

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur nilai sifat fisis, sifat mekanik dan sifat kimia pada baja karbon rendah yang dilapisi dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Sifat fisis yang diukur adalah struktur mikro dan ketebalan. Struktur mikro yang diamati menggunakan mikroskop metallurgi dan ketebalan diukur menggunakan *electrometer*. Sifat mekanik yang diukur adalah kekerasan (*Vickers*). Sifat kimia yang diukur adalah laju korosi. Dari serangkaian kegiatan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka pada bab ini akan disajikan hasil karakterisasi yang sudah dilakukan.

4.1 Hasil penelitian

4.1.1 Hasil Uji Ketebalan

Hasil uji ketebalan lapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* pada baja jenis P.22 dan S.22 menggunakan *electrometer* di PT. BONDI SYAD MULIA. Proses pengujian dilakukan dengan menempelkan alat uji terhadap permukaan hasil pelapisan. Setelah itu didapatkan tiga nilai ketebalan lapisan Zn disetiap permukaan lapisan sehingga diperoleh nilai delta ketebalan lapisan Zn yang disajikan pada lampiran 1. Hasil perhitungan diperoleh nilai ketebalan dalam satuan micrometer (μm). Hasil rata-rata dari tiga nilai ketebalan pada baja P22 disajikan pada Tabel 4.1 sedangkan pada baja S22 disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian ketebalan permukaan pada baja P.22

Temperatur Proses Pelapisan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Ketebalan Lapisan Zn (μm)	Ketebalan Lapisan Zn Rata-Rata (μm)
HDG 445°C	87,6	(88,36 \pm 1,493)
	88,6	
	88,9	
HDG 450°C	107	(105,66 \pm 2,11)
	104	
	106	
HDG 455°C	119	(119 \pm 1,00)
	120	
	118	

Tabel 4.2 Data hasil pengujian ketebalan permukaan pada baja S.22

Temperatur Proses Pelapisan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Ketebalan Lapisan Zn (μm)	Ketebalan Lapisan Zn Rata-Rata (μm)
HDG 445°C	62,7	(62,70 \pm 0,20)
	62,9	
	62,5	
HDG 450°C	76,3	(77,16 \pm 1,455)
	77,7	
	77,5	
HDG 455°C	95,1	(94,90 \pm 0,20)
	94,9	
	94,7	

4.1.2 Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *Microvickers Hardness* dengan pembebanan sebesar 20 gf. Sampel baja P22 dan S22 hasil pelapisan diletakkan pada meja spesimen dan dilakukan pengujian dengan mengatur beban 20 gf. Setelah itu didapatkan tiga titik dan nilai delta kekerasan lapisan Zn yang disajikan pada lampiran 2. Hasil perhitungan diperoleh nilai kekerasan dalam satuan Vickers (VHN). Hasil rata-rata dari tiga titik nilai

kekerasan dengan metode Vickers pada baja P22 disajikan pada Tabel 4.3, sedangkan pada sampel baja S22 disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian kekerasan pada sampel baja P.22

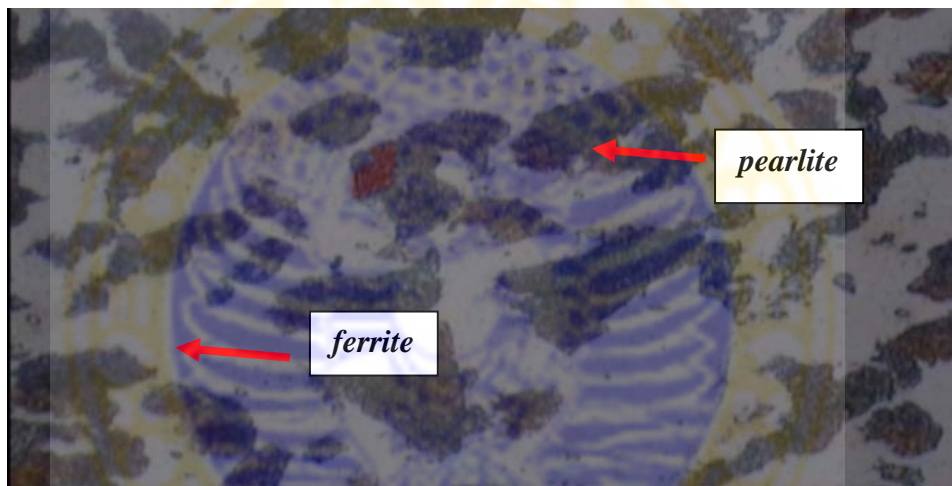
Perlakuan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
Tanpa Perlakuan	221	(225,67 ± 1,215)
	225	
	231	
HDG 445°C	550	(550,33 ± 2,415)
	550	
	551	
HDG 450°C	525	(524,66 ± 3,290)
	524	
	525	
HDG 455°C	516	(515,33 ± 2,342)
	515	
	415	

Tabel 4.4 Data hasil pengujian kekerasan pada sampel baja S.22

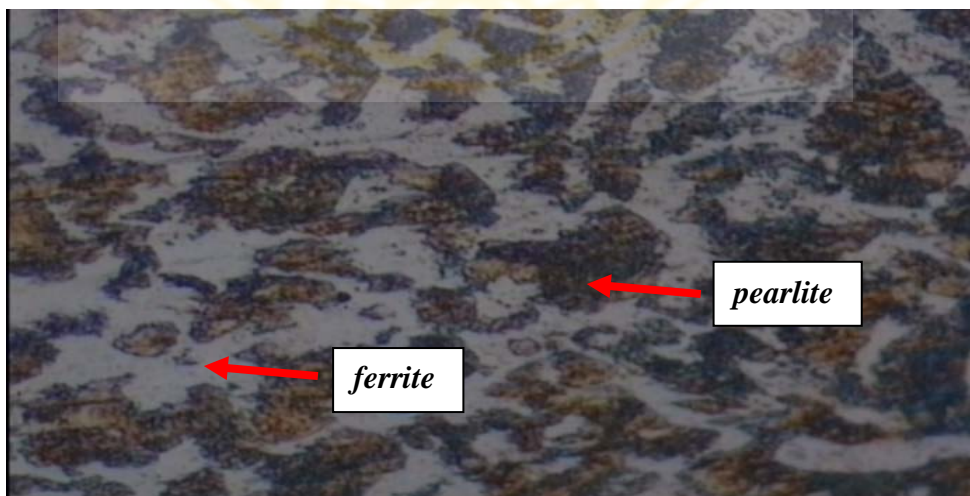
Perlakuan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
Tanpa Perlakuan	278	(288 ± 1,233)
	286	
	300	
HDG 445°C	532	(531,66 ± 3,311)
	532	
	531	
HDG 450°C	530	(530 ± 1,00)
	531	
	529	
HDG 455°C	527	(526 ± 1,00)
	526	
	525	

4.1.3 Hasil Uji Struktur Mikro

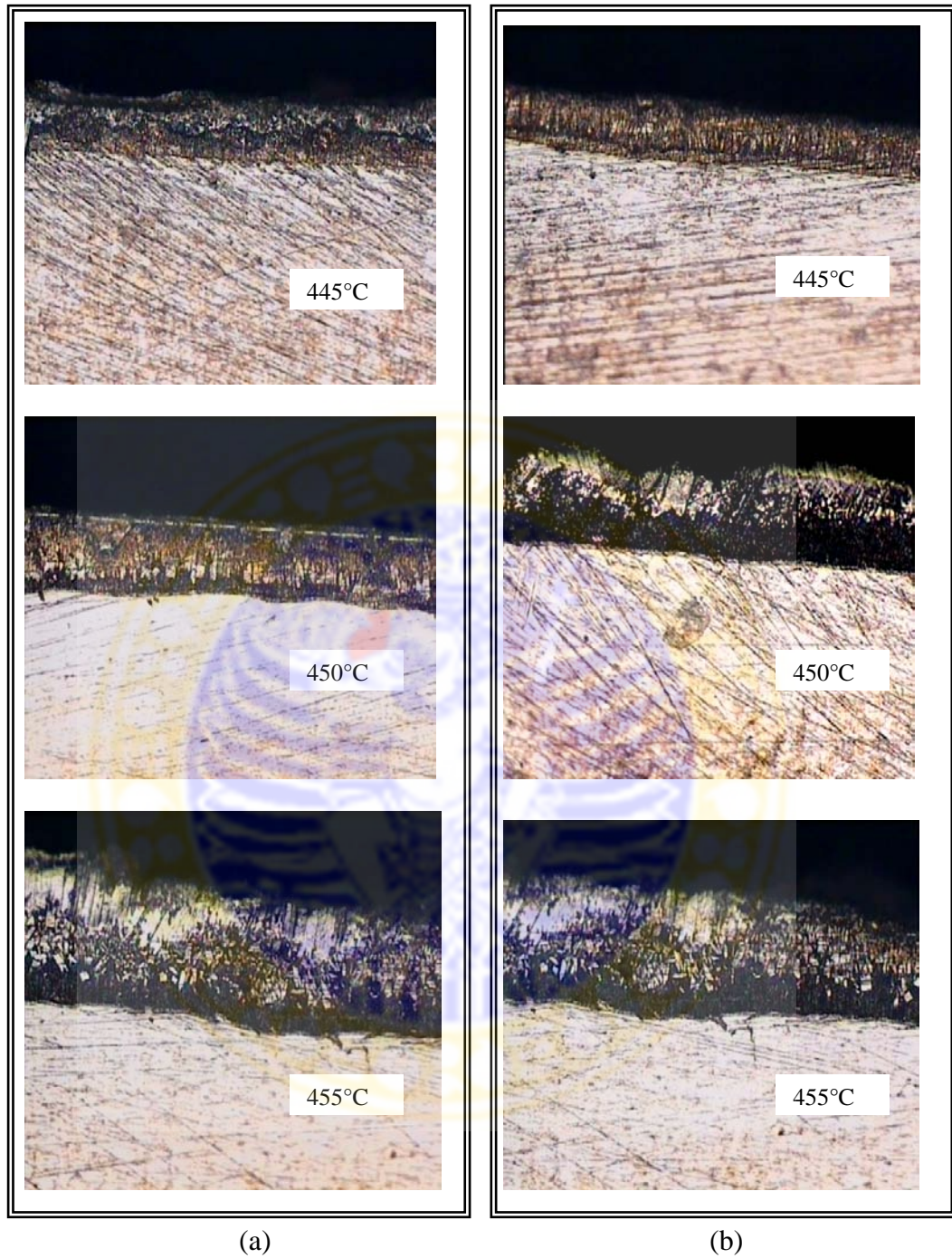
Foto struktur mikro digunakan untuk menganalisa dan mengetahui struktur pada hasil lapisan seng (Zn). Hasil uji struktur mikro permukaan pada spesimen uji raw material P.22 dan raw material S.22 disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, sedangkan foto struktur mikro hasil pemotretan spesimen uji untuk masing-masing jenis perlakuan disajikan pada Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.8.



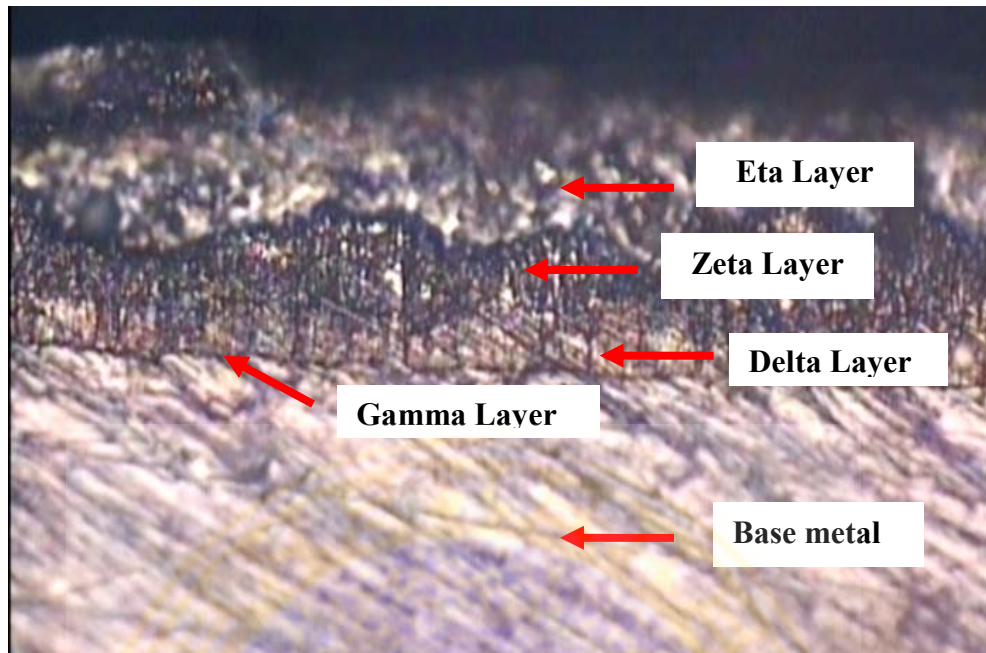
Gambar 4.1. Struktur mikro spesimen uji *raw materials* P.22, pembesaran 500x



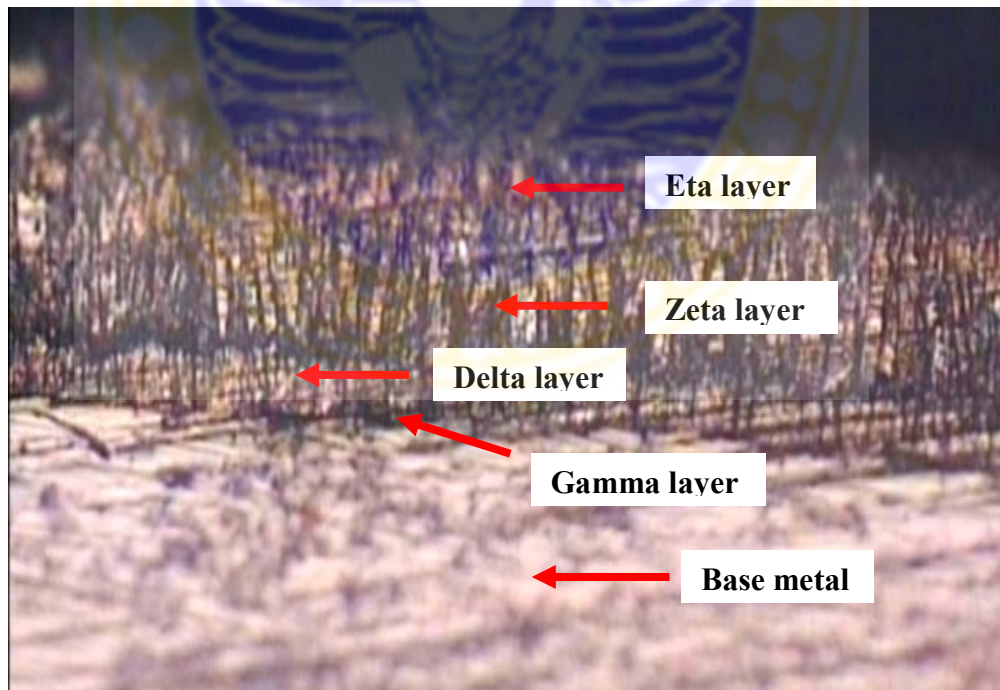
Gambar 4.2. Struktur mikro spesimen uji *raw materials* S.22, pembesaran 500x



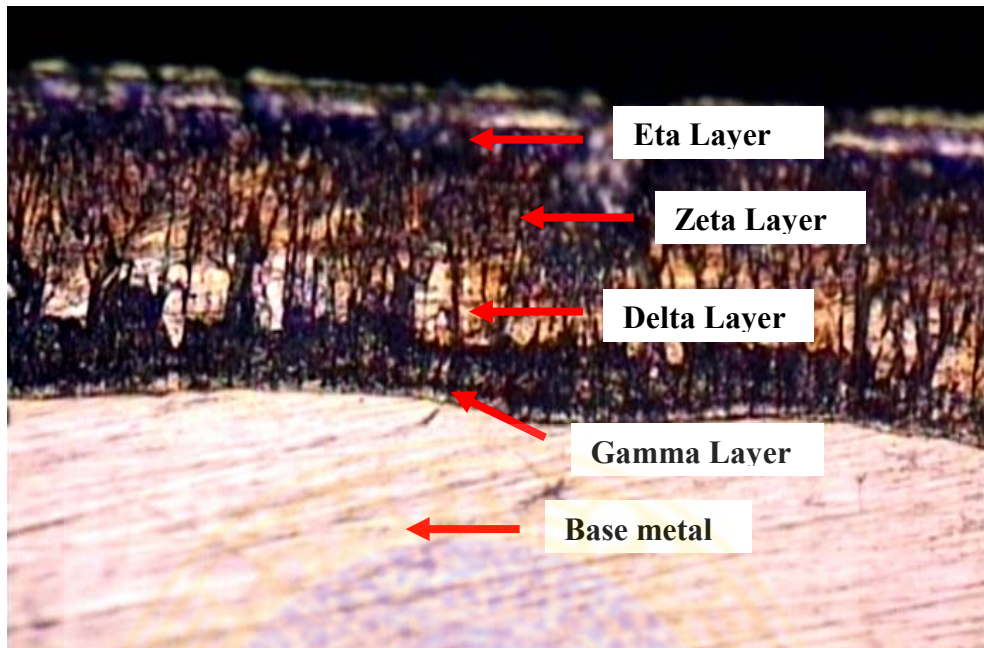
Gambar 4.3 Struktur Mikro Spesimen Uji *Hot Dip Galvanizing* dengan Variasi Temperatur Perbesar 100X. (a) Baja Jenis P.22 (b) Baja Jenis S.22



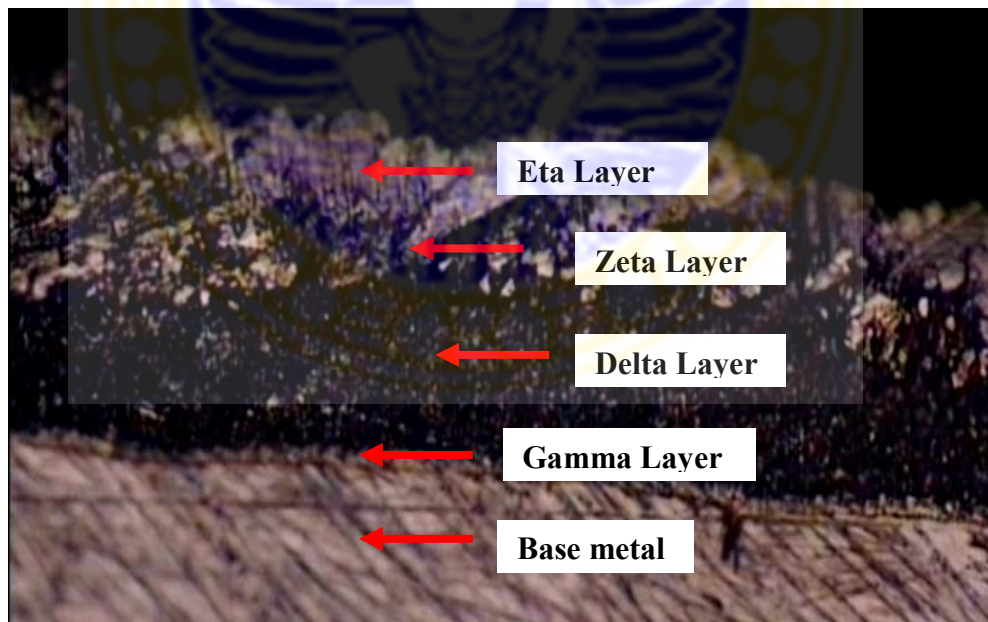
Gambar 4.4. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* P.22 dengan temperature 445°C, pembesaran 200x



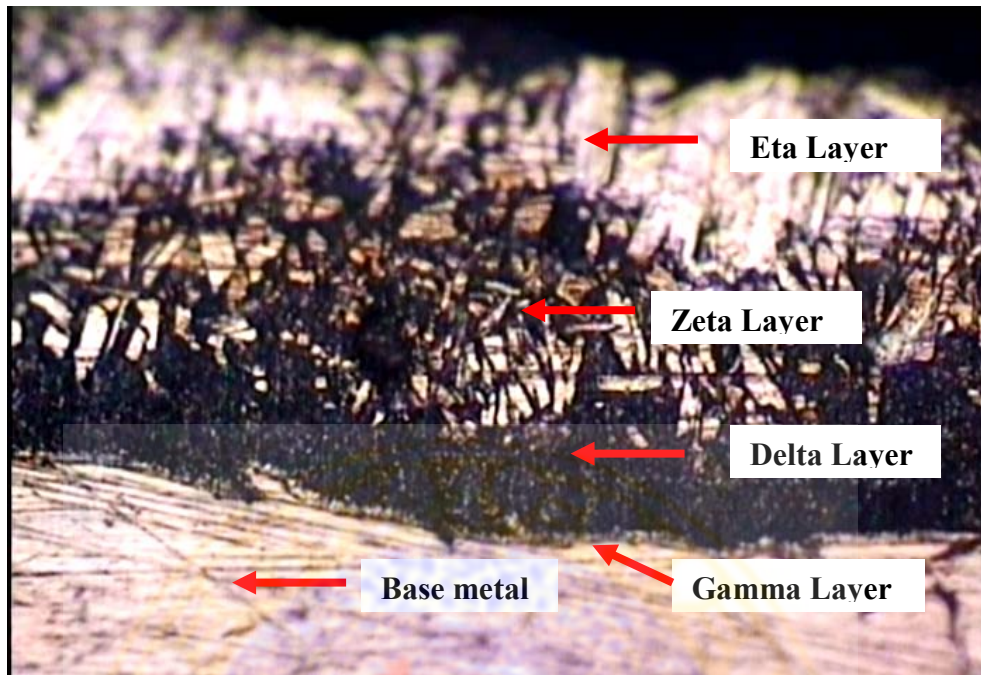
Gambar 4.5. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* S.22 dengan temperatur 445°C, pembesaran 200x



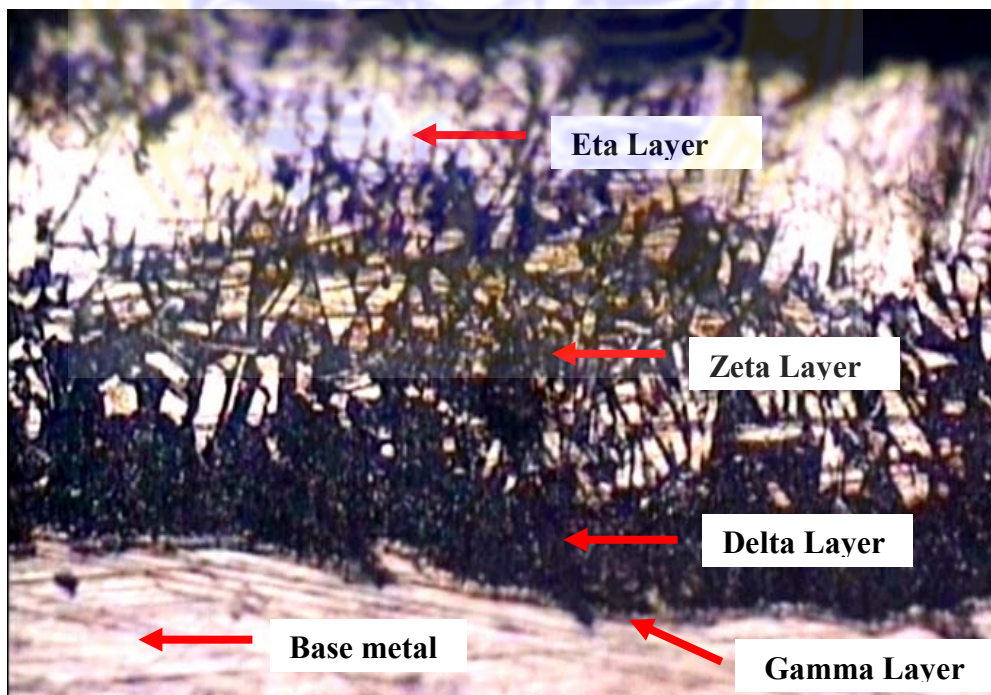
Gambar 4.6. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* P.22 dengan temperature 450°C, pembesaran 200x



Gambar 4.7. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* S.22 dengan temperature 450°C, pembesaran 200x



Gambar 4.8. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* P.22 dengan temperatur 455°C, pembesaran 200x



Gambar 4.9. Struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* S.22 dengan temperatur 455°C, pembesaran 200x

4.1.4 Hasil Uji Laju Korosi

Hasil uji laju korosi menggunakan metode gravimetri dengan mencelupkan benda uji baja P22 dan S22 ke dalam larutan HCL 0,1 M selama waktu 1,5 jam. Setelah itu didapatkan massa sebelum dan sesudah dilakukannya uji korosi yang disajikan pada lampiran 3. Hasil uji laju korosi dengan perhitungan mpy pada baja P.22 dan S.22 disajikan pada Tabel 4.5.

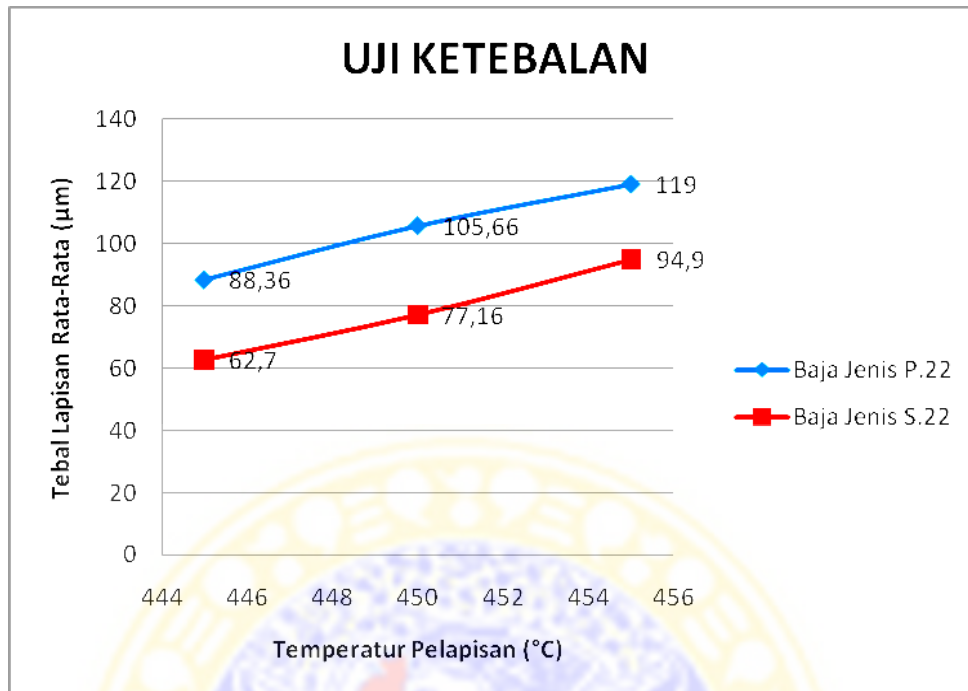
Tabel 4.5 Data hasil pengujian laju korosi pada sampel baja P.22 dan sampel S.22.

Perlakuan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Laju Korosi (mpy)	
	Sampel Baja P.22	Sampel Baja S.22
Tanpa Perlakuan	1,910981617	2,039313485
445	0,103469147	0,22225154
450	0,011910045	0,020254926
455	0,009995735	0,016773081

4.2 Pembahasan

Pelapisan secara celup panas (*Hot Dip Galvanizing*) adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapisnya dipanaskan hingga mencair/meleleh, kemudian logam yang akan dilapisi yang disebut logam dasar dicelupkan kedalam bak *galvaniz* yang telah terisi seng cair, selanjutnya benda kerja untuk beberapa saat tetap dalam bak *galvaniz* agar terbentuk lapisan seng. Pada proses *Hot Dip Galvanizing* akan menghasilkan suatu lapisan pada permukaan yang berakibat pada nilai ketebalan, kekerasan dan nilai laju korosi yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan ketebalan lapisan rata-rata sebagaimana disajikan pada Gambar 4.10.



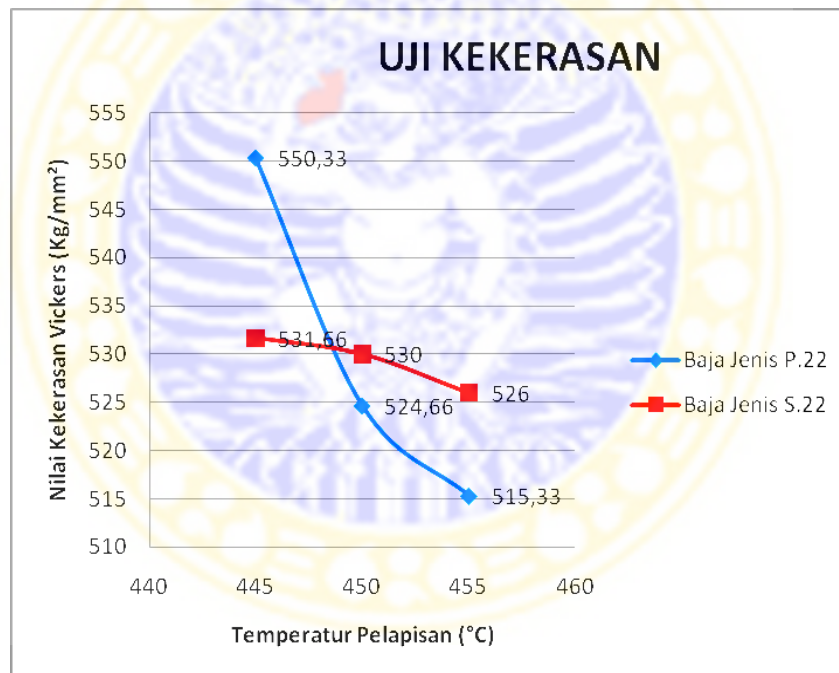
Gambar 4.10. Grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan ketebalan lapisan rata-rata.

Berdasarkan Gambar 4.10 nampak bahwa terjadi peningkatan ketebalan lapisan baik pada sampel baja P.22 maupun pada sampel baja S.22 seiring dengan semakin besarnya temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing*. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh perlakuan temperatur yang digunakan pada saat proses pelapisan maka ketebalan lapisan terbesar terdapat pada spesimen yang diberikan perlakuan temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing* sebesar 455°C yaitu $(119 \pm 1,00)\mu\text{m}$ pada baja P22 dan $(94,90 \pm 0,20)\mu\text{m}$ pada baja S22.

Peningkatan nilai ketebalan lapisan yang disebabkan oleh peningkatan temperatur seng yang mengakibatkan kekentalannya menjadi turun sehingga daya larutnya bertambah besar dan akan meningkatkan reaktifitas seng yang berakibat mobilitas ion-ion seng menjadi tinggi sehingga mudah berdifusi pada baja

(Charles W Keenam dan Kleinfelter, 1996). Menurut Suratman dan Widyanto (1997), mengatakan bahwa menaikkan temperatur seng cair dapat meningkatkan reaktivitas seng dengan baja sehingga tebal lapisan dapat ditingkatkan. Sehingga terbukti adanya pengaruh perlakuan temperature proses pelapisan terhadap ketebalan lapisan yang terbentuk.

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan nilai kekerasan *Vickers* sebagaimana disajikan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan nilai kekerasan *Vickers*.

Berdasarkan Gambar 4.11 nampak bahwa terjadi penurunan nilai kekerasan *Vickers* baik pada sampel baja P.22 maupun pada sampel baja S.22 seiring dengan semakin besarnya temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing*. Nilai kekerasan *Vickers* terkecil terdapat pada spesimen yang

diberikan perlakuan temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing* sebesar 455°C yaitu $(515,33 \pm 2,342)$ VHN pada baja P.22 dan $(526 \pm 1,00)$ VHN pada baja S.22. Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 juga dapat dijelaskan bahwa ada perbaikan nilai kekerasan pada tingkat permukaan baja karbon rendah P22 dan S22. Hal ini dapat dilihat dari adanya perbedaan nilai kekerasan tanpa perlakuan dan nilai kekerasan setelah proses *galvanizing* pada temperatur 440°C , di mana nilai kekerasan tanpa perlakuan untuk baja karbon rendah P22 adalah $(225,67 \pm 1,215)$ VHN dan baja karbon rendah S22 adalah $(288 \pm 1,233)$ VHN. Sedangkan nilai kekerasan setelah proses *galvanizing* pada temperatur 445°C untuk baja karbon rendah P22 adalah $(550,33 \pm 2,415)$ VHN dan baja karbon rendah S22 pada temperature 445°C adalah $(531,66 \pm 3,311)$ VHN. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan setelah proses *galvanizing* mengalami peningkatan, sehingga adanya perbaikan nilai kekerasan setelah proses *galvanizing*. Menurut Purwanggono dan Sulistyono (1997) semakin besar temperature pelapisan maka nilai kekerasan semakin kecil dikarenakan logam seng mempunyai sifat yaitu kekerasan yang rendah dan juga seng mempunyai kecenderungan besar untuk mengalami *creep* (mudah mengalami deformasi plastik).

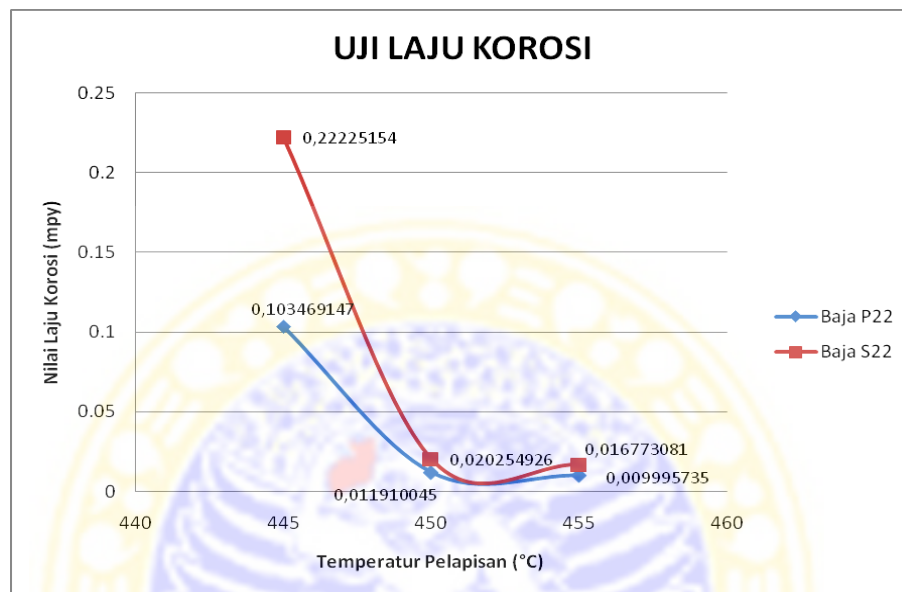
Dari data hasil pengujian struktur mikro pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat perbandingan permukaan pada kedua spesimen. Spesimen uji *raw material* P22 dan *raw material* S22, matriknya bisa berupa *ferrite*, *pearlite* atau campuran *ferrite*, *pearlite*. *Pearlite* merupakan fasa ganda yang terdiri dari lapisan-lapisan *ferrite*, dan *sementit*. *Ferrite* bersifat lunak sedangkan *sementit* bersifat keras, sehingga *pearlite* bersifat kuat (Amstead dkk, 1989). Spesimen uji

raw material P.22 ini matrik *pearlite* lebih sedikit, sedangkan *Ferrite* lebih banyak Berbeda dengan spesimen uji *raw material* S.22 ini matrik *pearlite* lebih banyak, sedangkan *ferrite* lebih sedikit.

Berdasarkan Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian struktur mikro spesimen uji *Hot Dip Galvanizing* P.22 dan S.22 dengan temperature 445°C, 450°C dan 455°C. Berdasarkan hasil foto mikrografi tampak bahwa pada spesimen *Hot Dip Galvanizing* dengan temperatur 455°C lapisan yang terbentuk lebih tebal dibandingkan spesimen *Hot Dip Galvanizing* dengan temperatur 445°C dan 450°C. Hal ini semakin menguatkan pernyataan sebelumnya bahwa semakin besar temperatur pelapisan maka semakin besar pula ketebalan lapisannya.

Spesimen yang telah mengalami *pre-treatment* dicelupkan ke dalam bak yang berisi seng cair dengan variasi temperatur 445°C, 450°C dan 455°C. Berdasarkan Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9 terjadi difusi Zn ke Fe atau sebaliknya dan terbentuklah panduan Fe-Zn secara berlapis (*stratifi*). Panduan Fe-Zn yang terbentuk secara berlapis dari luar adalah *Eta Layer*, *Zeta Layer*, *Delta Layer* dan *Gamma Layer* yang sebagaimana telah dijelaskan pada Gambar 2.1 (AGA, 2000). Dari hasil pengujian struktur mikro hanya berdasarkan pengamatan visual melihat lapisan pada Fe-Zn tidak mempengaruhi perbaikan specimen, sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan uji FESEM-EDAX (*Field Emission Scanning Electron Mikroskop Energy Dispersive X-ray Analysis*) dan uji komposisi agar didapatkan hasil analisis struktur mikro yang lebih jelas maupu untuk mengetahui komposisi pada masing-masing lapisan Fe-Zn.

Berdasarkan Tabel 4.5, selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan nilai laju korosi sebagaimana disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Grafik hubungan antara temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan nilai laju korosi.

Berdasarkan Gambar 4.12 nampak bahwa penurunan nilai laju korosi baik pada sampel baja P.22 maupun pada sampel baja S.22 seiring dengan semakin besarnya temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing*. Nilai laju korosi terendah terdapat pada spesimen yang diberi perlakuan temperatur proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing* sebesar 455°C yaitu 0,009995734864 mpy pada baja P.22 dan 0,016773081 mpy pada baja S.22. Pada Tabel 4.5 dapat dijelaskan bahwa ada perbaikan nilai laju korosi pada tingkat permukaan baja karbon rendah P22 dan S22. Hal ini dapat dilihat dari adanya perbedaan nilai laju korosi tanpa perlakuan dan nilai laju korosi setelah proses *galvanizing* pada temperatur 455°C, dimana nilai laju korosi tanpa perlakuan untuk baja karbon rendah P22 adalah 1,965421 mpy dan baja karbon rendah S22 adalah 2,048899 mpy. Sedangkan nilai

laju korosi setelah proses *galvanizing* pada temperatur 455°C untuk baja karbon rendah P22 adalah 0,009995734864 mpy dan baja karbon rendah S22 pada temperatur 455°C adalah 0,016773081 mpy. Hal ini menunjukkan bahwa nilai laju korosi setelah proses *galvanizing* mengalami penurunan, sehingga adanya perbaikan nilai laju korosi setelah proses *galvanizing*.

Perbaikan baja P22 dan S22 ditinjau dari nilai laju korosi dengan temperature 455°C, dikerenakan dengan temperatur tersebut memiliki nilai laju korosi terendah sebesar 0,009995734864 mpy untuk baja karbon rendah P22 dan 0,016773081 mpy untuk baja karbon rendah S22. Suatu bahan dapat dikatakan tahan terhadap korosi bila laju korosinya lebih kecil dari 50 mpy (Callister, 1990).

Penurunan nilai kekerasan dan nilai laju korosi yang dihasilkan disebabkan oleh peningkatan temperatur pelapisan *Hot Dip Galvanizing* yang diberikan. Peningkatan temperatur pelapisan menyebabkan koefisien difusi dari atom logam seng dan besi akan meningkat, sehingga jumlah atom logam seng dan besi yang saling berdifusi pun akan meningkat pula. Menurut Indra (1995) bertambahnya difusi atom – atom logam akan menyebabkan ukuran butir dari lapisan paduan *Zeta Layer* akan menjadi lebih besar atau terjadi peristiwa pertumbuhan butir. Semakin besar ukuran butiran *Zeta Layer* ini justru akan menghambat proses difusi selanjutnya.

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan melindungi struktur baja dari korosi dalam jangka waktu yang cukup lama, hal ini karena gas dan kelembapan disekitar bagian bahan permukaan seng akan menghasilkan sebuah lapisan pelindung yang berasal dari *zinc oxide* dan *hydroxide* (Supardi, 1997).

Menurut Indra (1995) korosi yang terjadi pada logam dapat mengurangi sifat mekanik dari logam tersebut. Logam seng mempunyai sifat resistan terhadap korosi, yaitu disebabkan oleh kemampuan seng untuk membentuk lapisan oksida seng. Sehingga dengan terbentuknya oksida seng akan menghalangi terjadinya korosi yang lebih lanjut dari seng tersebut. Produk korosi seng seperti senyawa oksida membentuk selaput pelindung pada permukaan logam sehingga mengurangi laju korosi. Jadi sebagai pelapis, seng akan memiliki umur yang panjang sekaligus menjadi tumbal yang baik untuk melindungi logam bila lapisan tersebut mengalami keretakan atau pecah.

