

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nitriding adalah proses pengerasan permukaan dengan jalan mendifusikan unsur nitrogen ke permukaan logam dengan *temperature* tertentu. Purnomo (2010) melakukan penelitian mengenai proses plasma/ion nitriding dilakukan terhadap spesimen dari bahan pahat bubut HSS dengan variasi tekanan 1,2 mbar, 1,4 mbar, 1,6 mbar, 1,8 mbar dan 2 mbar menggunakan variasi waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *mikro vickers* pada beban 10 gf dengan lama identasi 15 detik. Hasil pengujian kekerasan material yang dikenai perlakuan *plasma nitriding* dibandingkan terhadap nilai kekerasan material tanpa treatment untuk mengetahui besarnya peningkatan kekerasannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekerasan permukaan meningkat sebesar 535,8 % dari kekerasan 288 VHN menjadi 18,34 VHN. Harga ini diperoleh melalui *plasma/ion nitriding treatment* pada tekanan 1,6 mbar selama 4 jam.

Clara (2012) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh lapisan tipis nitrogen terhadap kekerasan, laju korosi dan struktur mikro hasil proses *plasma nitriding* pada baja tahan karat AISI 410. Metode yang digunakan adalah plasma lucutan pijar DC. Parameter *plasma nitriding* yang digunakan adalah variasi tekanan 1,6; 1,8 dan 2 mbar dan variasi waktu 1,2,3,4,5 dan 6 jam dengan suhu konstan 360°C. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan *Mikro-Vickers Hardness Tester*, pengujian korosi dilakukan menggunakan *potensiostat* dengan media korosi NaCl 0,7% dan pengujian struktur mikro menggunakan SEM dan EDS. Hasil penelitian ini memperlihatkan kekerasan tertinggi AISI 410 dengan proses *plasma nitriding* sebesar 278,1 VHN, dimana kekerasan material dasar sebesar 210,2 VHN. Kondisi optimum ini terjadi pada $P = 2,0$ mbar dan $t = 6$ jam. Hasil pengujian korosi diperoleh nilai arus korosi material dasar sebesar 2,32 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ dari hasil pengujian menunjukkan kecenderungan menurun hingga mencapai nilai terendah sebesar 0,04 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Kondisi *optimum* terjadi pada $P = 1,6$ mbar dan $t = 6$ jam dan $P = 2,0$ mbar dan $t = 5$ jam. Dari analisa komposisi dan struktur mikro menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dan SEM

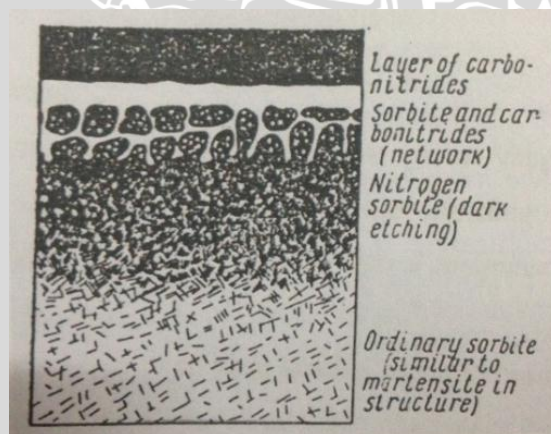


(*Scanning Electron Microscope*), menunjukkan pada kondisi kekerasan *optimum* kandungan nitrogen sebesar 5,73 mas% atau 16,91 at%. Berdasarkan diagram fase Fe-N, nitrogen dengan kandungan 5,73 mas% atau 16,91 at% adalah membentuk fase baru mendekati fase Fe_4N .

2.2 Nitriding

2.2.1 Pengertian Nitriding

Nitriding adalah salah satu metode perlakuan panas yang umum digunakan pada dunia industri. Prosesnya nitriding yaitu mendifusikan Nitrogen pada permukaan material, proses *nitriding* ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan permukaan pada suatu material. Sebelum dilakukan pendifusian nitrogen dilakukan proses pemanasan terhadap material, proses pemanasan *nitriding* menggunakan suhu antara 500°C sampai 600°C (Zaharov, 1962:198). Suhu tersebut pada umumnya diaplikasikan pada material baja atau besi, sedangkan untuk aluminium suhu ideal yang digunakan tidak terlalu tinggi, yakni sekitar 60°C sampai 200°C . Lama *holding time* pemanasan berpengaruh pada kedalaman difusi nitrida. Produk yang dihasilkan dari proses *nitriding* antara lain *gear*, pasak, poros, dll.



Gambar 2.1 Struktur mikro lapisan yang telah dinitriding
Sumber : Zakharov (1962:198)

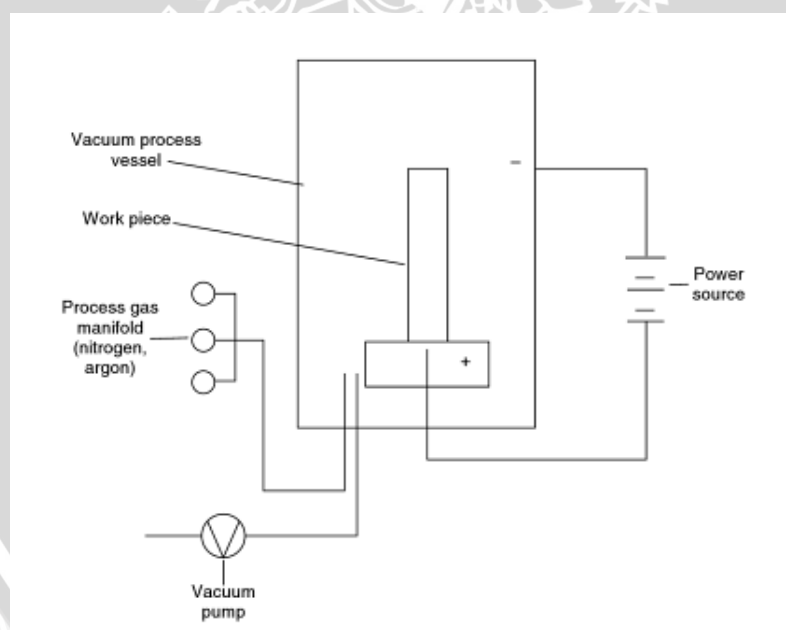
2.2.2 Macam-macam Nitriding

2.2.2.1 Plasma Nitriding

Plasma nitriding adalah proses perlakuan permukaan bahan dengan menyisipkan nitrida yakni nitrogen yang mana disisipkan pada material dengan cara *plasma*, yaitu gas nitrogen diubah dalam wujud *plasma* terlebih dahulu

sebelum disisipkan pada material. Cara *plasma* ini dilakukan dengan memberikan beda potensial pada elektroda yang terletak didalam *chamber* kemudian gas nitrogen diisikan ke dalam *chamber*. Proses *plasma nitriding* dapat dilakukan pada tekanan antara 0,1 mbar sampai dengan 0,8 mbar.

Plasma nitriding dikenal juga sebagai *ion nitriding*, *plasma ion nitriding* atau *glow-discharge nitriding*. Dalam metode *Plasma Nitriding* selain gas nitrogen, digunakan pula gas *hydrogen* dan argon. *Hydrogen* dan argon digunakan sebelum proses *nitriding* untuk membersihkan permukaan material yang akan dinitriding. Prosedur pembersihan menggunakan *hydrogen* dan argon ini bertujuan untuk membersihkan lapisan oksidasi dan lapisan *solvent* yang masih terkandung pada permukaan material. Pembersihan ini berguna untuk membantu menstabilkan *temperature plasma* pada saat mesin mulai dinyalakan dan mencegah perubahan *minor – temperature* pada saat proses *nitriding*. Pada proses *nitriding*, gas *hydrogen* berguna untuk menjaga permukaan material agar terhindar dari oksidasi (Zagonel 2005:2566).



Gambar 2.2 Skema proses *Plasma Nitriding*

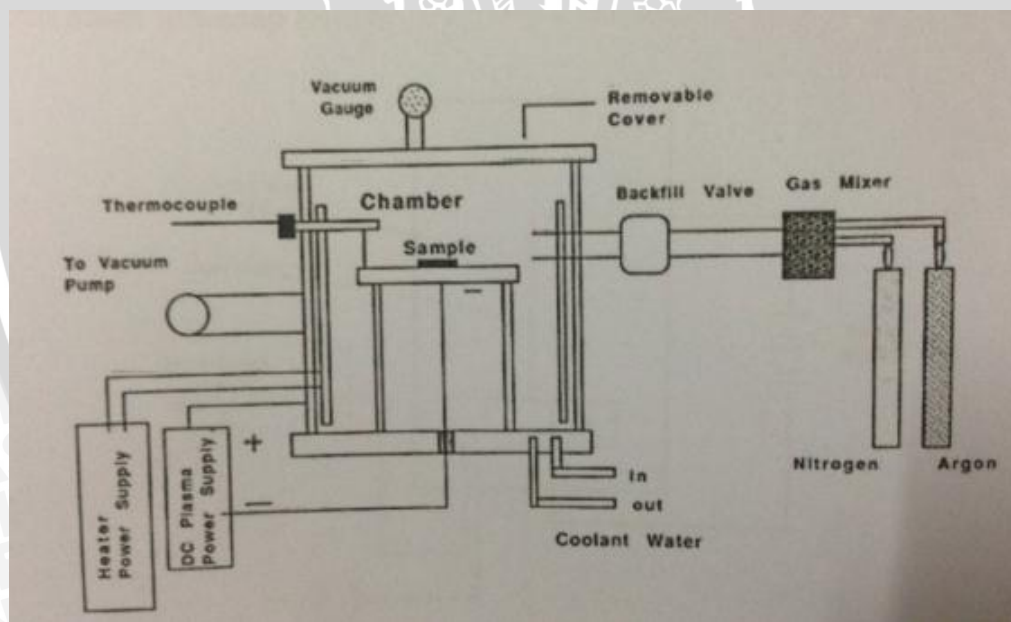
Sumber : ASM International, *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing* (2003:9)

Berbeda dengan metode *Gas Nitriding* dan *Saltbath Nitriding*, ion nitrogen dapat diionisasi dengan *Plasma Nitriding* menggunakan *temperature* antara 430°C

sampai 580°C (Zagonel 2005:452) dan tidak memerlukan material dengan kandungan *chromium* yang tinggi.

2.2.2.2 Salth Bath Nitriding

Salth bath nitriding merupakan proses mendifusikan Nitrogen ke dalam permukaan material untuk menghasilkan kekerasan permukaan tertentu. Material yang digunakan di sini material yang masuk ke dalam fase ferrit. Metode ini dilakukan dengan *temperature* sub-kristal. Untuk pengaplikasiannya, metode ini banyak digunakan pada baja, namun selain baja metode ini juga dapat dilakukan pada titanium maupun aluminium. Media yang digunakan pada proses pendifusian pada proses *salth bath nitriding* ialah nitrogen berpasir. Pasir yang mengandung unsur karbon (C) inilah yang akan didifusikan ke dalam material, sehingga metode ini juga dapat disebut *Nitrocarburizing*. Pada *salth bath nitriding temperature* yang digunakan berkisar antara 550°C sampai 570°C.



Gambar 2.3 Skema proses *Salth Bath Nitriding*

Sumber : ASM International, *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing* (2003:10)

Keunggulan *Salth Bath Nitriding* :

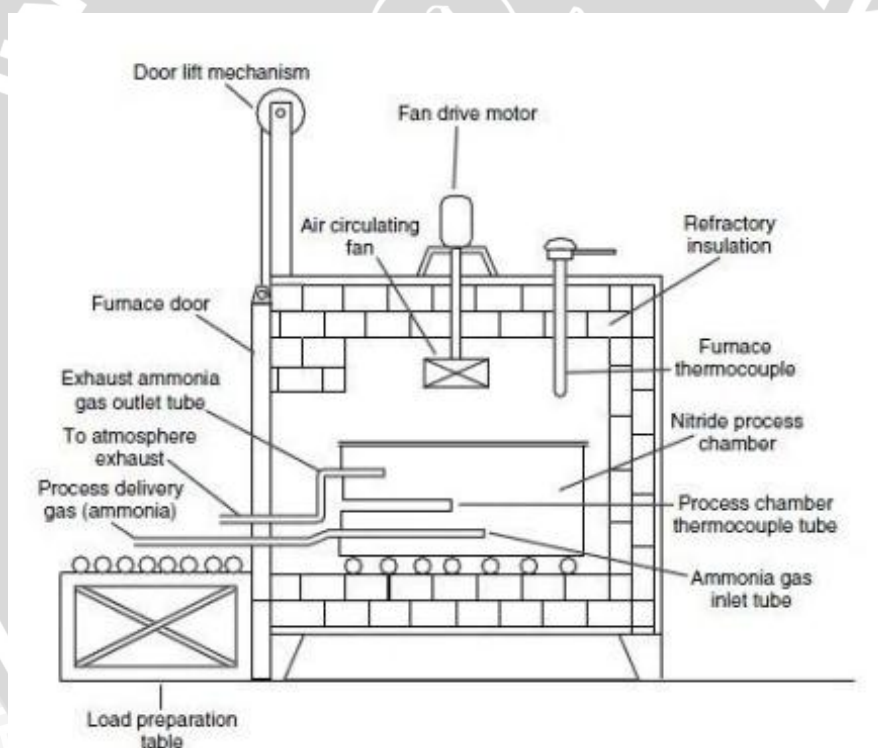
- Dapat mencapai tingkat difusi yang tinggi dalam periode yang sama.
- Prosesnya hanya memerlukan waktu 4 jam saja.
- Metode operasionalnya sangat sederhana.

Kelemahan Salt bath Nitriding :

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

2.2.2.3 Gas Nitriding

Gas nitriding Gas nitriding disebut juga ammonia nitriding, hal ini dikarenakan unsur yang digunakan pada metode ini adalah ammonia (NH_3) sebagai media pendifusi. Ketika ammonia mulai bereaksi dalam *temperature* yang tinggi, Ammonia tersebut terbagi menjadi Nitrogen dan Hidrogen. Kemudian Nitrogen berdifusi ke permukaan material yang nantinya akan membentuk lapisan nitrida.



Gambar 2.4 Skema proses Gas Nitriding

Sumber : ASM International, *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing* (2003:8)

Keunggulan Gas Nitriding :

- Biaya yang dibutuhkan lebih murah jika dibandingkan dengan metode yang lainnya.

- Dapat dengan mudah mengontrol atmosfer *nitriding* secara akurat, karena menggunakan *system operational 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 Alloy

Aluminium merupakan salah satu logam *non-fero*. Dalam bidang industri, aluminium mengalami perkembangan yang begitu pesat. Aluminium dapat diolah menjadi berbagai jenis produk dengan kualitas baik yang lebih ekonomis. Aluminium merupakan salah satu logam yang memiliki berbagai keunggulan. Keunggulan dari aluminium diantaranya yaitu memiliki berat yang ringan, yakni 1/3 berat baja, tembaga atau kuningan, memiliki kekuatan yang baik, bahkan ada beberapa aluminium yang memiliki kekuatan diatas kekuatan baja, selain itu aluminium juga tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Selain itu Aluminium juga memiliki konduktivitas *thermal*, konduktivitas listrik dan panas yang baik. Aluminium tidak memiliki sifat *magnet* dan tidak beracun sehingga aman digunakan untuk produk peralatan makan maupun *industry*.

Bauksit adalah salah satu sumber aluminium, bauksit dapat diolah dengan proses bayer untuk mendapatkan alumina yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan aluminium. Aluminium adalah logam terpenting dalam logam *non-fero*. Penggunaan aluminium adalah yang paling banyak nomor dua setelah besi dan baja (Surdia dan Saito, 1999:129). 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 (De Garmo, 1990:157).

2.3.2 Sifat-sifat Aluminium

Aluminium merupakan logam yang memiliki modulus elastisitas yang rendah, jadi kurang baik jika dikerjakan dalam keadaan dingin karena akan terjadi *springback* saat beban pembentukan dihilangkan. Kemudian apabila dilihat dari segi teknik sifat elastisitas rendah yang dimiliki oleh aluminium hampir tidak dapat diperbaiki melalui cara pemaduan maupun *heat treatment*.

Table 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) (100oC)	0,222	0,229
Hantaran listrik (%)	64,91	59 (aneal)
Tahanan listrik koefisien <i>temperature</i> (°C)	0,004	0,011
Koefisien pemuaian (M/oC) (20-100oC)	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 (Surdia dan Kenji 1996):

- Silikon (Si)

Silicon merupakan unsur kimia dalam table periodic yang memiliki lambang 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 *periodic* 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 table periodic yang memiliki symbol Fe dan nomor atom 26. Fe merupakan logam tramisi 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 *periodic* yang memiliki lambing 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 *periodic* 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% (Surdia dan Kenji, 1996:136).

- 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.

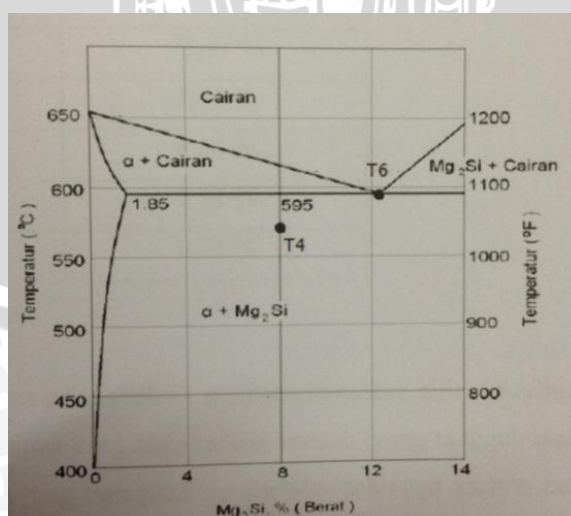
- Paduan Al-Mg

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



Gambar 2.5 Diagram fase 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 *temperature* ruangan.
- Kondisi T6, digunakan untuk produk yang diberi pengerjaan dingin setelah diberi perlakuan panas, dan untuk nilai mekanik yang sudah stabil dalam *temperature* ruangan atau keduanya memiliki kestabilan akibat presipitasi.

Table 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)

Table 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 Tekanan Gas

Tekanan adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu.

Besarnya tekanan pada suatu daerah tertentu tergantung dari besarnya gaya yang diberikan. Semakin besar gaya yang diberikan, semakin besar tekanan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil gaya yang diberikan, maka akan semakin kecil pula tekanan yang dihasilkan. Namun pada ruang tertutup tekanan gas akan berbanding terbalik dengan volume. Semakin besar volume yang diberi gaya, maka akan semakin kecil tekanan yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya.

Selain itu suhu juga ikut andil dalam besarnya tekanan yang dihasilkan, semakin tinggi suhu yang diberikan maka semakin besar pula tekanan yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (2-1)$$

Keterangan:

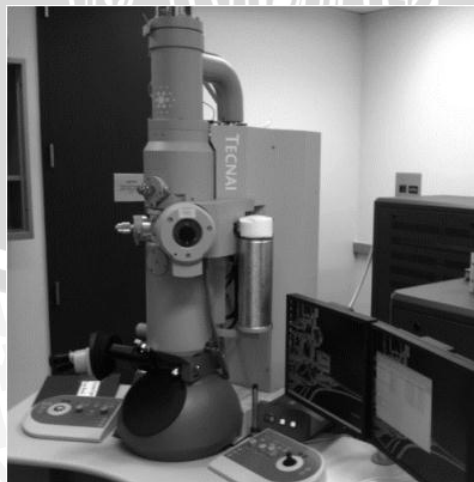
P = tekanan (Pa)

V = volume ruang (m³)

T = suhu (°K)

2.5 Chamber

Chamber atau juga disebut kamar muka merupakan ruang media indirect yang desainnya paling sederhana. Gas bertekanan akan diinjeksikan secara bertahap seluruhnya kedalam kamar muka. Dengan adanya ruang hampa di dalam chamber maka fluida yang diinjeksikan akan memberi tekanan ke arah dinding chamber dan sebaliknya.

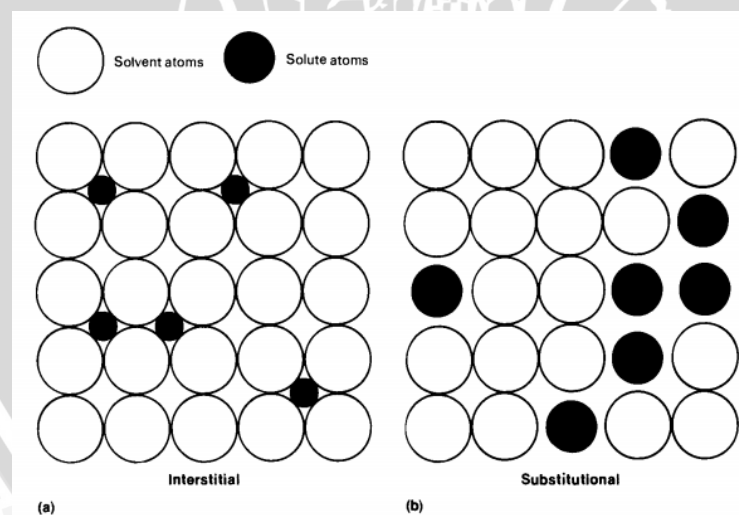


Gambar 2.6 *Chamber plasma nitriding system*
Sumber : Hafne (2007:1)

2.6 Difusi

Difusi adalah proses yang menyebabkan senyawa kimia tertentu dalam bentuk partikel-partikel ditransport secara spontan dari satu daerah ke daerah yang lain. Dalam kehidupan sehari-hari difusi banyak diterapkan pada bidang teknik. *Plasma nitriding* merupakan salah satu contoh. Pada proses ini, material dipanaskan didalam *chamber*, kemudian setelah mencapai suhu tertentu atom-atom pada material akan bergetar dan sejumlah kecil atom akan berpindah kisi, sehingga terjadi kekosongan atom di beberapa bagian. Selanjutnya nitrogen sebagai pendifusi dimasukkan kedalam *chamber* dengan cara *plasma*. Dilakukan pemberian tekanan pada *chamber* sehingga dapat membantu proses memasukkan nitrogen ke dalam permukaan material dengan mengisi kekosongan atom pada material.

Ada 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 Intersisi. 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 2.7 Mekanisme difusi dengan intersisi (a) dan (b) dengan substitusi
Sumber : ASM International, Alloy Phase Diagram (1992:33)

Parameter difusi yang utama meliputi *temperature* dan waktu yang akan mempengaruhi prosentase kedalaman maupun distribusi konsentrasi atom-atom gas reaktif di dalam material target (Sujitno, 2003). Kedalaman difusi atau tebal lapisan

difusi atom-atom gas reaktif dalam material target diekspresikan dengan persamaan berikut :

$$x = 2\sqrt{D \cdot t} \quad (2-2)$$

D adalah koefisien difusi sebagai fungsi *temperature* yang nilainya dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{R.T}\right) \quad (2-3)$$

Keterangan :

x = kedalaman penyisipan atom-atom (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 = 8,314 (J/mol.K)

T = *temperature* (K)

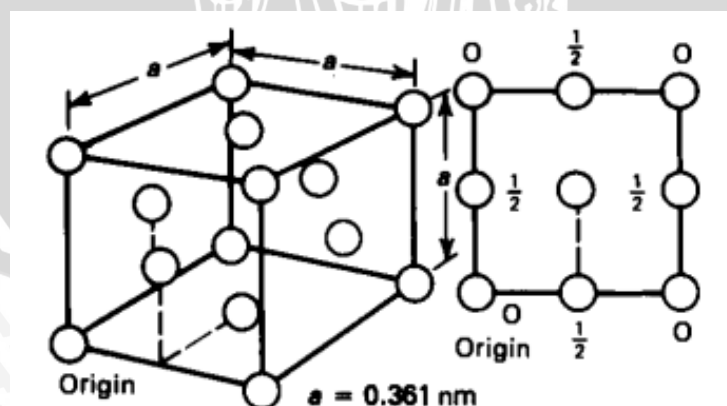
t = lamanya proses (detik)

2.7 Struktur Kristal Logam

Ada beberapa macam struktur logam, yaitu:

- FCC (*Face Center Cubic*)

Struktur FCC 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 2.8 Struktur Kristal FCC

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

- FCC APF (*Atomic Packaging Factor*)

Semua atom FCC adalah *identic* dan memiliki arah permukaan atom *diagonal*, APF untuk struktur FCC ialah 0,74.

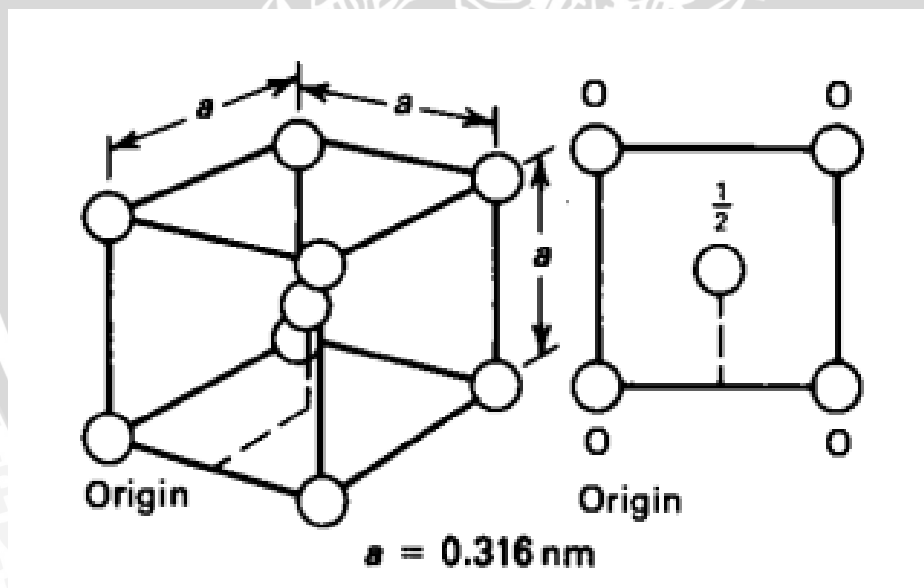
$$\begin{aligned} \text{Arah FCC} &= 4R \\ &= \sqrt{2}a \end{aligned} \quad (2-4)$$

$$\begin{aligned} \text{Kandungan setiap sel} &= 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} \\ &= 4 \text{ atom/unit sel} \end{aligned} \quad (2-5)$$

$$\begin{aligned} \text{APF} &= \frac{\text{Volume atom dalam unit sel}}{\text{Volume unit sel}} \\ &= \frac{4 \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\sqrt{2}a}{4} \right)^3}{a^3} \end{aligned} \quad (2-6)$$

- BCC (*Body Center Cubic*)

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

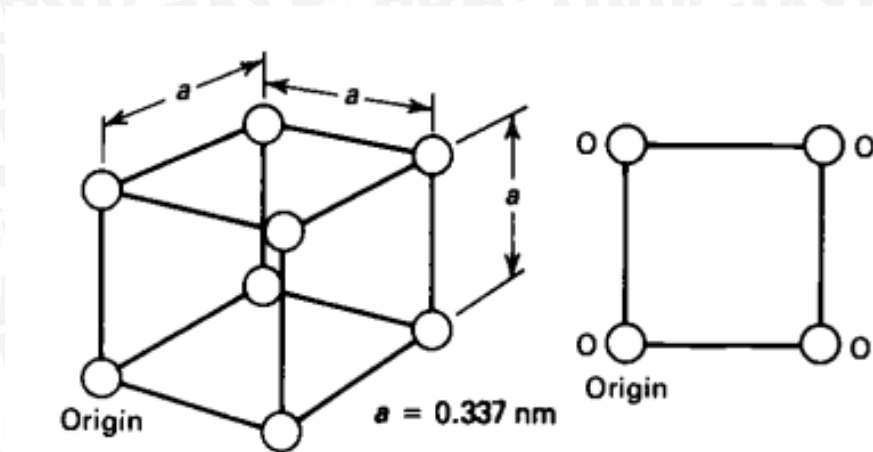


Gambar 2.9 Struktur Kristal BCC

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

- SCC (*Structure Cubic Simple*)

Struktur SCC merupakan struktur kristal yang paling sederhana, yaitu berupa sebuah kristal dengan satu atom dimana titik sudutnya. Sehingga dalam satu sisi kristal terdapat 8 atom.

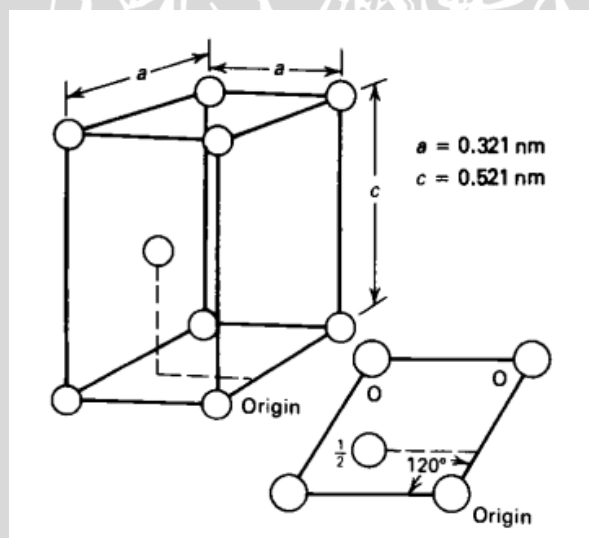


Gambar 2.10 Struktur Kristal SCC

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.

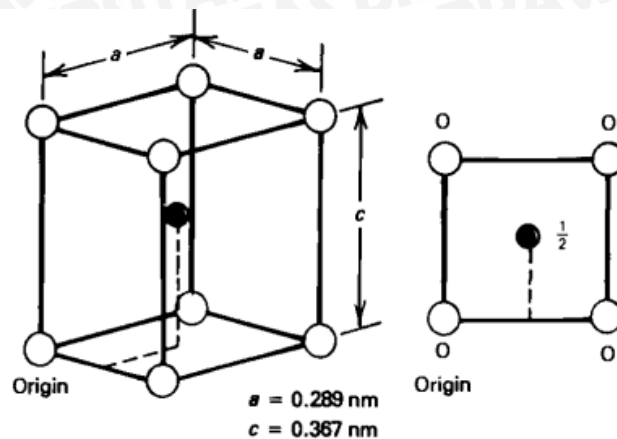


Gambar 2.11 Struktur Kristal HCP

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

- BCT (Body Center Tetrahedron)

Disebut juga martensit, memiliki strktur 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)

2.8 Holding Time

Lamanya waktu pemanasan untuk meningkatkan kekerasan material bergantung pada tipe material dan pemilihan *temperature* yang digunakan. Disarankan *holding time* dilakukan pada awal proses *heat treatment* daripada diakhir proses *heat treatment*. Kemudian untuk menghindari *overheating* yang dapat berakibat butiran pada material menjadi lebih buruk, maka pada material bukan *alloy* dan *low alloy steel* harus dijaga waktu pemanasannya dengan menggunakan *holding time* yang lebih pendek. Sebaliknya untuk material yang termasuk *high alloy* dan *special hot working steel* yang mengandung banyak karbida dapat diaplikasikan *holding time* yang lebih lama sehingga dapat mencapai kekerasan yang *optimal*.

2.9 Uji Kekerasan Permukaan

2.9.1 Pengertian Uji Kekerasan Permukaan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi, dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. 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*)

2.9.2 Uji Kekerasan Permukaan *Micro Vickers*

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* menggunakan indenter piramida intan berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136° . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antar diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (dieter, 1987). Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan *vickers* (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luar permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. DPH dapat ditentukan dari persamaan berikut:

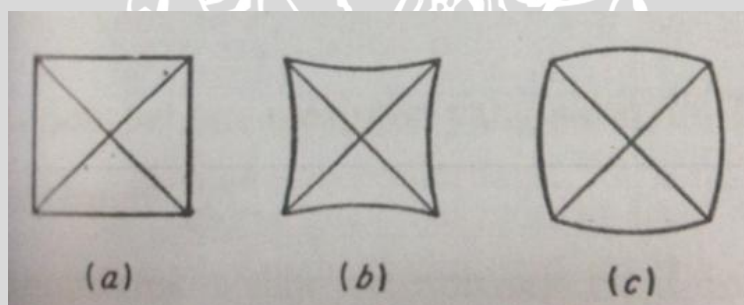
$$VHN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \quad (2-7)$$

Keterangan :

P = beban yang diterapkan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°



Gambar 2.13 Tipe-tipe lekukan piramida intan
Sumber : Dieter (1987:335)

2.8 Uji Morfologi SEM (*Scanning Electron Microscope*)

2.8.1 Pengertian Uji Morfologi SEM

Mesin uji SEM (*Scanning Electron 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:

1. *Electron Gun*

Berguna untuk menembakkan electron pada spsimen.

2. *Lens (Condeser & Objective)*

Berguna untuk mengontrol fokus penscanan pada spesimen.

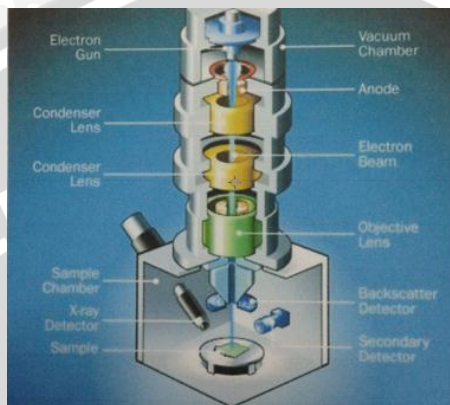
3. Apertures

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

4. Posisi spesimen

Berguna untuk menempatkan spesimen yang akan diuji SEM.

Area Interaksi Spesimen



Gambar 2.14 Bagian-bagian mesin uji SEM

Sumber: Hafner (2007:1)

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

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

Proses scan 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 *electron*. Resolusi gambar yang kita pilih pada hasil penscanan akan mempengaruhi hasil foto mikrostruktur.

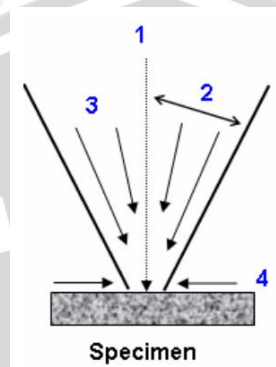
2.8.2 Parameter Pengujian Morfologi SEM

Agar hasil penyinaran *electron* 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 electron dari *electron gun* menuju permukaan spesimen.

- Sudut Konvergen (α)
Sinar *electron* yang menyinari berbentuk kerucut.
- Diameter Penyinaran (d_p)
Besarnya atau kecilnya diameter ujung kerucut yang digunakan untuk menyinari permukaan spesimen.



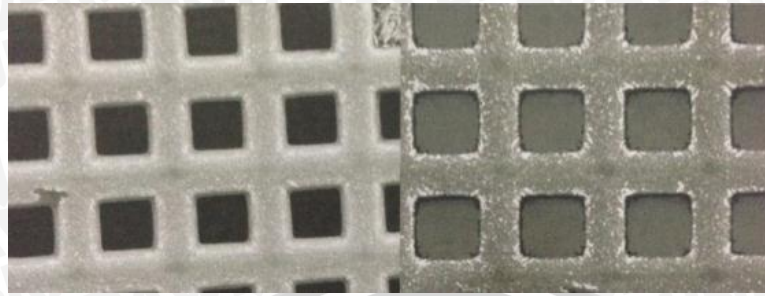
Gambar 2.15 Parameter yang perlu diperhatikan dalam penyinaran elektron
Sumber: Hafner (2007:3)

Parameter yang paling berpengaruh pada saat pengambilan gambar menggunakan mesin uji SEM ialah parameter kecepatan penyinaran (kV). Kecepatan penyinaran ini bervariasi dari 1 kV – 30 kV. Meningkatkan kecepatan penyinaran maka akan menyebabkan:

- Berkurangnya abrasi pada lensa dan menghasilkan foto yang memiliki resolusi tinggi.
- Akan menghasilkan kontras yang baik dan signal yang tinggi
- Berpotensi merusak spesimen yang memiliki karakteristik *non-konduktif*.
- Karbon film tidak akan terlihat pada kecepatan penyinaran yang tinggi.



Gambar 2.16 kiri: morfologi emas dengan kecepatan penyinaran 5 kV & kanan: morfologi emas dengan kecepatan penyinaran 25 kV.
Sumber: Hafner (2007:9)



Gambar 2.17 kiri: morfologi batu bara dengan kecepatan penyinaran 20 kV & kanan: morfologi batu bara dengan kecepatan penyinaran 2 kV.
Sumber: Hafner (2007:9)

Kemudian parameter berikutnya yang turut mempengaruhi hasil dari foto morfologi suatu spesimen ialah diameter penyinaran (dp). Untuk mengatur besar atau kecilnya suatu diameter penyinaran terletak pada lensa *condenser*. Dengan melakukan perbesaran pada diameter penyinaran, maka yang akan terjadi yaitu:

- Dihasilkan nilai resolusi yang rendah.
- Abrasi pada lensa meningkat.



Gambar 2.18 kiri: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran kecil & kanan: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran besar.
Sumber: Hafner (2007:10)

2.9 Uji EDAX

Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Karakterisasi ini bergantung pada penelitian dari interaksi beberapa eksitasi sinar X dengan spesimen. Kemampuan untuk mengkarakterisasi sejalan dengan sebagian besar prinsip dasar yang menyatakan bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik, dan merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur, sehingga memungkinkan sinar X untuk mengidentifikasinya.

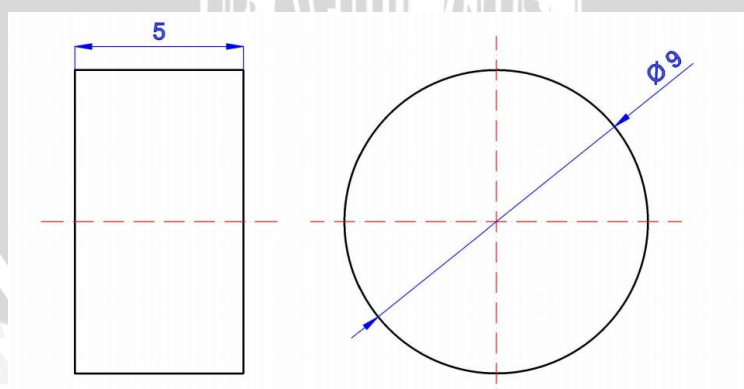
Untuk merangsang emisi karakteristik sinar-X dari sebuah spesimen, sinar energi tinggi yang bermuatan partikel seperti elektron atau proton, atau berkas sinar X, difokuskan ke spesimen yang akan diteliti. Selanjutnya sebuah atom dalam spesimen yang mengandung elektron dasar di masing-masing tingkat energi atau kulit elektron terikat pada inti. Sinar yang dihasilkan dapat mengeksitasi elektron di kulit dalam dan mengeluarkannya dari kulit, sehingga terdapat lubang elektron di mana elektron itu berada sebelumnya. Sebuah elektron dari luar kulit yang berenergi lebih tinggi kemudian mengisi lubang, dan perbedaan energi antara kulit yang berenergi lebih tinggi dengan kulit yang berenergi lebih rendah dapat dirilis dalam bentuk sinar X. Jumlah dan energi dari sinar-X yang dipancarkan dari spesimen dapat diukur oleh *spectrometer energi-dispersif*. Energi dari sinar X yang dihasilkan merupakan karakteristik dari perbedaan energi antara dua kulit, dan juga karakteristik struktur atom dari unsur yang terpancar, sehingga memungkinkan komposisi unsur dari spesimen dapat diukur.

Pengujian EDAX ini dilakukan untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada permukaan spesimen.

2.10 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 2.19 Spesimen uji aluminium alloy 6061

2.11 Hipotesa

Dengan melakukan proses *holding time* pada spesimen uji, maka menyebabkan struktur butiran spesimen menjadi kecil dan pori-pori permukaan spesimen akan

lebih membuka. Kemudian dengan menginjeksikan gas Nitrogen kedalam *chamber Plasma Nitriding* dengan tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan di dalam *chamber Plasma Nitriding* serta memanasi *chamber Plasma Nitriding* dengan suhu sebesar 150°C , diharapkan unsur nitrogen dapat berdifusi kedalam spesimen uji serta dapat meningkatkan kekerasan permukaan spesimen uji.

