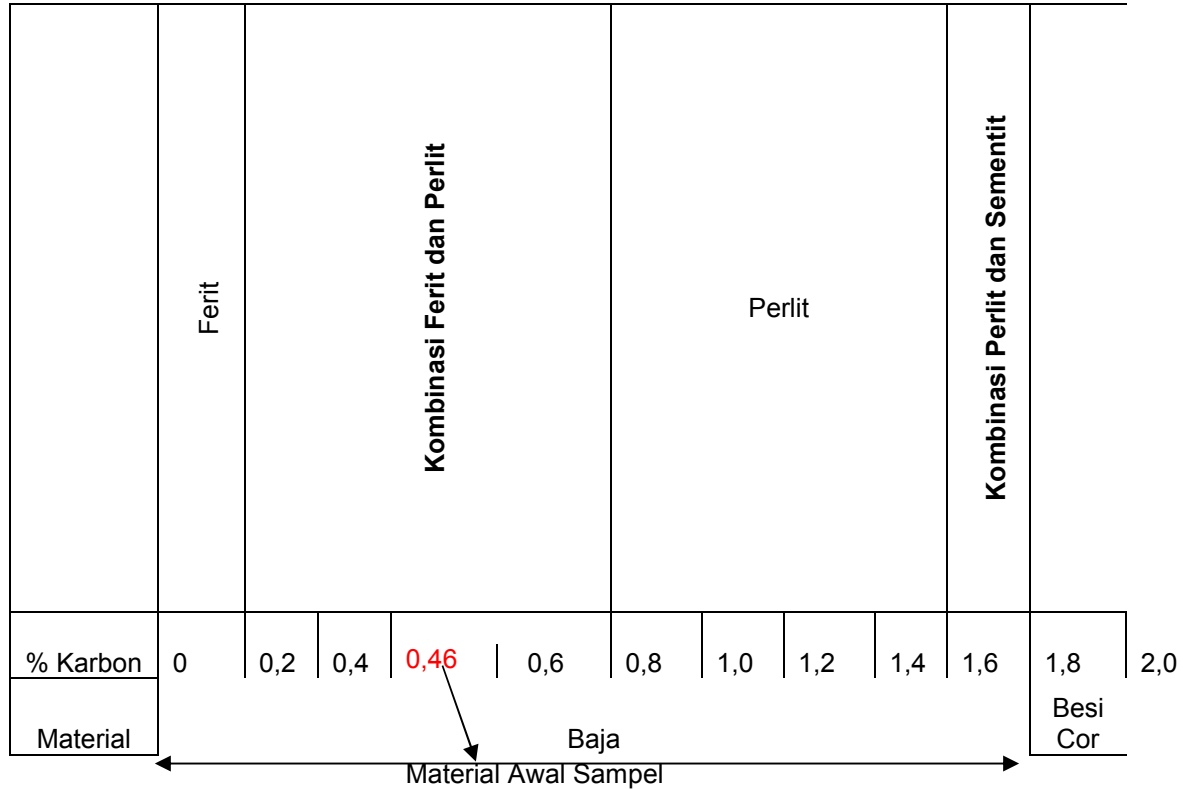
Dari gambar 30. terlihat bahwa semakin lama waktu pendinginan, kekerasan akan semakin menurun dimana hubungannya merupakan garis lurus (linier) dengan

tingkat kekeliruan adalah 100 % - 98,54 % = 1,46%

4.3 Analisa Kualitatif

Berdasarkan hasil pengujian Laboratorium, kandungan karbon material awal adalah 0,467 % C berada antara 0÷0,6%C. maka struktur mikro material awal terdiri dari Ferit dan Perlit, seperti

yang ditunjukkan pada gambar 25. Sifat mekaniknya: lunak, liat (ductil), kekuatan dan kekerasan rendah [4]. Foto struktur mikronya ditunjukkan pada gambar 17. Ferit warna putih dan Perlit warna hitam.

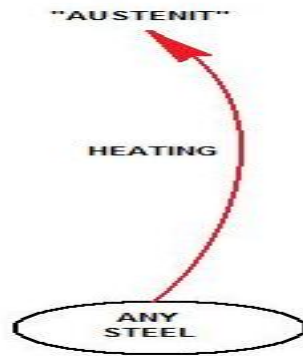


Gambar 25. Hubungan Kandungan Karbon dengan Struktur Mikro Baja [4]

Akibat perlakuan ; pemanasan, penempaan dan pendinginan, sifat struktur mikro material awal akan berubah, dengan berubahnya struktur mikro maka sifat mekanik akan berubah pula. Pada material awal terjadi perlakuan; pemanasan, penempaan dan pendinginan dengan air secara cepat. Akibat perlakuan pemanasan, struktur mikro material awal yang terdiri dari Ferit, Perlit berubah menjadi Austenit seperti yang diperlihatkan pada gambar 18. Akibat penempaan akan terjadi deformasi seperti yang diperlihatkan pada gambar 9, akibat pendinginan secara cepat, Austenit berubah menjadi Martensit seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Foto struktur mikronya ditunjukkan pada gambar 18 . Martensit mempunyai sifat mekanis: kuat, keras dan getas (brittle).

Proses pembuatan produk pandai besi dengan media batang pisang

diperlihatkan pada gambar 3. Bahan sampel yang berstruktur Martensit dipanaskan kembali pada temperatur Austenisasi kemudian didinginkan dengan batang pisang dengan variasi waktu: 1, 3, 5, 10, dan 15 menit. Untuk mempermudah penganalisaan maka dibuat dalam bentuk tabel seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.3-5.8.



Gambar 32. Perubahan Struktur Mikro logam Akibat Pemanasan [4]

Tabel 7. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Menggunakan Media Pendingin Air

Material Awal (Logam A)	Perlakuan	Hasil (Logam B)
<ul style="list-style-type: none"> - Kandungan Karbon 0,467% - Fasa : FCC - Struktur: Ferit, Perlit - Sifat mekanik : lunak, liat - Kekerasan : 48 HRC - Foto : Gbr 17 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanasan 850°C - Penempaan - Pendinginan Air 	<ul style="list-style-type: none"> - Struktur : Martensit, Austenit - Sifat Mekanik : keras, kuat, getas - Fasa : FCC - Kekerasan : 56,4 HRC - Foto : Gbr 18

Tabel 8. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang Waktu Pendinginan 1 Menit

(Logam B)	Perlakuan	Hasil (Logam C)
<ul style="list-style-type: none"> - Struktur : Martensit, Austenit - Sifat Mekanik : Keras, kuat, Getas - Fasa : FCC - Kekerasan : 56,4 HRC - Foto : Gbr 18 	<ul style="list-style-type: none"> dipanaskan 850°C ditempa, didinginkan dgn air secara cepat, dipanaskan 850°C, didinginkan dgn batang pisang 1 menit 	<ul style="list-style-type: none"> - Struktur : Austenit, Martensit - Sifat Mekanik : keras, kuat, Getas - Fasa : FCC - Kekerasan: 53,8 HRC - Foto : Gbr 19

Tabel 9. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang Waktu Pendinginan 3 Menit

(Logam B)	Perlakuan	Hasil (Logam D)
<ul style="list-style-type: none"> - Struktur : Austenit, Martensit - Sifat Mekanik : Keras, kuat, Getas - Fasa : FCC - Kekerasan : 56,4 HRC - Foto : Gbr 18 	<ul style="list-style-type: none"> dipanaskan 850°C ditempa, didinginkan dgn air secara cepat, dipanaskan 850°C, didinginkan dgn batang pisang 3 Menit 	<ul style="list-style-type: none"> - Struktur : Austenit, Martensit, Perlit - Sifat Mekanik : Keras, kuat, Getas - Fasa : FCC - Kekerasan : 50,2 HRC - Foto : Gbr 20

Tabel 10. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang Waktu Pendinginan 5 Menit

(Logam B)	Perlakuan	Hasil (Logam E)
- Struktur :Austenit, Martensit, - Sifat Mekanik : Keras, kuat , Getas - Fasa : FCC - Kekerasan: 56,4 HRC - Foto : Gbr 18	dipanaskan 850°C ditempa,didinginkan dgn air secara cepat, dipanaskan 850°C, didinginkan dgn batang pisang 5 Menit	- Struktur : Sementit,Ferit,Perlit - Sifat Mekanik : Keras, kuat liat - Fasa : FCC - Kekerasan : 51,6 HRC - Foto : Gbr 21

Tabel 11. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang Waktu Pendinginan 10 Menit

(Logam B)	Perlakuan	Hasil (Logam F)
- Struktur :Sementit, Austenit, Ferit - Sifat Mekanik : Keras, kuat , Getas - Fasa : FCC - Kekerasan : 56,4 HRC - Foto:Gbr 18	dipanaskan 850°C ditempa, didinginkan dgn air secara cepat, dipanaskan 850°C, didinginkan dgn batang pisang 10 Menit	- Struktur : Ferit, Perlit - Sifat Mekanik :lunak, liat - Fasa : FCC - Kekerasan : 50 HRC - Foto : Gbr 22

Tabel 12. Perubahan Sifat Mekanik Produk Pandai Besi dengan Media Pendingin Batang Pisang Waktu Pendinginan 15 Menit

(Logam B)	Perlakuan	Hasil (Logam G)
- Struktur : Ferit, Perlit - Sifat Mekanik : Lunak,Liat - Fasa : FCC - Kekerasan : 56,4 HRC - Foto :Gbr 18	dipanaskan 850°C ditempa, didinginkan dgn air secara cepat, dipanaskan 850°C, didinginkan dgn batang pisang 15 Menit	- Struktur : Perlit ,Ferlit - Sifat Mekanik :lunak, liat - Fasa : FCC - Kekerasan : 4,8 HRC - Foto: Gbr 23

Perubahan nilai kekerasan yang paling tinggi adalah dengan menggunakan media pendingin air. Akan tetapi kondisi tersebut tidak menguntungkan karena logam tersebut mempunyai sifat getas sehingga dalam penggunaannya untuk alat potong seperti parang, mudah gompal. Untuk media pendingin batang pisang dengan waktu pendinginan 1 menit, sifat mekaniknya tidak jauh berbeda dengan media pendingin air yaitu masih mempunyai sifat getas. Untuk waktu 3 menit sifat mekaniknya kembali mendekati material awalnya masih mempunyai sifat lunak.

Untuk waktu 5 menit terjadi perubahan yang signifikan yaitu kuat, keras dan memiliki sifat liat ini disebabkan karena perubahan struktur mikronya dari Austenit, Martensit menjadi Austenit,

Sementit, Ferit dan Perlit. Sementit : Keras dan kuat, Ferit, Ferlit ; Liat. Kombinasi antara keras, kuat dan liat menguntungkan untuk penggunaan pada alat potong.

Selanjutnya untuk waktu 10 menit dan 15 menit kekerasannya menurun semakin mendekati material awalnya dengan sifat mekaniknya yaitu lunak dan liat. Dari analisa ini bahwa waktu pendinginan yang paling optimum terjadi pada waktu 5 menit.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, seperti yang diperlihatkan pada tabel 4, ternyata semakin lama waktu pendinginan semakin menurun nilai kekerasan. Dari sini terlihat bahwa unsur kimia batang pisang seperti karbon tidak dapat bertansformasi kedalam logam sampel seperti yang terjadi pada

peristiwa karbonisasi. Jika unsur karbon batang pisang bertransformasi kedalam logam sampel, tentunya karbon yang ada pada logam sampel akan bertambah. Dengan semakin meningkatnya unsur karbon pada suatu logam maka logam tersebut akan bertambah kekerasannya ternyata pada pengujian kekerasan semakin berkurang. Jadi fungsi media batang pisang adalah untuk menahan (memperlambat) laju pendinginan agar tidak terlalu cepat seperti pendinginan dengan air.

Laju pendinginan dipengaruhi oleh temperatur media pendingin. Dari hasil pengukuran, temperatur batang pisang sama dengan temperatur air yaitu 18,8 °C, yang membedakan pendinginan media batang pisang dengan media air adalah dengan air, logam bersentuhan langsung dengan air secara cepat sehingga logam akan bersifat getas sedangkan dengan batang pisang persentuhan antara logam dan air batang pisang terjadi secara perlahan-lahan sehingga logam akan bersifat liat.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kekerasan dan analisis terhadap foto struktur mikro dapat disimpulkan:

1. Waktu pendinginan memberikan pengaruh terhadap perubahan kekerasan dimana semakin lama waktu pendinginan kekerasan semakin menurun yang membentuk hubungan secara garis lurus (regresi linier).
2. Waktu pendinginan yang optimum terjadi pada waktu 5 menit. Untuk waktu 1 dan 3 menit sifat getas bahan sampel masih tinggi sehingga pada aplikasinya sebagai alat potong (parang) tidak menguntungkan, pada kondisi ini parang mudah gompal. Untuk waktu 10 dan 15 menit material sampel berubah menjadi lunak, pada kondisi ini juga tidak menguntungkan, alat potong mudah tumpul. Untuk waktu 5 menit terjadi sifat antara liat dan getas (tidak terlalu getas dan tidak terlalu liat), pada kondisi ini sangat menguntungkan alat potong tidak mudah gompal, mudah diasah dan life timanya (umur pakai sampai diasah kembali) tahan lama.
3. Unsur Kimia batang pisang tidak memberikan pengaruh terhadap perubahan sifat mekanik logam sampel.

Walaupun pada batang pisang mengandung unsur karbon tetapi karbon ini tidak dapat bertransformasi dengan unsur-unsur pada logam sampel. Fungsi media pendingin batang pisang adalah untuk menahan (memperlambat) laju pendinginan.

4. Apa yang dilakukan oleh pandai besi tempat melakukan penelitian ini secara ilmiah dapat diterima, dimana tujuannya melakukan pendinginan dengan batang pisang ini adalah untuk merubah sifat mekanik logam yang getas menjadi liat sehingga dalam pemakaiannya tidak mudah gompal, mudah diasah dan life timanya (umur pakai sampai diasah kembali) tahan lama dan secara ekonomis memberikan nilai tambah.

6. SARAN

Bagi para peneliti dan pandai besi, hal utama yang perlu diketahui pada proses tempa adalah mengetahui kandungan karbon yang terdapat pada material awal.

DAFTAR PUSTAKA

1. [http : // www.pdfound.com//nama-latin-pisang nangka.htm/](http://www.pdfound.com//nama-latin-pisang-nangka.htm/)
2. De Garmo, E. Paul., *Material And Processes in Manufacturing.*, Ninth Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2002
3. Groover. P., Mikell., *Fundamental of Modern Manufacturing, Material, Pocesess, and Systems*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2007
4. A. Brandt Daniel., *Metallurgy Fundamentals*, The Goodheart-Willcox Company, Inc Publihers, 1992
5. Sudjana DR. MA. Msc., *Desain Analisis Eksperimen*, Bandung, Penerbit Tarsito, 1980
6. Van Vlack., *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta 1991
7. [http : // If 4 lili. Blogsport.com/03/pemanfaatan-ektrak batang pisang , html](http://if4lili.blogspot.com/03/pemanfaatan-ektrak-batang-pisang.html)
8. [http : // dukuh.blog sport.com/2007/pisang.html.](http://dukuh.blogsport.com/2007/pisang.html)

9. Husin Husni dan Rosnelly Cut Meurah., *Preparasi dan Karakteristik Karbon Aktif Batang Pisang Menggunakan Gas Nitrogen*