

BAB II

DASAR TEORI

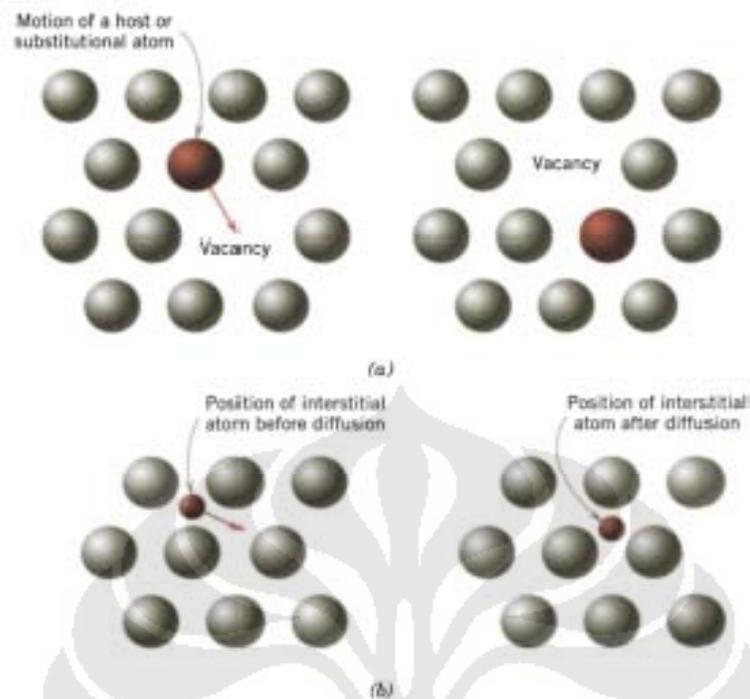
Verma dan Ooij [3] melakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur proses *hot dip galvanizing* antara 520-555°C dan diatas 560°C terhadap berbagai sifat lapisan galvanisasi. Hasil penelitian menunjukkan terbentuk *fully alloyed* namun terdapat mikroporus pada strukturnya. Ketahanan korosi yang dihasilkan dari *coating* ini sama dengan ketahanan korosi pada *coating* konvensional. Sedangkan pada temperatur diatas 560°C memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan cara konvensional, namun lebih rapuh.

De Abreu, Da Silva, dkk [4] melakukan penelitian mengenai pengaruh teknik coating yang berbeda dan ketebalan benda kerja terhadap lapisan galvanisasi. Dari hasil percobaan didapat bahwa semakin tebal benda kerja maka semakin tebal lapisan galvanisasi yang terbentuk.

Fratesi R, Ruffini dan Belleze [5], menguji pengaruh unsur nikel (Ni) dan bismuth (Bi) pada proses *Hot Dip Galvanizing*. Dari hasil percobaan didapat bahwa baja dengan $0,035\% < \text{Si} < 0,045\%$ dan $0,025\% < \text{P} < 0,035\%$, unsur Ni dan Bi tidak memberikan pengaruh yang berarti. Pada baja dengan kadar $\text{Si} > 0,045\%$, unsur Ni dan Bi memiliki pengaruh yang hampir sama dengan Pb.

2.1. PROSES DIFUSI

Mekanisme difusi dapat terjadi dengan dua cara yaitu interstisi dan substitusi. Pada proses *Hot-Dip Galvanizing*, pembentukan dan pertumbuhan lapisannya merupakan proses difusi dengan mekanisme kekosongan (*vacancy*) dimana prinsip dari mekanisme kekosongan ini adalah jika suatu atom mengisi kekosongan yang terdapat pada susunan atom-atomnya maka akan terjadi kekosongan baru pada susunan atom tersebut seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema mekanisme (a) difusi kekosongan dan (b) difusi interstisi [6].

Kekosongan baru ini dapat diisi oleh atom lain yang letaknya berdekatan dengan lubang yang ditinggalkan oleh atom yang pertama tadi. Gerakan keseluruhan dari atom-atom disebut sebagai difusi dengan mekanisme kekosongan. Atom mampu bergerak didalam kisi-kisi kristal dari satu atom ke atom lainnya apabila [7]:

1. Memiliki cukup energi aktivasi
2. Memiliki agitasi panas yang cukup dari atom-atom
3. Terdapat kekosongan atau cacat kristal lainnya pada kisi kristalnya.
4. Ukuran atom dimana perbedaan atom terlarut dan pelarut kurang dari 15%.

Hal tersebut menyebabkan atom dapat bergerak pada kisi kristalnya. Kekosongan dalam logam atau paduan akan menghasilkan ketidakstabilan yang mengakibatkan terjadinya pergerakan dari atom-atom untuk mengisi kekosongan itu dengan mekanisme substitusi.

Mekanisme difusi kekosongan dalam benda padat merupakan loncatan atom-atom dari suatu posisi tertentu didalam strukturnya menuju posisi yang

berdekatan padanya didalam strukturnya. Pada proses difusi dengan mekanisme kekosongan ini berlaku :

- a. Laju difusi berbanding langsung dengan fraksi tempat atom kosong dari kisi susunan atom tersebut. Ini dinyatakan dengan N_v .
- b. Jika tempat atom kosong yang terjadi berdekatan dengan atom yang terlarut, maka atom yang terlarut maupun atom pelarut dapat berpindah ke tempat atom yang kosong. Kemungkinan pertukaran atom atom pelarut dengan tempat atom kosong atau atom terlarut dengan tempat kosong tidak sama. Hal ini disebabkan koefisien difusi dari atom pelarut dan atom terlarut berbeda.
- c. Karena umumnya harga $N_v = 10^{-4}$ stuan pada temperatur difusi, maka kemungkinan atom lain untuk mengisi kekosongan tersebut jarang terjadi. Kadang-kadang suatu atom setelah mengisi kekosongan akan kembali ke posisi semula pada pertukarannya yang kedua. Hal ini akan menghambat proses difusi.

Selain itu, temperatur sangat berpengaruh pada proses difusi. Hal ini dikarenakan kenaikan temperatur akan memperbanyak terjadinya kekosongan. Hubungan temperatur dengan tingkat kekosongan dapat dirumuskan dengan persamaan [6] :

$$N^oV = \exp\left(\frac{-\Delta G_f}{RT}\right) \dots\dots\dots (2.1)$$

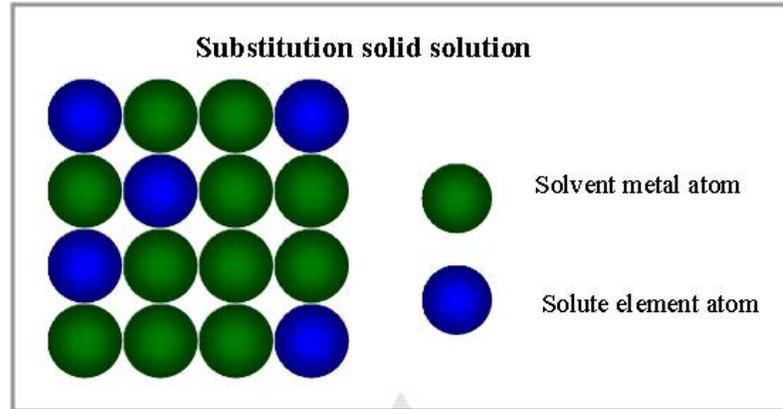
Dimana : N^oV : Konsentrasi kesetimbangan kekosongan.

ΔG_f : Energi bebas

Kenaikan temperatur akan memperbanyak kekosongan yang akan menyebabkan meningkatnya difusi.

2.1.1. Substitusi Solid Solution

Substitusi solid solution terjadi jika atom dari logam terlarut dan logam pelarut memiliki ukuran yang hampir sama (tidak lebih dari 15%). Bagian dari atom pelarut akan disubstitusi oleh atom dari elemen paduan seperti pada Gambar 2.2.



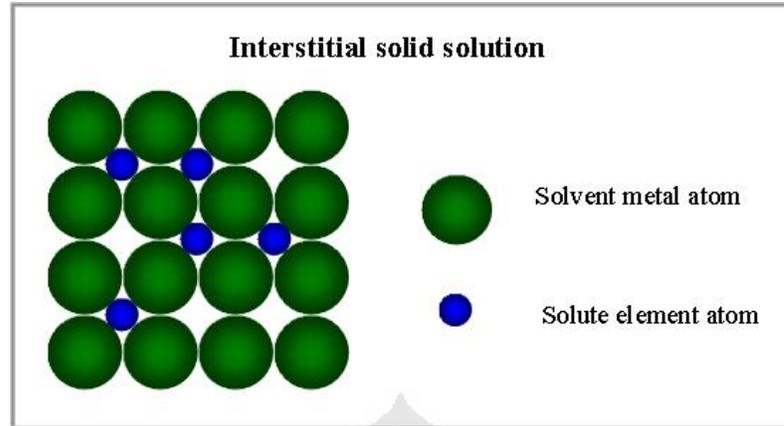
Gambar 2.2. *Substitution Solid Solution* [8]

Ada beberapa syarat dimana atom dapat bersubstitusi menggantikan atom dari logam dasarnya, antara lain [6] :

- Ukuran atom
Ukuran jari-jari atom antara kedua atom tidak lebih dari 15%. Selain itu, atom pelarut akan membentuk distorsi lattice substansial dan akan membentuk fasa baru.
- Struktur kristal
Struktur kristal untuk logam dari kedua atom tersebut harus sama.
- Keelektronegatifan
Jika salah satu elemen lebih elektropositif dan yang lain lebih elektronegatif maka akan membentuk ikatan intermetalik.
- Valensi
Logam akan cenderung larut ke logam lainnya yang memiliki valensi yang lebih tinggi daripada ke valensi yang lebih rendah.

2.1.2. Interstisi Solid Soluion

Interstisi solid solution terjadi jika atom dari elemen paduan memiliki ukuran yang lebih kecil daripada atom dari matriks logamnya. Hal ini menyebabkan atom logam terlarut akan berada pada sela-sela antara atom-atom logam pelarut seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Interstisi Solid Solution* [8].

2.1.3. Hukum Ficks 1

Mekanisme reaksi pada proses celup panas merupakan salah satu contoh reaksi difusi pada logam. Hal ini disebabkan salah satu tahapan pembentukan lapisannya dikendalikan oleh proses difusi.

Hukum fick 1 menyatakan bahwa laju difusi berbanding lurus dengan gradien konsentrasinya (dc/dx) dimana [6]:

$$J = -D \cdot \frac{dc}{dx} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan J = diffusion flux (banyaknya atom yang berdifusi) ($\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

D = koefisien difusi (m^2/s)

dc/dx = gradien kosentrasi pada difusi langsung ($\text{mol}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$)

Pada Persamaan 2.2 ini tidak dapat menunjukkan perubahan konsentrasi karena pengaruh waktu difusi, sehingga penggunaan hukum Ficks 1 ini hanya terbatas pada konsentrasi yang dianggap sama pada setiap posisi (Steady State).

2.1.4. Kedalaman Difusi

Pada proses *Hot-Dip Galvanizing*, baja dicelupkan kedalam lingkungan yang kaya akan seng pada temperature 450°C sehingga seng akan berdifusi kedalam baja dan akan menghasilkan lapisan protektif dengn konsentrasi seng yang tinggi.

Lamanya waktu proses akan sangat berpengaruh pada ketebalan lapisan yang dihasilkan. Ketebalan lapisan yang terbentuk pada proses *Hot-Dip Galvanizing* akan sebanding dengan difusivitas seng. Hubungan antara waktu proses dengan ketebalan lapisan dirumuskan sesuai dengan persamaan sebagai berikut [6] :

$$X = \sqrt{D.t} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : X = tebal lapisan

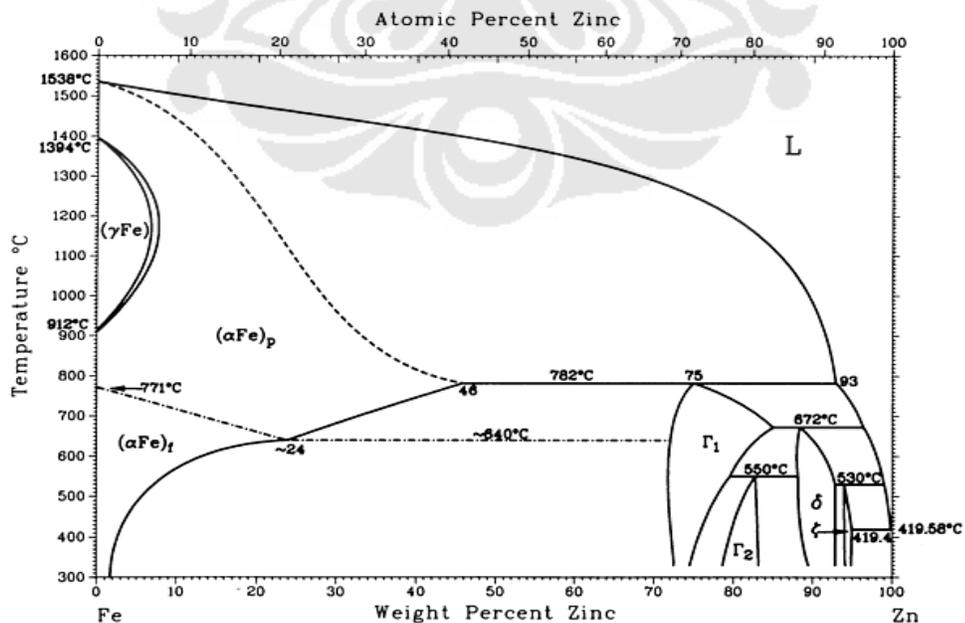
D = Koefisien difusi

t = waktu proses

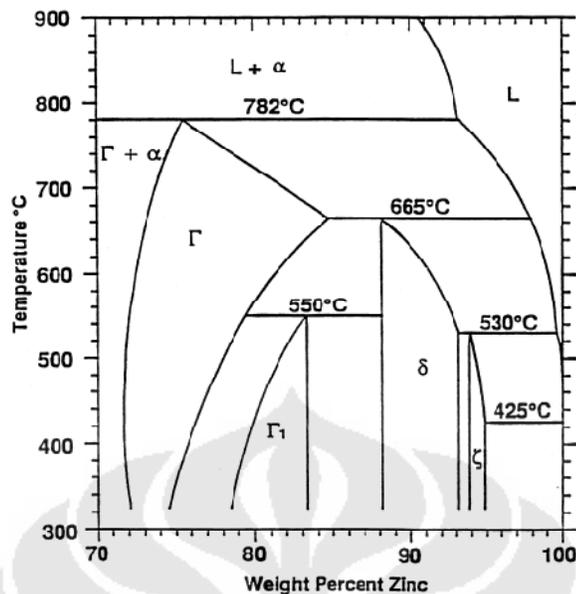
Dari Persamaan 2.3, pertumbuhan ketebalan lapisan oksida merupakan fungsi akar dari waktu oksidasi (difusi). Hubungan ketebalan lapisan hasil proses difusi dengan waktu difusi tidak hanya berlaku pada peristiwa oksidasi logam saja tetapi juga dapat digunakan pada proses difusi lainnya.

2.2. DIAGRAM KESETIMBANGAN Fe-Zn

Pada diagram kesetimbangan Fe-Zn, terdapat 2 daerah fasa cairan yang terpisah dimana dibatasi oleh campuran fasa gas dan fasa padatan (campuran Fe dan Zn) dengan uap yang berkadar seng tinggi.



Gambar 2.4. Diagram Kesetimbangan Fe-Zn [9].



Gambar 2.5. Daerah *rich zing* dari Fe-Zn pada diagram fasa [9].

Pada diagram kesetimbangan Fe-Zn seperti Gambar 2.4 dan Gambar 2.5, ada empat fasa intermetalik yang terbentuk dari reaksi antara Fe dan Zn cair yaitu fasa eta (η), fasa zeta (ζ), fasa delta (δ) dan fasa gamma (γ) dimana masing-masing fasa memiliki struktur kristal yang berbeda. Karakteristik dari tiap-tiap fasa tersebut adalah sebagai berikut :

1. Fasa eta (η)

Fasa ini terdiri dari hampir seluruhnya seng murni. Hal ini disebabkan kelarutan Fe pada temperatur lebur seng adalah maksimum 0,002%. Pada fasa ini kristalnya memiliki struktur kristal susunan padat heksagonal (Close Packed Hexagonal).

2. Fasa zeta (ζ)

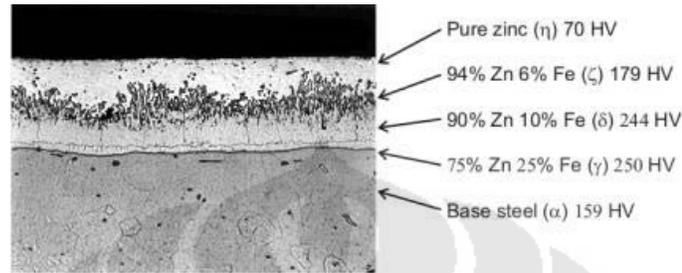
Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 6,0 – 6,2 %. Stabil pada temperatur dibawah 530°C – 644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah monoklinik.

3. Fasa delta (δ)

Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 7 – 12 %. Stabil pada temperatur dibawah 620°C – 644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah heksagonal.

4. Fasa gamma (Γ)

Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 20,5 – 28,0%. Stabil dibawah temperatur 668°C – 780°C. Struktur kristalnya merupakan kubus pemusatan ruang.



Gambar 2.6. Fasa lapisan hasil proses Galvanisasi [10].

Fasa delta (δ) terbentuk dari transformasi fasa zeta (ζ) dan fasa gamma (γ) yang terbentuk dari relasi peritektik antara padatan besi dengan seng cair. Sedangkan fasa eta (η) terjadi karena logam seng murni yang ikut terbawa saat benda kerja keluar dari bak galvanisasi.

Tabel 2.1. Fasa-fasa pada lapisan hasil proses galvanisasi.

| Fasa | Notasi | Kadar Fe (%) | Struktur Kristal |
|----------------------|-----------------------------|--------------|------------------|
| eta (η) | Zn | 0 | Heksagonal |
| Zeta (ζ) | FeZn_{13} | 6,0 – 6,2 | Monoklinik |
| delta (δ) | FeZn_{10} | 7,0 – 11,5 | Heksagonal |
| gamma (Γ_1) | $\text{Fe}_5\text{Zn}_{21}$ | 20,0 – 28,0 | FCC |

Sumber : A.R. Marder. *The metallurgy of zinc-coated steel.*

2.2.1. Pembentukan dan Pertumbuhan Lapisan Paduan Fe-Zn

Proses celup panas dengan seng cair dilakukan pada temperatur sekitar 445 – 465°C dimana logam yang akan dicelup telah bebas dari oksida-oksida dan kotoran.

Beberapa penelitian telah dilakukan menunjukkan bahwa waktu pencelupan akan mempengaruhi terbentuknya fasa dimana waktu pencelupan yang singkat akan menyebabkan hanya lapisan ζ dan lapisan δ_1 yang sangat tipis

saja yang terbentuk. Jika dilakukan pencelupan yang lebih lama, maka lapisan δ_1 akan tumbuh dengan cepat dan diikuti pembentukan lapisan Γ . Hal ini menunjukkan bahwa selama reaksi lapisan yang pertama kali terbentuk adalah lapisan zeta, kemudian delta dan lapisan gamma.

Pertumbuhan lapisan akan membentuk sudut tegak lurus dengan permukaan besi. Apabila permukaan besi (logam dasar) tidak merata maka lapisan yang terjadi menyebabkan lebih menjorok keluar (merekah) dan akibatnya dapat menyebabkan kemungkinan seng cair berpenetrasi menembus sela-sela kristal zeta menuju logam dasar sehingga dibagian bawah lapisan zeta ini akan tumbuh lapisan yang lebih tipis yaitu lapisan delta1 dan gamma. Hal ini dapat dilihat pada sudut-sudut benda kerja yang pada umumnya mempunyai lapisan yang lebih tebal dibandingkan bagian yang lain.

Pada temperatur 470°C , terbentuk kristal-kristal kecil yang makin lama makin membesar seiring dengan peningkatan waktu reaksi. Hal ini disebabkan karena pengaruh rekristalisasi dan adanya kristal-kristal ζ dengan ukuran yang kecil akan mengapung diatas permukaan logam seng cair meninggalkan kristal-kristal yang berukuran besar pada lapisan.

Pada temperatur $470 - 490^\circ\text{C}$, kristal ζ yang berukuran besar akan terbentuk walaupun reaksi baru berjalan singkat, namun jumlahnya akan berkurang seiring dengan kenaikan temperatur. Pada temperatur diatas 490°C , jumlah kristal ζ sedikit dibandingkan lapisan δ_1 .

Proses pembentukan dan pertumbuhan lapisan paduan Fe-Zn merupakan lapisan difusi, maka ketebalan lapisan yang terbentuk dapat dihitung.

$$d = C.t^n \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

d = tebal lapisan

t = lamanya proses pencelupan

C = konstanta, yang merupakan karakteristik dari kecepatan pertumbuhan

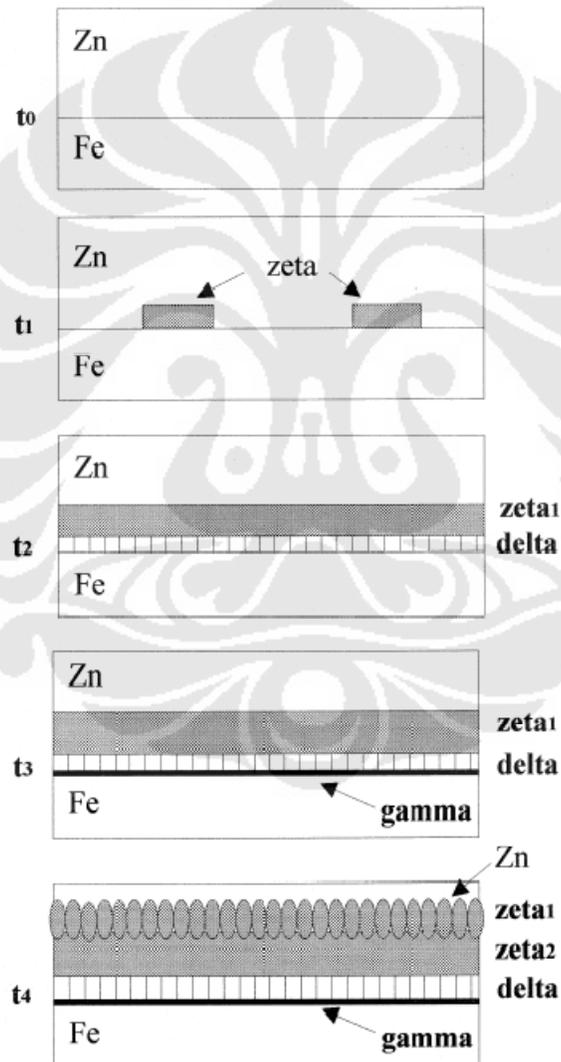
n = nilai yang diukur untuk variasi dari pertumbuhan dengan waktu.

Pada Persamaan 2.4, nilai n yang kecil menunjukkan kecepatan pertumbuhan akan menurun cepat dengan kenaikan waktu reaksi. Sedangkan nilai n yang besar

menunjukkan kecepatan pertumbuhan akan menurun secara perlahan dengan kenaikan waktu reaksi.

2.2.2. Reaksi antara logam baja dengan seng cair

Pada proses *Hot-Dip Galvanizing*, reaksi antara logam baja dengan seng cair akan berlangsung hingga mencapai kesetimbangan. Pada gambar 2.7 menerangkan bahwa pembentukan lapisan dan pertumbuhan lapisan terjadi pada interface dimulai dengan fasa zeta, delta dan gamma.



Gambar 2.7. Skema pembentukan lapisan Fe-Zn dalam 0,00 wt% Al-Zn pada proses galvanisasi dimana t_0 sebagai waktu awal dan $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ [7].

2.3. PENGARUH LAPISAN GALVANISASI TERHADAP KEKERASAN.

Sifat kekerasan yang dimiliki oleh lapisan galvanisasi menyebabkan lapisan mempunyai sifat ketahanan terhadap penetrasi dan abrasi. Kondisi abrasi akan menggeser lapisan eta (η) yang lunak pada permukaannya, tetapi karena adanya lapisan zeta (ζ) yang lebih keras dibawahnya maka lapisan zeta (ζ) akan menahan kondisi abrasif tersebut.

2.4. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUALITAS LAPISAN

Kualitas lapisan yang dihasilkan berhubungan erat dengan sifat ketahanan terhadap korosi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas lapisan antara lain :

- a. Proses pencelupan yang berhubungan dengan
 - o Kadar seng dan unsur pengikutnya
 - o Temperatur logam seng cair
 - o Waktu pencelupan
 - o Kecepatan pengangkatan
- b. Kondisi permukaan baja
- c. Pengaruh unsur dalam baja

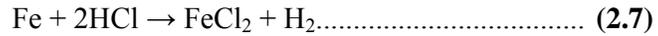
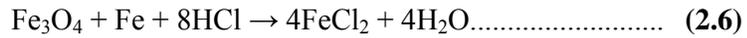
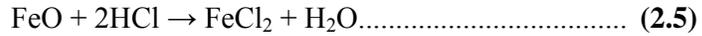
2.4.1. Proses Pencelupan

2.4.1.1. Persiapan Permukaan Sebelum Pelapisan

Permukaan logam yang kotor akan mengurangi daya lekat lapisan maupun reaksi-reaksi yang terjadi. Hal ini disebabkan adanya kotoran-kotoran yang tetap menempel dan berada diantara lapisan seng dan lapisan logam dasarnya.

Pickling merupakan proses untuk menghilangkan karat dan *scale* pada permukaan baja dengan mencelupkannya pada larutan asam. Untuk baja karbon, asam sulfat (H_2SO_4) sering digunakan sebagai *pickling solution*. Asam klorida (HCl) digunakan sebagai larutan *pickling* pada *continuous* galvanisasi untuk produk berupa kawat dan plat. Selain itu, HCl akan menghasilkan permukaan yang rata. Konsentrasi larutan yang digunakan 2 – 20 M dengan temperatur

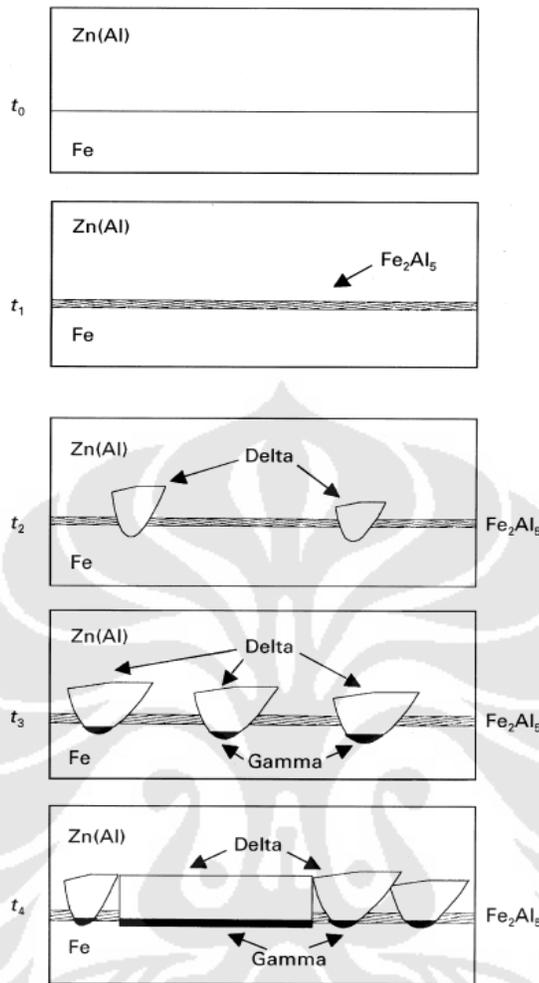
operasi 66 - 93°C dan waktu pencelupan antara 1 – 20 detik. Reaksi yang terjadi antara baja dengan larutan *pickling* HCl yaitu [1] :



Penyempurnaan pembersihan dilaksanakan dengan proses fluxing setelah proses pembersihan baik menggunakan larutan asam maupun basa (*pickling*). Flux ini menjadikan keadaan permukaan tetap dapat dibasahi oleh leburan seng. Proses ini dilakukan dengan dua cara yaitu sebelum pencelupan dan pada saat pencelupan dimana flux berada pada permukaan bak leburan seng. Cara pertama disebut *dry galvanizing* dan cara kedua disebut *wet galvanizing*.

2.4.1.2. Kadar Seng dan Unsur Pengikutnya

Unsur-unsur yang terkandung didalam seng cair akan mempengaruhi proses pelapisan seperti penampakan, daya lekat dan ketebalan. Penambahan unsur Al sebanyak 0,005% dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi laju reaksi antara Fe dan Zn, meningkatkan fluiditas logam seng cair dan meningkatkan kilap lapisan permukaan. Menurut Jordan dan Marder [7], kandungan Al antara 0,1 – 0,25% akan menambah daya lekat dan mengurangi terbentuknya fasa zeta. Selain itu, akan memicu terbentuknya fasa intermetalik Fe_2Al_5 seperti yang terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Skema pembentukan lapisan Fe-Zn dalam 0,20 wt% Al-Zn pada proses galvanisasi dimana t_0 sebagai waktu awal dan $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ [7].

Menurut J.D Culcasi dkk [11], penambahan titanium (Ti) pada bak logam seng cair akan menyebabkan Ti akan berfungsi sebagai katalis pada reaksi antara Fe-Al, yang diikuti pembentukan lapisan Fe_2Al_5 dan menghambat pertumbuhan fasa Fe-Zn walaupun dengan waktu pencelupan yang cukup lama. Sedangkan pada bak logam cair tanpa penambahan Ti akan mengakibatkan pembentukan dan pertumbuhan lapisan Fe-Zn dalam waktu pencelupan yang singkat yaitu 3 detik.

Menurut N. Pistofidis, dkk [12], pada baja karbon rendah yang digalvanisasi didalam seng cair yang terdiri dari 1,0 wt.% Mn akan menghasilkan

lapisan dengan dengan konsentrasi Mn yang rendah pada lapisan, tetapi kristal yang kaya akan Mn akan mengendap pada permukaan lapisan dimana keberadaan Mn akan meningkatkan ketahanan korosi. Hal ini dikarenakan Mn akan berfungsi sebagai anoda korban yang akan melindungi Zn.

Menurut Ranjan M, dkk [13], penambahan 0,2-0,4 wt.% Si pada bak logam seng cair dapat merubah pertumbuhan lapisan *interface* yang linear menjadi difusi yang terkontrol secara parabolik. Selain itu, akan dihasilkan ketebalan lapisan antara 10 – 40 μm dan permukaan lapisan yang cerah dan halus.

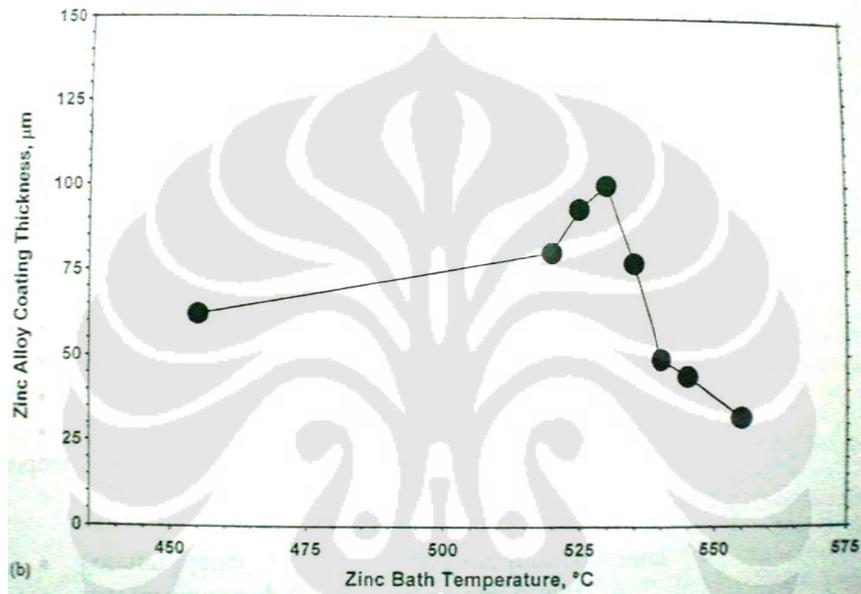
Selain itu, kelarutan 1%Pb dapat membantu terbentuknya bunga kristal. Namun ada kekurangannya dimana akan terjadi pengendapan dibawah lapisan kotoran (dross 3 – 7 % Fe) sehingga memperbanyak kotoran tersebut. Selain itu, akan mengurangi tegangan permukaan cairan seng sehingga mempermudah penyapuan seng cair yang berlebih dari benda kerja.

2.4.1.3 Temperatur Logam Cair

Temperatur dari logam seng cair yang digunakan pada proses galvanizing akan mempengaruhi pembentukan fasa-fasa dan ketebalan dari lapisan galvanisasi. Berdasarkan penelitian Peng Bicao [14], proses galvanisasi yang dilakukan pada temperatur antara 450°C hingga 470 °C, akan menghasilkan lapisan zeta (ζ) yang koheren dan padat diatas lapisan delta (δ). Pada temperatur sekitar 480°C, lapisan zeta (ζ) akan terbentuk maksimum sehingga pada temperatur tersebut akan dihasilkan ketebalan lapisan yang maksimal. Ketika temperatur proses galvanisasi diatas 500°C, maka lapisan akan mulai berubah menjadi *primarily δ phase*.

Pada selang waktu antara 490°C-520°C, hubungan antara laju pertumbuhan lapisan dengan waktu reaksi adalah linear. Tetapi pada temperatur diatas 530°C, akan terlihat hubungan parabolik antara ketebalan lapisan dengan waktu reaksi. Hal ini terjadi karena temperatur tersebut, tidak terbentuk fasa zeta (ζ) dimana dengan tidak adanya lapisan ini, logam cair akan dapat bereaksi langsung dengan logam dasarnya tanpa melewati suatu barrier dari struktur tersebut.

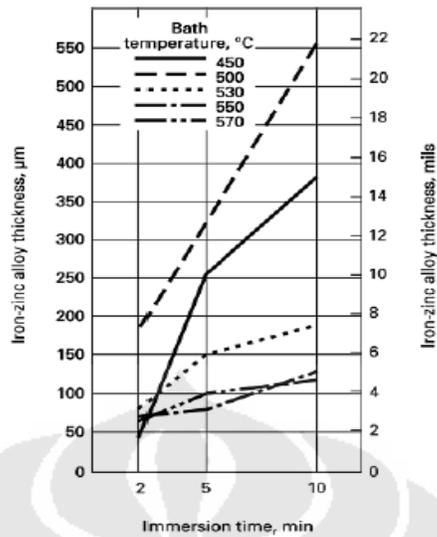
Percobaan yang dilakukan A.R.B Verma dan W.J. Van Ooij [15] memperlihatkan bahwa temperatur akan mempengaruhi ketebalan. Pada temperatur pencelupan 520°C – 555°C, ketebalan lapisan yang terbentuk antara 30 – 100 µm dengan kecenderungan ketebalan meningkat secara linear pada temperatur 520°C - 530°C, kemudian pada temperatur 530°C mulai mengalami penurunan ketebalan lapisan dimana hal ini disebut *Sandellin Effect* seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Hubungan antara temperatur proses celup panas dan ketebalan lapisan [15].

2.4.1.4 Waktu Pencelupan

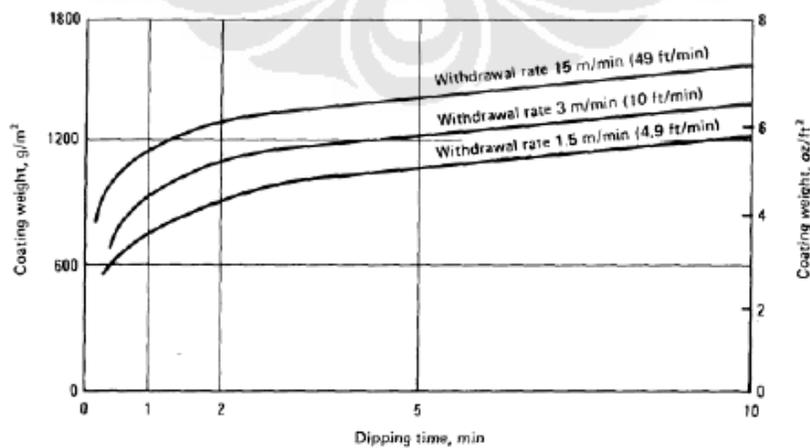
Reaksi antara logam besi dengan seng cair akan berlangsung dengan cepat pada menit-menit pertama pencelupan. Setelah itu, pertumbuhan lapisan yang terbentuk akan tumbuh dengan kecepatan yang semakin lama semakin menurun. Hal ini disebabkan karena lapisan paduan yang terbentuk akan bertindak sebagai penghalang (barrier) bagi reaksi selanjutnya sehingga lapisan ini akan semakin lama semakin tebal.



Gambar 2.10. Hubungan antara waktu pencelupan dengan ketebalan lapisan Fe-Zn [16].

2.4.1.5 Kecepatan Pengangkatan

Kecepatan pengangkatan akan mempengaruhi ketebalan lapisan pada bagian luar yaitu lapisan eta (η) yang hanya terdiri dari logam seng murni. Kecepatan pengangkatan yang cenderung lambat mengakibatkan tebal permukaan tidak merata, sedangkan kecepatan pengangkatan yang terlalu cepat cenderung mengakibatkan terbentuknya lapisan yang terlalu tipis seperti yang terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Hubungan antara kecepatan pengangkatan dengan ketebalan lapisan [12].

2.4.2. Kondisi Permukaan Baja

Permukaan baja yang telah dibersihkan sebelum proses galvanisasi akan meningkatkan reaktivitas antara baja dengan seng cair yang lebih tinggi. Pertumbuhan lapisan paduan Fe-Zn akan terjadi selama proses galvanisasi yang akan menghasilkan lapisan yang lebih tebal. Pada permukaan baja yang kasar akan dihasilkan lapisan yang lebih tipis dan kurang merata [10].

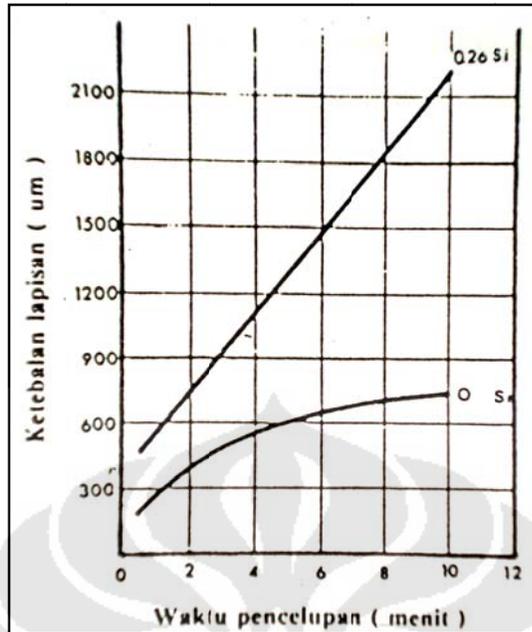
2.4.3. Pengaruh Unsur Dalam Baja

2.4.3.1. Silikon

Pada proses galvanizing, kandungan silikon dalam baja mempunyai pengaruh terhadap ketebalan dan penampakan lapisan yang dihasilkan. Baja dengan kandungan silikon yang sedikit, akan menampakan permukaan yang lebih cerah jika dibandingkan kandungan silikon yang lebih tinggi dimana kandungan silikon lebih dari 0,3% maka akan terbentuk lapisan yang relatif yang sangat tebal dan berwarna lebih gelap (keabu-abuan).

Kadar silikon yang terkandung dalam baja juga akan mempengaruhi ketebalan lapisan yang terbentuk. Silikon dalam baja akan mempengaruhi difusi yang berlangsung antara logam cair dengan seng cair pada proses celup panas dimana akan mempengaruhi pembentukan fasa sesuai dengan banyaknya silikon yang terkandung didalam baja.

Lapisan hasil proses galvanizing cenderung menjadi lebih tebal diikuti dengan meningkatnya kekerasan pada permukaan baja yang digalvanisasi. Pengaruh ketebalan lapisan akibat kandungan silikon dalam baja disebut "efek sandelin".



Gambar 2.12. Hubungan antara tebal lapisan dengan kadar silikon dalam baja [10]

Silikon didalam baja akan mempengaruhi difusi yang berlangsung antara logam baja dengan logam seng cair pada proses celup panas dimana akan mempengaruhi pembentukan fasa sesuai dengan banyaknya silikon yang terkandung didalam baja. Pada Gambar 2.12 dapat terlihat bahwa semakin tinggi kadar Si didalam baja maka laju reaksi antara besi dan logam seng cair akan semakin meingkat.

Dari diagram Fe-Zn-Si pada temperatur 450°C nampak fasa yang terjadi dengan kandungan silikon yang tinggi (>0.05%) selalu terbentuk paduan Fe-Si.

Pada penelitian sebelumnya [3], pada temperatur proses galvanisasi yang konvensional yaitu 445°C, ketebalan lapisan seng pada baja dengan kadar silikon yang tinggi akan meningkat bersamaan dengan meningkatnya waktu pencelupan. Silikon sangat sensitive terhadap pertumbuhan lapisan. Salah satu cara untuk mengontrol laju pertumbuhan lapisan tanpa memperhatikan kandungan silikon (Si) adalah dengan menggunakan temperatur pencelupan diatas 530°C. Hal ini dikarenakan pertumbuhan lapisan pada temperatur tersebut adalah parabolik sehingga tidak terpengaruh kandungan silikon (Si) dan waktu pencelupan.

2.4.3.2. *Pospor*

Jordan dkk menemukan bahwa phosphor bersegregasi ke batas butir ferrite pada baja karbon rendah (0.02 sampai 0,06% C) yang terdiri minimum 0,04% P, akan mencegah difusi Zn disepanjang batas butir dan menurunkan aktivitas termodinamika [17].

