

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nitriding dengan menggunakan metode plasma merupakan suatu proses pengerasan permukaan material logam/paduan, dengan cara mendifusikan ion nitrogen pada material pada temperatur dan tekanan rendah. Sebelumnya proses ini pernah dilakukan oleh beberapa orang yaitu Sunarto (2010), Mudjiman dkk (1996), dan Malau dkk (2012). Ketiga orang tersebut melakukan penelitian yang hampir sama dengan perbedaan material dan beberapa variasi perlakuan yang digunakan.

Sunarto (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh nitridasi plasma terhadap perubahan struktur diharapkan dapat meningkatkan ketahanan aus dan kekerasan pahat bubut Baja Kecepatan Tinggi (HSS) ASSAB 17. Menggunakan variasi tekanan 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 dan 2,0 mbar dan waktu nitridasi 2 ; 3 ; 4 ; 5 dan 6 jam pada temperatur 500°C. Hasil yang diperoleh pada tekanan 1,4 mbar, temperatur 500°C selama 5 jam kekerasannya meingkat 477% menjadi 1918 VHN dari kekerasan awal 402 VHN.

Mudjiman dkk (1996) melakukan penelitian tentang pengaruh kekerasan permukaan pada material Aluminium AA2024 T3. Menggunakan variasi temperatur 30°C, 60°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C dan waktu selama 5 menit, 15 menit, 40 menit, 90 menit, dan 180 menit. Hasil yang diperoleh pada temperatur 60°C dan waktu 90 menit kekerasannya paling optimum yaitu naik dari 155 KHN menjadi 166 KHN.

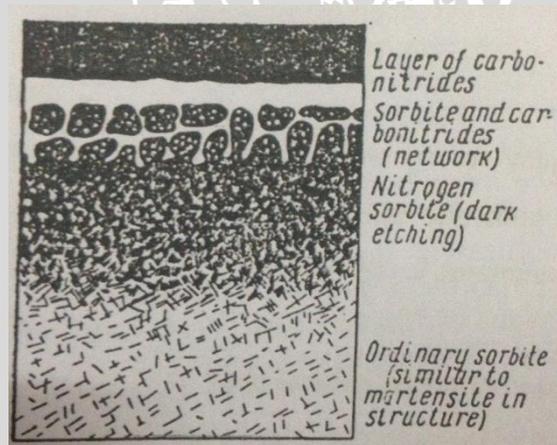
Malau dkk (2012) melakukan penelitian tentang kekerasan permukaan, laju korosi dan struktur material Baja AISI 410. Menggunakan variasi tekanan 1,6 ; 1,8 dan 2,0 mbar dan variasi waktu 1, 2,3, 4, 5 dan 6 jam dengan suhu konstan 350°C. Hasil yang diperoleh Kekerasan material paling optimum pada tekanan 2 mbar dan $t = 6$ jam dari kekerasan awal 210,2 VHN menjadi 278,1 VHN. Dari pengujian laju korosi pada tekanan 1,6 mbar dan $t = 6$ jam arus korosi material dasar sebesar $2,32\mu\text{A}/\text{cm}^2$ menurun hingga mencapai nilai terendah sebesar $0,04\mu\text{A}/\text{cm}^2$.

Dari ketiga penelitian tersebut didapat hasil bahwa jenis material, variasi temperatur dan material yang diberi perlakuan sebelum diuji akan menghasilkan kekerasan permukaan dan struktur mikro yang berbeda-beda

2.2 Nitriding

2.2.1 Pengertian Nitriding

Nitriding merupakan suatu metode *surface treatment* yang umum digunakan pada industri modern. Yaitu dengan mendifusikan Nitrogen pada permukaan material yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan permukaan material tersebut. Proses pemanasan *nitriding* menggunakan temperatur antara 100°C sampai 600°C . Metode ini umumnya digunakan pada material karbon rendah, namun juga bisa pada material karbon menengah dan karbon tinggi. Idealnya, material yang akan dinitriding sebelumnya diberikan perlakuan *hardening* dan *tempering* terlebih dahulu, agar material tersebut pada saat dinitriding dapat menggunakan temperatur yang lebih rendah. Lama waktu pemanasan berpengaruh pada kedalaman difusi nitrida. Produk dari *nitriding* antara lain *gear*, *crankshaft*, bagian-bagian katup, dll.



Gambar 2.1 Struktur Mikro Lapisan yang telah dinitriding

Sumber : Zakharov (1962 :198)

2.2.2 Macam-macam Nitriding

2.2.2.1 Plasma nitriding

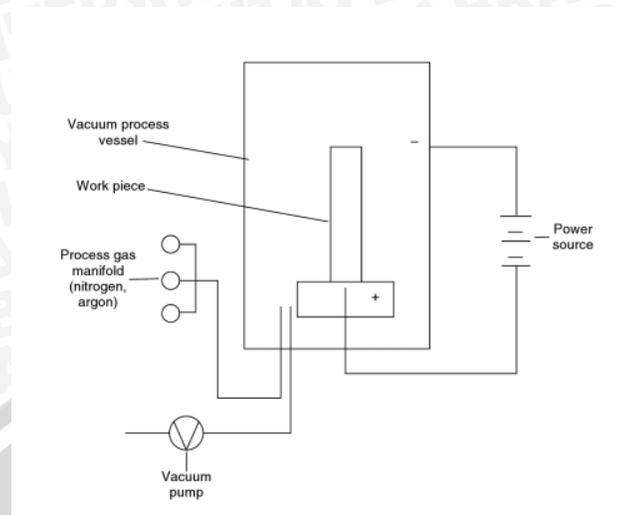
Plasma nitriding adalah proses perlakuan permukaan material dengan menyisipkan nitrogen (nitridasi) dan cara difusinya dengan metode plasma, yaitu gas nitrogen diubah dalam wujud plasma terlebih dahulu sebelum disisipkan. Cara plasma ini ditempuh dengan memberikan beda potensial antara ujung-ujung elektroda, dimana diantara ujung-ujung elektroda tersebut diisi dengan gas nitrogen. Proses nitridasi ini dilakukan pada tekanan rendah. Proses ini dapat dilakukan pada tekanan 0,2 mbar pada temperatur 100 - 600°C tergantung pada jenis material yang digunakan.

Saat proses nitridasi dapat dilihat dalam *chamber plasma* yaitu cahaya pijar (*glow discharge*) yang terjadi disebabkan oleh emisi *foton* dari atom-atom nitrogen yang tereksitasi. Terbentuknya ion-ion nitrogen, dan akibat beda potensial antara kedua ujung elektroda (anoda-katoda) membuat ion-ion nitrogen yang bermuatan positif bergerak menuju katoda. Sementara itu, di bagian katoda inilah diletakkan spesimen, tentunya terdapat perubahan energi, yaitu energi kinetik diubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang akhirnya menaikkan suhu reaktor plasma. Temperatur reaktor / *chamber* ini sering dijadikan parameter pengujian proses nitridasi plasma. Reaksi yang terjadi dalam *chamber* dengan adanya gas nitrogen maka akan terbentuk radikal nitrogen dan mengikuti reaksi sebagai berikut :



Tanda m adalah menyatakan keadaan metastabil dan * menyatakan keadaan tereksitasi.

Berikut adalah skema dan bagian-bagian alat uji nitriding metode plasma :



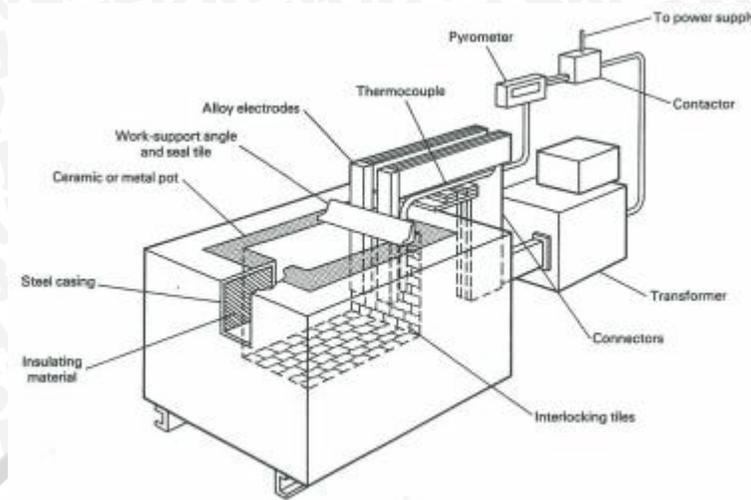
Gambar 2.2 Skema Alat Uji Nitriding Metode Plasma

Sumber:ASM Interntional, *Practical Nitriding and Ferrit Nitrocarburizing* (2003 : 7)

1. Reaktor Plasma (*chamber*) sebagai ruang terjadinya reaksi plasma dan terbuat dari bahan *stanless steel*.
2. Elektroda terbuat dari *stanless steel*. Elektroda ini terdiri dari katoda dan anoda.
3. Pompa vakum yang digunakan untuk menghampakan tabung reaktor.
4. Sumber tegangan tinggi DC, untuk memberikan beda potensial antara anoda dan katoda.
5. Tabung gas nitrogen.
6. Alat ukur seperti amperemeter, voltmeter, multimeter, termometer, dan sensor ukur tekanan vakum.

2.2.2.2 Salt Bath Nitriding

Proses pendifusian Nitrogen terhadap permukaan material pada temperatur sub-kritikal pada fase *ferrit* untuk menaikkan kekerasan permukaan material tersebut. Pengaplikasian metode ini kebanyakan pada baja, tetapi dapat juga digunakan pada titanium, aluminium dan *molybdenum*. Medium pendifusi *Salt Bath Nitriding* ialah Nitrogen yang berpasir, pasir inilah yang mengandung unsur Karbon (C) yang akan didifusikan ke dalam material, maka metode ini disebut juga *Nitrocarburizing*. Temperatur yang digunakan dalam metode ini antara 550°C sampai 570°C.



Gambar 2.3 Skema proses *Salt Bath Nitriding*
Sumber ASM International, *Heat Treating* (2003 :478)

Keunggulan *Salt Bath Nitriding* :

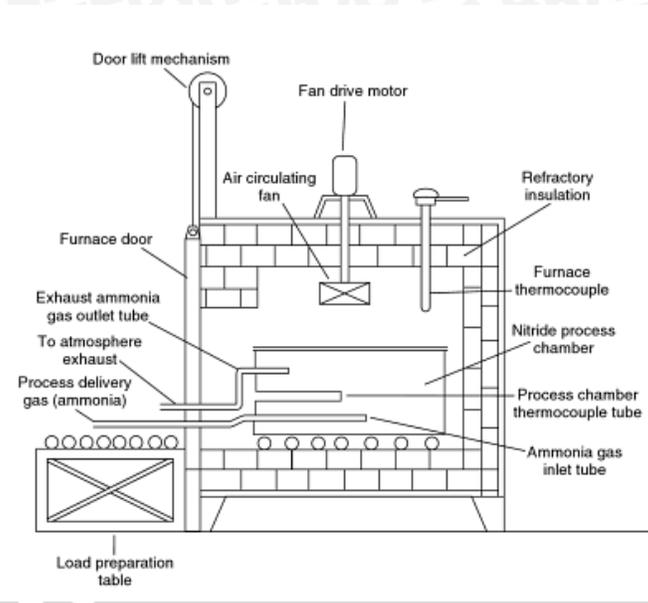
- Prosesnya hanya memerlukan waktu 4 jam saja.
- Metode operasionalnya sangat sederhana

Kelemahan *Salt Bath Nitriding* :

- Proses ini membutuhkan biaya yang sangat mahal, sehingga metode ini mulai ditinggalkan pada saat ini.
- Pasir berkarbon yang digunakan untuk metode ini hanya sekali pakai saja.

2.2.2.3 Gas Nitriding

Gas nitriding dikenal juga dengan ammonia nitriding, dikarenakan menggunakan unsur Amonia (NH_3) sebagai pendifusinya. Ketika ammonia mulai bereaksi dalam temperatur yang tinggi, Amonia tersebut terbagi menjadi Nitrogen dan Hidrogen. Lalu, nitrogenlah yang berdifusi ke permukaan material tersebut membentuk lapisan nitrida.



Gambar 2.4 Skema proses *Gas Nitriding*

Sumber :ASM Interntional, *Practical Nitriding and Ferrit Nitrocarburizing* (2003 : 8)

Keunggulan Gas Nitriding :

- Biaya lebih murah jika dibandingkan dengan metode yang lainnya.
- Dapat dengan mudah mengontrol atmosfer *nitriding* secara akurat, karena menggunakan sistem operasional modern *control computer*.

Kelemahan Gas Nitriding :

- Metode ini sangat bergantung pada kondisi permukaan material, karena apabila permukaan mengandung oli pada saat dipanaskan maka hasilnya akan buruk.
- Memerlukan material baja dengan kandungan *Chromium* yang tinggi jika dibandingkan dengan metode *Plasma nitriding*.
- Menggunakan Ammonia sebagai medium penitrida, yang notebene mengandung racun apabila terhirup.

2.3 Aluminium Alloy

2.3.1 Pengolahan Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam yang memiliki banyak sekali keunggulan. Aluminium sangat beratnya hanya 1/3 baja, tembaga atau kuningan. Memiliki kekuatan yang baik, bahkan beberapa aluminium paduan kekuatannya melebihi baja. Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi dari elemen-elemen di atmosfer, air (termasuk air garam), oli dan

bahan kimia lainnya. Memiliki konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas listrik dan panas yang baik. Aluminium tidak bersifat magnet, tidak beracun sehingga aman untuk digunakan untuk peralatan makan dan industri.

Aluminium berasal dari biji aluminium yang disebut bauksit. Untuk mendapatkan aluminium murni dilakukan proses pemurnian pada bauksit yang menghasilkan oksida aluminium atau alumina. Aluminium adalah logam terpenting dalam logam *non-fero*. Penggunaan aluminium adalah yang paling banyak nomor dua setelah besi dan baja. Keuntungan dari aluminium dalam bidang teknik adalah sifatnya yang unik dan menarik, yaitu mudah untuk pengerjaan lanjutnya, beratnya yang ringan, konduktivitas listrik dan panas yang baik.

2.3.2 Sifat-sifat Aluminium

Sifat-sifat aluminium yang lainnya yaitu modulus elastisitas aluminium yang rendah, jadi harus dipertimbangkan saat bahan tersebut dikerjakan dingin karena adanya *springback* pada saat beban pembentukan dihilangkan. Keburukan yang paling serius dari segi teknik adalah sifat elastisitas aluminium sangat rendah hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pemaduan maupun dengan *heat treatment*.

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium

| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | |
|--|------------------|------------|
| | 99,99 % | >99,99 % |
| Massa jenis (kg/m ³) (20°C) | 2,698 | 2,710 |
| Titik cair (°C) | 660,2 | 653-657 |
| Panas jenis (Cal/g°C) (100°C) | 0,222 | 0,229 |
| Hantaran listrik (%) | 64,91 | 59 (aneal) |
| Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C) | 0,004 | 0,011 |
| Koefisien pemuain (M/°C) (20-100°C) | 23,86 x 10 | 23,5 x 10 |
| Jenis Kristal | FCC | FCC |

Sumber : Surdia dan Saito (1999:134)

2.3.3 Pengaruh Unsur-unsur Paduan

Unsur-unsur pemaduan aluminium diantaranya:

- Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambing Si dan nomor atom 14. Adalah unsur terbanyak kedua di bumi. Silikon mampu meningkatkan sifat mampu coran, mampu mengurangi penyusutan coran hingga 1,5 kali aluminium murni, mengurangi penyerapan gas dalam pengecoran dan meningkatkan mampu alirnya serta meningkatkan ketahanan korosi. Namun, silikon mempunyai pengaruh buruk yaitu menurunkan sifat permesinannya.

- Magnesium (Mg)

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Paduan dari magnesium dan aluminium dikenal dengan sebutan “magnalium” atau “magnelium”. Magnesium bersifat *paramagnetic* yaitu bahan yang tidak tertarik oleh medan magnet. Penambahan unsur magnesium digunakan untuk meningkatkan daya tahan aluminium dan meningkatkan sifat mampu bentuk serta mampu mesin aluminium tanpa menurunkan keuletannya.

- Besi (Fe)

Ferrous adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Fe dan nomor atom 26. Fe merupakan logam transisi dan bersifat *ferromagnetic*. Mampu untuk mengurangi penyusutan tetapi apabila kandungan fe terlalu besar akan menyebabkan struktur butiran yang kasar. Hal ini bias diperbaiki dengan menambahkan sejumlah Mn dan C dalam prosentase kecil.

- Mangan (Mn)

Mangan adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn dan nomor atom 25. Penambahan Mn akan meningkatkan ketahanan karat aluminium dan apabila dipadu dengan Mg akan memperbaiki kekuatannya.

- Seng (Zn)

Seng atau *zinc* adalah unsur kimia dengan symbol Zn, nomor atom 30 dan masa atom relatifnya 65,39. Umumnya ditambahkan dengan tembaga dalam prosentase yang

kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanis tanpa perlakuan panas serta memperbaiki sifat mampu mesin.

- Tembaga (Cu)

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor 29. Merupakan konduktor panas dan listrik yang baik, memiliki korosi yang lambat. Tembaga juga bersifat *paramagnetic*. Penambahan Cu akan memperbaiki sifat permesinan aluminium paduan. Selain itu, dengan atau tanpa paduan lainnya akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan.

2.3.4 Aluminium Paduan

Di bawah ini adalah beberapa paduan aluminium yang penting:

- Paduan Al-Si

Paduan Al-Si merupakan paduan yang baik kecairannya. Mempunyai permukaan coran yang baik tanpa kegetasan panas, tahan korosi, koefisien muai yang kecil, penghantar panas yang baik dan ringan.

- Paduan Al-Zn

Merupakan paduan yang banyak mengandung aluminium dan tahan terhadap korosi. Diaplikasikan untuk konstruksi tempat duduk pesawat terbang, perkantoran dan konstruksi lainnya yang membutuhkan perbandingan antara ketahanan korosi dan berat yang tidak terlalu besar.

- Paduan Al-Mn

Mn adalah unsur paduan yang memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosinya dan digunakan untuk membuat paduan yang tahan korosi. Jumlah paduan yang terkandung adalah 25,3%

- Paduan Al-Cu

Merupakan paduan yang didapat diperlakukan panas. Dengan dikeraskan endapannya ataupun penyepuhan bersifat mekanis, paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak akan tetapi daya tahan korosinya lebih rendah jika dibandingkan dengan jenis paduan lainnya.

- Paduan Al-Mg

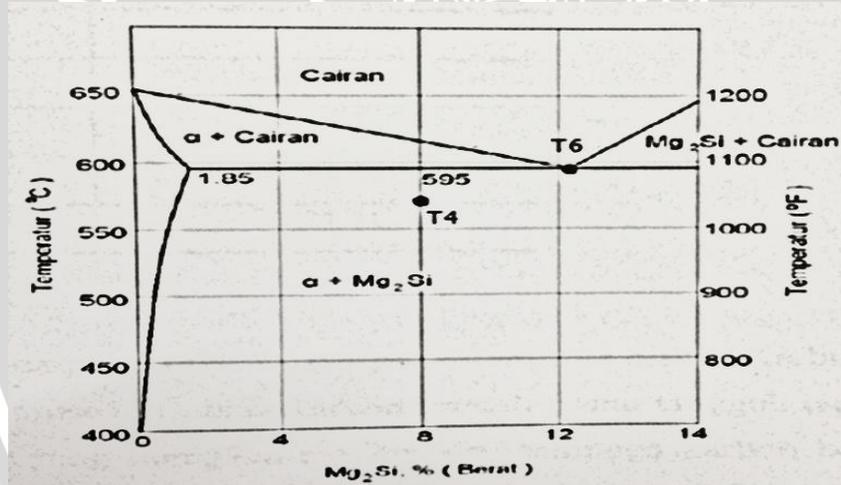
Merupakan paduan yang tahan korosi. Paduan ini disebut *hidronalum*. Cu and fe tidak dapat dicampur pada paduan ini karena paduan Al-Mg adalah unsur pengotor bagi Al-Mg.

- Paduan Al-Mg-Si

Merupakan jenis paduan aluminium seri 6xxx, sebagai paduan praktis diperoleh paduan 6053, 6063 dan 6061. Kekuatan tempa pada paduan ini masih kurang jika dibandingkan dengan paduan lainnya, sangat liat, sangat baik untuk ekstruksi dan sangat baik pula untuk diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan.

2.3.5 Diagram Fasa Al-Mg-Si

Berikut adalah diagram perubahan fasa dari aluminium *alloy* (Al-Mg-Si).



Gambar 2.5 Perubahan Fase paduan Al-Mg-Si

Sumber: Avner (1982:491)

- Kondisi O, digunakan untuk bahan-bahan yang ditempa. Diaplikasikan untuk kekuatan yang rendah dan produk coran yang diambil untuk meningkatkan nilai keuletan dan kestabilan dimensi. "O" dapat dimungkinkan diikuti dengan bilangan yang lain.
- Kondisi T4, digunakan untuk produk yang tidak diberi pengerjaan dingin setelah diberi perlakuan panas, dan untuk nilai mekanik yang sudah stabil dalam temperatur ruangan.

- Kondisi T6, digunakan untuk produk yang diberi pengerjaan dingin setelah diberi perlakuan panas, dan untuk nilai mekanik yang sudah stabil dalam temperatur ruangan atau keduanya memiliki kestabilan akibat presipitasi.

Tabel 2.2 Sifat-sifat paduan Al-Mg-Si

| Paduan | Keadaan | Kekuatan Tarik (kgf/mm ²) | Kekuatan Mulur (kgf/mm ²) | Kekuatan Lelah (kgf/mm ²) | Kekuatan Geser (kgf/mm ²) | Perpanjangan (%) | Kekerasan Brinell |
|--------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| 6061 | O | 12,6 | 5,6 | 6,3 | 8,4 | 30 | 30 |
| | T4 | 24,6 | 14,8 | 9,5 | 16,9 | 28 | 65 |
| | T6 | 31,6 | 28 | 9,5 | 21 | 15 | 95 |

Sumber: Surdia dan Saito (1999:134)

Tabel 2.3 Prosentase unsur paduan Al-Mg-Si

| Unsur | Prosentase |
|-------|------------|
| Al | 97,47 % |
| Mg | 1,01 % |
| Si | 0,88 % |
| Fe | 0,22 % |
| Cu | 0,21 % |

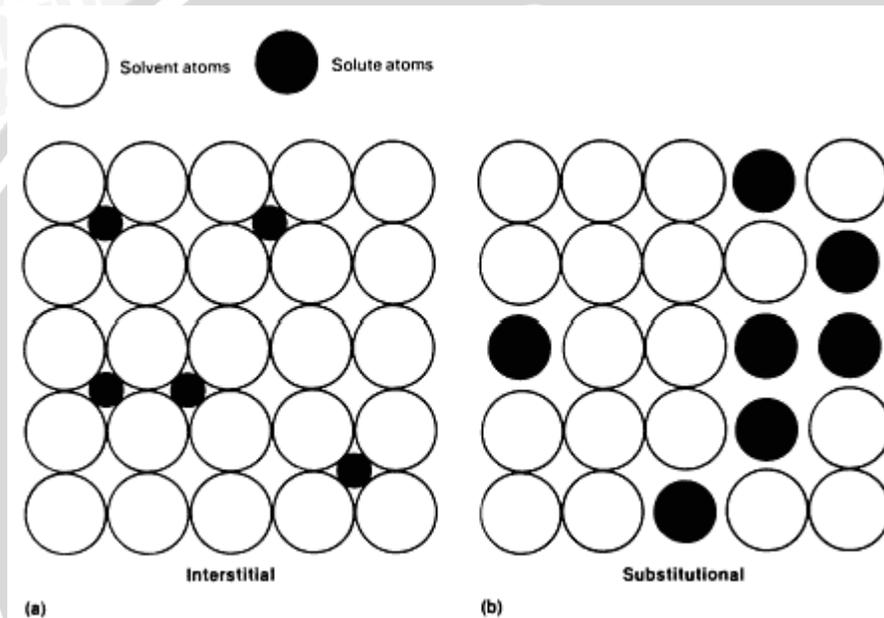
2.4 Difusi

Dalam proses-proses teknik banyak diterapkan difusi. Karburisasi dari baja adalah satu contoh. Pada proses ini, baja karbon rendah (yang tangguh tapi lunak) diperankan dalam lingkungan yang mengandung karbon, sehingga karbon berdifusi dalam baja, menghasilkan selubung luar yang kaya akan karbon dan keras. Contoh dari proses difusi, diterapkan secara komersil pada pembuatan semikonduktor. Boron berdifusi ke dalam silikon menghasilkan daerah tipe-p pada *function*.

Bila temperatur naik, atom-atom bergetar dengan energi yang lebih besar, dan sejumlah kecil atom akan berpindah dalam kisi. Dengan sendirinya fraksi ini akan tidak hanya tergantung pada temperatur, akan tetapi juga pada ikatan atom. Energi yang diperlukan sebuah

atom untuk pindah tempat disebut energi aktivasi. Energi ini dapat dinyatakan dalam kalor/mol.

Bila 2 mekanisme atom untuk berdifusi pada suatu material. Jika *atom solute* cukup kecil, maka *atom solute* tersebut dapat masuk ke dalam rongga antar Kristal *atom solvent*, mekanisme ini disebut dengan Difusi Interstisi. Sedangkan Difusi Substitusional ialah, *atom solute* menggantikan posisi *atom solvent* pada titik *lattice*. Penambahan unsur atom dari luar menghasilkan distorsi energi. Energi inilah yang menyebabkan kekerasan dan kekuatan material meningkat.



Gambar 2.6 Mekanisme difusi (a) dengan interstisi dan (b) dengan substitusi
 Sumber: ASM Internasional, *Alloy Phase Diagram* (1992:33)

2.5 Perhitungan Difusi

Parameter difusi yang utama meliputi temperatur dan waktu yang akan mempengaruhi prosentase kedalaman maupun distribusi konsentrasi atom-atom gas reaktif didalam material target. Kedalaman difusi atau tebal lapisan difusi atom-atom gas reaktif dalam material target diekspresikan dengan persamaan :

$$x = 2\sqrt{Dt} \tag{2-8}$$

D adalah koefisien difusi sebagai fungsi temperatur yang nilainya dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$D = D_0 \exp \left(-\frac{Q}{RT} \right) \tag{2-9}$$

Dengan,

x = kedalaman penyesipan atom-atom dopan (mm)

D = koefisien difusi ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

D_0 = koefisien difusi mula-mula ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

Q = energi aktivasi atom yang berdifusi (kJmol^{-1})

R = tetapan gas universal = $8,341 \text{ (j/mol.K)}$

T = temperatur (K)

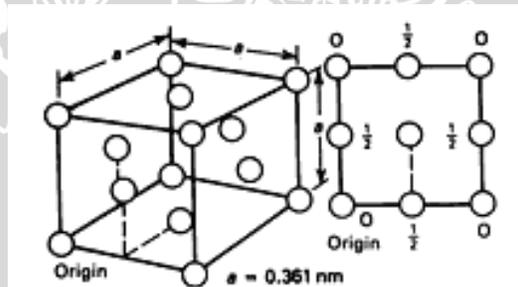
t = lamanya proses (detik)

2.6 Struktur Kristal Logam

Ada beberapa macam struktur logam, yaitu:

- FCC (*Face Center Cubic*)

Struktur mempunyai sebuah atom pada pusat semua sisi kubus dan sebuah atom pada setiap sisi kubus. Beberapa logam yang memiliki struktur FCC yaitu tembaga, aluminium, perak dan emas.

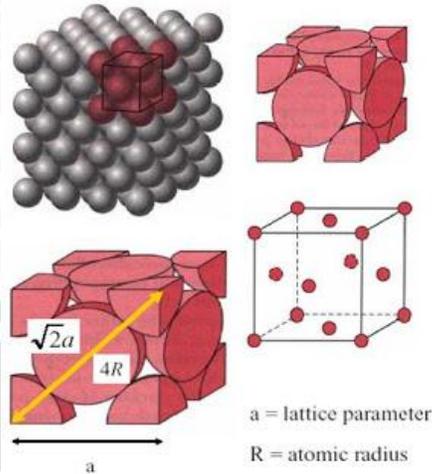


Gambar 2.7 Struktur Kristal FCC

Sumber: ASM International, *Alloy Phase Diagram* (1992:29)

- FCC APF (*Atomic Packaging Factor*)

Atomic Packaging Factor (APF) atau faktor penumpukan atom adalah fraksi volume yang diisi oleh atom, yang secara matematis diperoleh dari volume atom pada unit sel satuan dibagi dengan volume unit sel satuan. Fase *austenite* adalah salah satu contoh yang struktur kristalnya FCC, atom FCC adalah identik dan memiliki arah permukaan atom diagonal, APF untuk struktur FCC ialah 0,74.



Gambar 2.8 Struktur detail kristal FCC

Sumber : W. D Callister, (2009 : 65)

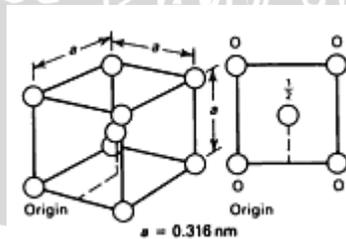
$$\begin{aligned} \text{Arah FCC} &= 4R \\ &= \sqrt{2}a \end{aligned} \tag{2-10}$$

$$\begin{aligned} \text{Kandungan setiap sel} &= 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} \\ &= 4 \text{ atom/unit sel} \end{aligned} \tag{2-11}$$

$$\begin{aligned} \text{APF} &= \frac{\text{Volume atom dalam unit sel}}{\text{Volume unit sel}} \\ &= 4 \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\sqrt{2}a}{4} \right)^3 = 0,74 \end{aligned} \tag{2-12}$$

- BCC (*Body Center Cubic*)

Logam – logam dengan struktur BCC mempunyai sebuah atom pada setiap titik sudut kubus.

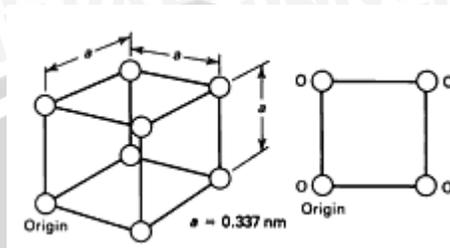


Gambar 2.9 Struktur Kristal BCC

Sumber: ASM International, *alloy Phase Diagram* (1992:29)

- SCC (*Structure Cubic Simple*)

Merupakan struktur Kristal yang paling sederhana, yaitu berupa sebuah Kristal dengan satu atom dimana titik sudutnya. Sehingga dalam satu sisi Kristal terdapat 8 atom.

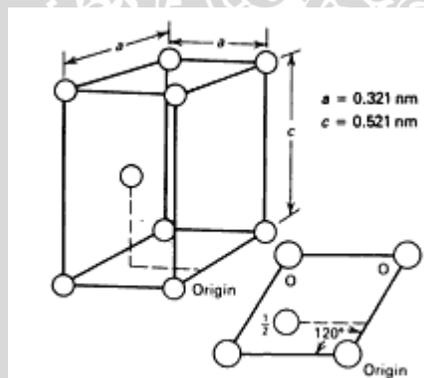


Gambar 2.10 Struktur Kristal SCC

Sumber: ASM International, *Alloy Phase Diagram* (1992:30)

- HCP (*Hexagonal Close Pack*)

Ciri khas logam dengan struktur ini, yaitu setiap atom dalam lapisan tertentu terletak diantara sela 3 atom pada lapisan berikutnya.

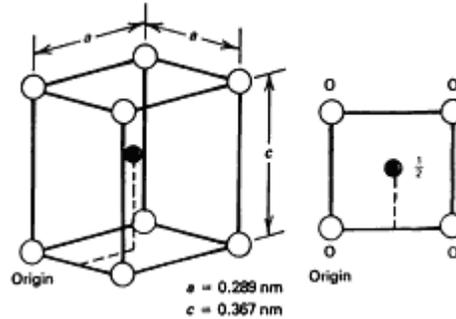


Gambar 2.11 Struktur Kristal HCP

Sumber: ASM International, *Alloy Phase Diagram* (1992:30)

- BCT (*Body Center Tetrahedron*)

Disebut juga martensit, memiliki struktur yang keras dan getas (struktur halus seperti jarum). BCT terjadi karena proses *quenching* yang menyebabkan struktur FCC tidak stabil dan berubah menjadi BCT secara serentak.



Gambar 2.12 Struktur Kristal BCC

Sumber: ASM International, *Alloy Phase Diagram* (1992:32)

2.7 Uji Kekerasan Permukaan

2.7.1 Pengertian Uji Kekerasan Permukaan

Kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi, untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis atau deformasi elastis. Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan, yang tergantung pada cara melakukan pengujian. Ketiga jenis tersebut adalah:

1. Kekerasan goresan (*scratch hardness*)
2. Kekerasan lekukan (*indentation hardness*)
3. Kekerasan dinamik (*dynamic hardness*)

2.7.2 Uji Kekerasan Permukaan *Micro Vickers*

Uji kekerasan *Vickers* termasuk uji kekerasan permukaan yang berjenis lekukan (*indentation hardness*), karena menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang paling berhadapan adalah 136° . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinell*. Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. DPH dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\text{VHN} = \frac{2 \cdot F}{d^2} \sin \frac{\theta}{2} = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (2-13)$$

Keterangan :

F = beban yang diterapkan, kg

d = panjang diagonal rata-rata, mm

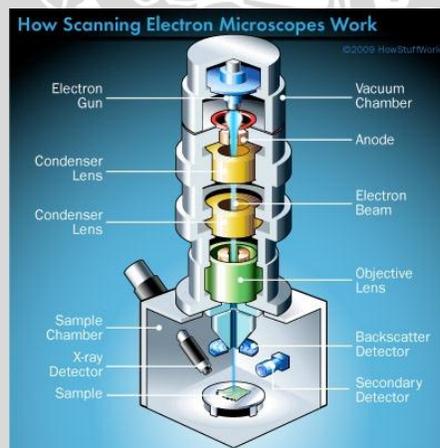
θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

Uji kekerasan *Vickers* banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinyu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak, yakni DPH-nya 5 hingga logam yang sangat keras, dengan DPH 1500. Beban yang biasanya digunakan pada uji kekerasan *Vickers* berkisar antara 1 hingga 120 kg, tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji.

2.8 Uji Morfologi SEM (*Scanning Elektron Microscope*)

2.8.1 Pengertian Uji Morfologi SEM

Mesin uji SEM (*Scanning Elektron Microscope*) adalah sebuah mesin yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dan unsur logam yang terkandung di dalam suatu spesimen uji. Mesin ini memiliki 5 bagian utama, yaitu:



Gambat 2.13 Bagian-bagian mesin uji SEM

Sumber: Hafner (2007:1)

1. Elektron *Gun*
Berguna untuk menembakkan elektron pada spsimen.
2. *Lens (Condeser & Objective)*

Berguna untuk mengontrol focus penscanan pada spesimen.

3. Apertures

Apertures (lubang mikro pada metal *film*) berguna untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen.

4. Posisi spesimen

Berguna untuk menempatkan spesimen yang akan diuji SEM.

5. Area Interaksi Spesimen

Berguna untuk mendeteksi dan memproses hasil interaksi penscanan pada spesimen untuk menghasilkan foto atau garis *spectral*.

Cara kerja lensa objektif ialah dengan memfokuskan sinar elektron yang ditembakkan dari elektron *gun* pada permukaan spesimen. Lalu, *detector* akan menghasilkan sinyal yang selanjutnya diproses menjadi foto atau garis *spectral* yang akan muncul pada monitor.

Penscanan ini dimulai dari pojok kiri atas spesimen ke kanan, lalu kembali lagi ke kiri bawah, kemudian ke kanan. Begitu seterusnya hingga keseluruhan spesimen telah tersinari elektron. Resolusi gambar yang kita pilih pada hasil penscanan akan mempengaruhi hasil foto mikrostruktur.

2.8.2 Parameter Pengujian Morfologi SEM

Agar hasil penyinaran elektron pada spesimen uji baik, maka kita perlu mengetahui parameter penggunaan dari mesin uji SEM. Ada 3 parameter yang harus dipahami, yaitu:

- *Power Input* (kV)

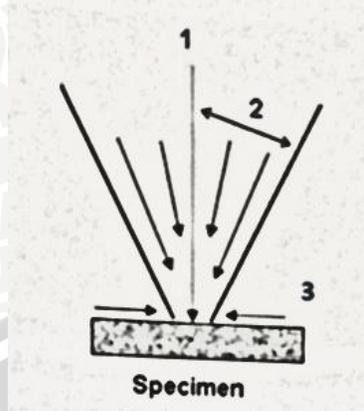
Power input elektron dari *electron gun* menuju permukaan benda uji.

- Sudut Konvergen (α)

Sinar elektron yang menyinari benda uji berbentuk kerucut.

- Diameter Penyinaran (d_p)

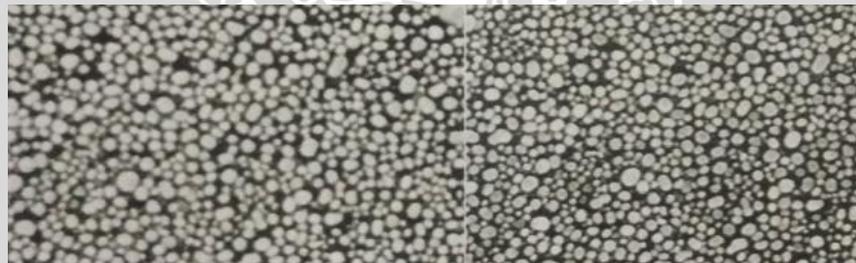
Besar atau kecilnya diameter ujung kerucut yang digunakan untuk menyinari permukaan benda uji.



Gambar 2.14 Parameter yang perlu diperhatikan dalam penyinaran elektron
Sumber: Hafner (2007:3)

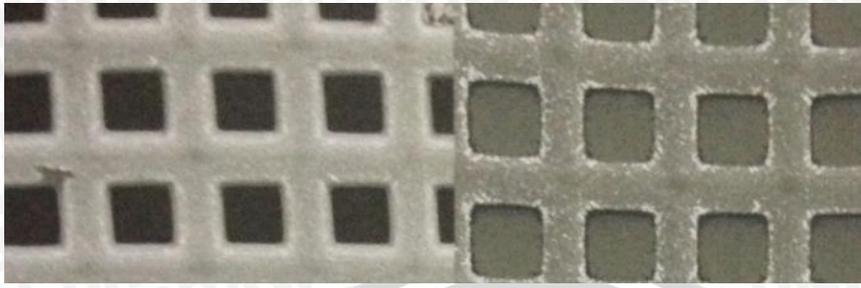
Parameter yang memiliki pengaruh besar pada saat pengambilan gambar menggunakan mesin uji SEM ialah parameter kecepatan penyinaran (kV). Kecepatan penyinaran ini bervariasi dari 1 kV – 30 kV. Apabila meningkatkan kecepatan penyinaran maka akan menyebabkan:

- Berkurangnya nilai abrasi pada lensa dan menghasilkan foto yang memiliki resolusi tinggi.



Gambar 2.15 Kiri: morfologi emas dengan kecepatan penyinaran 5 kV &
Kanan: morfologi emas dengan kecepatan penyinaran 25 kV.
Sumber: Hafner (2007:9)

- Akan menghasilkan kontras yang baik dan signal yang tinggi
- Berpotensi dapat merusak spesimen yang memiliki karakteristik non-konduktif.
- Karbon *film* tidak akan terlihat pada kecepatan penyinaran yang terlalu tinggi.



Gambar 2.16 Kiri: morfologi batu bara dengan kecepatan penyinaran 20 kV & Kanan: morfologi batu bara dengan kecepatan penyinaran 2 kV.
Sumber: Hafner (2007:9)

Parameter berikutnya yang juga mempengaruhi hasil dari foto morfologi suatu spesimen ialah diameter penyinaran (dp). Pengaturan atau kecilnya suatu diameter penyinaran terdapat pada lensa condenser. Dengan meningkatkan besar diameter penyinaran, maka akan menghasilkan:

- Menghasilkan nilai resolusi yang rendah.
- Meningkatkan abrasi pada lensa.

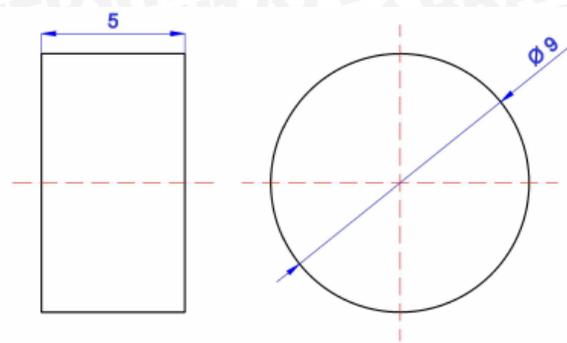


Gambar 2.17 Kiri: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran kecil & Kanan: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran besar.
Sumber: Hafner (2007:10)

2.9 Bentuk dan Ukuran Benda Uji

Benda uji yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki dimensi:

- Ukuran spesimen dalam mm.
- Spesimen dibentuk silinder pejal dengan diameter 9 mm dan tinggi 5 mm.



Gambar 2.18 Spesimen Uji Aluminium Alloy 6061

2.10 Hipotesa

Dengan perlakuan *Plasma nitriding* selama dua jam pada material dapat meningkatkan kekerasan permukaan material yang cukup signifikan. Pada penelitian kali ini, diharapkan semakin tinggi temperatur pemanasan pada *Chamber Plasma nitriding* maka Nitrogen yang berdifusi ke material semakin banyak sehingga kekerasan permukaan material pun semakin tinggi. Dapat memperbaiki struktur mikro permukaan material sehingga didapatkan struktur permukaan yang lebih baik.

