

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer* dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material dasar yang ditunjukkan Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Uji Komposisi spesimen dasar

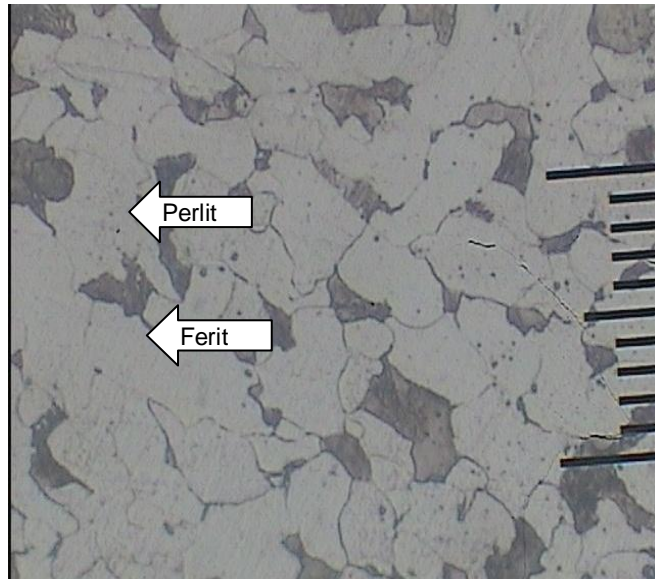
Unsur	Contoh Uji (%)
Fe	98,0
Mn	0,748
Si	0,279
Ni	0,240
Cu	0,192
C	0,158
Co	0,0507
Nb	0,0466
Mo	0,0299
S	0,0278
W	0,0250
V	0,0220
Zr	0,0134
Cr	0,013
Ti	0,0112
P	0,0108
Pb	0,0100
Al	0,0020
Ca	0,0001

4.1.1. Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia

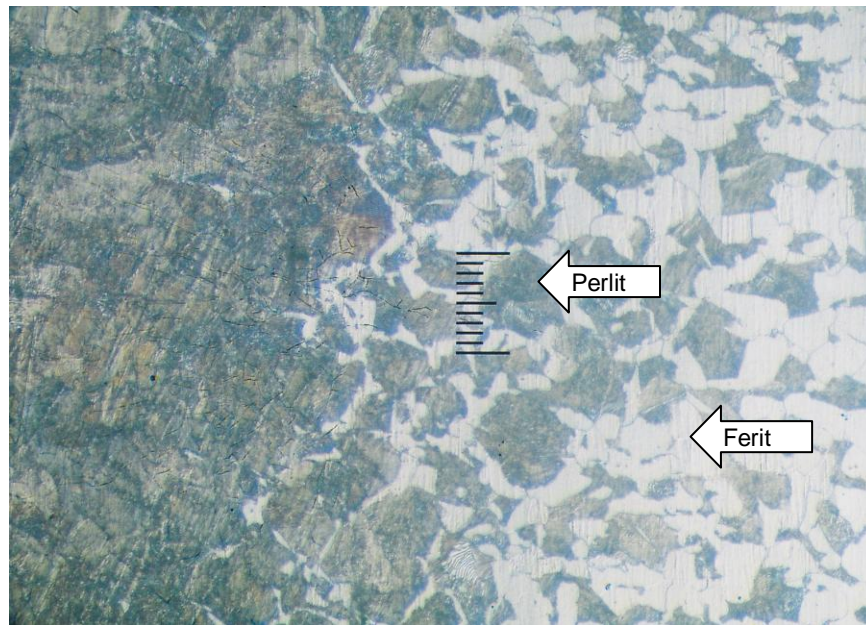
Dari hasil pengujian komposisi kimia *raw material* termasuk golongan baja karbon rendah (<0,30%C), dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 98,0% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Mangan (Mn) sebesar 0,748% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Silika (Si) sebesar 0,279% menambah kekuatan baja. Nikel (Ni) sebesar 0,240% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Tembaga (Cu) sebesar 0,192% mempunyai sifat fisik daya penghantar listrik yang tinggi, daya hantar panas dan tahan karat. Karbon (C) 0,158% menambah kekerasan baja. Kobalt (Co) sebesar 0,0507% meningkatkan sifat kekerasan, tahan aus, tahan panas dan kemagnetan. Niobium (Nb) 0,0466% meningkatkan sifat mekanis pada suhu tinggi. Molibdenum (Mo) sebesar 0,0299% menambah ketahanan terhadap suhu tinggi. Sulfat (S) sebesar 0,0278% meningkatkan sifat mampu mesin. Wolfram (W) sebesar <0,0250% menaikkan kekerasan dan keliatan. Vanadium (V) sebesar 0,0220% memperbaiki kekuatan tarik..Khrom (Cr) sebesar 0,013% peningkatan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi, serta tahan pada suhu tinggi. Titanium (Ti) sebesar 0,0112% pembentukan ferit dan karbida. Phospor (P) sebesar 0,0108% menjadikan baja lebih getas. Almunium (Al) sebesar <0,0020% meningkatkan keuletan, mapu mesin dan tahan karat.

4.2. Pengujian Struktur Mikro

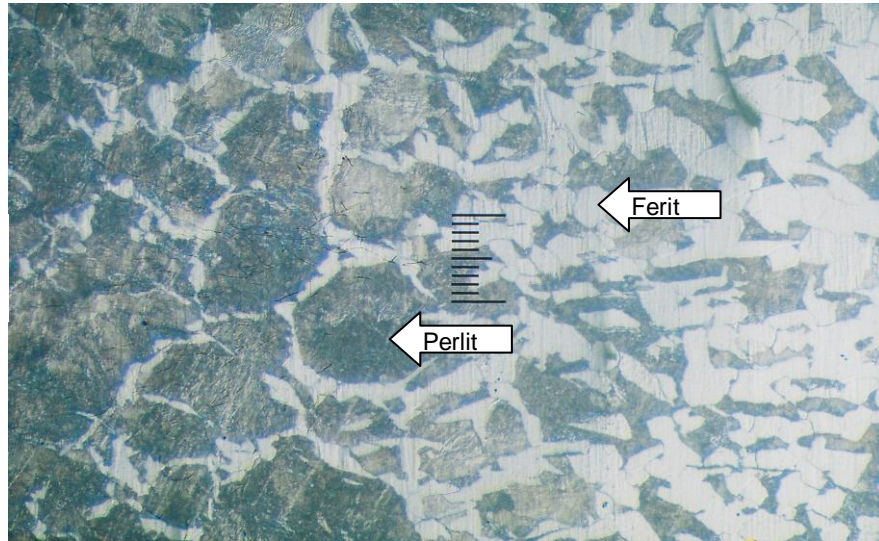
Dari pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro *raw material*, *normalizing* 2 jam dan *normalizing* 4 jam. Terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah (raw material) dengan pembesaran 200x



Gambar 4.2. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah mengalami proses pack carburizing dengan waktu tahan 2 jam (pembesaran 200x)



Gambar 4.3. Struktur mikro material dasar baja karbon rendah setelah mengalami proses pack carburizing dengan waktu tahan 4 jam (pembesaran 200x)

4.2.1. Pembahasan Pengujian Struktur Mikro

Nampak pada pengujian struktur mikro pada raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Kristal ferrit yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Sementara kristal perlit berada diantaranya dengan jumlah yang lebih sedikit. Perlit yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur. Hal ini juga menyebabkan pengukuran kekerasan bila mengenai kristal ferrit akan ditemukan harga yang lebih rendah.

Pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu tahan 2 jam terdapat perlit lebih banyak daripada ferrit pada keseluruhan specimen karena telah dilakukan proses penambahan karbon, pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu tahan 4 jam terdapat perlit lebih banyak dari pada pack carburizing 2 jam, hal ini disebabkan karena semakin lama proses karburising semakin banyak pula kandungan perlit yang mengakibatkan semakin tinggi harga kekerasan.

4.3. Hasil Pengujian Kekerasan

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan menggunakan metode mikro *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 9 titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf, jarak 150 μm dan waktu pembebanan 5 detik. Pengukuran ini dimulai dari sisi terluar dengan jarak 10 mm kemudian jarak antara titik 2 dengan titik-titik berikutnya masing-masing 0,15 mm. Hasil kekerasan pada *normalizing* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4.2. Harga kekerasan specimen Raw Material

No	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0,10	40,0	37,5	38,75	247,0
2	0,25	39,5	38,5	39,00	243,8
3	0,40	39,0	38,0	38,50	250,2
4	0,55	39,5	38,5	39,00	243,8
5	0,70	40,0	37,5	38,75	247,0
6	0,85	39,0	38,5	38,75	247,0
7	1,00	39,5	39,0	39,25	240,7
8	1,15	39,5	39,0	39,25	240,7
9	1,30	38,5	38,0	38,25	253,5

Tabel 4.3. Harga kekerasan specimen *pack carburizing* 2 jam dengan arang kayu bengkire

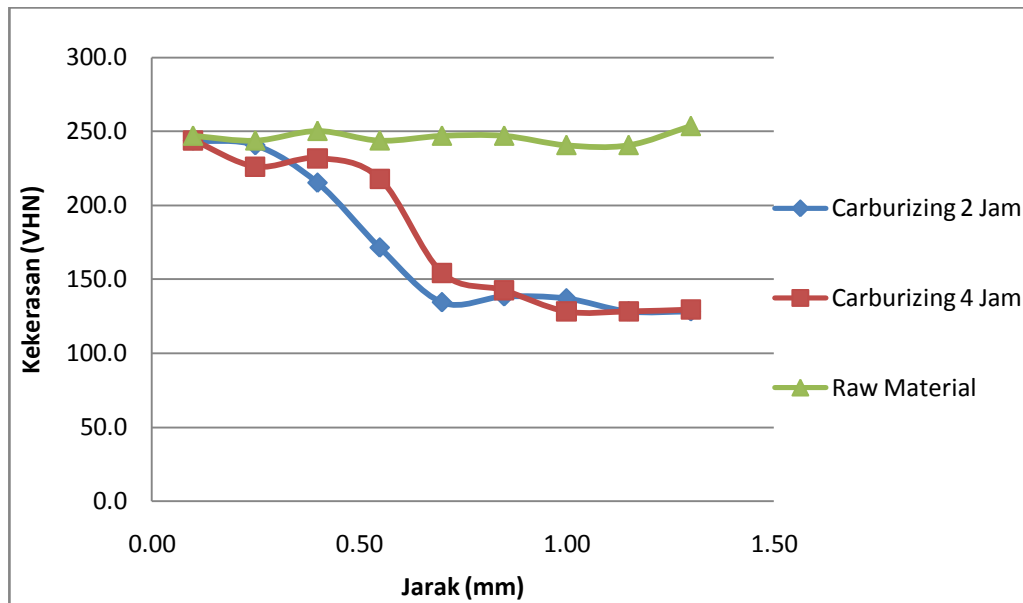
No	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0.10	38.0	40.0	39.00	243.8
2	0.25	40.0	38.5	39.25	240.7
3	0.40	40.0	43.0	41.50	215.3
4	0.55	47.0	46.0	46.50	171.5
5	0.70	53.0	52.0	52.50	134.6
6	0.85	53.5	50.0	51.75	138.5
7	1.00	54.0	50.0	52.00	137.2
8	1.15	54.0	53.5	53.75	128.4
9	1.30	54.5	53.0	53.75	128.4

Tabel 4.4. Harga kekerasan specimen *pack carburizing* 4 jam dengan arang kayu bengkire

No	Jarak dari tepi (mm)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)
1	0.10	39.0	39.0	39.00	243.8
2	0.25	40.0	41.0	40.50	226.1
3	0.40	40.0	40.0	40.00	231.8
4	0.55	42.5	40.0	41.25	218.0
5	0.70	50.0	48.0	49.00	154.5
6	0.85	50.0	52.0	51.00	142.6
7	1.00	54.5	53.0	53.75	128.4
8	1.15	52.0	55.5	53.75	128.4
9	1.30	56.0	51.0	53.50	129.6

Tabel 4.5. Perbedaan harga kekerasan material dasar, *carburizing* 2 jam dan *carburizing* 4 jam

No	Jarak dari tepi (mm)	Harga Kekerasan		
		<i>raw material</i> (kg/mm ²)	<i>carburizing</i> 2 jam (kg/mm ²)	<i>carburizing</i> 4 jam (VHN)
1	0.10	247.0	243.8	243.8
2	0.25	243.8	240.7	226.1
3	0.40	250.2	215.3	231.8
4	0.55	243.8	171.5	218.0
5	0.70	247.0	134.6	154.5
6	0.85	247.0	138.5	142.6
7	1.00	240.7	137.2	128.4
8	1.15	240.7	128.4	128.4
9	1.30	253.5	128.4	129.6



Grafik 4.1. grafik perbandingan kedalaman harga kekerasan material dasar, material hasil pack carburisin 2 jam dan 4 jam.

4.3.1. Pembahasan pengujian kekerasan

Pada umumnya pack karburising mengalami peningkatan Kekerasan material di bagian tepi baja. Pada pengujian ini terjadi penurunan harga kekerasan pack karburising 2 jam dan pack karburising 4 jam karena peneliti menguji kekerasan pada bagian dalam baja. Harga Kekerasan dari ke-3 jenis *specimen* (material dasar, material *pack carburizing* 2 jam dan material *pack carburizing* 4 jam) di uji menggunakan metoda *microhardness* dengan cara *micro Vickers*. Pada uji *micro Vickers* ini menggunakan sembilan titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf, jarak antar titik 150 μm dan waktu pembebanan 5 detik. Pengukuran ini dimulai dari sisi terluar dengan jarak 10 mm kemudian jarak antara titik 2 dengan titik-titik berikutnya masing-masing 0,15 mm. Masing-masing hasil pengukuran kekerasan dijelaskan sebagai berikut :

1) *Raw Material*

Hasil pengukuran pada tabel 4.2. menunjukkan harga kekerasan *raw material*, terlihat adanya kenaikan dan penurunan pada setiap titik pengukuran. Hal ini terjadi karena beberapa faktor penyebab yang mungkin terjadi, diantaranya adalah pada saat pengujian titik-titik yang diambil tidak seluruhnya pada permukaan kristal ferit. Misalnya pada titik ke-1, kemungkinan titik tersebut berada pada campuran kristal ferrit dan perlit, sedangkan pada titik ke-2 berada pada kristal ferrit dan titik ke-3 berada pada kristal perlit. Sehingga pada titik ke-1 harga kekerasannya sedang, pada titik ke-3 harga kekerasannya rendah dan pada titik ke-3 kekerasannya tinggi.

2) *Material Sesudah Pack Carburizing 2 Jam*

Specimen ini mengalami *pack carburizing* selama 2 jam, dengan pendinginan secara menerus di udara. Pengujian kekerasan dengan metoda *micro Vickers* dilakukan dari tepi kearah bagian dalam material, karena atom karbon masuk dari bagian sisi terluar masuk kedalam struktur baja. Hasil dari pengujian material sesudah *pack carburizing* selama 2 jam ini dapat dilihat pada tabel 4.3. Dari tabel tersebut yang digambarkan pada gambar 4.2 terlihat adanya penurunan harga kekerasan, mulai dari titik ke-1 (satu) dengan harga kekerasan yang tinggi (243,8 VHN) dan kemudian berangsur-angsur menurun hingga titik ke-9 (128,4 VHN). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan harga kekerasan adalah akibat atom karbon yang masuk kedalam struktur baja hanya sampai beberapa mikron saja (tepi material), selain itu pendinginan di udara pada *specimen* ini juga mempengaruhi harga kekerasan material tersebut, sehingga semakin kedalam material harga kekerasannya semakin menurun.

3) *Material Sesudah Pack Carburizing 4 Jam*

Hasil dari pengujian material sesudah *pack carburizing* selama 4 jam ini dapat dilihat pada tabel 4.4. Dari tabel tersebut dapat dilihat penurunan

harga kekerasan seperti pada hasil dari pengujian material *pack carburizing* selama 2 jam (lihat tabel 4.3), pada *specimen pack carburizing* 4 jam harga kekerasan pada bagian tepi sama (titik ke-1 = 243,8 VHN),turun (titik ke-2 = 226,1),naik (titik ke-3 = 231,8), lalu turun (titik ke-4 = 218) . Bila dibuat grafik antara harga kekerasan dengan titik pengukuran pada *specimen pack carburizing* 4 jam, maka akan terlihat jelas penurunannya seperti pada gambar 4.4.berikut ini.

Pada tabel 4.4 menunjukkan harga kekerasan dari ketiga jenis sampel yaitu *specimen raw material*, *specimen pack carburizing* 2 jam dan *specimen pack carburizing* 4 jam. Dalam tabel tersebut terlihat perbedaan harga kekerasan pada setiap titiknya. Harga kekerasan yang paling tinggi pada titik ke-1 adalah *specimen pack carburizing* 2 jam dan 4 jam sebesar 243,8 VHN, begitu pula pada titik ke-2 *specimen pack carburizing* 2 jam dan pada titik k-3 *specimen pack carburizing* 4 jam. Dengan demikian waktu penahan pada proses *pack carburizing* mempengaruhi kekerasan material.

Tabel 4.5 menunjukkan harga kekerasan dari ketiga jenis sampel yaitu *specimen raw material*, *specimen pack carburizing* 2 jam dan *specimen pack carburizing* 4 jam. Dalam tabel tersebut terlihat perbedaan harga kekerasan pada setiap titiknya.

Dari tabel 4.5 tersebut dapat diperoleh grafik perbandingan harga kekerasan antara harga kekerasan material dasar, material hasil *pack carburizing* 2 jam dan material hasil *pack carburizing* 4 jam.

Garis yang terbentuk pada gambar 4.5. (garis merah dan garis biru) mempunyai kecenderungan dari atas ke bawah, atau dari harga kekerasan tinggi menuju ke kekerasan lebih rendah. Hasil ini berbeda dengan hasil yang diperoleh pada material dasar (garis hijau). Perbedaan ini disebabkan oleh masuknya atom karbon kedalam struktur baja. Atom karbon yang masuk dari tepi terluar ke bagian dalam akan diikuti oleh atom-atom karbon yang lain. Peristiwa ini berlangsung terus menerus selama proses *pack carburizing* sampai pada waktu *carburizing* dihentikan dan atom karbon

terdepan akan berhenti. Kondisi ini akan berakibat lebih banyak atom karbon yang berada dibagian tepi dari pada dibagian dalam struktur baja.

Pada *specimen pack carburizing* 2 jam terlihat mulai terjadi penurunan harga kekerasan secara signifikan di titik ke-3, sedangkan *specimen pack carburizing* 4 jam di titik ke-4, penurunan harga kekerasan ini disebabkan karena pengaruh difusi karbon yang masuk kedalam material setelah dilakukan proses *pack carburizing*. Pendinginan secara menerus di udara juga mempengaruhi kekerasan pada material sesudah proses *pack carburizing*, terlihat harga kekerasan material dasar jauh lebih tinggi dibandingkan material sesudah proses *pack carburizing* mulai dari titik ke 1 (*specimen pack carburizing* 2) dan titik ke 1 (*specimen pack carburizing* 4 jam) karena mulai titik-titik tersebut struktur mikronya hampir sama dengan struktur mikro material dasar yaitu didominasi kristal ferit.