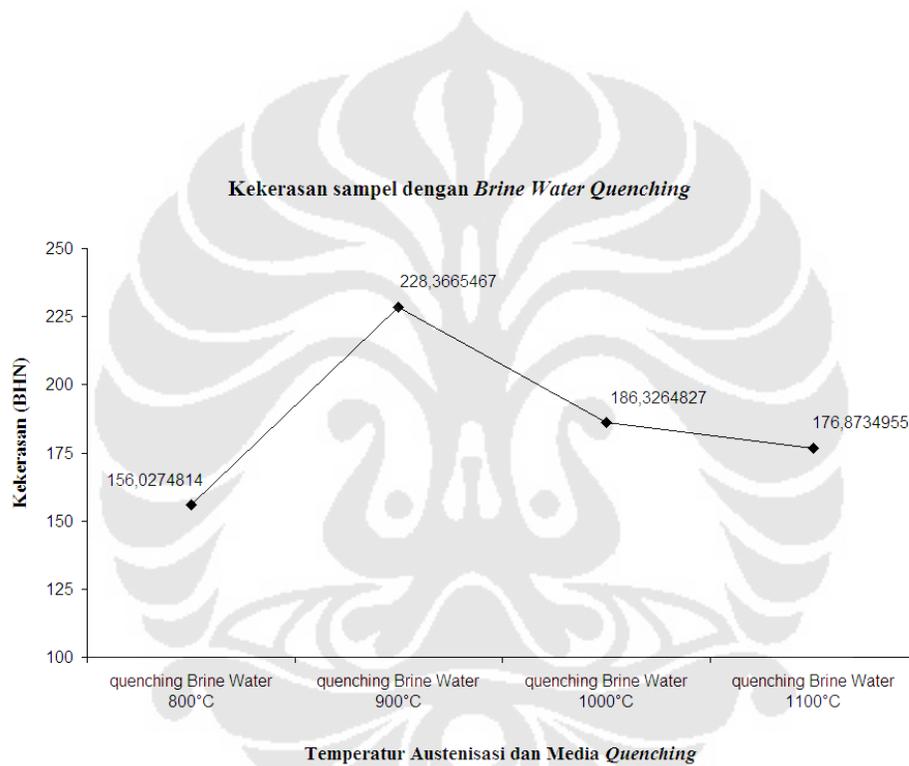


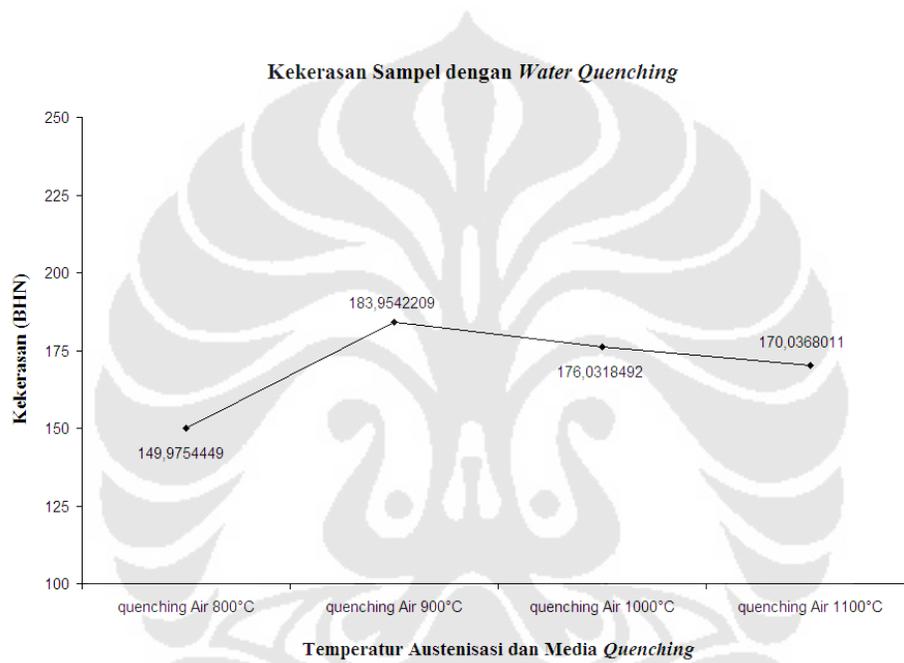
# BAB IV

## DATA

### 4.1. DATA KEKERASAN

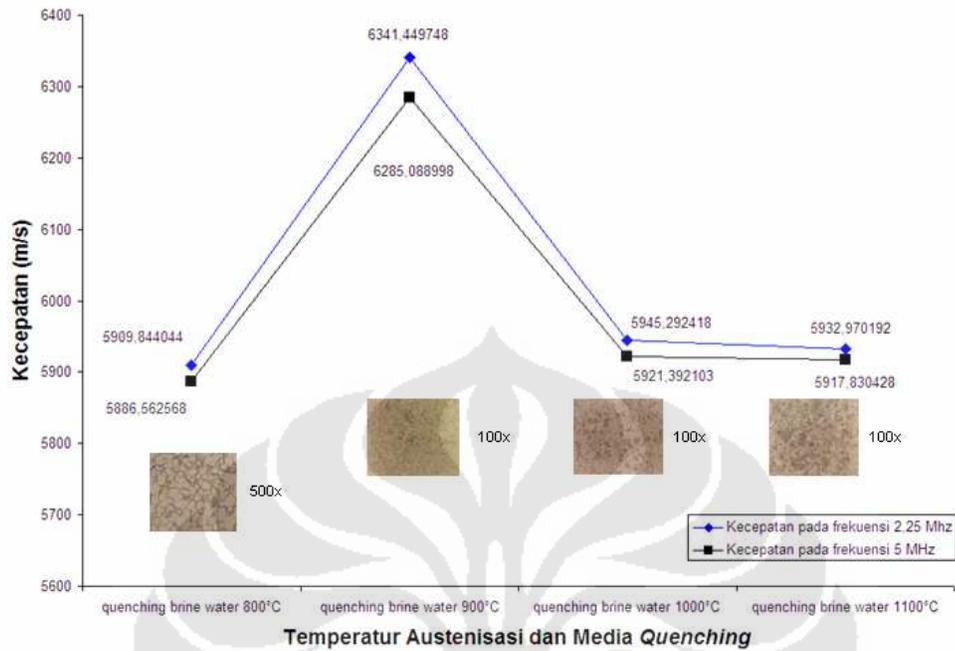


**Gambar 4. 1.** Grafik kekerasan yang dihasilkan dengan *quenching brine water*

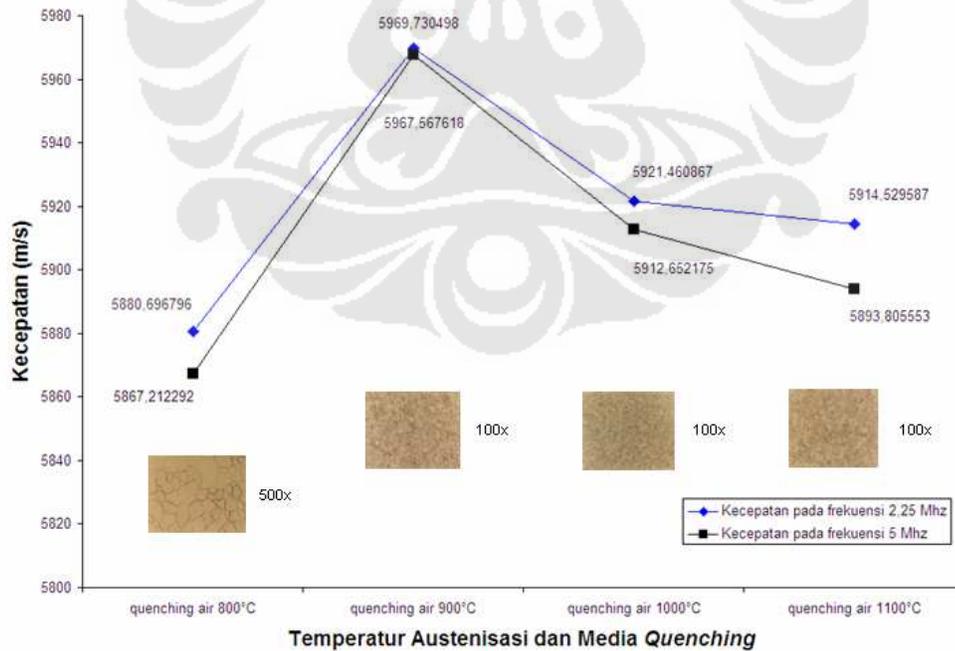


**Gambar 4.2.** Grafik kekerasan yang dihasilkan dengan *quenching* air

## 4.2. DATA KECEPATAN

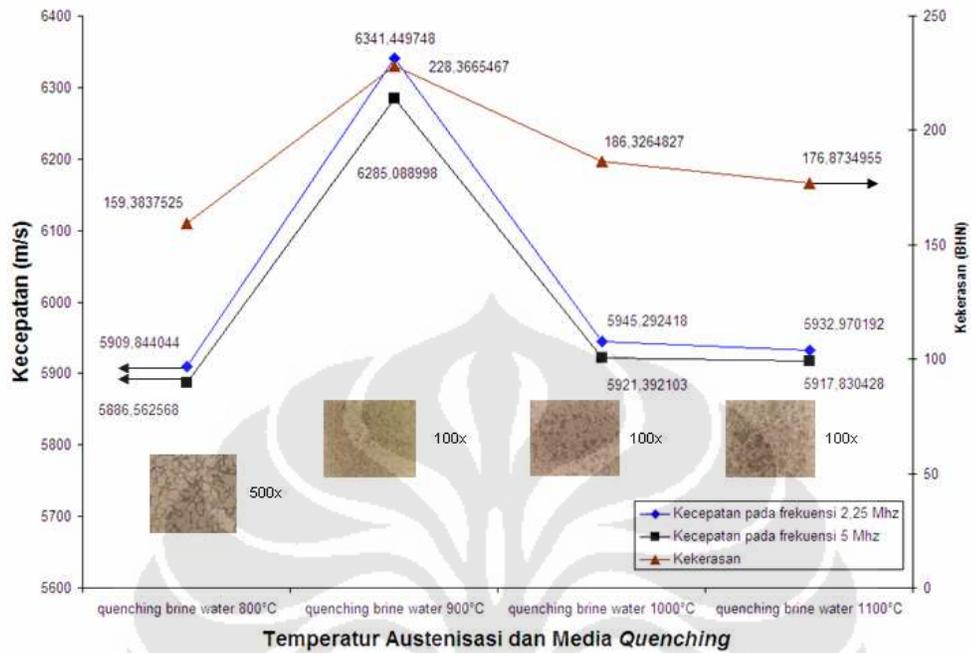


**Gambar 4. 3.** Grafik kecepatan gelombang ultrasonik terhadap benda uji *quenching brine water* dengan 2 (dua) frekuensi 2,25 MHz dan 5 MHz.

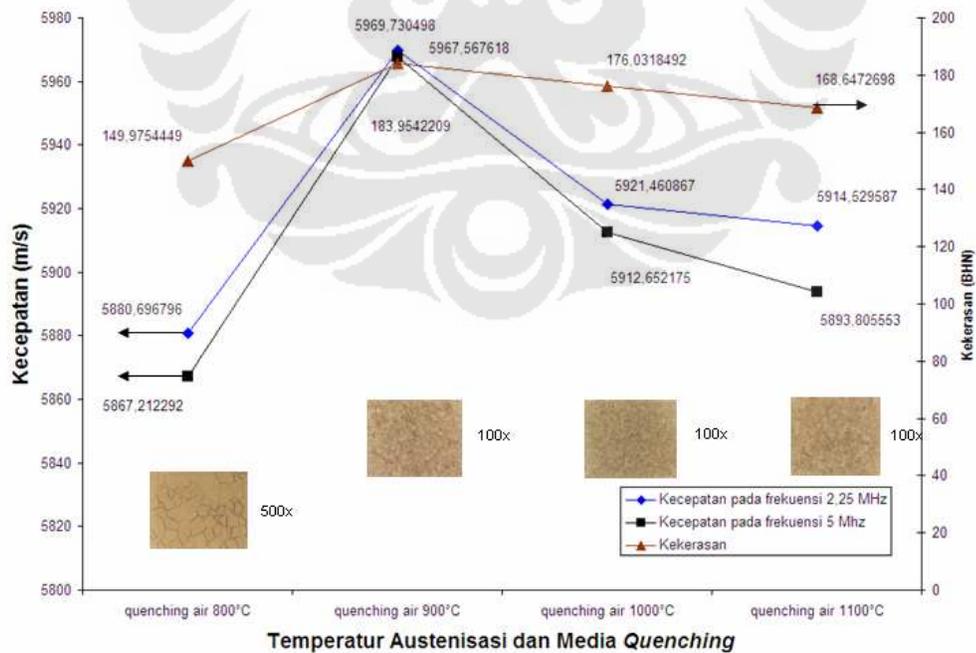


**Gambar 4. 4.** Grafik kecepatan gelombang ultrasonik terhadap benda uji *quenching air* dengan 2 (dua) frekuensi 2,25 MHz dan 5 MHz.

### 4.3. DATA KECEPATAN DIBANDINGKAN DATA KEKERASAN

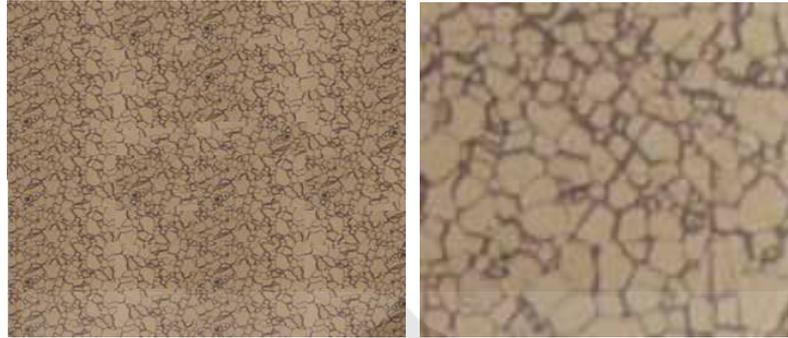


Gambar 4.5. Grafik kecepatan gelombang ultrasonik terhadap kekerasan yang dihasilkan benda uji *quenching brine water*.



Gambar 4.6. Grafik kecepatan gelombang ultrasonic terhadap kecepatan yang dihasilkan benda uji *quenching air*

#### 4.4. DATA STRUKTUR MIKRO



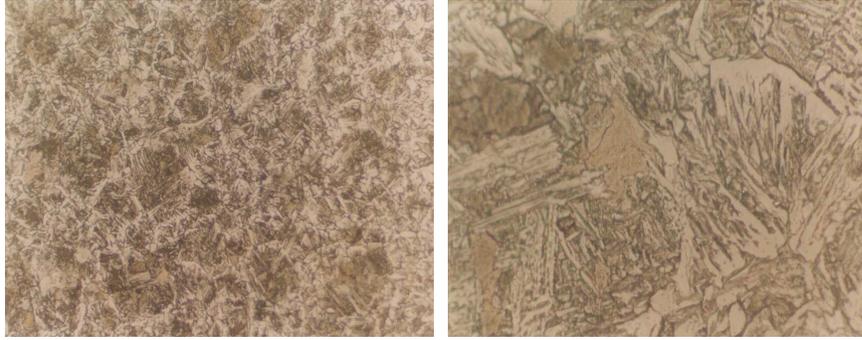
**Gambar 4.7.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $800^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching brine water*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



**Gambar 4. 8.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching brine water*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



**Gambar 4.9.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $1000^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching brine water*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



**Gambar 4.10.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $1100^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching brine water*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



**Gambar 4.11.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $800^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching air*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



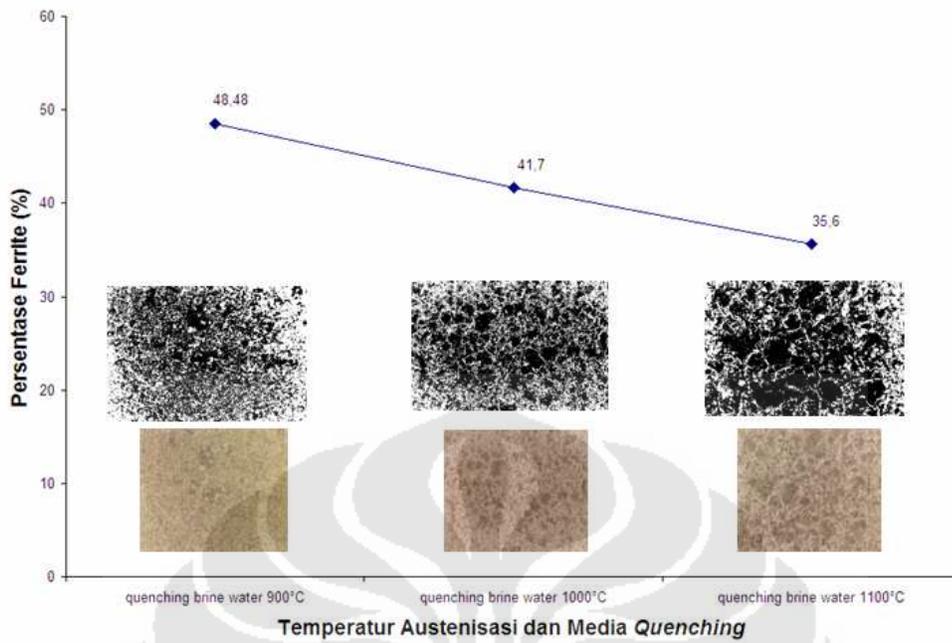
**Gambar 4.12.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dengan *quenching air*, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



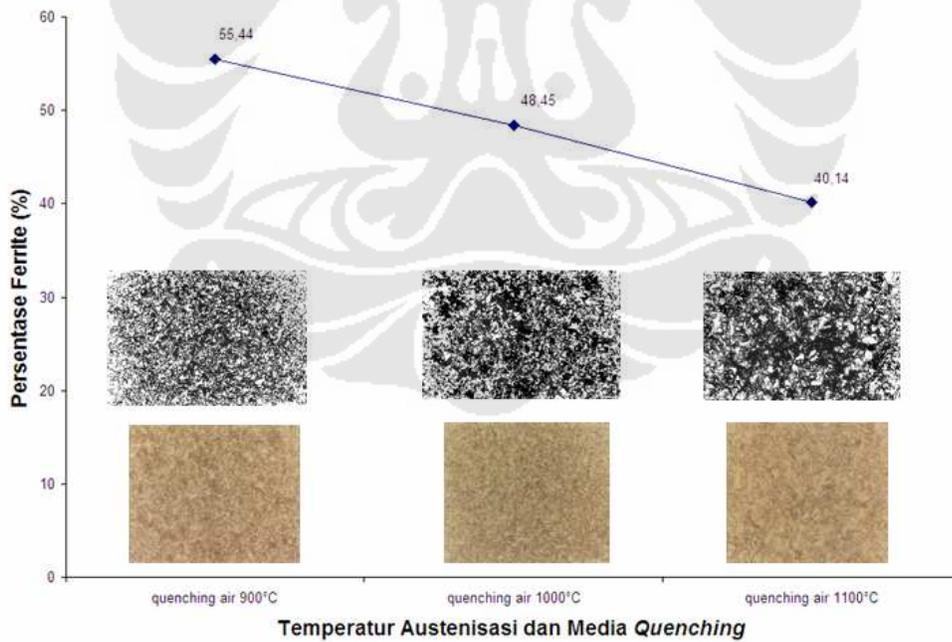
**Gambar 4.13.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur 1000<sup>0</sup>C dengan *quenching* air, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



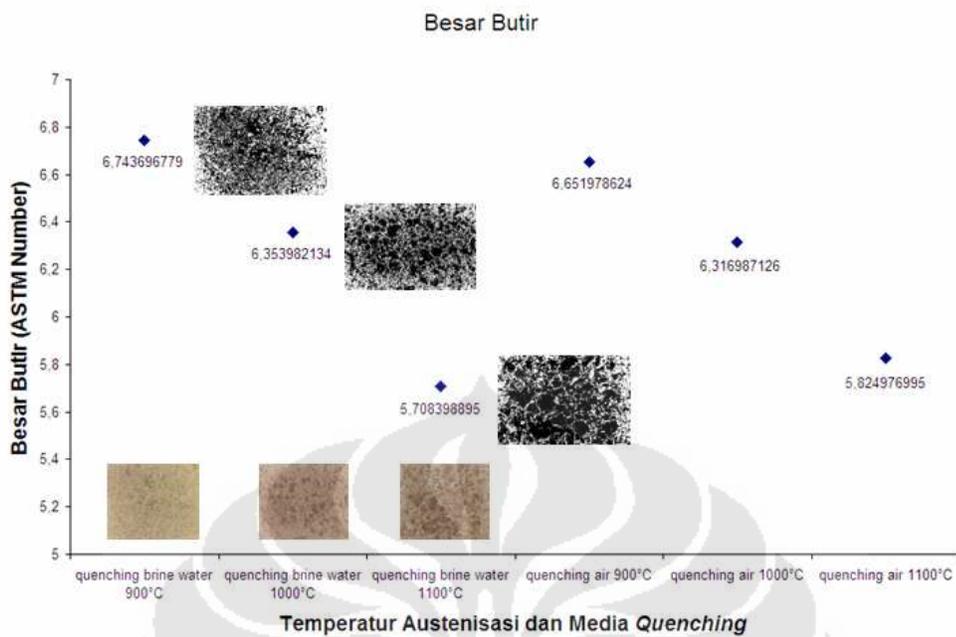
**Gambar 4.14.** Mikrostruktur Baja SS400 pada temperatur 1100<sup>0</sup>C dengan *quenching* air, perbesaran 100x (kiri ) dan 500x (kanan).



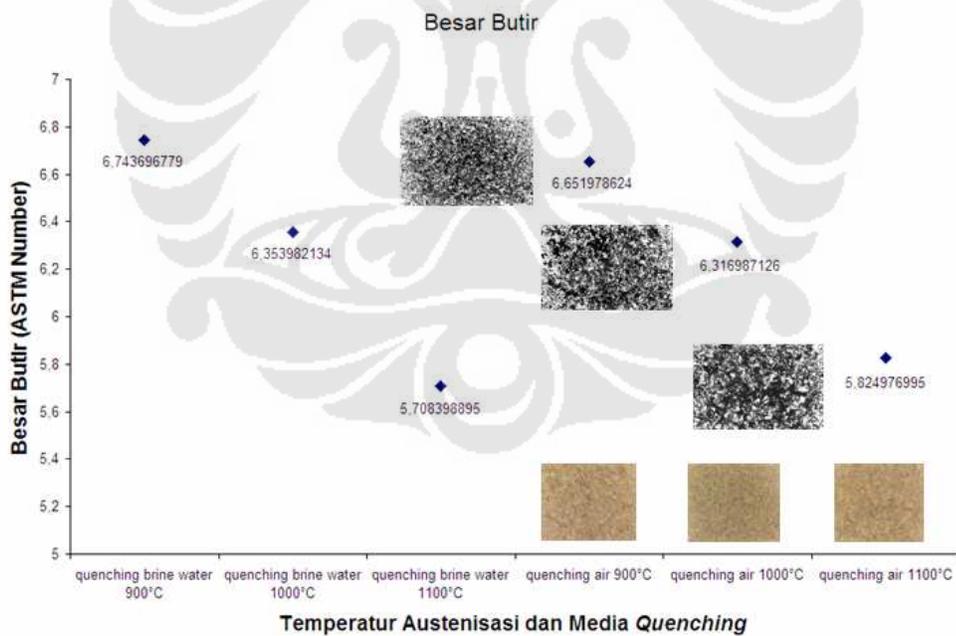
**Gambar 4.15.** Pengurangan persentase ferrite seiring dengan kenaikan temperature austenisasi dalam *quenching brine water*.



**Gambar 4.16.** Pengurangan persentase ferrite seiring dengan kenaikan temperature austenisasi dalam *quenching air*.

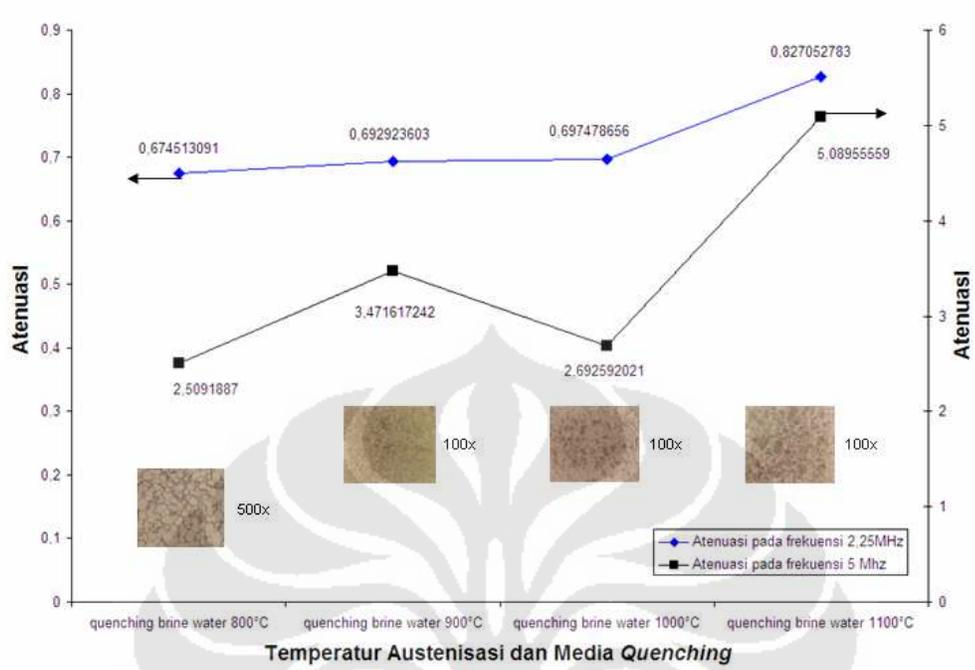


**Gambar 4.17.** Peningkatan besar butir seiring dengan kenaikan temperatur pada kondisi *quenching brine water*.

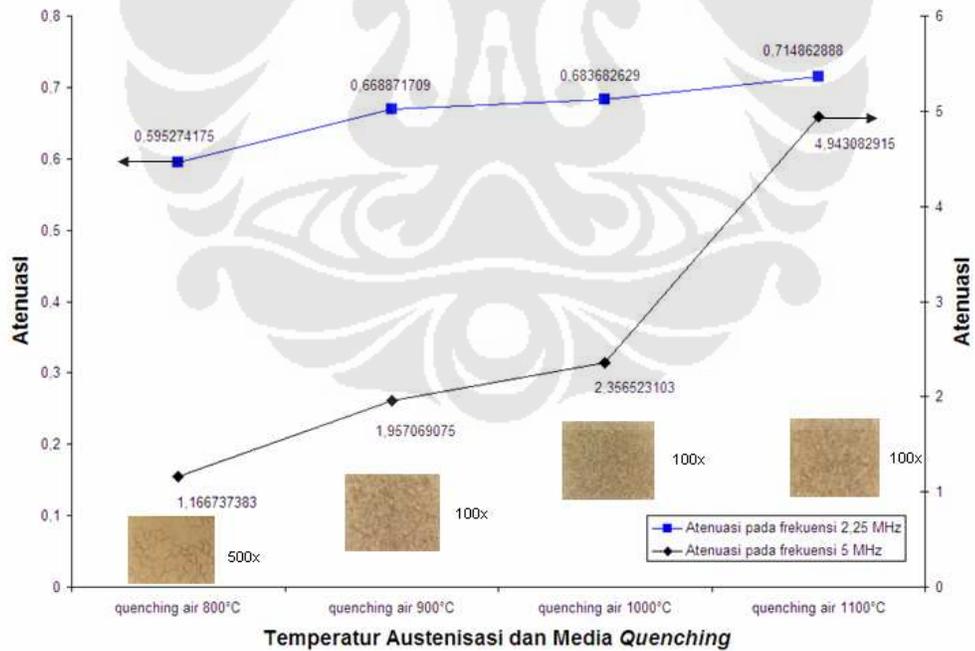


**Gambar 4.18.** Peningkatan besar butir seiring dengan kenaikan temperatur pada kondisi *quenching air*.

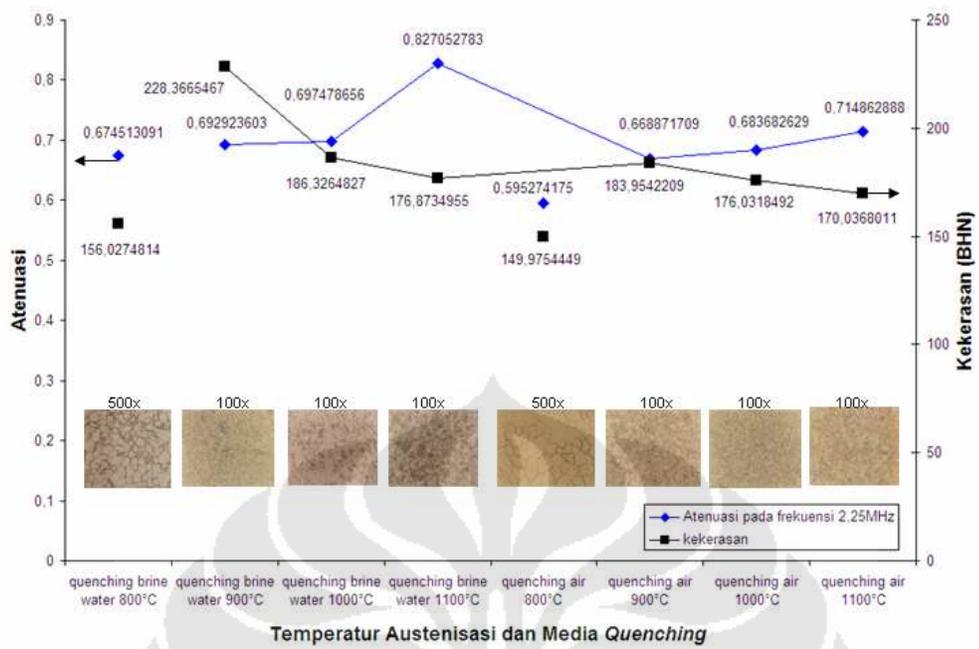
#### 4.5. DATA ATENUASI



Gambar 4.19. Grafik Atenuasi dari benda uji *quenching brine water*



Gambar 4.20. Grafik Atenuasi dari benda uji *quenching air*



**Gambar 4.21.** Grafik hubungan kekerasan dengan atenuasi pada frekuensi 2,25 Mhz

## BAB V

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. DATA KEKERASAN

Data kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi berada pada variabel dengan temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dengan media *quenching brine water* dan jika dilihat dalam variabel temperatur maka kekerasan tertinggi dihasilkan oleh temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ . Hal ini sesuai dengan *ASM Handbook* bahwa temperatur austenisasi optimal untuk baja SS400 (yang ekuivalen secara komposisi dan sifat mekanis dengan AISI 1010) adalah  $900^{\circ}\text{C}$ .

Sesuai dengan *ASM Handbook*, media *quench brine water* memiliki laju pendinginan yang lebih cepat dibandingkan dengan air, yang ditunjukkan dengan nilai H, *grossman severity quench factor* yang lebih tinggi dengan kondisi agitasi yang sama antara *brine water* dengan air, sehingga dapat dibuktikan bahwa kekerasan SS400 yang diperlakukan dengan variabel temperatur yang sama namun media *quench* yang berbeda akan menghasilkan kekerasan yang lebih besar pada penggunaan *brine water* dibandingkan dengan air.

Jika dibandingkan dengan variabel tetap berupa *media quench* dan dibandingkan dengan variabel bebas berupa temperturnya maka baik di media *quench* air dan *brine water* akan menghasilkan kecenderungan yang sama, kekerasan paling besar dimulai dari temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ ,  $1000^{\circ}\text{C}$ ,  $1100^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ .

Semakin tinggi temperatur *austenisasinya* maka kelarutan karbon akan semakin naik, namun ada imbas dengan pertumbuhan butir yang menyebabkan perbesaran butir yang menyebabkan penurunan kekerasan, hal ini yang terjadi pada temperatur  $1000^{\circ}\text{C}$  dan  $1100^{\circ}\text{C}$ . Adapun temperatur  $800^{\circ}\text{C}$  menghasilkan kekerasan terendah karena pada temperatur ini jumlah karbon yang mampu melarut sangat rendah.

Proses perlakuan panas di dalam baja dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor, komposisi karbon, temperatur austenisasi, dan waktu tahan austenisasi. Di mana faktor dominan yang paling berpengaruh untuk peningkatan kekerasan adalah komposisi karbonnya kemudian temperatur austenisasinya dan waktu tahan

austenisasinya. Dalam penelitian ini faktor utama yang dijadikan parameter hanyalah temperatur austenisasinya, semakin tinggi temperatur austenisasinya ada kemungkinan kekerasan semakin tinggi karena kelarutan karbon juga semakin tinggi, namun ada temperatur optimal sehingga terjadi pertumbuhan butir yang malah menyebabkan penurunan kekerasan. Faktor kekerasan dalam penelitian ini disebabkan oleh faktor ukuran butir.

## 5.2. DATA STRUKTUR MIKRO

Hasil struktur mikro dari benda uji *quenching* air dengan *brine water* menunjukkan bahwa bentuk dengan butir terkecil berada pada foto mikro pada temperatur 900<sup>0</sup>C. Butir kecil memiliki kecenderungan dengan nilai kekerasan yang besar. Dari hasil kekerasannya di temperatur 900<sup>0</sup>C yang paling besar ternyata terbukti dengan struktur mikro butirnya yang paling kecil. Sedangkan dari hasil *quench* air butir terkecil juga berada pada temperatur 900<sup>0</sup>C.

Hasil mikrostruktur pada temperatur 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C menunjukkan kehadiran fasa yang sama dengan dominasi fasa ferrite widmanstatten dan sedikit fasa bainite dan martensite. Yang membedakan hanyalah jumlah bainite dan martensite pada *quench brine water* lebih banyak dibandingkan dengan pada *quench* air, karena laju pendinginan pada *brine water* yang lebih cepat dibandingkan dengan air dan bentuk ferrite pada *quenching* air tidak berbentuk terlalu widmanstatten. Pertumbuhan butir dengan urutan butir terkecil ditunjukkan pada temperatur 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C.

Sementara itu pada kondisi temperatur 800<sup>0</sup>C terlihat baik pada kondisi *quenching brine water* maupun *air*, bentuk fasa yang sama juga dengan ukuran butir yang hampir sama, yaitu ferrite yang dominan dan sedikit pearlite. Hal ini terjadi karena pada temperatur tersebut sangat kurang agar karbon dapat melarut di dalamnya.

Dengan menggunakan *software image tools* didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur austenisasinya maka akan ada penurunan jumlah fraksi volume ferrite-nya dan perbesaran ukuran butir. Terlihat baik pada *quench* air dan *brine water* penurunan jumlah ferrite dengan semakin tingginya temperatur austenisasi dan peningkatan jumlah bainite dan martensitenya.

### 5.3. DATA KECEPATAN

Data kecepatan yang dihasilkan pada perlakuan dengan *quenching brine water* menghasilkan kecepatan paling besar dimulai pada temperatur 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, 1100<sup>0</sup>C, dan 800<sup>0</sup>C. Hal ini terjadi juga pada keadaan dengan *quenching air*.

Dari hasil yang didapatkan ternyata kekerasan berbanding lurus dengan kecepatan gelombang ultrasoniknya, hal ini sesuai dengan **persamaan 2.1** bahwa semakin cepat material maka modulus elastisnya pun semakin besar. Kekerasan yang dihasilkan pada penelitian ini secara dominan lebih dihasilkan lewat perbedaan ukuran butir, sehingga kekerasan tertinggi dimiliki oleh temperatur 900<sup>0</sup> C.

Dalam penelitian ini fasa yang dihasilkan tidak bervariasi, yaitu ferrite widmanstatten yang dominan dan fasa bainite-martensite. Variasi yang didapatkan berasal dari ukuran butir. Semakin kecil ukuran butir dalam variasi fasa yang sama maka kekerasan akan semakin besar dan kecepatan gelombang ultrasonik akan semakin cepat, hal ini dikarenakan karena gelombang akan lebih cepat menutupi wilayah butir yang kecil daripada wilayah butir yang besar, hal ini berlaku sebaliknya [17]. Sehingga dengan pengurutan ukuran butir dari yang terkecil dalam fasa yang sama, dimulai dari 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C maka kekerasan yang paling besar dan kecepatannya yang paling cepat pun akan berbanding lurus dimulai dari 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C.

Pada beberapa percobaan dihasilkan hubungan berbanding terbalik antara kecepatan dan kekerasan, salah satu percobaan dengan variasi pada fasa lewat pengaturan ukuran butir yang seragam menghasilkan kecepatan terlamban pada fasa terkeras, karena fasa terkeras memberikan regangan yang mendistorsi pada kisi. Adapun jika diurutkan fasa yang memiliki kecepatan terlamban adalah martensite, bainite, pearlite kasar, dan pearlite halus. Jika faktor kekerasan mengacu pada kehadiran fasa keras dengan ukuran butir yang sama, maka kekerasan akan berbanding terbalik dengan kecepatan gelombang ultrasonik [21].

Hal ini di atas pun mampu digunakan untuk menjelaskan penurunan kecepatan pada temperatur 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C dikarenakan semakin tingginya temperatur austenisasi maka pembentukan fasa bainite dan

martensitenya pun semakin besar sehingga berpengaruh terhadap menurunnya kecepatan. Namun hasil penelitian [21] tidak bisa digunakan untuk menjelaskan mengapa pada 800<sup>0</sup>C menghasilkan kecepatan terendah pada penelitian ini.

Jika dianalisa maka variabel kecepatan mampu memprediksi sifat mekanis material secara makro, dalam hal ini faktor kekerasan yang menjadi sifat mekanis material dipengaruhi oleh ukuran butir, maka kecepatan gelombang ultrasoniknya pun lebih dipengaruhi oleh ukuran butir. Sehingga butir terbesar memiliki kekerasan terkecil juga kecepatan terlamban dan sebaliknya.

#### 5.4. DATA ATENUASI

Dari hasil data atenuasi, didapatkan sebuah kecenderungan walaupun ada beberapa hasil yang berfluktuasi. Atenuasi pada 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C baik pada *quenching* air maupun *brine water* dengan frekuensi 2,25 Mhz menunjukkan bahwa kekerasan berbanding terbalik dengan atenuasi. Semakin keras material maka semakin kecil pula nilai atenuasinya dan sebaliknya. Sedangkan atenuasi pada *quenching* air maupun *brine water* 800<sup>0</sup>C menghasilkan nilai terkecil.

Dalam penelitian ini kekerasan lebih dipengaruhi ukuran butir, semakin kecil ukuran butir maka material tersebut semakin keras dan sebaliknya. Atenuasi merupakan variabel ultrasonik yang peka terhadap kondisi butir. Nilai atenuasi berbanding lurus dengan ukuran butir, semakin besar ukuran butirnya maka nilainya akan semakin besar dan sebaliknya [19], hal ini juga terlihat pada kondisi 900<sup>0</sup>C, 1000<sup>0</sup>C, dan 1100<sup>0</sup>C. Namun analisis ini tidak menjelaskan mengapa pada kondisi 800<sup>0</sup>C atenuasi menghasilkan nilai terkecil.

Pada temperatur 800<sup>0</sup>C baik pada *quenching* air maupun *brine water*, dihasilkan nilai atenuasi yang paling rendah disebabkan oleh faktor fasa. Temperatur 800<sup>0</sup>C memiliki fasa yang paling berbeda dengan temperatur lainnya, hanya ferrite dan sedikit pearlite, fasa ferritenya pun memiliki bentuk yang biasa, agak membulat. Sedangkan di 3 (tiga) temperatur lainnya ferrite yang dihasilkan adalah ferrite widmanstatten dengan bentuk yang menyerupai jarum dendrit. Dari hasil penelitian sebelumnya [19] atenuasi pada fasa dengan morfologi butir yang menyebabkan nilai kekerasan tinggi (bersudut) akan lebih menghamburkan energi

dibandingkan dengan morfologi butir dengan sudut yang sedikit (cenderung membulat). Sehingga hal ini mampu menjelaskan mengapa pada kondisi 800<sup>0</sup>C dihasilkan nilai atenuasi terkecil.

Sehingga jika dianalisa, maka atenuasi menghasilkan prediksi material lebih ke arah mikrostrukturnya, baik ukuran butir maupun morfologi butir sangat berpengaruh terhadap nilai atenuasi.

Beberapa data yang fluktuatif, disebabkan karena *pitting* pada benda uji dalam jumlah yang besar. *Pitting* sangat berpengaruh terhadap hasil atenuasi, *pitting* ini diakibatkan material ini rentan terhadap korosi. Semakin banyak *pitting*, energi yang berkurang pun makin banyak, sehingga nilai atenuasi makin besar dan hasilnya tidak didapatkan nilai atenuasi yang cukup presisi.

