

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Pengujian

Pada bagian ini, akan dibahas hasil penelitian yang berfokus pada pengaruh dampak variasi temperatur dalam proses *Hardening* terhadap karakteristik struktur mikro dan laju korosi pada baja ST 42. Penelitian ini melibatkan dua tahap pengujian utama, yaitu struktur mikro dan laju korosi. Data yang dihasilkan dari pengujian tersebut kemudian dianalisis dan diproses untuk mendapatkan hasil yang optimum.

Proses pengujian hardening, struktur mikro dan laju korosi dilakukan di Lab Laboratorium Politeknik Negeri Malang. Penulis melakukan persiapan alat, melakukan pengujian yang di bimbing oleh kepala lab. Sebelum dilakukan pengujian hardening pada baja ST 42 dilakukan pengujian struktur mikro dan berat benda kerja terlebih dahulu sebagai pembanding setelah dilakukan hardening.



**Gambar 4. 1** pengujian struktur mikro dan berat awal baja ST 42 tanpa perlakuan

Sumber: (Lab. Politeknik negeri Malang)

Pengujian ini waktu yang dibutuhkan tidak terlalu lama, setelah proses pengujian struktur mikro dan penimbangan benda kerja sebagai pembanding nanti setelah proses hardening. Setelah itu persiapan alat pertama baja akan dipanaskandi tungku dengan variasi suhu  $750^{\circ}\text{C}$ ,  $850^{\circ}\text{C}$ ,  $950^{\circ}\text{C}$  diholding selama 15 menit hal ini dilakukan untuk mengikat karbon.



**Gambar 4. 2** proses *Hardening*

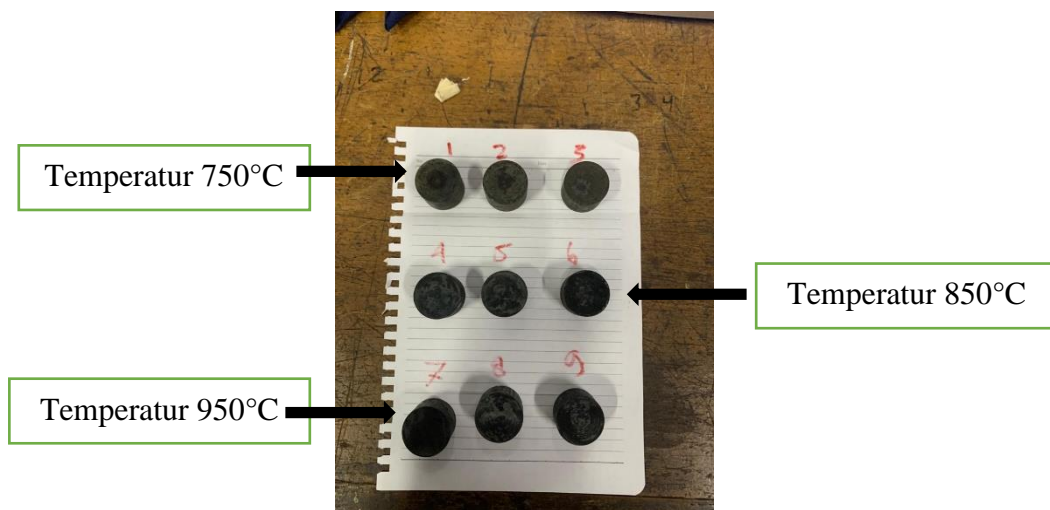
Sumber: (Lab. Politeknik negeri Malang)

Setelah proses hardening baja dicelupkan ke media pending air garam. Berikut adalah proses pencelupan dan baja yang dihasilkan setelah di hardening.



**Gambar 4. 3** Proses *Quenching* dengan air garam  
Sumber: (Lab. Politeknik negeri Malang)

Hasil dari proses hardening yang sudah di celupkan ke media pendingin air garam sebagai berikut: pada temperatur  $750^{\circ}$  di tunjukan pada nomer 1, 2, 3, pada temperatur  $850^{\circ}\text{C}$  di tunjukan pada nomer 4, 5, 6, dan pada temperatur  $950^{\circ}\text{C}$  di tunjukan pada nomer 7, 8, 9.



**Gambar 4. 4** Hasil Proses *Hardening*  
Sumber: (Lab. Politeknik negeri Malang)

Baja dingin lalu dipoles untuk membersihkan kerak akibat pemanasan, pemolesan dilakukan secara manual menggunakan amplas 100, 220, 280, 1000, 1500, dan 2000 grit, Setelah bersih melakukan pengujian struktur mikro. Setelah pengujian struktur mikro benda kerja di timbang lagi untuk mengetahui berat benda kerja setelah di hardening dan sebagai pembanding pada pengujian laju korosi.



**Gambar 4. 5** Proses Pemolesan, uji struktur Mikro,dan Timbangan Berat setelah proses *Hardening*

Sumber: (Lab. Politeknik negeri Malang)

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro

Dari pengujian Struktur Mikro didapatkan bentuk struktur mikro dari material benda uji baja ST 42, berikut ini merupakan data hasil pengujian struktur mikro yang dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

##### 1. Data hasil pengujian struktur mikro baja ST 42 tanpa perlakuan

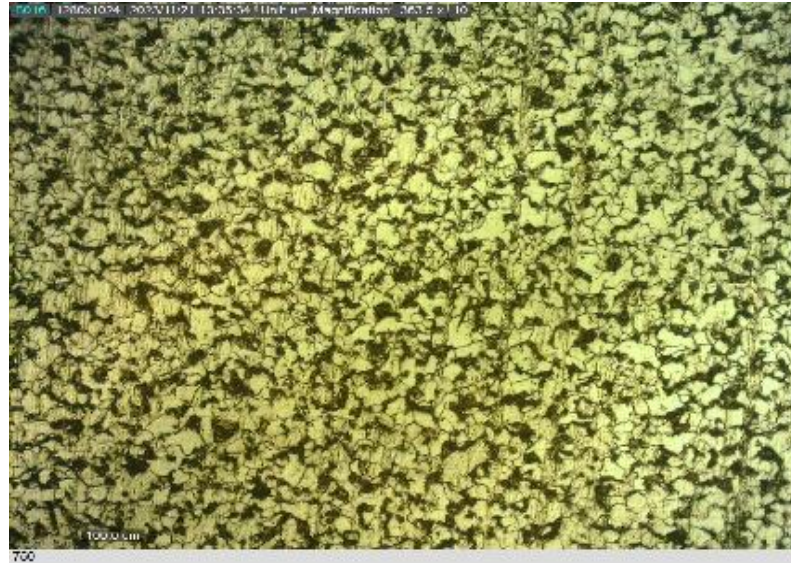


**Gambar 4. 6** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 Tanpa Perlakuan  
(Etsa, Nital konsentrasi 2%)

(Perbesaran  $\times 300$ )

Sumber: (Sumber : Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

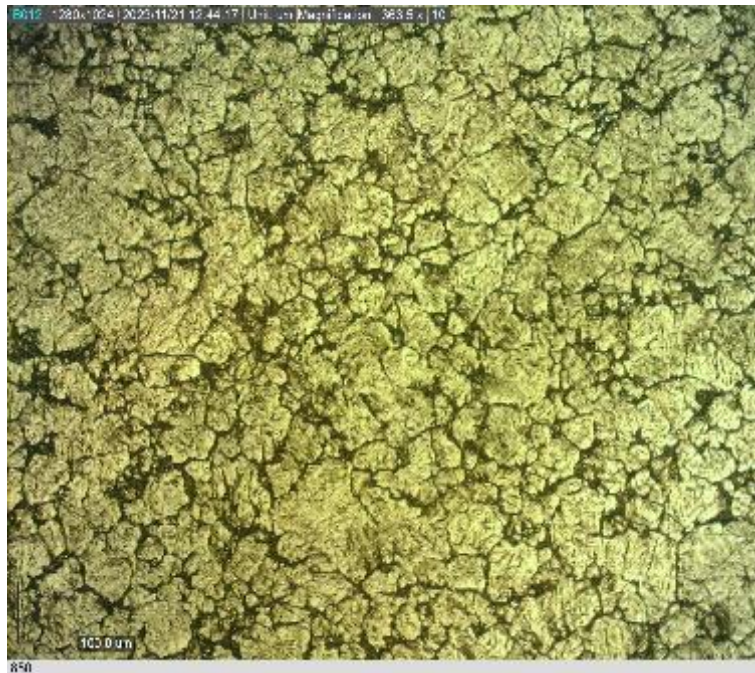
2. Data hasil pengujian struktur mikro baja ST 42 temperatur 750°C



**Gambar 4. 7** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 Temperatur 750°C  
(Etsa, Nital konsentrasi 2%)  
(Perbesaran ×300)

Sumber: (Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

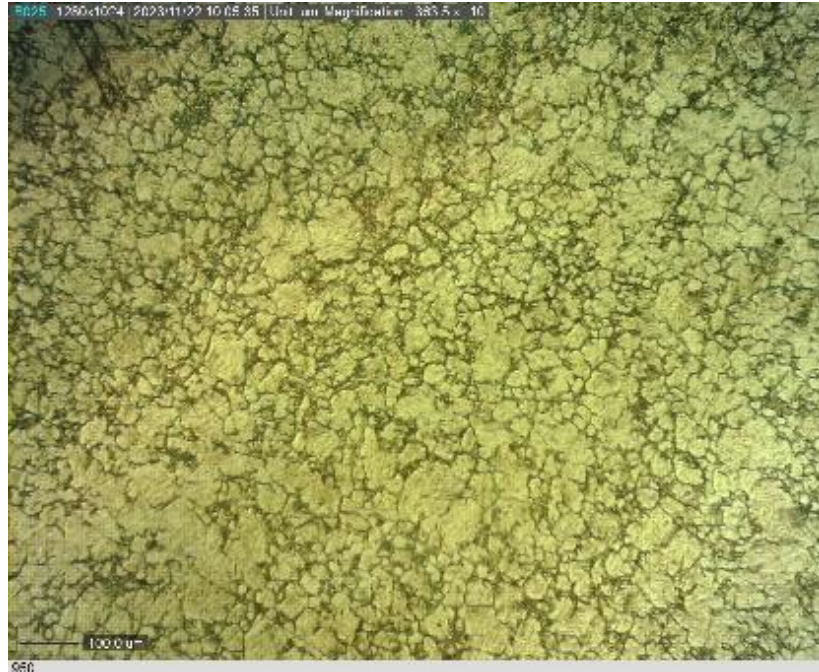
3. Data hasil pengujian struktur mikro baja ST 42 temperatur 850°C



**Gambar 4. 8** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 Temperatur 850°C  
(Etsa, Nital konsentrasi 2%)  
(Perbesaran ×300)

Sumber: (Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

#### 4. Data hasil pengujian struktur mikro baja ST 42 temperatur 950°C



**Gambar 4. 9** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 Temperatur 850°C  
(Etsa, Nital konsentrasi 2%)  
(Perbesaran  $\times 300$ )

Sumber: (Sumber : Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

#### 4.1.2 Data Hasil Laju Korosi

Dari pengujian laju korosi didapatkan dari material benda uji baja ST 42, berikut ini merupakan data hasil pengujian struktur mikro yang dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Sebelum dilakukan pengikisan di timbang dan di catat berat dasarnya, kemudian di masukkan ke wadah yang telah berisi larutan air garam 500ml selama 7 hari. Setelah 7 hari benda kerja di bersihkan lalu di timbang dan catat hasilnya.

##### A. Sebelum Pengorosan

Perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*). Penimbangan bobot awal specimen, yaitu sebelum bahan dilakukan perendaman ( $w_1$ ) dan penimbangan berat akhir bahan setelah dilakukan perendaman ( $w_2$ ) pada setiap variable. Khususnya untuk penimbangan berat akhir spesimen dilakukan pada hari ke-7. Adapun semua hasil data dari pengujian metode kehilangan berat yang dihasilkan pada saat pengambilan data bisa dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4. 1** Data kehilangan berat pada proses hardening

Temperatur	Holding	Berat Awal W1	Berat Akhir W2	Kehilangan $\Delta W$
$^{\circ}\text{C}$	Menit	(gram)	(gram)	(gram)
0 $^{\circ}\text{C}$	15	69,1322	69,1284	0,0038
	15	68,8739	68,8692	0,0047
	15	68,9249	68,9194	0,0055
750 $^{\circ}\text{C}$	15	68,8231	68,7359	0,0872
	15	68,9434	68,9312	0,0122
	15	68,8641	68,8232	0,0409
850 $^{\circ}\text{C}$	15	69,7028	69,4637	0,2391
	15	69,6243	69,2432	0,3811
	15	69,6016	69,1011	0,5005
950 $^{\circ}\text{C}$	15	69,5828	69,1725	0,4103
	15	69,6168	69,2674	0,3494
	15	69,5889	69,1865	0,4024

## 4.2 Pengolahan Data dan Pembahasan

Berikut adalah pengolahan dan pembahasan data hasil pengujian struktur mikro dan laju korosi:

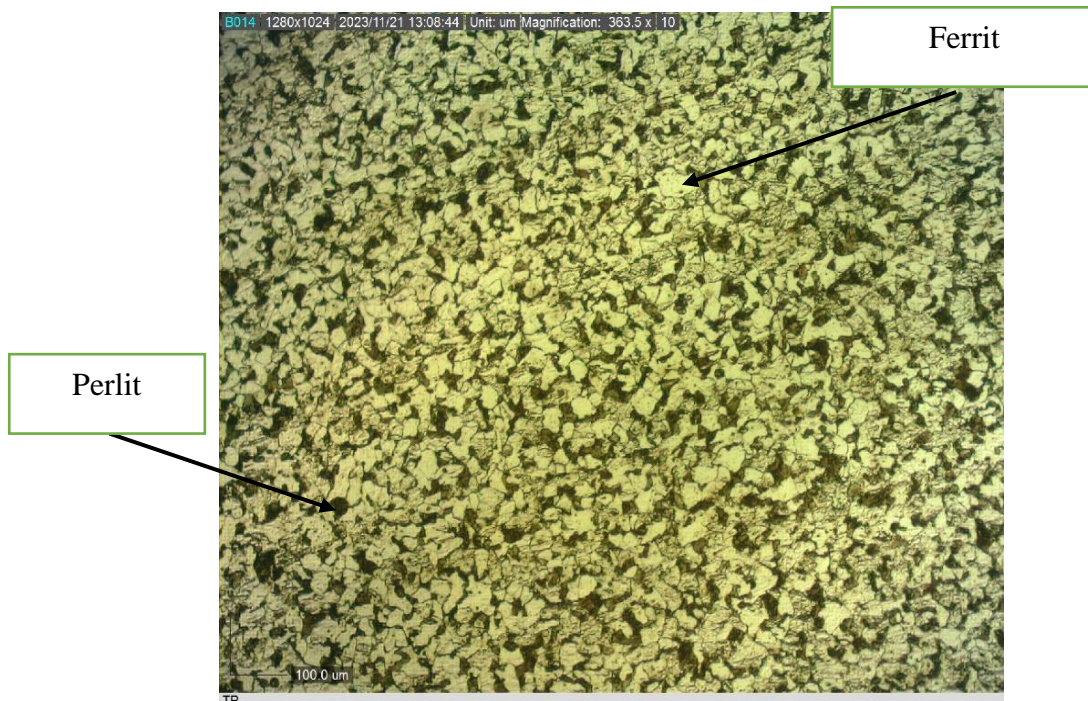
### 4.2.1 Pengolahan data dan Pembahasan Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada struktur mikro yang sudah dilakukan proses pengujian menggunakan microscopy logam dilakukan perhitungan, sehingga diketahui persentase fasa yang terdapat pada struktur mikro.

A. Penjelasan pengujian struktur mikro baja ST 42 tanpa perlakuan panas akan memberikan gambaran tentang struktur dasar baja pada kondisi asalnya, sebelum mengalami perubahan mikrostruktural yang signifikan akibat perlakuan panas. Baja ST 42 memiliki komposisi kimia yang menunjukkan potensi untuk menghasilkan berbagai struktur mikro tergantung pada kondisi termalnya. Berikut adalah pembahasan tentang hasil pengujian struktur mikro baja ST 42 tanpa perlakuan.

- Fase-Fase Mikrostruktur Dasar: Tanpa perlakuan panas, baja ST 42 dapat memiliki struktur mikro awal yang mungkin terdiri dari campuran fase perlit dan ferrite. Perlit adalah campuran dari ferit dan sementit yang biasanya cukup lembut, sementara ferrite adalah fase yang relatif lunak.

- Ukuran Butir: Pengujian struktur mikro akan mengungkapkan ukuran butir baja ST 42 dalam kondisi awal. Ukuran butir pada kondisi ini biasanya lebih besar dari pada setelah perlakuan panas. Ukuran butir yang lebih besar cenderung menghasilkan sifat-sifat mekanik yang kurang kuat dan keras.
- Kerapatan Sementit: Sementit adalah fase yang keras dan rapuh dalam struktur baja. Pada kondisi awal tanpa quenching, kerapatan sementit mungkin rendah atau tidak ada sama sekali, tergantung pada kondisi pemrosesan awalnya. Ini akan memengaruhi sifat ketangguhan baja.
- Batas Butir: Pengujian struktur mikro akan memperlihatkan batas butir antara butiran mikro yang berbeda. Batas butir ini mungkin kurang tajam daripada setelah perlakuan panas, yang bisa memengaruhi sifat ketangguhan dan kekuatan.
- Potensi Perubahan: Hasil pengujian ini juga dapat memberikan indikasi potensi untuk mengubah struktur mikro melalui perlakuan panas *Hardening* dan pendinginan, yang akan meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan dan ketangguhan.



**Gambar 4. 10** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 tanpa perlakuan  
(Etsa Nital konsentrasi 2%)

(Perbesaran  $\times 300$ )

( Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

Dari hasil foto struktur mikro yang sudah dilakukan perhitungan, terdapat jumlah fasa keseluruhan:

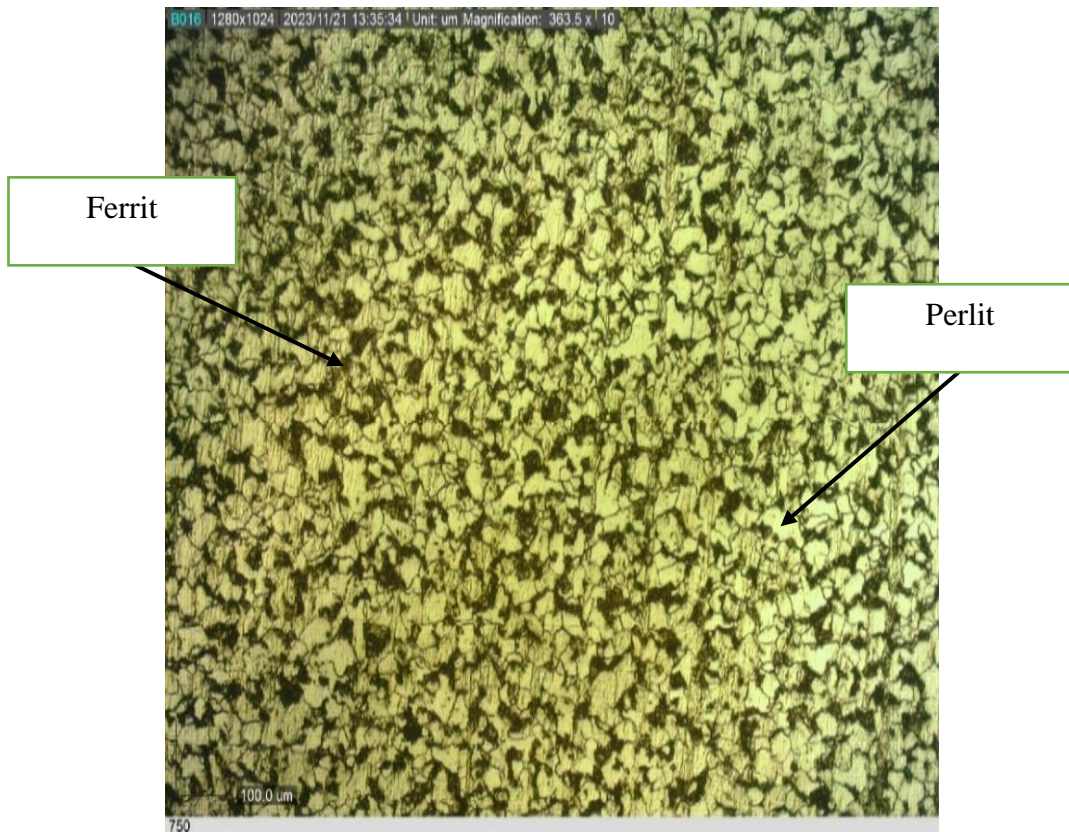
- Perlit : 40.763%
- Ferit : 59.237%

Untuk spesimen tanpa perlakuan didapatkan fasa yang mendominasi perlit dan ferit, dikarenakan pada spesimen ini tanpa perlakuan. Penting untuk diingat bahwa hasil pengujian struktur mikro pada baja ST 42 tanpa perlakuan *Hardening* akan memberikan pandangan tentang kondisi awal baja.

- B. Penjelasan pengaruh variasi media pendingin air garam dalam proses *quenching* baja ST 42 dapat memiliki pengaruh pada struktur mikro baja tersebut. Penggunaan air garam sebagai media pendingin dalam *quenching* dapat menghasilkan perubahan pada kecepatan pendinginan dan transformasi fase austenit menjadi struktur mikro yang berbeda. Konsentrasi garam dalam air dapat mempengaruhi konduktivitas termal dan kecepatan pendinginan. Secara umum, penggunaan air garam dalam *quenching* baja ST 42 dapat menghasilkan kecepatan pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan penggunaan air biasa. Kecepatan pendinginan yang lebih lambat dapat menghasilkan struktur mikro yang berbeda, seperti bainit atau perlite, dibandingkan dengan struktur martensit yang biasanya terbentuk dengan kecepatan pendinginan yang lebih cepat. Struktur mikro seperti bainit atau perlite yang terbentuk dengan kecepatan pendinginan yang lebih lambat cenderung memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan martensit. Oleh karena itu, penggunaan air garam sebagai media pendingin dalam *quenching* dapat menghasilkan baja ST 42 dengan struktur mikro yang lebih lembut. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan air garam juga dapat meningkatkan risiko korosi pada permukaan baja setelah proses *quenching*. Kehadiran garam pada media pendingin dapat meningkatkan potensi korosi pada baja. Oleh karena itu, perawatan permukaan yang tepat, seperti pembersihan dan perlindungan dengan lapisan pelindung, penting untuk mencegah korosi dan mempertahankan integritas struktur mikro baja.



### 1. Struktur mikro pendinginan air garam temperatur 750°C



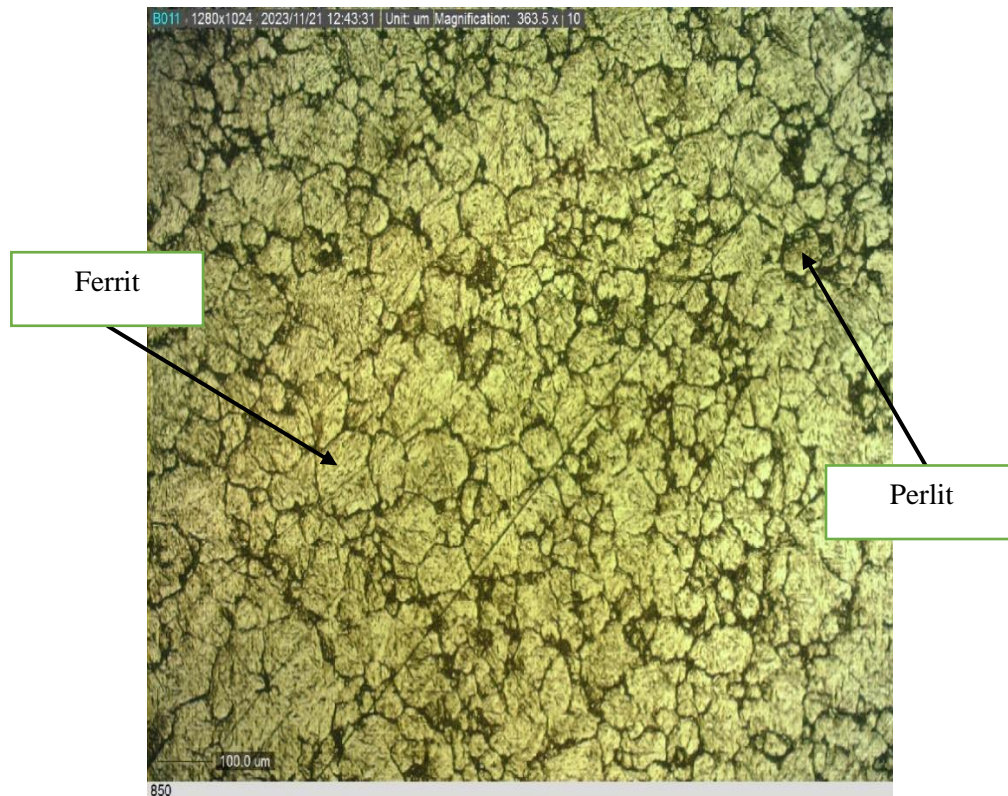
**Gambar 4. 11** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 temperatur 750°C  
 (Etsa Nital konsentrasi 2%)  
 (Perbesaran  $\times 300$ )  
 (Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

Dari hasil foto struktur mikro yang sudah dilakukan perhitungan, terdapat jumlah fasa keseluruhan:

- Perlit : 38.506%
- Ferit : 61.494%

Pada spesimen dengan temperatur 750°C dengan media pendingin air garam fasa yang terbentuk ialah perlit dan ferrit namun struktur yang dihasilkan lebih kecil dari struktur awal, pada spesimen pendingin air garam ferrit lebih mendominasi dari pada perlit namun selisihnya tidak terlalu jauh, sehingga sifat materialnya tangguh dan ulet.

## 2. Perubahan struktur mikro pada temperatur 850°C



**Gambar 4. 12** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 temperatur 850°C

(Etsa Nital konsentrasi 2%)

(Perbesaran ×300)

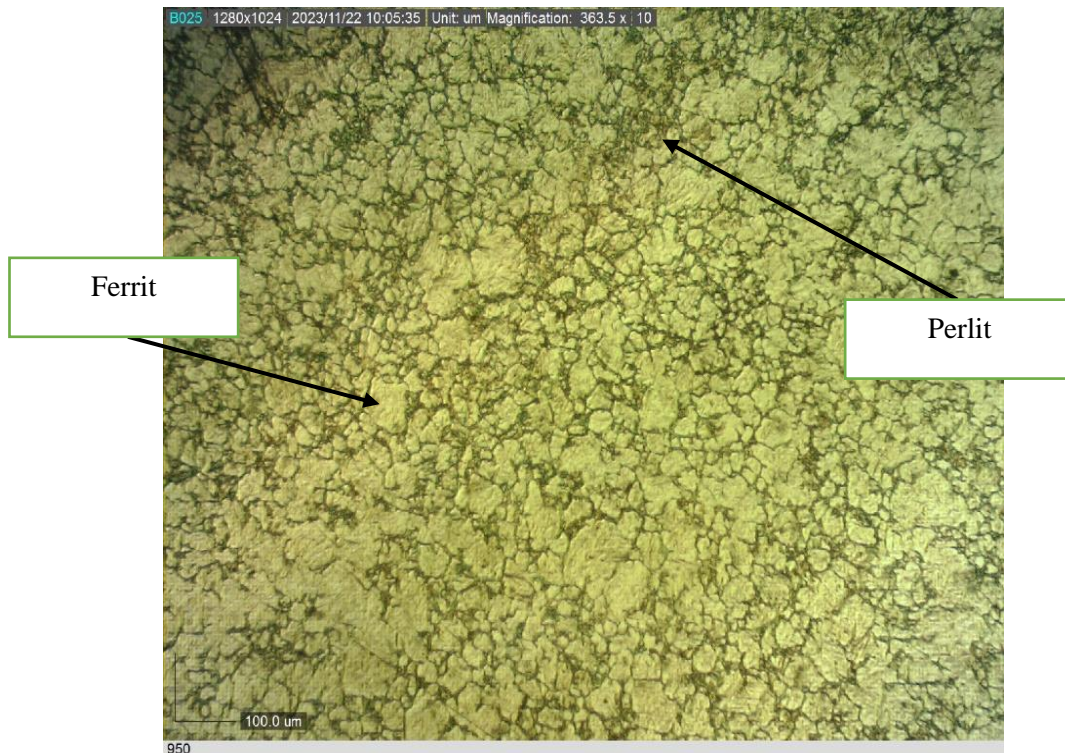
(Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

Dari hasil foto struktur mikro yang sudah dilakukan perhitungan, terdapat jumlah fasa keseluruhan:

- Perlit : 36.086 %
- Ferrit : 63.914 %

Pada spesimen dengan variasi temperatur 850°C media pendingin air garam fasa yang terbentuk ialah perlit dan ferrit, pada spesimen pendingin air ferrit lebih mendominasi dari pada perlit, sehingga sifat materialnya tangguh dan ulet.

### 3. perubahan struktur mikro pada temperatur 950°C



**Gambar 4. 13** Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja ST 42 temperatur 950°C  
(Etsa Nital konsentrasi 2%)  
(Perbesaran  $\times 300$ )

(Sumber: Laboratorium Material Politeknik Negeri Malang)

Dari hasil foto struktur mikro yang sudah dilakukan perhitungan, terdapat jumlah fasa keseluruhan:

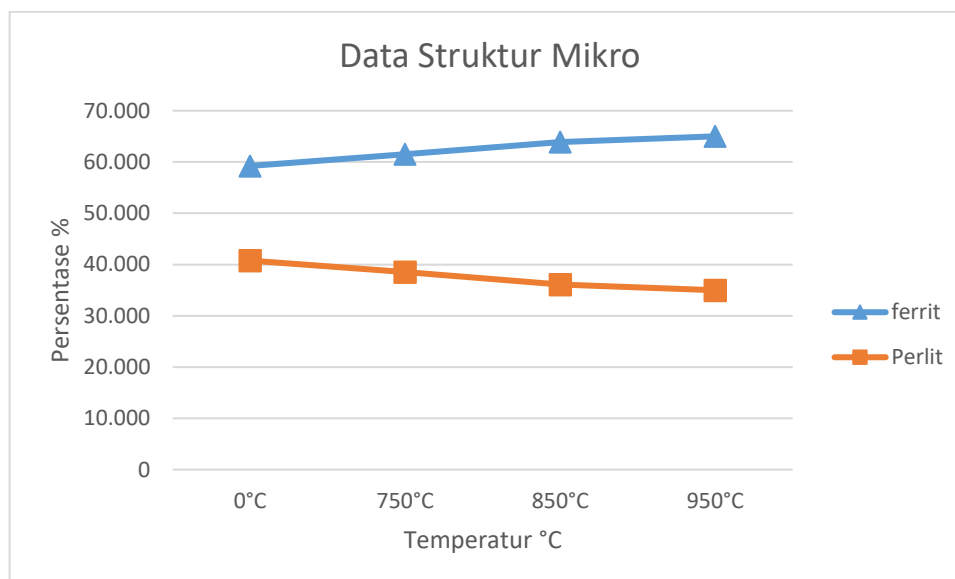
- Perlit : 34.987%
- Ferrit : 65.013 %

Pada spesimen dengan variasi temperatur 950°C media pendingin air garam fasa yang terbentuk ialah perlit dan ferrit, pada temperatur 950°C spesimen ferrit lebih mendominasi dari pada perlit sehingga sifat materialnya tangguh dan ulet.

**Tabel 4. 2** Kandungan Struktur mikro

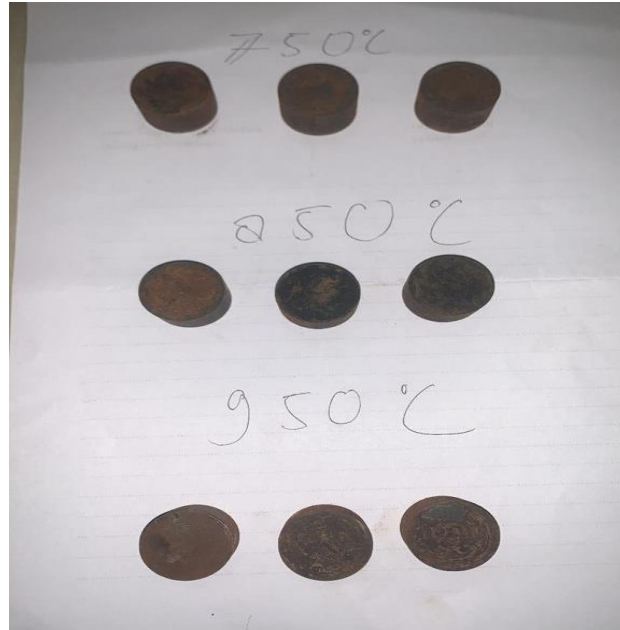
Temperatur	Struktur mikro	Jumlah Titik	Total Area	% Area
0°C	ferrit	1069	867097	59.237
	perlit	1997	542951	40.763
750°C	ferrit	1413	1021937	61.494
	perlit	2032	703231	38.506
850°C	ferrit	1693	1122296	63.914
	perlit	4192	633640	36.086
950°C	ferrit	2131	908224	65.013
	perlit	3021	488768	34.987

Dari semua pengujian struktur mikro dengan variasi temperatur 0°C (tanpa perlakuan) dengan variasi temperatur 750°C, 850°C, 950°C fasa yang terbentuk adalah ferrit dan perlit. Pada semua pengujian spesimen nilai ferrit lebih tinggi ketimbang nilai fasa perlit. Semakin tinggi temperatur suhu maka semakin tinggi nilai ferrit yang didapat dan nilai perlit menurun. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

**Grafik 4. 1** Data Struktur Mikro

#### 4.2.2 Pengolahan Data Dan Pembahasan Pengujian Laju Korosi

Data pengujian ini merupakan hasil pengujian weigh loss kehilangan berat. Perlakuan panas *hardening* dengan variasi temperatur 750°C, 850°C, 950°C dengan *holding time* 15 menit lama perendaman selama 7 hari dan spesimen bahan pada penelitian ini menggunakan material baja ST 42. Berikut gambar dari hasil pengorosan:



**Gambar 4. 14** Hasil dari Pengorosan

Dari pengujian yang telah dilakukan didapat data untuk menghitung laju korosi dengan kehilangan massa. Perhitungan laju korosi sebagai berikut:

$$1. CR = \frac{0,0123 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,1284 \times 2448,50 \times 168} = 0,037891633 \text{ mm/y}$$

$$2. CR = \frac{0,0118 \times 8,76 \cdot 10^7}{68,8692 \times 2448,50 \times 168} = 0,036488137 \text{ mm/y}$$

$$3. CR = \frac{0,0112 \times 8,76 \cdot 10^7}{68,9194 \times 2448,50 \times 168} = 0,03457748 \text{ mm/y}$$

$$4. CR = \frac{0,0141 \times 8,76 \cdot 10^7}{68,7359 \times 2448,50 \times 168} = 0,043684785 \text{ mm/y}$$

$$5. CR = \frac{0,0136 \times 8,76 \cdot 10^7}{68,9312 \times 2448,50 \times 168} = 0,042016298 \text{ mm/y}$$

$$6. CR = \frac{0,0125 \times 8,76 \cdot 10^7}{68,8232 \times 2448,50 \times 168} = 0,03828114 \text{ mm/y}$$

$$7. CR = \frac{0,0133 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,4637 \times 2448,50 \times 168} = 0,040774481 \text{ mm/y}$$

$$8. CR = \frac{0,0147 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,3432 \times 2448,50 \times 168} = 0,038136363 \text{ mm/y}$$

$$9. CR = \frac{0,0164 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,1011 \times 2448,50 \times 168} = 0,050542137 \text{ mm/y}$$

$$10. CR = \frac{0,0143 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,1725 \times 2448,50 \times 168} = 0,044052657 \text{ mm/y}$$

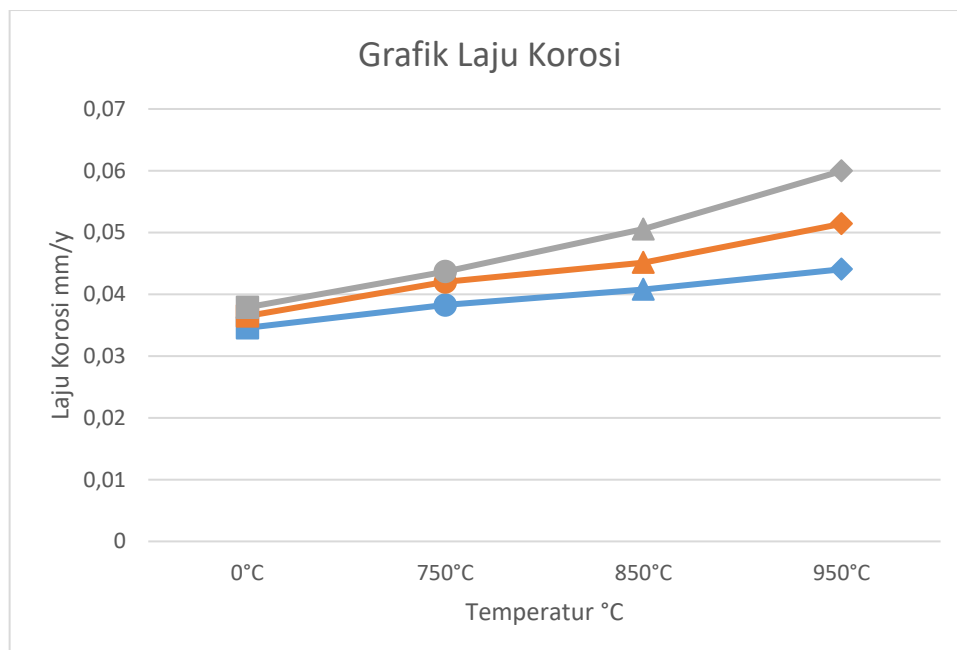
$$11. CR = \frac{0,0195 \times 8,76 \cdot 10^7}{69,2674 \times 2448,50 \times 168} = 0,059951553 \text{ mm/y}$$

$$12. CR = \frac{0,0167 \times 8,76 \times 10^7}{69,1865 \times 2448,50 \times 168} = 0,051403161 \text{ mm/y}$$

**Tabel 4. 3** laju korosi

Bahan	Temperatur		Lama Perendaman		Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Kehilangan Berat (Gram)	Laju Korosi mm/y	Rata - rata Laju Korosi mm/y
	°C		Jam	Hari					
1	0°C		168	7	69,1284	69,1159	0,0125	0,03789163	0,036319083
2	0°C		168	7	68,8692	68,8574	0,0118	0,03648814	
3	0°C		168	7	68,9194	68,9082	0,0112	0,03457748	
Laju Korosi Tanpa Perlakuan									
4	750°C		168	7	68,8232	68,8107	0,0125	0,03828114	0,041327408
5	750°C		168	7	68,9312	68,9176	0,0136	0,0420163	
6	750°C		168	7	68,7359	68,7218	0,0141	0,04368479	
Laju Korosi 750°C									
7	850°C		168	7	69,4637	69,4504	0,0133	0,04077448	0,045487155
8	850°C		168	7	69,1011	69,0847	0,0164	0,05054214	
9	850°C		168	7	69,3432	69,3285	0,0147	0,04514485	
Laju Korosi 850°C									
10	950°C		168	7	69,1725	69,1582	0,0143	0,04405266	0,511802457
12	950°C		168	7	69,2674	69,2479	0,0195	0,05995155	
13	950°C		168	7	69,1865	69,1698	0,0167	0,05140316	
Laju Korosi 950°C									

Pada tabel diatas menjelaskan nilai laju korosi yang dipengaruhi variasi suhu dengan temperatur 750°C, 850°C, 950°C dengan *holding time* 15 menit dan waktu perendaman selama 7 hari menggunakan media air garam.

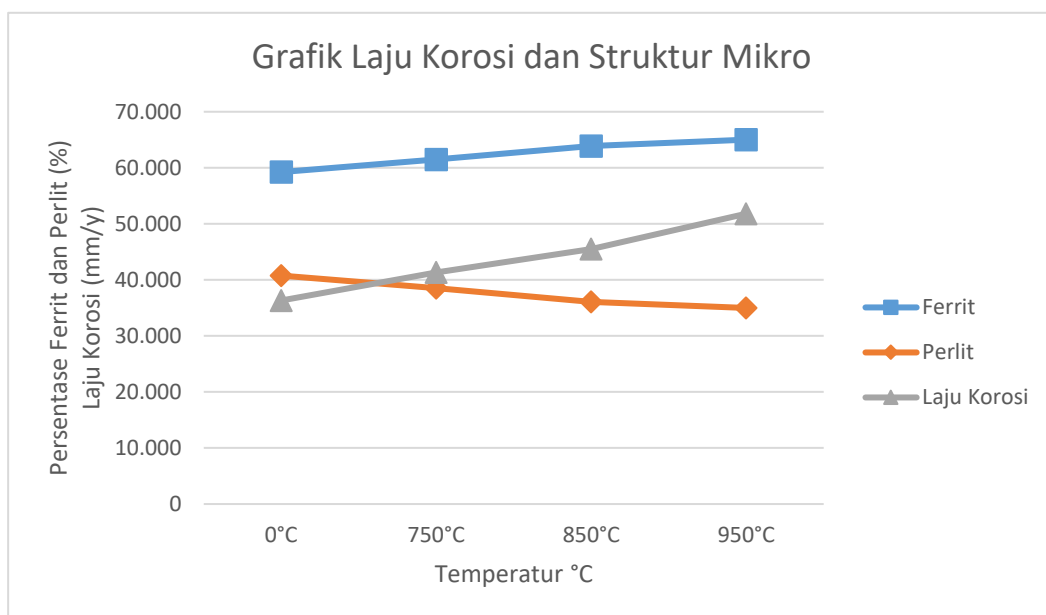
**Grafik 4. 2** Grafik Laju Korosi TP (■), 750°C (●), 850°C (▲), 950°C (◆)

Berdasarkan grafik di atas perlakuan panas terutama pada suhu temperature, *holding time* dan perendaman selama 7 hari menggunakan media pendingin air

garam memberikan pengaruh terhadap nilai kecepatan korosi pada baja ST 42. Pada spesimen tanpa perlakuan panas 0°C nilai rata-rata kecepatan korosi yang didapat sebesar 0,036319083 mm/y. pada variasi temperatur suhu 750°C nilai rata – rata kecepatan korosi sebesar 0,041327408 mm/y. pada variasi temperatur suhu 850°C nilai rata - rata kecepatan korosi yang terjadi meningkat yaitu sebesar 0,045487155mm/y. pada variasi temperatur suhu 950°C nilai rata - rata kecepatan korosinya sebesar 0,051802457 mm/y.

### 4.3 Analisis dan Pembahasan

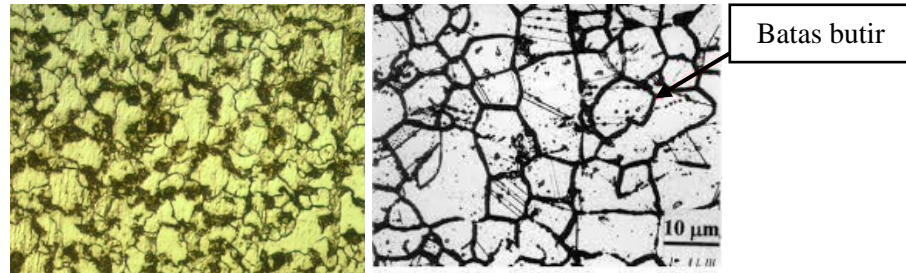
Pada baja ST 42 diberikan perlakuan panas pada variasi temperatur 750°C, 850°C, 950°C mendapatkan variasi besaran butiran yang tidak seragam dan struktur butiran fasa yang terlihat adalah ferrit dan perlit. Pada penelitian ini struktur mikro fasa ferrit mendominasi ketimbang perlit ini menjadikan bahan baja ST 42 ketika dilakukan hardening benda kerja semakin lunak dan ulet. pada variasi temperatur 750°C, 850°C, 950°C dengan perendaman air garam selama 7 hari mendapatkan nilai laju korosi meningkat. Dapat dilihat dari grafik dibawah ini:



**Grafik 4. 3** hasil struktur Mikro Fasa Ferrit (■), Fasa Perlit (◆) dan Laju Korosi (▲)

Dari hasil diatas pada proses hardening dengan variasi temperatur 750°C, 850°C, 950°C fasa ferrit meningkat sedangkan fasa perlit menurun dan nilai laju korosi meningkat. Untuk nilai hasil laju korosi diperbesar dikali  $10^3$  untuk memudahkan perhitungan dan pembuatan grafik untuk melihat perbandingan antara laju korosi

dengan struktur mikro. Dari perubahan struktur mikro yang terjadi mempengaruhi peningkatan laju korosi hal disebabkan oleh beberapa faktor menurut penelitian I Wayan Jujur (2001) yaitu intergranular corrosion merupakan korosi batas butir logam. Semakin kecil ukuran butir maka semakin banyak jumlah butirnya dan jumlah batas butir juga semakin banyak jadi laju korosi semakin besar. Berikut adalah gambar batas butir yang meningkatkan laju korosi:



**Gambar 4. 15** korosi batas butir