

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nitriding sendiri adalah suatu proses pendifusian unsur nitrogen ke permukaan logam sebagai salah satu cara pengerasan permukaan logam. Proses *plasma nitriding* sebelumnya pernah dilakukan oleh beberapa orang. Berikut merupakan nama dan penjelasan singkat mengenai penelitian *plasma nitriding* yaitu oleh Sunarto (2010) dan Tjipto Sujitno dkk (2012).

Sunarto (2010) melakukan penelitian pengaruh *surface treatment* metode *plasma nitriding* terhadap kekerasan dan ketahanan aus pahat bubut bahan baja kecepatan tinggi. Material yang digunakan adalah baja kecepatan tinggi (HSS) ASSAB 17 dengan variasi tekanan 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 dan 2,0 mbar, waktu nitridasi 2; 3; 4; 5 dan 6 jam pada temperatur 500°C. Uji kekerasan mikro pada semua spesimen dengan tiap spesimen 5 titik menggunakan beban terendah 10 gf (gram-force), waktu indentasi 15 detik. Uji struktur mikro dilaksanakan sebelum dan sesudah dinitridasi. Pengujian keausan pahat dengan variasi parameter kecepatan potong antara 20 m/menit sampai 30 m/menit dan batas keausan tepi sebesar 0,3 mm. Hasil penelitian yang diperoleh pada tekanan 1,4 mbar, suhu 500°C selama 5 jam kekerasannya meningkat 477% menjadi 1918 VHN dari kekerasan awal 402 VHN. Pahat HSS setelah *plasma nitriding* mampu meningkatkan ketahanan aus sebesar 64%.

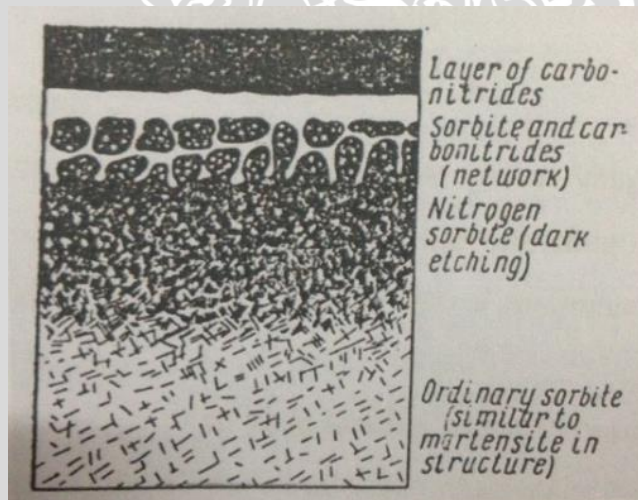
Tjipto Sujitno dkk (2012) melakukan penelitian kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja AISI 410 bersuhu konstan 360°C dengan variasi tekanan 1,6; 1,8 dan 2 mbar dan waktu 1,2,3,4,5 dan 6 jam. Kekerasan tertinggi AISI 410 dengan proses *plasma nitriding* sebesar 278,1 VHN, dimana kekerasan material dasar sebesar 210,2 VHN terjadi pada $P = 2,0$ mbar dan $t = 6$ jam diketahui dengan menggunakan *Micro-Vickers Hardness Tester*. Sedangkan arus korosi menunjukkan kecenderungan menurun hingga mencapai nilai terendah sebesar 0,04 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ terjadi pada $P = 1,6$ mbar dan $t = 6$ jam dan $P = 2,0$ mbar dan $t = 5$ jam diketahui menggunakan potensiostat dengan media korosi NaCl 0,7%. 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 Fe₄N diketahui dari analisa komposisi dan struktur mikro menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

2.2 Nitriding

2.2.1 Pengertian Nitriding

Nitriding adalah salah satu metode pengerasan logam dengan mendifusikan nitrogen pada permukaan material untuk meningkatkan nilai kekerasan permukaan material tersebut. Proses pemanasan *nitriding* menggunakan suhu antara 500°C sampai 600°C (Zaharov, 1962:198). Suhu tersebut pada biasanya digunakan pada material baja atau besi. Dan aluminium sendiri suhu ideal yang digunakan sekitar 60°C sampai 200°C. Lama *holding time* pemanasan mempengaruhi kedalaman difusi nitrida. Produk yang dihasilkan dari proses *nitriding* antara lain *gear*, *crankshaft*, pasak, dll.



Gambar 2.1 Struktur mikro lapisan setelah proses *nitriding*
Sumber : Zakharov (1962:198)

2.2.2 Macam-macam Nitriding

2.2.2.1 Plasma Nitriding

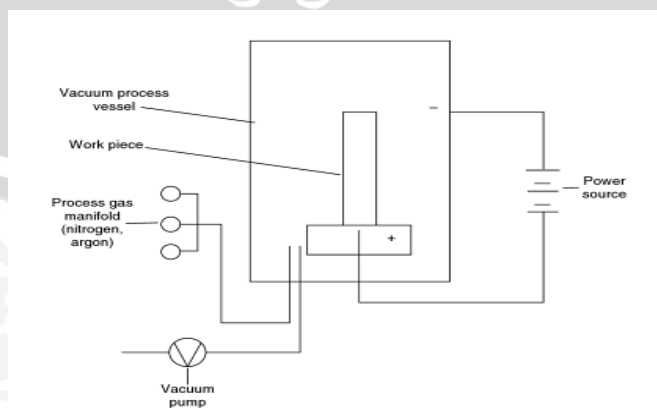
Plasma nitriding adalah proses menyisipkan *nitride* yaitu nitrogen dalam wujud *plasma* ke permukaan material. Cara *plasma* ini ditempuh dengan memberikan beda potensial antara ujung-ujung elektroda, dimana di antara ujung-ujung elektroda tersebut diisi oleh gas nitrogen. Proses nitridasi ini dilakukan pada tekanan rendah. Proses *plasma nitriding* dapat dilakukan pada tekanan sekitar 0,2

mbar sampai dengan 8 mbar pada temperatur 400°C s/d 565°C tergantung material yang digunakan.

Saat proses nitridasi, dapat dilihat dalam reaktor *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 bahan uji, sehingga bahan uji nantinya akan tersisipi oleh atom nitrogen. Dalam proses tumbukan dan difusi nitrogen ke dalam bahan uji ini, tentunya terdapat perubahan energi, yaitu energi kinetik diubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang akhirnya menaikkan suhu reaktor *plasma*. Suhu reaktor *plasma* ini sering dijadikan parameter pengujian proses nitridasi *plasma*.

Selain gas nitrogen, digunakan pula gas hidrogen dan argon dalam metode *plasma nitriding*. Hidrogen dan argon digunakan sebelum proses *nitriding* untuk membersihkan permukaan material yang akan diproses *nitriding*. Pada proses *nitriding*, gas hidrogen berguna untuk menjaga permukaan material agar terhindar dari oksidasi (Zagonel 2005:2566). Prosedur pembersihan ini bertujuan untuk membersihkan lapisan oksidasi dan lapisan *solvent* yang masih terkandung pada permukaan material serta membantu kestabilan temperatur *plasma* pada saat mesin mulai dinyalakan dan mencegah perubahan minor - temperatur pada saat proses *nitriding*.

Berbeda dengan metode *Gas Nitriding* dan *saltbath nitriding*, ion nitrogen dapat diionisasi dengan *Plasma Nitriding* menggunakan temperatur antara 430°C sampai 580°C (Zagonel 2005:452).



Gambar 2.2 Skema alat uji proses *plasma nitriding*

Sumber: ASM International, *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing* (2003:7)

1. Reaktor *Plasma (chamber)* sebagai ruang terjadinya reaksi *plasma* dan terbuat dari bahan *stainless steel*.
2. Elektroda terbuat dari *stainless 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

Salt bath nitriding adalah proses mendifusikan nitrogen ke dalam permukaan material untuk menghasilkan kekerasan permukaan tertentu. Material yang digunakan dalam proses ini telah masuk ke dalam fase *ferrit*. Metode ini dilakukan dengan temperatur sub-kristal. Penerapan metode ini banyak dilakukan pada baja, akan tetapi selain pada baja, metode ini juga dapat diterapkan pada titanium maupun aluminium.

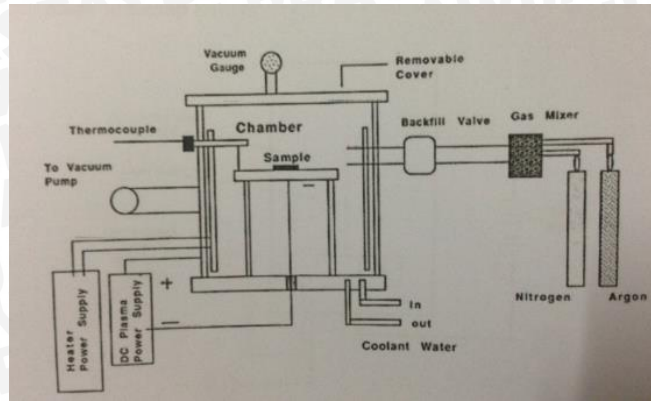
Media yang digunakan pada proses pendifusian di dalam proses *salt bath nitriding* adalah nitrogen berpasir. Pasir dengan kandungan unsur Karbon (C) selanjutnya akan didifusikan ke dalam material, dengan kata lain metode ini juga dapat disebut *Nitrocarburizing*. Temperatur yang digunakan pada *salt bath nitriding* sebesar 550°C sampai dengan 570°C.

Keunggulan *Salt bath Nitriding* :

- Waktu prosesnya hanya membutuhkan 4 jam saja.
- Metode operasional tergolong sangat sederhana.
- Tingkat difusi yang dapat dicapai tinggi dibanding metode yang lain dalam periode yang sama.

Kelemahan *Salt bath Nitriding* :

- Pasir berkarbon yang dipakai untuk metode ini hanya dapat dipakai sekali saja.
- Proses jenis ini memerlukan biaya yang sangat tinggi, karena itu mulai jarang digunakan pada saat ini.

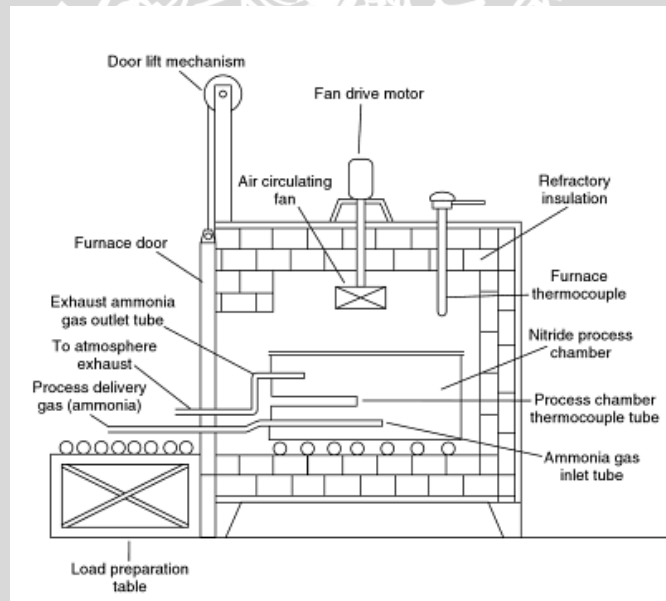


Gambar 2.3 Skema Alat Uji Proses *Salt Bath Nitriding*

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

2.2.2.3 Gas Nitriding

Gas nitriding menggunakan ammonia (NH_3) sebagai media pendifusi, karena itu biasa disebut juga ammonia *nitriding*. Prosesnya bermula saat ammonia mulai bereaksi dalam temperatur yang tinggi dan terbagi menjadi Nitrogen dan Hidrogen, setelah itu bagian nitrogen akan berdifusi ke permukaan material dan selanjutnya membentuk lapisan nitrida.



Gambar 2.4 Skema alat uji proses *gas nitriding*

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

Keunggulan *Gas Nitriding* :

- Penggunaan sistem operasional modern kontrol komputer memudahkan untuk mengontrol atmosfer *nitriding* dengan akurat.
- Menghabiskan biaya paling sedikit dibandingkan dengan metode lainnya.

Kelemahan *Gas Nitriding* :

- 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.
- Metode ini sangat bergantung pada kondisi permukaan material, karena apabila permukaan mengandung oli pada saat dipanaskan maka hasilnya akan buruk.

2.3 Aluminium Alloy

2.3.1 Pengolahan Aluminium

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. Aluminium memiliki berat yang ringan, yakni 1/3 berat baja, tembaga atau kuningan dan memiliki kekuatan yang baik, bahkan ada beberapa aluminium yang memiliki kekuatan diatas kekuatan baja.

Aluminium 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 industri.

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). 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.

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 pepaduan 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.oC) (100°C) | 0,222 | 0,229 |
| Hantaran listrik (%) | 64,91 | 59 (aneal) |
| Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C) | 0,004 | 0,011 |
| Koefisien pemuaian (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 pepaduan aluminium diantaranya (Surdia dan Kenji 1996):

- Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur kimia dalam tabel periodik 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 periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta massa 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 bisa 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 simbol 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

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 6600C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya)

sehingga melindungi bagian dalam. 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.

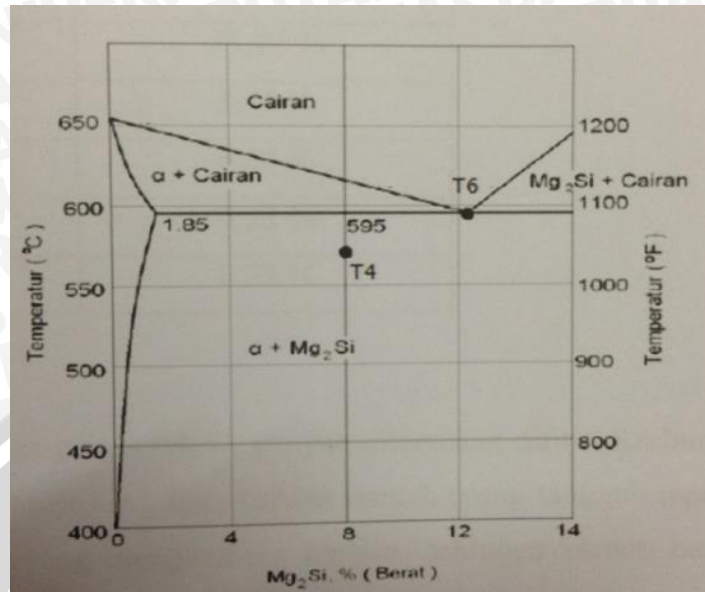
- Paduan Al-Mg

Merupakan paduan yang tahan korosi. Paduan ini disebut *hidronalum*. Cu dan Fe tidak dapat dicampur pada paduan ini karena paduan Cu dan Fe 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 fasa 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.

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 |
|--------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| | O | 12,6 | 5,6 | 6,3 | 8,4 | 30 | 30 |
| 6061 | 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 Power Input (Masukan Daya)

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

$$P = \frac{E}{t}$$

Dimana : P = Daya Listrik

E = Energi dengan satuan Joule

t = waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf "P" yang merupakan singkatan dari *Power*. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik).

Satuan turunan Watt yang sering dijumpai adalah seperti dibawah ini :

1 miliWatt = 0,001 Watt

1 kiloWatt = 1.000 Watt

1 MegaWatt = 1.000.000 Watt

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \text{ atau}$$

$$P = I \cdot R \times I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

Dimana : P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

Dari kedua rumus diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya listrik akan bertambah besar jika :

1. Tegangan listrik tambah besar
2. Arus listrik tambah besar, dan
3. Resistansi atau Hambatan tambah besar

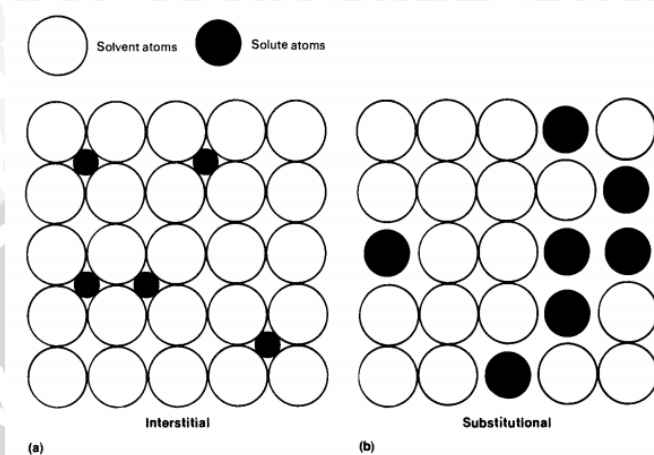
Dan yang dimaksud dari *power input* pada proses *plasma nitriding* sendiri adalah banyaknya masukan energi listrik yang diperlukan pada proses *plasma nitriding* untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari ujung-ujung penghantar (anoda dan katoda) yang menghasilkan beda potensial listrik atau tegangan listrik dan mengakibatkan adanya perpindahan elektron dari potensial tinggi ke potensial rendah.

2.5 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 pemasukkan 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 Interlisi. 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.



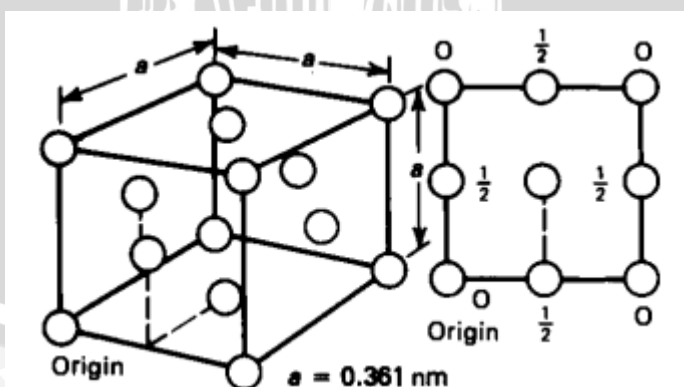
Gambar 2.6 Mekanisme difusi dengan interlisi (a) dan (b) dengan substitusi
Sumber :ASM International, Alloy Phase Diagram (1992:33)

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 Packing Factor*)

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

$$\text{Arah FCC} = 4R \quad (2-1)$$

$$= \sqrt{2}a$$

$$\text{Kandungan setiap sel} = 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} \quad (2-2)$$

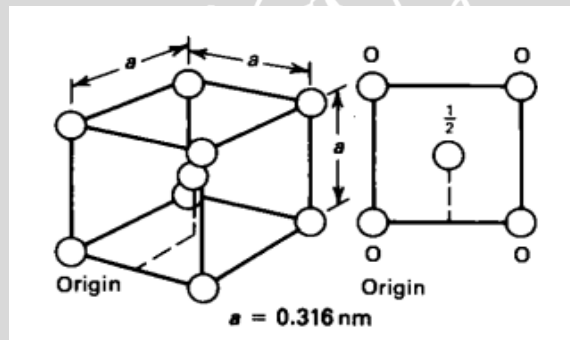
$$= 4 \text{ atom/unit sel}$$

$$\text{APF} = \frac{\text{Volume atom dalam unit sel}}{\text{Volume unit sel}} \quad (2-3)$$

$$= 4 \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\sqrt{2}a}{4} \right)^3$$

- BCC (*Body Center Cubic*)

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

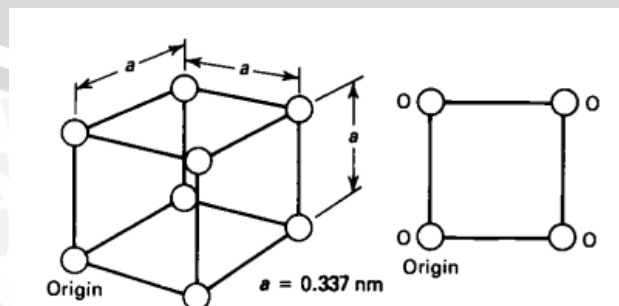


Gambar 2.8 Struktur kristal BCC

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.

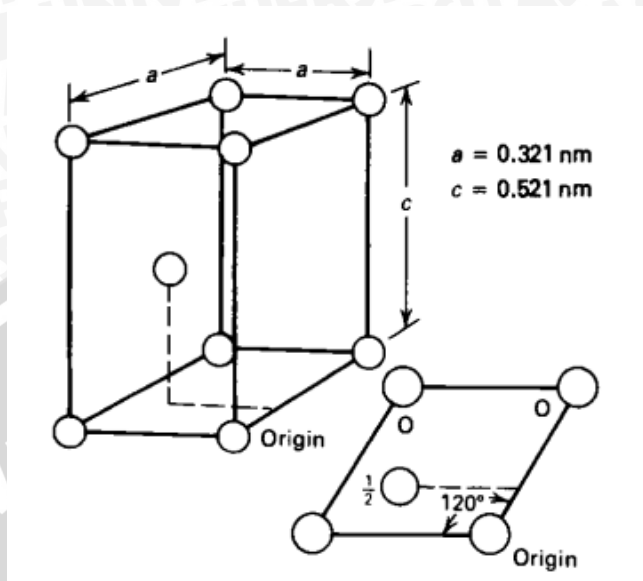


Gambar 2.9 Struktur kristal SCC

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.

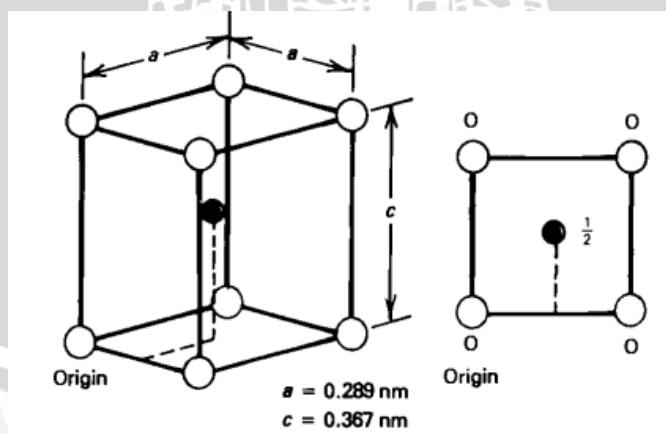


Gambar 2.10 Struktur kristal HCP

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.



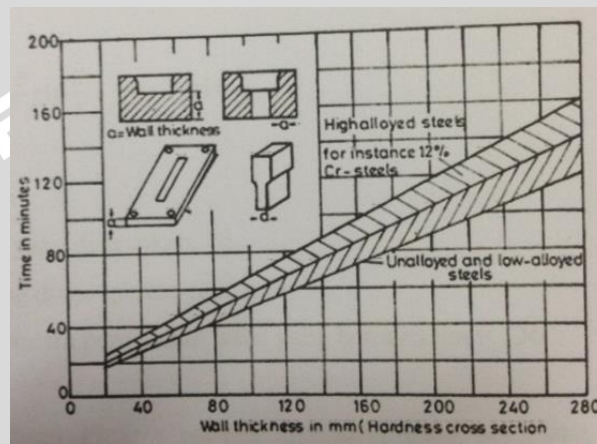
Gambar 2.11 Struktur kristal BCT

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

2.7 Holding Time

Lamanya waktu pemanasan untuk meningkatkan kekerasan material bergantung pada tipe material dan pemilihan temperatur 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.



Gambar 2.12 Lama waktu *holding time* terhadap kedalaman kekerasan penampang
Sumber : Prabhudev (1988:62)

2.8 Uji Kekerasan Permukaan

2.8.1 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*)

2.8.2 Uji Kekerasan Permukaan *Micro Vickers*

Pengujian kekerasan dengan metode *Micro 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:

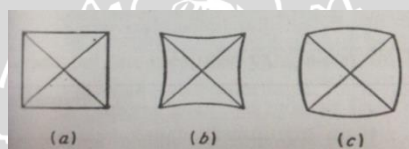
$$\text{VHN} = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \quad (2-4)$$

Keterangan :

P = beban yang diterapkan, kg

d = panjang diagonal rata-rata, mm

θ = sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°



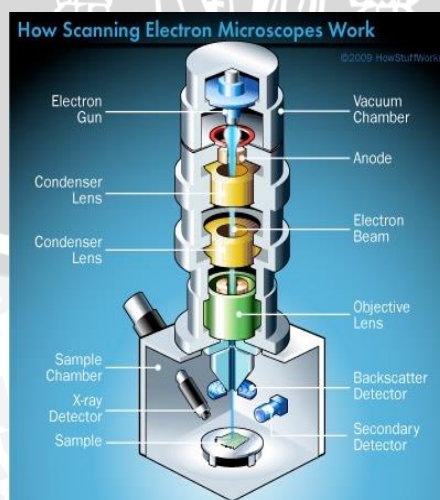
Gambar 2.13 Tipe-tipe lekukan piramida intan

Sumber : Dieter (1987:335)

2.9 Uji Morfologi SEM (*Scanning Electron Microscope*)

2.9.1 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:



Gambat 2.14 Bagian-bagian mesin uji SEM

Sumber: Hafner (2007:1)

1. *Electron Gun*

Berguna untuk menembakkan elektron pada spesimen.

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 *electron 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.

2.9.2 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)

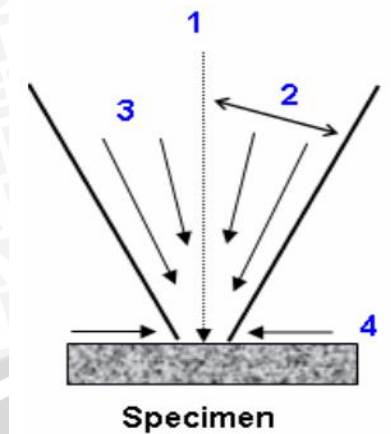
Power input elektron dari *electron gun* menuju permukaan spesimen.

- Sudut Konvergen (α)

Sinar elektron yang menyinari berbentuk kerucut.

- Diameter Penyinaran (dp)

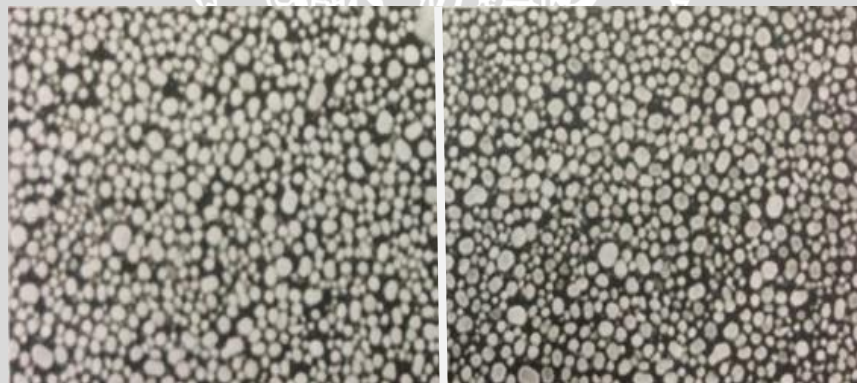
Besar atau kecilnya diameter ujung kerucut yang digunakan untuk menyinari permukaan spesimen.



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

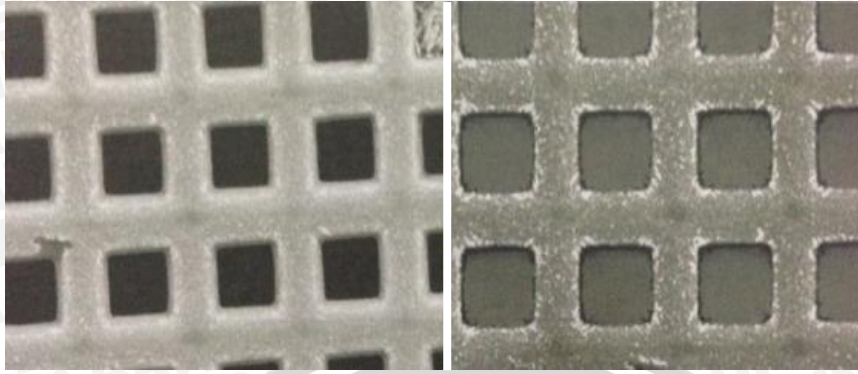
Parameter yang paling berpengaruh pada saat pengambilan gambar menggunakan mesin uji SEM ialah parameter kecepatan penyinaran (kV). Kecepatan penyinaran ini bervariasi dari 1 kV – 30 kV. Meningkatkan kecepatan penyinaran maka akan menyebabkan:

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



Gambar 2.16 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 merusak spesimen yang memiliki karakteristik non-konduktif.
- Karbon film tidak akan terlihat pada kecepatan penyinaran yang tinggi.



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)

Lalu parameter berikutnya yang turut mempengaruhi hasil dari foto morfologi suatu spesimen ialah diameter penyinaran (dp). Pengaturan atau kecilnya suatu diameter penyinaran terletak pada lensa condenser. Dengan membesarkan diameter penyinaran, maka akan menghasilkan:

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

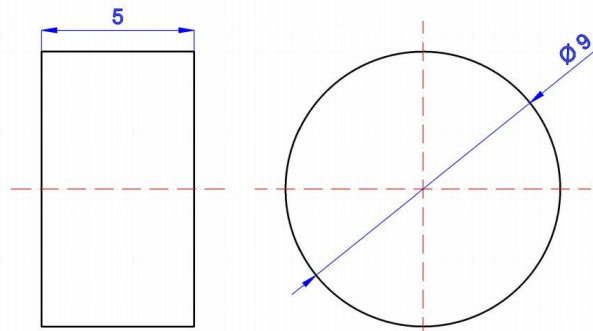


Gambar 2.18 kiri: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran kecil & kanan: morfologi aluminium dengan diameter penyinaran besar.
Sumber: Hafner (2007:10)

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

Proses *plasma nitriding* yang dilakukan terhadap material uji yaitu aluminium *alloy* 6061 selama 2 jam diharapkan dengan signifikan dapat meningkatkan kekerasan permukaan material. Pada penelitian kali ini ditunjukkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kekerasan dengan variasi besarnya *power input* pada proses *plasma nitriding*. Dan diharapkan dengan semakin tingginya *power input* maka mempermudah proses difusi Nitrogen ke permukaan material sehingga meningkatkan kekerasan material uji.

