

BAB IV

HASIL PENELITIAN

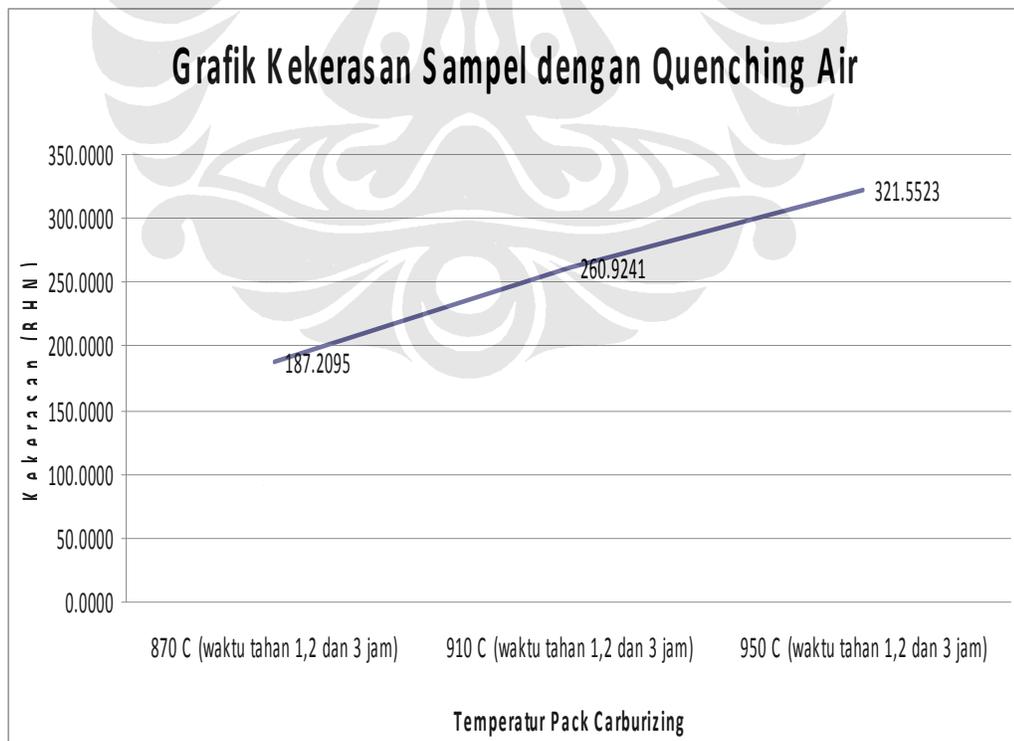
4.1 DATA PENGUJIAN KEKERASAN

Pada pengujian ini nilai kekerasan pada 9 sampel yang di *surface treatment* dihitung rata-ratanya, berdasarkan 3 variabel temperatur dan 3 variabel waktu, dan menggunakan media quenching air. Data kekerasan rata-rata pada masing-masing dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Nilai kekerasan rata-rata

Temperatur	BHN Rata-Rata
870 C, waktu tahan 1,2 dan 3 jam	187.2095
910 C, waktu tahan 1,2 dan 3 jam	260.9241
950 C, waktu tahan 1,2 dan 3 jam	321.5523

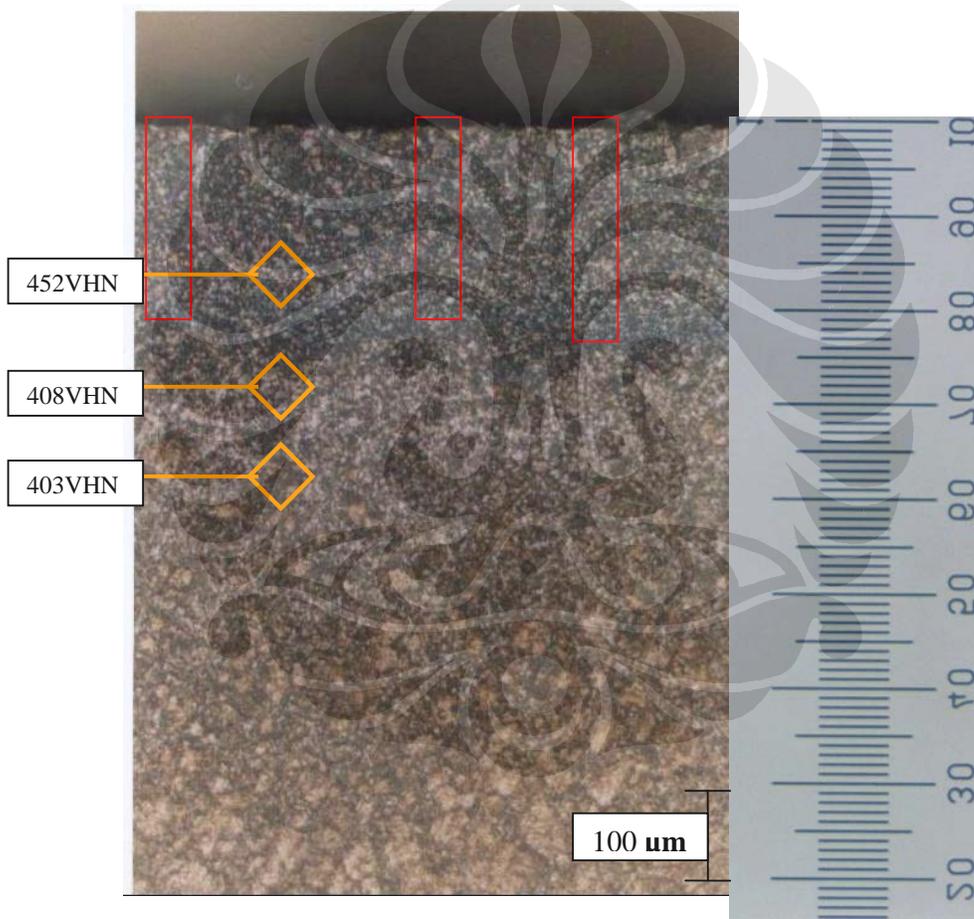
Hubungan nilai kekerasan terhadap 3 variable temperatur austenisasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



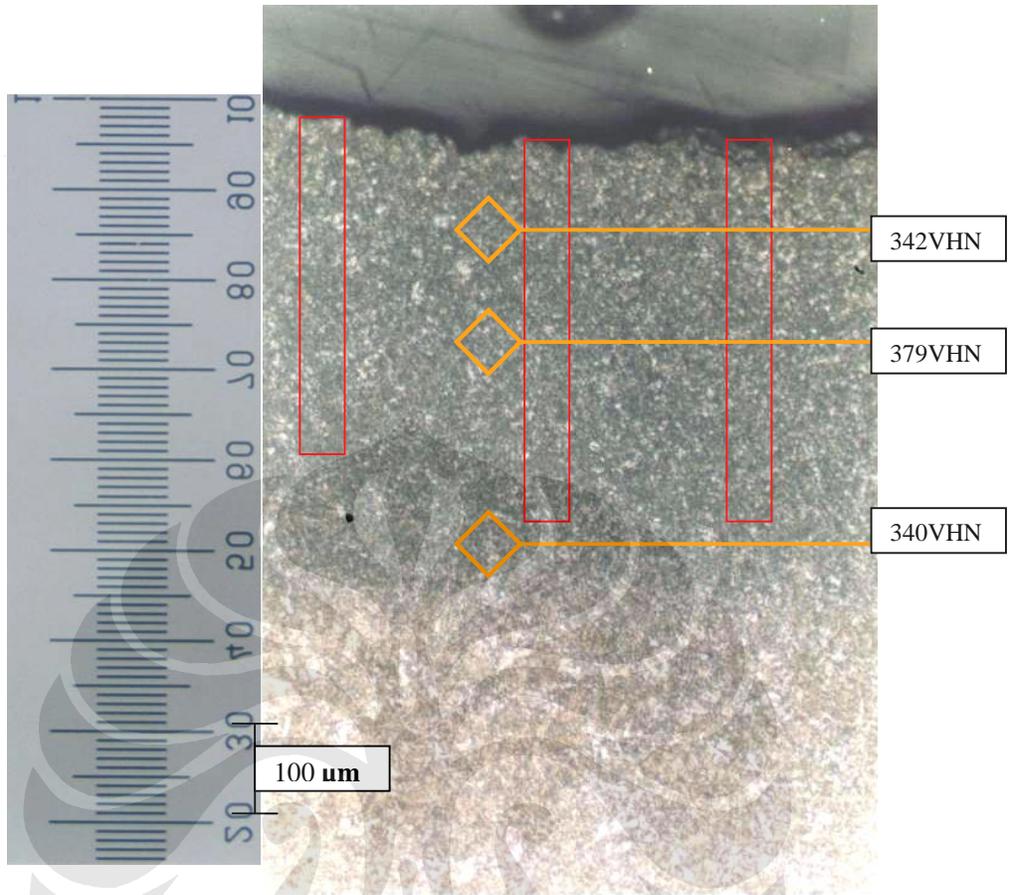
Gambar 4.1 Grafik hubungan kekerasan terhadap 3 variable temperatur

4.2 KEDALAMAN DIFUSI DENGAN PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO

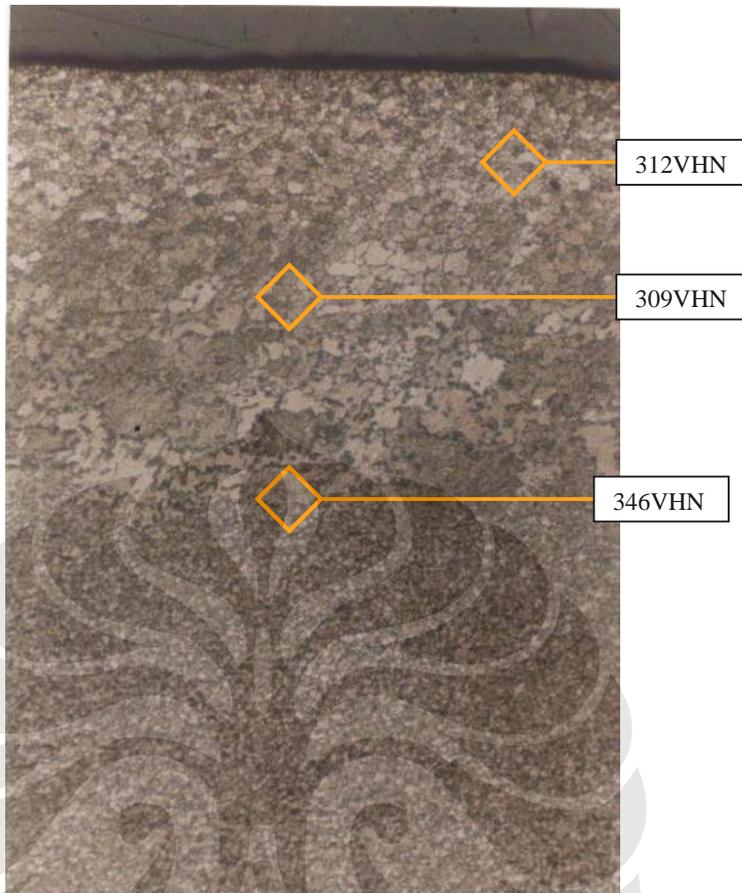
Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk sampel masing-masing sampel 3 variabel temperatur dan 3 variabel waktu tahan yang berbeda, yang telah terdifusi akibat proses *pack carburizing*. Pengamatan dilakukan untuk mengamati kedalaman difusi (*depth of penetration*), dengan menggunakan mikroskop optik (MO), terutama pada bagian yang mengalami difusi paling dalam, antara permukaan luar dan permukaan dalam hasil mounting.



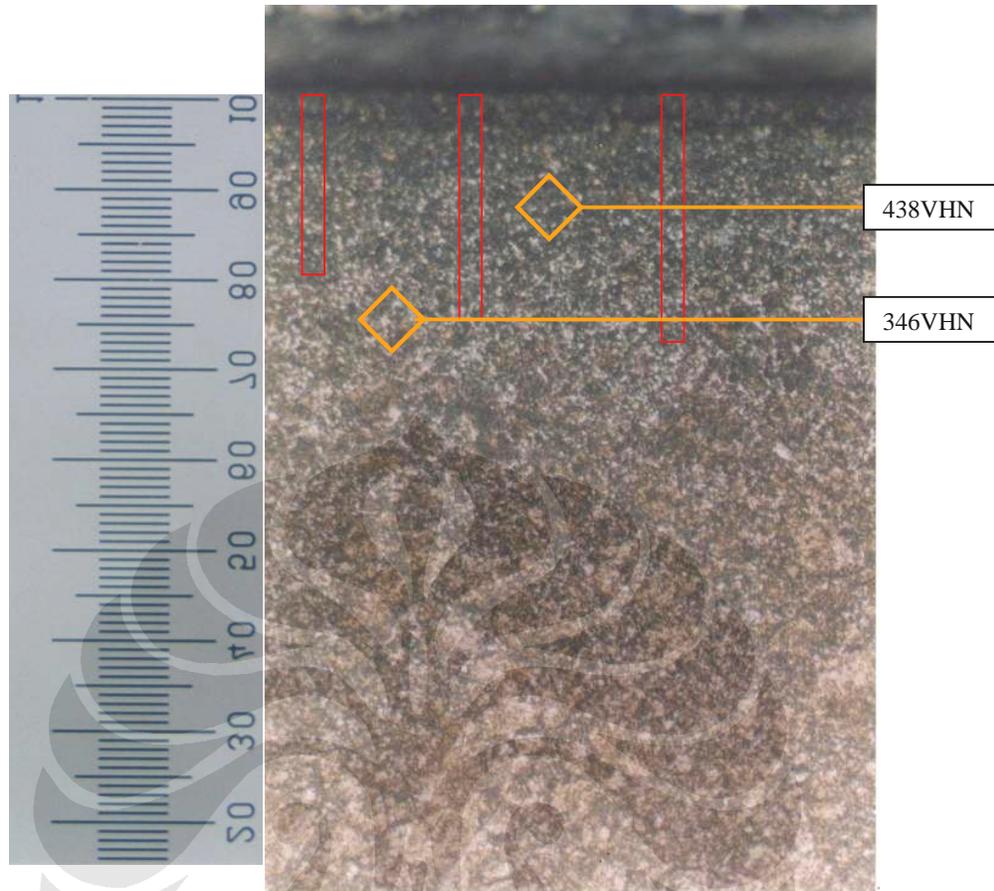
Gambar 4.2. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 212 mikron, hasil austenisasi pada 870°C dengan waktu tahan 1 jam, perbesaran 100x



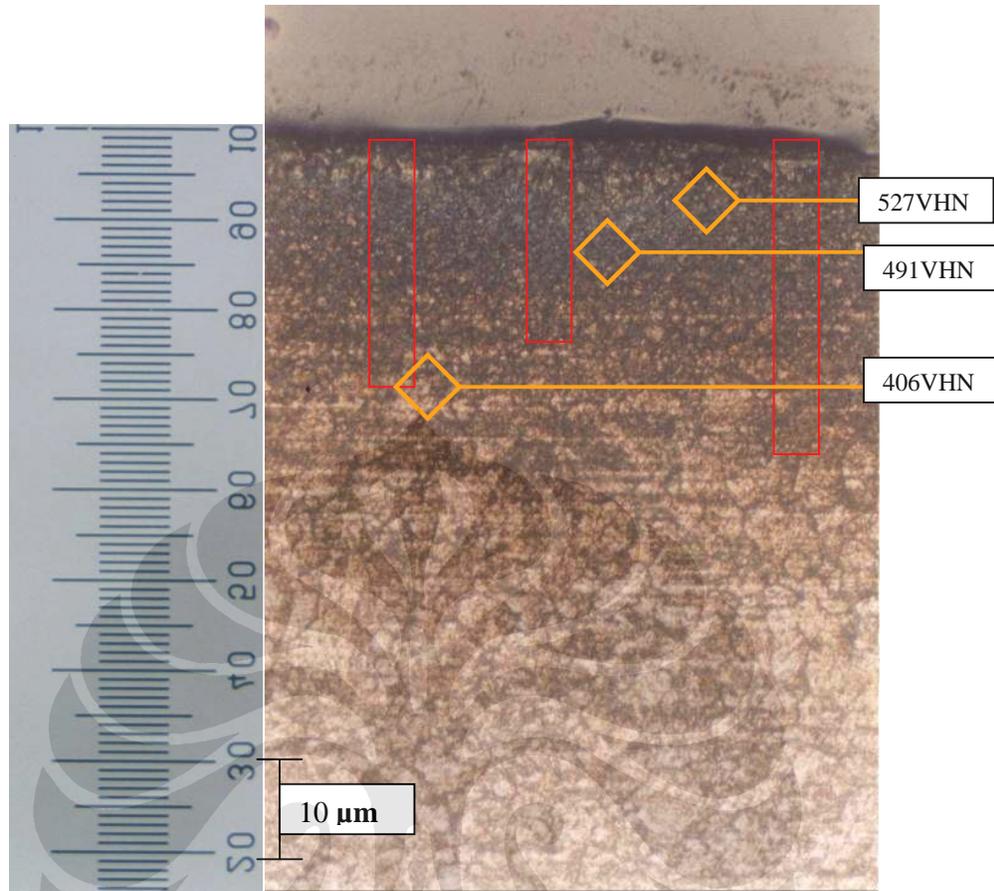
Gambar 4.3. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 383 mikron, hasil austenisasi pada 870°C dengan waktu tahan 2 jam, perbesaran 100x



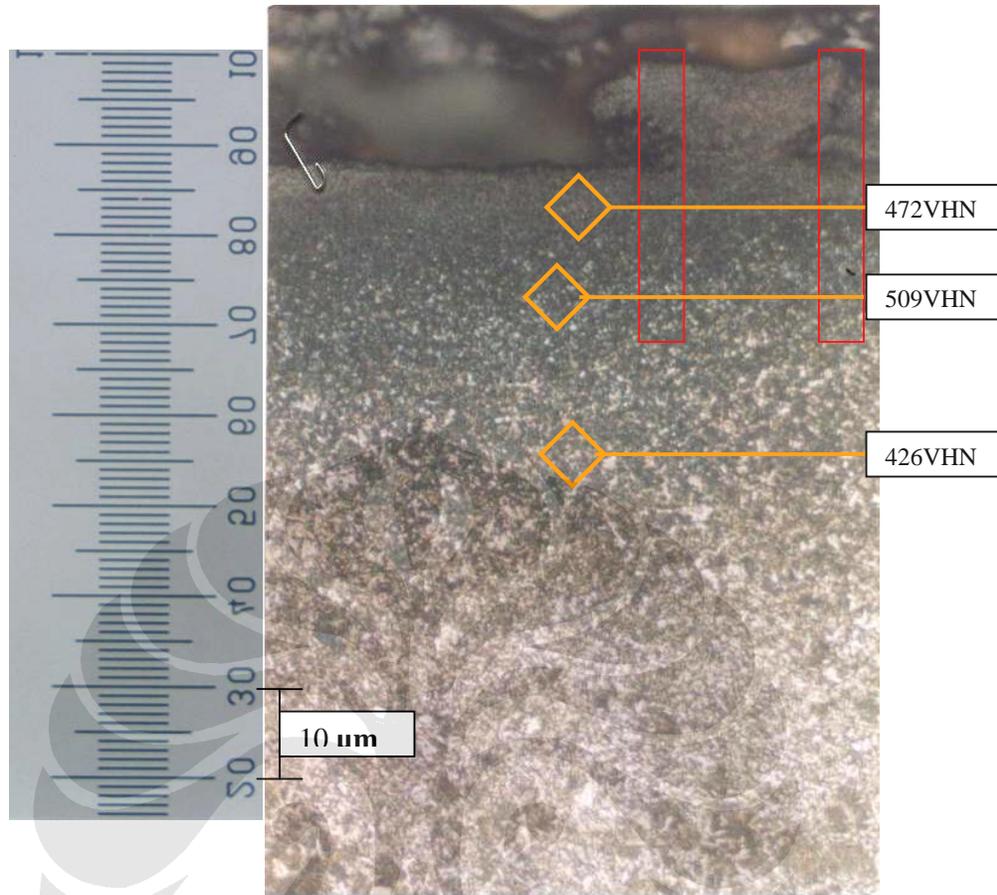
Gambar 4.4. Mikrostruktur baja SS 400, hasil austenisasi pada 870°C dengan waktu tahan 3 jam, tidak terlihat adanya difusi, perbesaran 100x



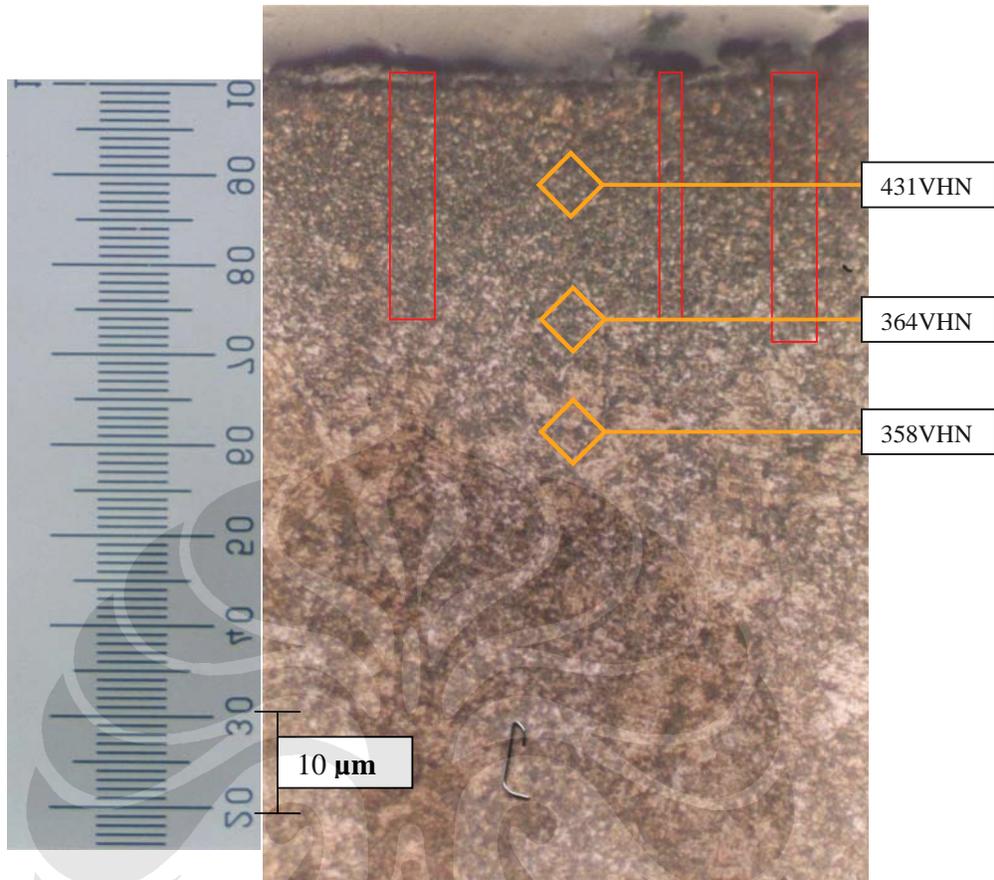
Gambar 4.5. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 232 mikron, hasil austenisasi pada 910°C dengan waktu tahan 1 jam, perbesaran 100x



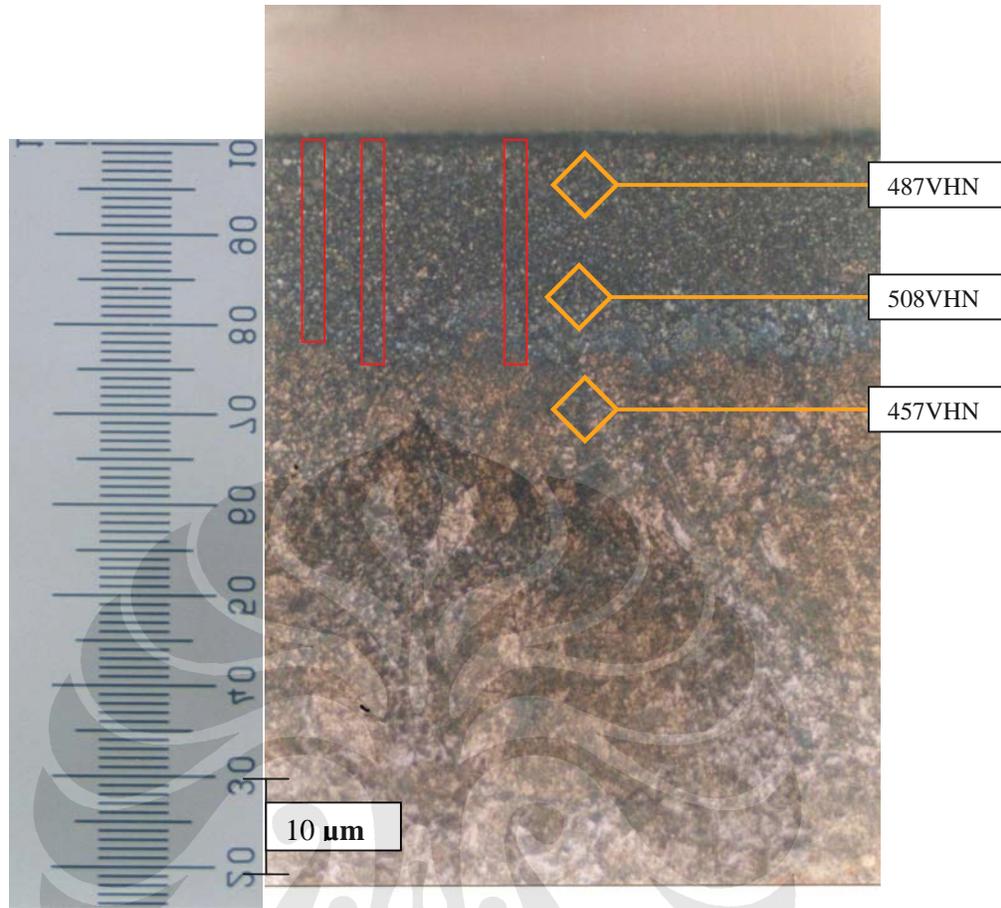
Gambar 4.6. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 270 mikron, hasil austenisasi pada 910°C dengan waktu tahan 2 jam, perbesaran 100x



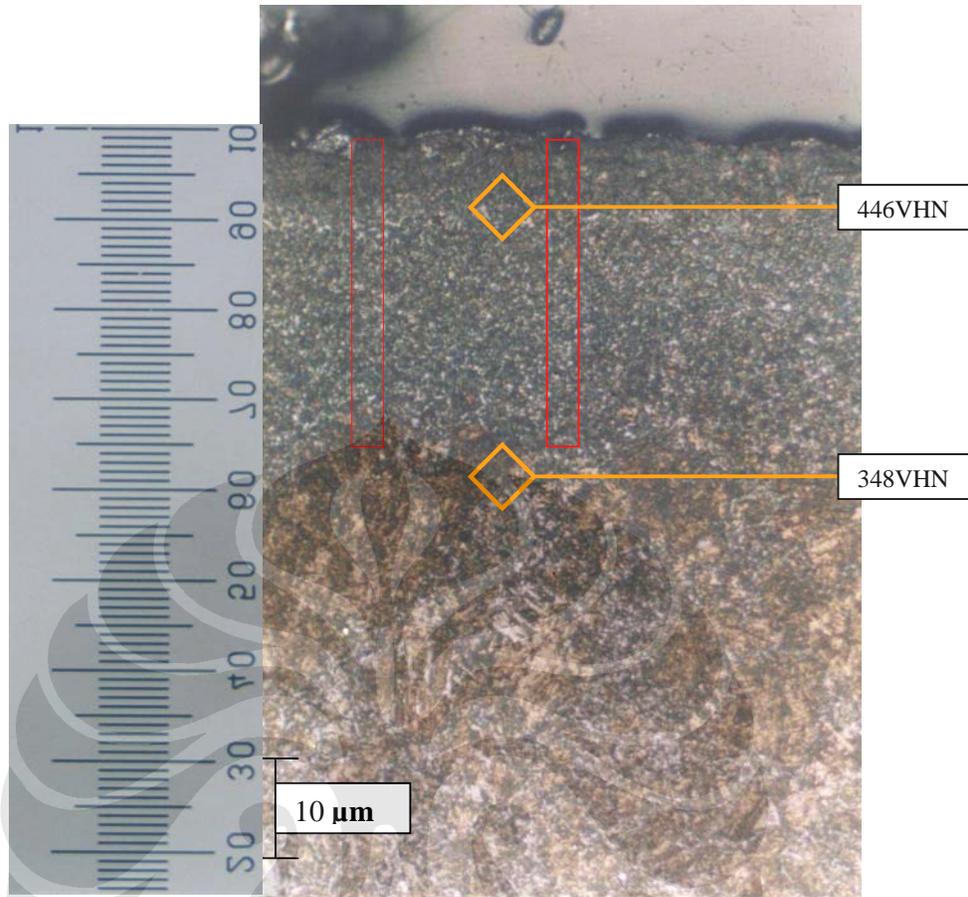
Gambar 4.7. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 310 mikron, hasil austenisasi pada 910°C dengan waktu tahan 3 jam, perbesaran 100x



Gambar 4.8. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 276 mikron, hasil austenisasi pada 950°C dengan waktu tahan 1 jam, perbesaran 100x



Gambar 4.9. Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 238 mikron, hasil austenisasi pada 950°C dengan waktu tahan 2 jam, perbesaran 100x.



Gambar 4.10 Mikrostruktur baja SS 400 dengan kedalaman difusi 355 mikron, hasil austenisasi pada 950°C dengan waktu tahan 3 jam, perbesaran 100x

Hasil dari penghitungan kedalaman difusi hasil karburisasi dapat dimati pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai kedalaman difusi pada foto mikro

Pack carburizing (quenching air)	Kedalaman difusi pada Foto Mikro
870° C 1 jam	212
870°C 2 jam	383
910°C 1 jam	232
910°C 2 jam	270
910°C 3 jam	310
950°C 1 jam	276
950°C 2 jam	238
950°C 3 jam	355

4.3 DATA PENGUJIAN ULTRASONIK

Pengujian ultrasonik dilakukan dengan menentukan kecepatan ultrasonik, yang dihitung berdasarkan penghitungan pada tebal material terkarburisasi dibagi dengan lebar pulsa dari gelombang ultrasonik yang selanjutnya dapat ditentukan kedalaman difusi pada baja yang terkarburisasi, yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

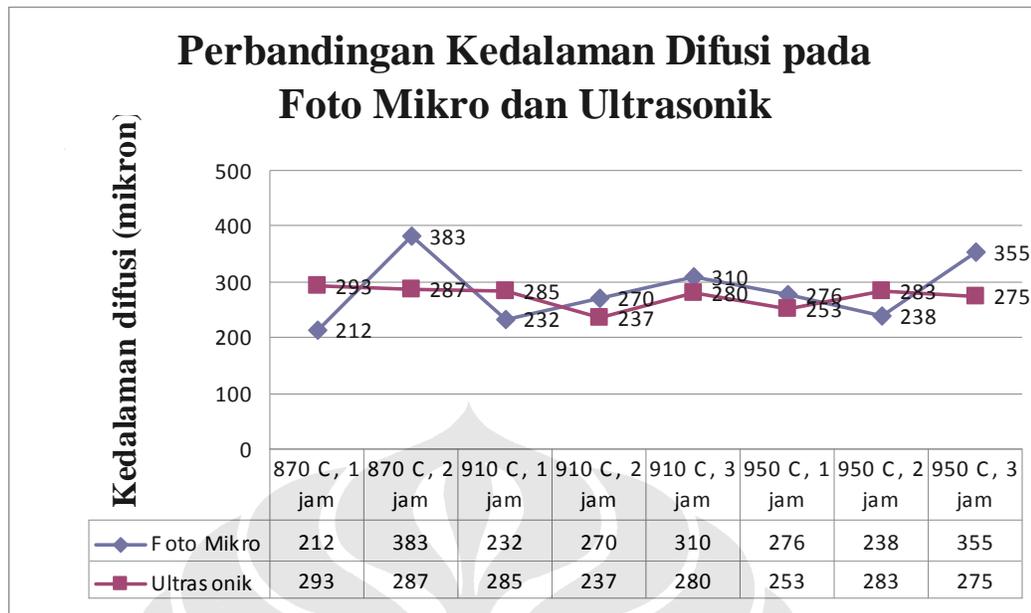
Tabel 4.3 Nilai kecepatan dan tebal material terkarburisasi

Kecepatan (m/s)	Tebal material
5970	Sampel 870 °C , 1 jam → 3,17 mm
6020	Sampel 870 °C, 2 jam → 3,16 mm
5942	Sampel 910 °C, 1 jam → 3,17 mm
6130	Sampel 910 °C, 2 jam → 3,22 mm
5940	Sampel 910 °C, 3 jam → 3,15 mm
6480	Sampel 950 °C, 1 jam → 3,17 mm
5940	Sampel 950 °C, 2 jam → 3,22 mm
6230	Sampel 950 °C, 3 jam → 3,24 mm

Kecepatan yang telah ditentukan dari pengujian ultrasonik, kemudian digunakan untuk mencari ketebalan difusi dengan ultrasonik, hasilnya kemudian dibandingkan dengan kedalaman difusi pada foto mikro, yang dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.12.

Tabel 4.4. Perbandingan kedalaman difusi pada foto mikro dan pengujian ultrasonik

Kedalaman difusi pada foto mikro	Kedalaman difusi dengan Ultrasonik
212	293
383	287
232	285
270	237
310	280
276	253
238	283
355	275



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan kedalaman difusi pada foto mikro dan pengujian ultrasonik

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 PENGUJIAN KEKERASAN

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekerasan dari proses karburisasi yang dilakukan terhadap sampel. Perhitungan rata-rata dari data kekerasan secara umum di beberapa titik dari sampel karburisasi menunjukkan nilai yang meningkat dari variabel temperatur terendah, yaitu 870°C, disusul 910°C dan kemudian 950°C. Hal ini sesuai dengan yang terdapat pada literatur⁽¹⁾, yang menjelaskan bahwa untuk baja karbon dan baja paduan yang dilakukan *surface hardening* dengan metode *pack carburizing*, kekerasan akan terus meningkat dan mencapai *peak* kekerasan pada temperatur diatas 900°C (sampai dengan 955°C). Hal ini dapat menjadi parameter bagi terjadinya proses karburisasi pada material karena terjadinya proses karburisasi pasti berhubungan dengan peningkatan kekerasan, dimana kekerasan awal pada material standar SS 400 adalah 125 BHN, sedangkan kekerasan setelah dilakukan *pack carburizing*, seperti terlihat pada grafik 4.1, memperlihatkan peningkatan yang cukup signifikan menjadi 187 BHN pada temperatur karburisasi 870°C, 261 BHN pada temperatur 910°C dan 321 BHN pada temperatur 950°C.

5.2 KEDALAMAN DIFUSI PADA FOTO MIKROSTRUKTUR

Setelah dilakukan foto mikrostruktur, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap ketebalan difusi yang terdapat pada sampel-sampel yang terkarburisasi. Hasil dari penghitungan pada temperatur 870°C menunjukkan nilai yang meningkat tajam, antara variabel waktu 1 jam dan 2 jam, namun sesuai dengan prediksi bahwa waktu tahan yang bertambah akan mempengaruhi kedalaman dari carbon untuk berdifusi lebih dalam. Kecenderungan berbeda ditunjukkan oleh sampel dengan waktu tahan 3 jam. Foto mikrostruktur menunjukkan butir pada area yang seharusnya terkarburisasi pada permukaan, terlihat lebih besar sampai

pada area yang lebih dalam atau *interface*, dan kemudian butir terlihat mengecil, sehingga tidak terlihat pengaruh dari karbon yang berdifusi. Hal ini dapat disebabkan oleh dua kemungkinan, kemungkinan yang pertama adalah optimalisasi proses difusi karbon tidak meningkat terus karena hanya mencapai waktu tahan tertentu saja, yang dalam pengujian ini terjadi pada waktu tahan 2 jam, sehingga sulit dengan temperatur operasi yang kemungkinan terlalu rendah untuk mendorong karbon masuk ke dalam material. Yang kedua adalah terjadinya dekarburisasi, hal ini dapat diamati dengan pengecekan *micro hardness*, dimana nilai kekerasan meningkat dari permukaan luar ke dalam, yaitu dari titik satu sebesar 312 VHN menjadi 346 VHN pada titik ketiga. Apabila nilai kekerasan menurun pada area sekitar permukaan yang diamati, maka ada indikasi terjadinya dekarburisasi, namun apabila nilai kekerasan mikronya meningkat, ada kemungkinan proses pengetsaan yang dilakukan sebelumnya tidak dilakukan sempurna, seperti yang ditunjukkan sampel-sampel lain.

Pada temperatur 910°C, kedalaman difusi karbon terus meningkat dari waktu tahan 1 jam, 2 jam sampai dengan waktu tahan 3 jam. Pada temperatur 950°C terjadi penurunan kedalaman difusi dari waktu tahan 1 jam ke waktu tahan 2 jam, kemudian meningkat lagi pada waktu tahan 3 jam. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi atmosfer yang berbeda-beda temperaturnya. Penggunaan metode karburisasi dengan *pack carburizing* memang memiliki kelemahan dibanding metode karburisasi lainnya seperti sulit didapatkan kedalaman difusi yang homogen diseluruh bagian permukaan sampel.

5.3 KEDALAMAN DIFUSI PADA PENGUJIAN ULTRASONIK SERTA HUBUNGANNYA DENGAN KEDALAMAN DIFUSI PADA FOTO MIKRO DAN NILAI PENYIMPANGAN YANG DIHASILKAN

Penghitungan kedalaman difusi pada sampel terkarburisasi dengan pengujian ultrasonik diawali dengan standarisasi sampel awal yang belum di karburisasi, dan kemudian membandingkan sampel awal tersebut dengan sampel yang terkarburisasi. Hal ini bertujuan untuk membandingkan bentuk gelombang pantul masing-masing sampel, baik di permukaan atas, maupun di permukaan

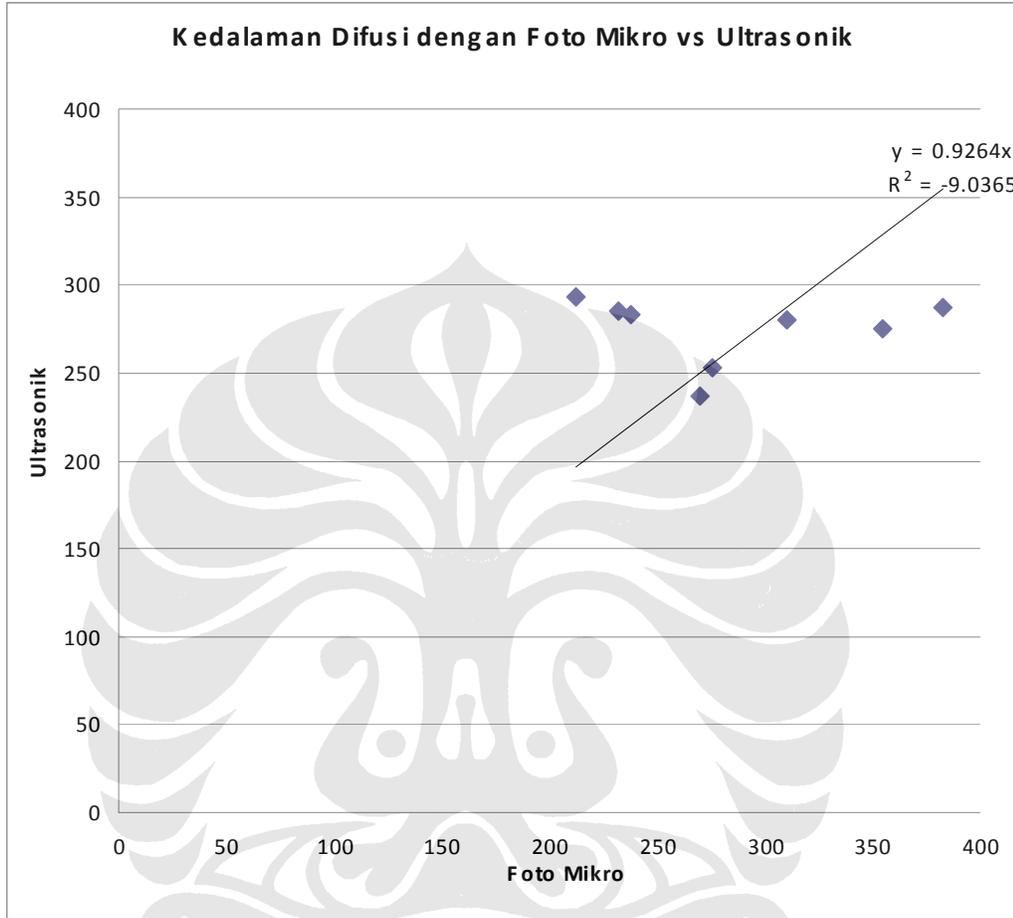
bawah sampel. Posisi probe diatur pada jarak yang berbeda, yaitu satu inci, dengan tujuan memfokuskan pengamatan pada pantulan gelombang permukaan atas sampel yang berhadapan dengan probe, dan kemudian menurunkan probe pada jarak setengah inci dengan tujuan untuk meningkatkan sensitivitas pada permukaan bawah sampel sehingga pantulan sinyal gelombang dapat teramati. Pada pengujian ini, probe difokuskan hanya pada salah satu sisi saja, yaitu permukaan bawah sampel, sedangkan permukaan atas dilakukan diampelas agar dihasilkan kontak yang lebih baik[11]. Probe dihadapkan pada permukaan atas sampel yang telah diampelas dengan jarak setengah inci dari bagian atas sampel, sehingga fokus dari probe akan sampai pada permukaan terkarburisasi yang terdapat pada permukaan bawah sampel, dan dengan jarak probe yang dekat dengan sampel, maka karburisasi akan teramati pada osiloskop diantara pantulan permukaan atas dan permukaan bawah.

Frekuensi probe yang digunakan pada pengujian cukup besar, yaitu 10 MHZ. Hal ini dimaksudkan untuk memfokuskan pancaran agar semakin kecil dan menghasilkan sensitivitas yang tinggi, karena apabila digunakan frekuensi yang kecil maka kemungkinan dari pancaran energi gelombang difokuskan ke segala arah, sehingga untuk sampel yang tipis hasil karburisasi, perbedaan besar butir antara permukaan menuju ke bagian dalam dapat lebih mudah terdeteksi dengan frekuensi yang besar.

Gambar 4.12 menunjukkan grafik perbandingan pengukuran kedalaman difusi pada foto mikro dan kedalaman difusi pada ultrasonik. Kedalaman yang didapatkan nilainya cukup berdekatan, apabila dihubungkan dengan literatur, yang disebutkan bahwa kedalaman difusi yang bisa didapatkan dari proses *pack carburizing* yaitu antara 250 mikron, sampai toleransi untuk ketebalan yang lebih dalam yaitu 800 mikron[2], jadi kedalaman difusi hasil proses karburisasi telah sesuai dengan *range* toleransi kedalaman hasil *pack carburizing*.

Proses karburisasi dengan *pack carburizing* umumnya dihasilkan butiran yang halus atau *fine grain size*, yang apabila temperaturnya terus dinaikkan, melebihi temperatur maksimum yang digunakan pada penelitian ini, maka dapat dihasilkan butiran yang lebih halus. Butiran yang halus akan memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap efek terhadap peredaman (*absorbing*) dan

penghamburan (*scattering*) gelombang, dimana peredaman dan penghamburan suara atau gelombang akan lebih rendah.



Gambar 5.1 Grafik kedalaman difusi hasil pada foto mikro dan ultrasonik dihubungkan pada garis lurus linear sebagai standar kedalaman.

Tabel 5.1. Kedalaman difusi standar pada masing-masing grafik dan besar penyimpangan pada pengujian ultrasonik

Sampel	Kedalaman difusi standar untuk pengujian ultrasonic (mikron)	Besar deviasi (penyimpangan) (%)
870°C, 1 jam	196.3968	49.18776681
870°C, 2 jam	354.8112	19.11191079
910°C, 1 jam	214.9248	32.60452028

910°C, 2 jam	250.128	5.248512761
910°C, 1 jam	287.184	2.501532119
950°C, 1 jam	255.6864	1.050662061
950°C, 2 jam	220.4832	28.35445059
950°C, 3 jam	328.872	16.38084118

Gambar 5.1 menunjukkan grafik kedalaman difusi berdasarkan ultrasonik dan foto mikro, yang kemudian dihubungkan dengan garis lurus linear atau garis validitas yang menjadi standar kesesuaian secara ideal untuk kedalaman difusi, sehingga nilai kedalaman yang akurat adalah dengan mencapai garis linear tersebut. Garis ini berfungsi untuk mengetahui seberapa jauh penyimpangan nilai atau *error value* kedalaman yang diperoleh dari kedua pengujian. Dari gambar terlihat bahwa titik-titik yang terdapat dalam grafik tidak berada pada garis linear, hal tersebut menunjukkan adanya penyimpangan.

Besar penyimpangan kedalaman difusi dengan pengujian ultrasonik dan pengujian foto mikro dapat dihitung dari persamaan yang terdapat pada grafik diatas, yang nilainya terdapat pada tabel 5.1. Penyimpangan rata-rata pengujian ultrasonik yang didapatkan adalah sebesar 19.3 %, sedangkan pada foto mikro adalah 16.5 %. Hasil ini dapat dijadikan tolok ukur seberapa besar penyimpangan atau error yang terjadi dari pengujian sehingga dapat dilakukan minimalisir terhadap penyimpangan yang terjadi. Penyimpangan terbesar terjadi pada sampel karburisasi 870°C dan 910°C dengan waktu tahan 1 jam dengan penyimpangan sebesar 49.2 % dan 32.6 %.

Penyimpangan yang besar atau perbedaan range nilai kedalaman difusi antara foto mikro dan dengan ultrasonik yang signifikan dari garis standar linear tersebut dapat disebabkan oleh metode penentuan kedalaman tersebut tidak menggunakan area atau titik yang sama, antara tempat ketika melakukan foto mikro dan tempat ketika probe untuk pengujian ultrasonik didekatkan pada sampel, sehingga hasil dan penyimpangan untuk nilai kedalamannya tidak akan mendekati atau sama antara kedua pengujian yang dilakukan. Kemudian untuk

linearitas permukaan pada sampel akan mempengaruhi penerimaan dari sinyal gelombang yang ditampilkan osiloskop, karena apabila sampel tidak rata maka akan lebih banyak hamburan yang terjadi dan akan mempengaruhi ketinggian amplitudo. *Error* yang terjadi juga bisa disebabkan oleh pendek dan lebarnya pulsa. Apabila nilai kedalamannya berdasarkan pengujian ultrasonik lebih kecil dari standarnya, maka yang dapat dilakukan adalah melebarkan jarak pulsa, dengan meningkatkan frekuensinya, sehingga bisa didapatkan hasil yang bisa sesuai dengan standar. Pendek dan lebarnya pulsa juga dipengaruhi oleh ketebalan material yang diujikan, dan sebaiknya untuk pengujian memprediksi ketebalan difusi dengan ultrasonik dapat diaplikasikan pada material yang lebih tebal, karena lebar pulsa akan besar apabila sampel yang diujikan semakin tebal, sehingga pengamatan terhadap sinyal gelombang yang diterima lebih mudah dilakukan.

