

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Mesin Blow Molding

Mesin *blow molding* sebuah proses manufaktur plastik untuk membuat dan membentuk produk-produk berongga seperti botol dimana parison yang dihasilkan dari proses ekstrusi bisa dikembangkan dalam cetakan oleh tekanan angin. Pada dasarnya mesin ini adalah pengembangan dari proses ekstrusi pipa dengan adanya penambahan mekanisme cetakan dan peniupan.

Mesin *blow molding* banyak digunakan pada pembuatan beragam botol plastik seperti botol air mineral, dan botol sampo yang mengharuskan proses dilakukan secara cepat. Dalam proses kerjanya, mesin melibatkan panas untuk melunakan plastik [3].

2.2 Prinsip Kerja Mesin Blow Molding

Mesin *blow molding* adalah sebuah proses pengembangan material thermoplastik menjadi bentuk berongga (*hollow*) atau mengikuti arah aliran parison dalam kondisi panas suhu leleh material berada di dalam cetakan (*mold*) yang tertutup, sehingga pada akhir proses pengembangan dibantu dengan fluida tekan gas akan terbentuklah profil material thermoplastik yang sesuai dengan bentuk cetakan (*mold*), dengan ketebalan dinding yang uniform dan fokus perhatian lebih diberikan pada bagian outside dari produk komponen yang dihasilkan [3].

Dalam proses kerjanya, mesin ini melibatkan panas untuk melunakan plastik

- a. Pertama-tama plastik dikeluarkan dari *extruder*

- b. Kemudian masuk ke cetakan *blow* dengan pengarah lubang
- c. Kemudian lubang tertutup
- d. Pengarah lubang mengalir fluida (udara) kedalam plastik dalam keadaan melting sehingga menekan ke cetakan
- e. Cetakan membuka dan hasil dikeuarkan kembali
- f. Proses terus demikian hingga diberhentikan.

2.3 Jenis - Jenis Mesin Blow Molding

Blow Moulding merupakan suatu proses bidang manufaktur plastik untuk membuat dan membentuk produk-produk berongga (botol) dimana parison yang dihasilkan dari suatu proses yang dinamakan proses ekstrusi dikembangkan ke dalam bentuk cetakan oleh tekanan gas atau angin. Parison sendiri merupakan hasil cetakan dari bahan baku berupa plastik panas yang akan dicetak membentuk menyerupai silinder sebagai bentuk dasar dari botol. Proses *blow molding* berlangsung dengan menggunakan suatu alat yaitu mesin *blow molding*. Jika anda merupakan pengusaha yang bergerak dibidang industri pembuatan botol plastik, anda wajib memiliki mesin ini. [3]

a. *Extrusion Blow Mold*

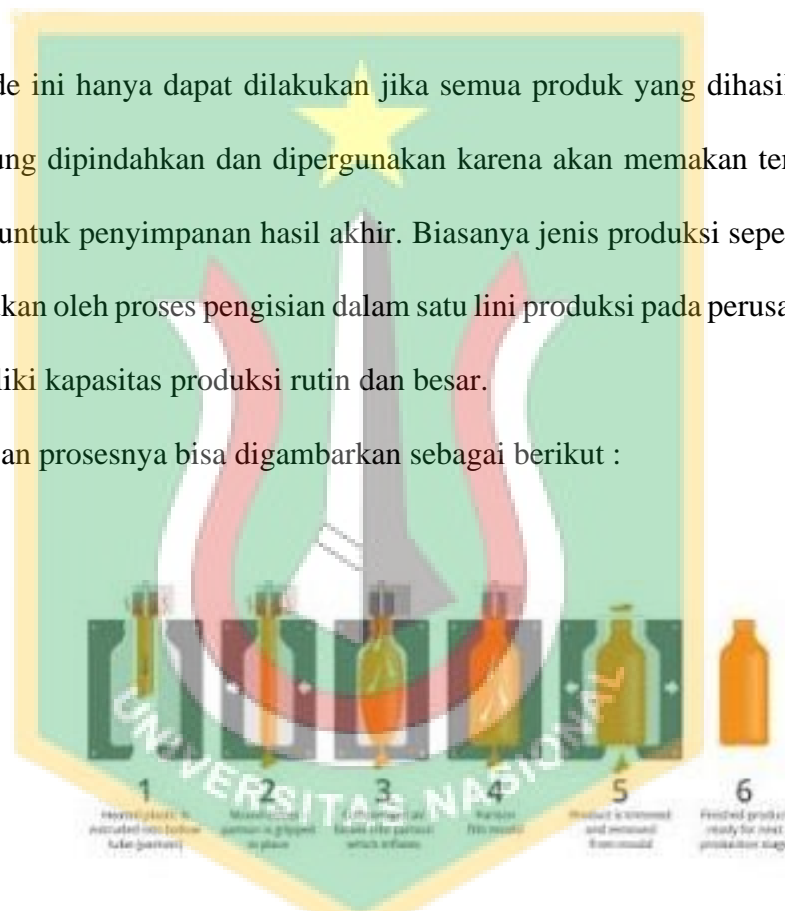
Proses ini disebut sebagai pembantu material plastik dengan cara ditetaskan dari ekstruder. Metode yang menggunakan *Extruder* dan *blow* adalah metode palingsederhana dalam proses *blow mold*. Prinsip ini bisa digunakan untuk produk yang bervariasi dari ukuran, bentuk, bukaan leher pada botol, dan bentukan handle jenis plastik yang digunakan adalah HDPE, PVC, PP, PC, dan PETG



Gambar 2.1 *Extrusion Blow Mould*

Metode ini hanya dapat dilakukan jika semua produk yang dihasilkan akan langsung dipindahkan dan dipergunakan karena akan memakan tempat lebih besar untuk penyimpanan hasil akhir. Biasanya jenis produksi seperti ini juga dilakukan oleh proses pengisian dalam satu lini produksi pada perusahaan yang memiliki kapasitas produksi rutin dan besar.

Tahapan prosesnya bisa digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Proses *Extrusion Blow Mold*

1. Pertama-tama plastik dikeluarkan dari *extruder*
2. Kemudian masuk ke cetakan blow dengan pengarah lubang
3. Kemudian lubang tertutup
4. Pengarah lubang mengalir fluida (udara) kedalam plastik dalam keadaan

melting sehingga menekan ke cetakan

5. Cetakan membuka dan hasil dikeluarkan kembali
6. Proses terus demikian hingga diberhentikan.

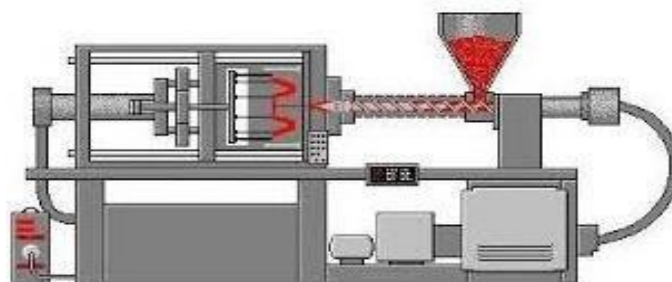
b. *Injection Blow Mold*

Sebagaimana namanya, *Injection Blow Mold* merupakan proses pembentukan produk berbahan plastik dengan cara diinjeksikan terlebih dahulu untuk bakalan plastik yang akan ditiup (*blow*). Secara umum, mesin ini digunakan untuk kontainer dengan ukuran yang relatif kecil dan sama sekali tidak ada tuas. Biasanya digunakan untuk proses produksi botol yang terdapat bentuk ulir pada bagian lehernya.



Gambar 2.3 *Injection Blow Mold*

Tahapan proses bisa digambarkan sebagai berikut :

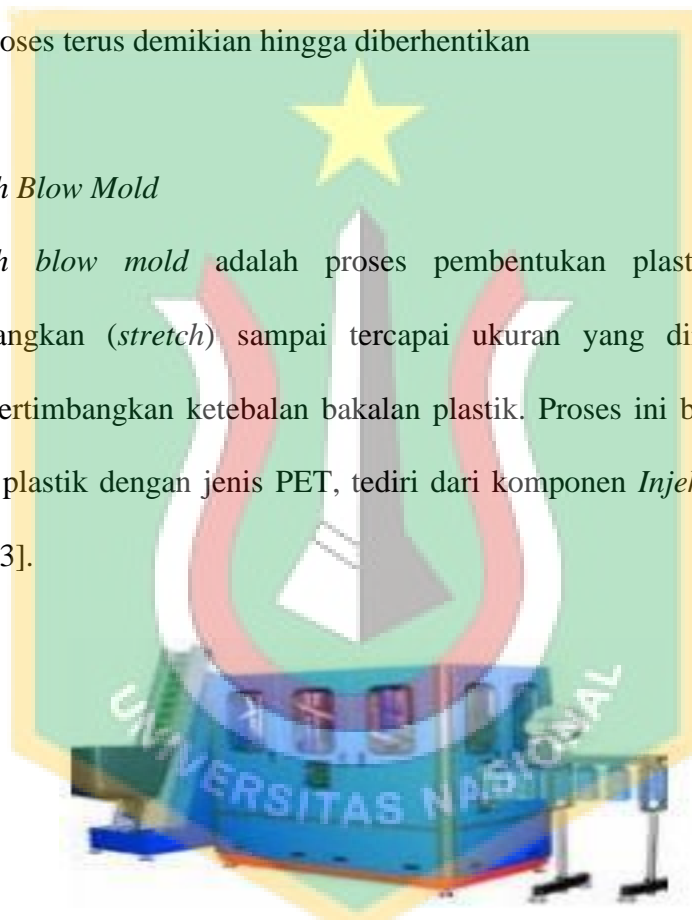


Gambar 2.4 Proses *Injection blow Mold*

1. Pertama-tama plastik dalam keadaan melting (panas tinggi)
2. Kemudian injeksikan kedalam bakalan
3. Plastik dipindahkan ke cetakan *blow molding*
4. Udara ditiup sehingga plastik mengembang dan membentuk sesuai bentuk *mold*
5. Cetakan membuka dan hasil dikeluarkan kembali
6. Proses terus demikian hingga diberhentikan

c. *Stretch Blow Mold*

Stretch blow mold adalah proses pembentukan plastik dengan cara direntangkan (*stretch*) sampai tercapai ukuran yang diinginkan dengan mempertimbangkan ketebalan bakalan plastik. Proses ini banyak digunakan untuk plastik dengan jenis PET, terdiri dari komponen *Injeksi*, *Stretcher* dan *blow* [3].



Gambar 2.5 *Stretch Blow Mold*



Gambar 2.6 Proses *Stretch Blow Mold*

1. Plastik dalam keadaan melting
2. Kemudian diinjeksikan kedalam kaviti dalam bentuk bakalan
3. Plastik di *stretching* sesuai dimensi yang dipergunakan
4. Udara ditipkan (*blow*) sehingga plastik mengembang dan menempel sesuai bentuk *mold* (cetakan)
5. Cetakan membuka dan hasil dikeluarkan kembali
6. Proses terus demikian hingga diberhentikan

2.4 Poros

Poros adalah salah satu elemen mesin yang berbentuk silindris memanjang dengan penampang yang biasanya berbentuk lingkaran yang memiliki fungsi sebagai penyalur daya atau tenaga melalui putaran sehingga poros ikut berputar. Jadi, poros bisa dikatakan transmisi atau penghubung dari sebuah elemen mesin yang bergerak ke sebuah elemen mesin yang akan digerakan ada berbagai macam penamaan poros.

Poros merupakan bagian terpenting dari setiap mesin. Pada umumnya mesin meneruskan daya bersama-sama dengan putaran yang dilakukan oleh poros [4].

2.5 Jenis - Jenis Poros

a. Poros Transmisi

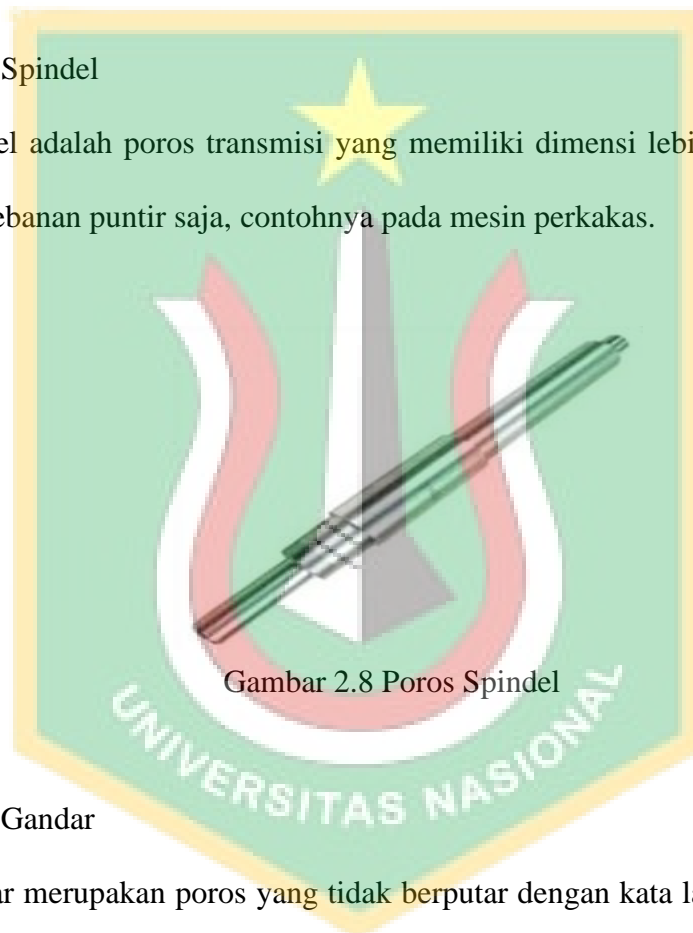
Poros transmisi merupakan poros yang mengalami pembebanan puntir (torsion), pembebanan lentur murni maupun kombinasi dari pembebanan torsion dengan lentur.



Gambar 2.7 Poros Transmisi

b. Poros Spindel

Spindel adalah poros transmisi yang memiliki dimensi lebih pendek dengan pembebanan puntir saja, contohnya pada mesin perkakas.



Gambar 2.8 Poros Spindel

c. Poros Gandar

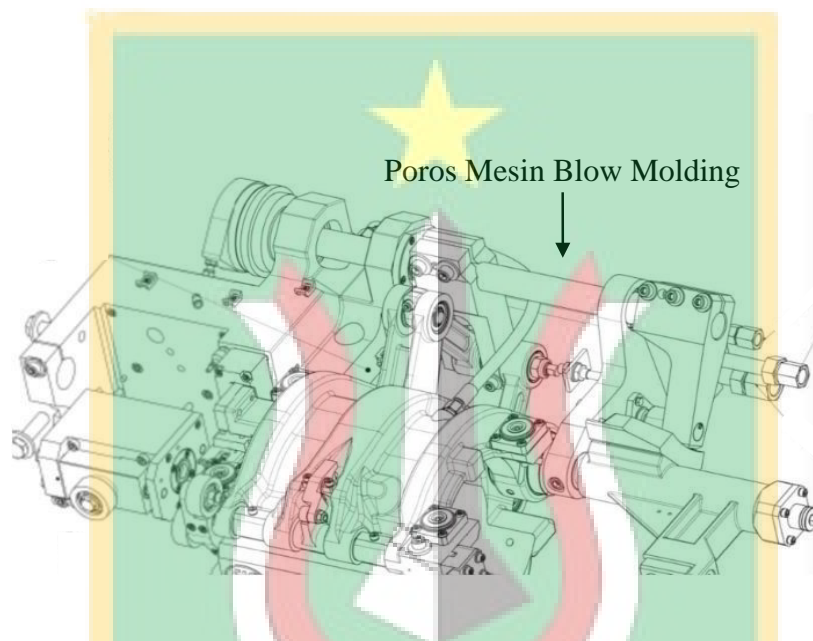
Gandar merupakan poros yang tidak berputar dengan kata lain yang berputar adalah rodanya yang biasa kita jumpai pada roda kereta api.



Gambar 2.9 Poros Gandar

2.6 Poros Mesin Blow Molding

Poros penggerak merupakan salah satu komponen yang sangat penting dari sebuah mesin *blow molding* karena poros berfungsi untuk membantu pergerakan mesin *blow molding* ketika meniupkan udara ke plastik yang akan dibentuk botol dan juga menopang beban dari mesin tersebut. Sehingga diperlukan poros yang baik untuk mencapai fungsi dari poros di atas [5].



Gambar 2.10 Poros Mesin *Blow Molding*

2.7 Fungsi Poros Penggerak Mesin Blow Molding

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama - sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar [5].

2.8 Sifat Poros

Sifat poros yang harus diperhatikan diantaranya adalah [5] :

a. Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir dan lentur atau gabungan antara puntir dan lentur seperti yang terjadi biasa pada poros transmisi, Juga pada poros yang mengalami beban tarik dan tekan pada saat bekerja untuk putaran puncak, kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil atau bertangga atau bila poros mempunyai pasak.

b. Kekakuan Poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirannya terlalu besar akan mengakibatkan ketidak telitian atau getaran dan suara, karena itu disamping kekuatan poros maka kekakuan merupakan bagian paling penting untuk menentukan untuk menghindari terjadinya getaran ataupun kebisingan atau noise.

c. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang tinggi. Putaran ini disebut dengan putaran kritis, hal ini dapat terjadi pada turbin. Bila kecepatan putar suatu mesin dinaikkan, maka pada harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini dinamakan putaran kritis. Hal semacam ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik yang dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika memungkinkan, maka poros harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga kerjanya menjadi lebih rendah daripada putaran kritisnya.

d. Korosi

Penggunaan poros propeler pada pompa harus memilih bahan-bahan yang tahan korosi termasuk plastik, karena akan terjadi kontak langsung dengan fluida yang bersifat korosif. Hal tersebut juga berlaku untuk poros-poros yang terancam kavitasi dan poros pada mesin-mesin yang berhenti lama. Usaha perlindungan dari korosi dapat pula dilakukan akan tetapi sampai batas-batas tertentu saja.

2.9 Material Poros

Material yang digunakan dalam pembuatan poros adalah baja karbon. Baja karbon adalah baja dengan karbon sebagai campuran interstisial utama berkisar 0.12 –2.0%. American Iron and Steel Institute (AISI) mendefinisikan [5] :

- a. Baja dianggap sebagai baja karbon ketika tidak dituliskan kandungan minimum untuk kromium, kobalt, molibdenum, nikel, niobium, titanium, tungsten, vanadium atau zirconium, atau elemen lain yang ditambahkan untuk mendapat kan efek campuran tertentu;
- b. Sedangkan kandungan tembaga minimum tidak melebihi 0.40 persen;
- c. Kandungan maksimum elemen berikut ini tidak melebihi persentase berikut: mangan 1.65, silikon 0.60. Istilah "baja karbon" juga dapat digunakan untuk merujuk pada baja bukan bajatahan karat; maka baja aloi juga bisa masuk.

Ketika persentase kandungan karbon meningkat, baja akan semakin keras dan kuat dengan perlakuan panas, namun keuletannya akan berkurang. Kandungan karbon yang tinggi juga akan mengurangi kemampuan untuk disambung dengan las. Pada baja karbon, makin tinggi kandungan karbon maka titik leburnya akan menurun.

2.10 Tegangan Dalam Poros

Tegangan yang terjadi dalam poros adalah sebagai berikut [5] :

- a. Tegangan geser akibat transmisi torsi (akibat beban torsional)
- b. Tegangan bending tarik atau tekan akibat gaya aksi elemen seperti roda, pulley dan lain-lain termasuk juga berat poros itu sendiri.
- c. Tegangan akibat kombinasi beban torsional dan bending.

2.11 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan unsur besi dengan karbon dengan kandungan karbon hingga 2,06%, kandungan mangan hingga 1,65%, dan kandungan silikon hingga 0,5%. Selain unsur paduan tersebut pada proses pembuatan baja karbon terdapat sulfur dan fosfor sebagai pengotor. Kandungan karbon dalam baja karbon menentukan kekuatan dan keuletannya. Semakin tinggi kandungan karbon, maka semakin tinggi kekuatannya dan semakin rendah keuletannya (daktilitas).

Seperti dijelaskan diatas, kandungan karbon pada baja karbon mempengaruhi sifat dan karakteristiknya. Jenis baja karbon diklasifikasikan berdasarkan banyaknya kandungan karbon pada paduan baja karbon, berikut ini merupakan jenis baja karbon.

2.11.1 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*Low carbon steel*) adalah jenis baja karbon dengan proporsi paduan karbon kurang dari 0,25%.

Karakteristik dan sifat baja karbon rendah [6] :

- a. Dapat dibentuk (formabilitas).
- b. Kemampuan las yang baik kemampuan las.

- c. Kekuatan rendah.
- d. Biaya rendah.

2.11.2 Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*Medium carbon steel*) adalah jenis baja karbon dengan proporsi paduan karbon berkisar antara 0,25% hingga 0,55% [6].

Karakteristik dan sifat baja karbon sedang (*Medium carbon steel*) :

- a. Ketangguhan dan keuletan (*Ketangguhan dan Keuletan*)
- b. Kekuatan yang relatif baik (*Strength*).
- c. Dapat diperkeras dengan pendinginan (*Quenching*)

2.11.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*) adalah jenis baja karbon dengan proporsi paduan karbon lebih dari 0,55%.

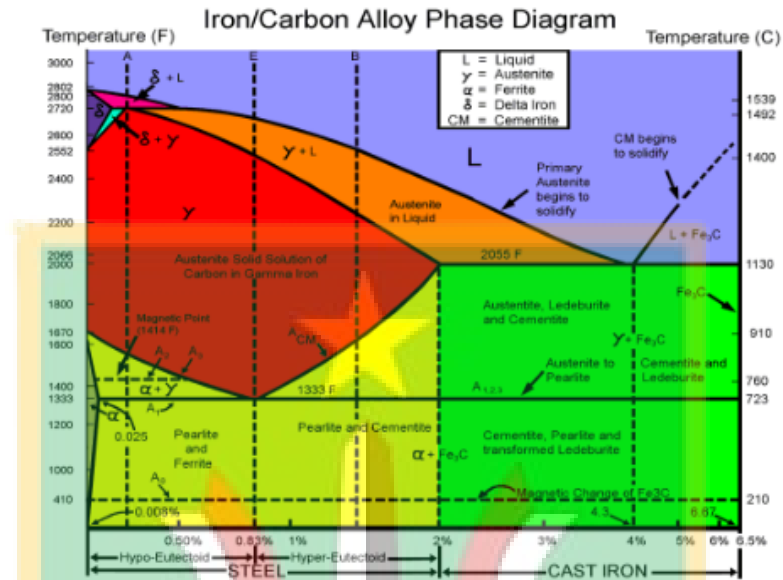
Karakteristik dan sifat baja karbon tinggi [6]:

- a. Kekuatan tinggi
- b. Kekerasan dan ketahanan aus
- c. Daktilitas sedang

2.12 Diagram Fasa Baja Karbon

Diagram Fasa adalah diagram yang menampilkan hubungan antara dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Tidak seperti logam struktur murni yang hanya digunakan oleh suhu,

sedangkan ditentukan oleh suhu dan komposisi. Dibawah ini adalah bentuk dari diagram fasa pada baja karbon. [6]



Gambar 2.11 Diagram Fasa Baja Karbon

Fasa – fasa yang ada di diagram fasa dapat dijelaskan sebagai berikut [6]:

a. Austenit

Fasa ini hanya mungkin ada pada baja di temperatur tinggi Austenit memiliki sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon maksimum hingga 1,7 %.

b. Ferit (disimbolkan dengan α).

Fasa ini memilikibentuk sel satuan BCC yang hanya dapat “menampung” unsurkarbon maksimum 0,025% pada suhu 723 O.

c. Karbon

Unsur ini merupakan atom interstisi yang berukuran nsangat kecil yang cenderung menyisip diantara atom-atom besi. Karbon dapat memperkuat baja dan meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan melalui perlakuan panas

(heat treatment). Tidak ini juga merupakan salah satu penyebab terjadinya retakan pada pengelasan baja karbon, terutama bila kadar karbonya melebihi 0,25%.

d. Simentit (Fe₃C).

Tidak seperti ferit dan austenit, simentit merupakan senyawa bersifat sangat keras yang mengandung 6,67% C. Simentit sangat keras, tetapi bila bercampur dengan ferit yang lunak maka kekerasan keduanya menurun. Campuran ferit dengan simentit ini bisa disebut perlit. Laju pendinginan lambat menghasilkan perlit kasar, sehingga bajanya mudah dimesin tetapi memiliki ketangguhan rendah. Laju pendinginan cepat menghasilkan perlit halus, bersifat keras dan lebih tangguh.

e. Perlit.

Campuran ferit dan simentit berlapis dalam suatu struktur butir disebut dengan perlit. Jarak antara pelat-pelat simentit dalam perlit tergantung pada kecepatan pendinginan baja. Laju pendinginan lebih cepat menghasilkan jarak yang rapat, sedangkan laju pendinginan lebih lambat menghasilkan jarak yang lebih jauh/kasar.

2.13 Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang menjadi paduan dengan berbagai elemen dalam jumlah total antara 1.0% dan 50% dari berat total yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja tersebut. Smith dan Hashemi menentukan perbedaan pada 4,0%, sementara Degarmo, *et al.*, mendefinisikan pada 8.0%. Yang paling umum, frase "baja paduan" mengacu pada baja paduan rendah.

Tegasnya, setiap baja sudah merupakan paduan, tetapi tidak semua baja bisa disebut "baja paduan". Yang paling sederhana, baja adalah besi pop (Fe) dicampur dengan karbon (C) (sekitar 0,1% sampai 1%, tergantung pada jenis). Namun, istilah "baja paduan" adalah istilah standar yang mengacu pada baja dengan *lain-lain* unsur paduan yang ditambahkan dengan sengaja selain karbon. Paduan umum seperti mangan (yang paling umum), nikel, kromium, molibdenum, vanadium, silikon, dan boron.

Paduan yang tidak umum adalah alumunium, kobalt, tembaga, cerium, niobium, titanium, tungsten, timah, seng, timbal, dan zirkonium.

Terdapat berbagai sifat yang lebih baik dalam baja paduan (dibandingkan dengan baja karbon). Kekuatan, kekerasan, ketangguhan, ketahanan aus, ketahanan korosi, ketahanan panas, dan ketahanan oksidasi. Untuk mencapai beberapa peningkatan sifat logam ada yang memerlukan perlakuan panas [6].

2.14 Unsur Paduan Pada Baja

Penambahan unsur paduan logam seringkali dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan sifat mekanis pada produk akhir sesuai dengan yang diinginkan. Seperti kekerasan, keuletan, dan kekuatan tarik.

Karakteristik baja di pengaruhi oleh unsur-unsur pada pepadunya [6] :

- a. Karbon (C), merupakan unsur pengeras utama pada baja jika kadar karbon ditingkatkan maka akan meningkatkan kekuatannya, akan tetapi sifat elastisitas, kemampuan tempa dan kemampuan las menurun.
- b. Silikon (Si), berfungsi meningkatkan kekuatan tarik, juga menambah kekerasan dan kekuatan tarik tanpa mengakibatkan penurunan pada sifat

keuletannya. Hal ini dapat terjadi karena unsur Si merupakan stabilisator sementit.

- c. Mangan (Mn), berguna untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan terutama disebabkan terjadinya penguatan pada fase ferit. Juga sebagai deoksidator yaitu mengikat sulfur membentuk senyawa MnS, dimana titik cairnya lebih tinggi dari titik cair baja sehingga cenderung terperangkap sebagai inklusi. Mangan berfungsi juga untuk mencegah terbentuknya ikatan sulfur dengan baja dalam FeS yang mempunyai titik leleh lebih rendah dari baja, sehingga unsur dapat mencegah terjadinya kerapuhan pada temperatur tinggi.
- d. Fosfor (P), jumlah fosfor yang cukup besar dapat meningkatkan kekuatan kekerasan, (tetapi keuletannya turun tajam dan bahkan dapat mengakibatkan mudah terjadi retak dingin atau ampuh pada temperatur rendah dan sensitif terhadap beban kejutan. Baja untuk konstruksi kandungan fosfor dibatasi maksimum 0.05 %.
- e. Kromium (Cr), dapat meningkatkan kemampuan untuk bisa dikeraskan dan juga dapat mempertinggi sifat-sifat mekanik. Kromium, nikel dan kadang-kadang molybdenum seringkali dipadukan pada pembuatan baja. Bila kandungan kromium sekitar 11,5 % atau lebih tinggi, baja yang dihasilkan adalah baja yang tahan terhadap korosi, karena adanya lapisan kenyal oksida kromium yang ada dipermukaan.
- f. Nikel (Ni), menambah kemampuan untuk dikeraskan dan kaya akan sifat-sifat mekanik bila dipadukan hingga mencapai 5 %. Bila dipadukan dengan kromium dalam jumlah yang besar akan menghasilkan baja yang tahan korosi dan tahan panas.

- g. Tungsten (W), juga meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan. Tungsten dipadukan pada baja perkakas dan beberapa baja stempel panas untuk meningkatkan daya tahan terhadap aus dan daya tahan terhadap penghalusan pada penempaan.
- h. Vanadium (V), meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan dan sifat-sifat mekanisnya. Vanadium memperkecil ukuran grain dan merupakan elemen yang penting pada beberapa baja perkakas, baja karbon, dan baja konstruksi.
- i. Molybdenum (Mo), Molybdenum meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan dan kaya akan sifat-sifat mekanis. Molybdenum sekarang digunakan dalam berbagai tipe baja bubut cepat, khususnya untuk baja yang digunakan untuk membuat gergaji dan bor. Bila dipadukan dengan Nikel Khrom akan dihasilkan paduan baja berkekuatan tinggi dengan tegangan tarik melebihi $12 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$.
- j. Kobalt (Co) dan Silikon (Si), unsur penting lain yang ditemukan pada baja paduan adalah Kobalt dan Silikon. Kobalt digunakan pada baja perkakas untuk meningkatkan "ketahanan panas" yaitu kemampuan untuk tahan terhadap aus pada temperatur operasional yang tinggi. Silikon digunakan dalam pembuatan baja yang mempunyai kekuatan tinggi seperti untuk spring, tool dan baja stempel yang tahan terhadap pukulan.

2.15 Kerusakan

Kerusakan dapat terjadi dalam 2 tingkatan, yaitu [7]:

- a. Kerusakan pada sistem, yaitu mekanisme dari sistem tersebut tidak berfungsi secara keseluruhan.

- b. Kerusakan komponen, yaitu satu atau lebih dari suatu komponen mengalami kerusakan sehingga menyebabkan fungsi dari sistem tersebut terganggu.

2.15.1 Penyebab Kerusakan

Sumber utama penyebab kerusakan komponen ada 4 hal, yaitu [7]:

- a. Kesalahan perencanaan (*Design fault*) :
 1. Kesalahan dalam perhitungan.
 2. Kesalahan dalam pembebanan berlebih (*Over load*).
 3. Kesalahan dalam pemilihan material.
 4. Pengabaian kondisi lingkungan operasi.
- b. Kesalahan Material (*Material fault*) :
 1. Cacat pengecoran/tempa,
 2. Kesalahan dalam pengolahan panas.
 3. Spesifikasi material yang salah.
 4. Terjadinya penurunan sifat mekanis.
- c. Kesalahan proses pabrikasi atau pembuatan (*Manufacture of Fabrication Fault*):
 1. Kesalahan dalam proses pengerjaan mesin.
 2. Kesalahan dalam pengolahan panas.
 3. Kesalahan dalam proses pengelasan dan pengerjaan lanjut.
 4. Kesalahan dalam proses pengerasan/pelapisan.
- d. Kesalahan operasional (*Service fault*) :
 1. Kesalahan dalam kontrol/prosedur operasional.
 2. Pembebanan/temperatur yang melampaui batas.
 3. Perawatan kurang memadai.

2.15.2 Usaha Penanggulangan Kerusakan

Beberapa usaha yang dapat dilakukan dalam mencegah timbulnya kerusakan yang fatal pada komponen perawatan, adalah [7]:

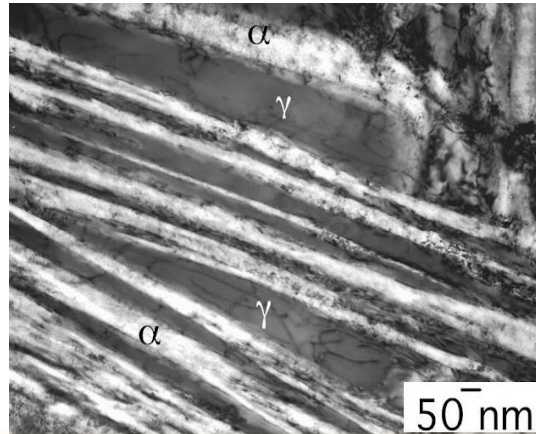
1. Menurut gaya atau tegangan kerja melalui perbaikan desain meliputi bentuk, ukuran, dimensi, geometri, susunan tata letak, perakitan dan sebagainya.
2. Meningkatkan ketahanan material atau komponen melalui :
 - a. Pemilihan material yang sesuai.
 - b. Perbaikan proses pembuatan manufaktur, perlakuan panas dan pabriksi.
 - c. Pemberian lapisan pelindung permukaan (*Surfece treatment*).
3. Mengendalikan lingkungan, seperti temperature kerja, tekanan atau regangan kerja, kontaminasi pengotor, konsentrasi lingkungan korosif, kecepatan aliran fluida, dan penggunaan *corrosion inhibitor*.

2.16 Jenis-jenis Patahan

Pada umumnya patahan terbagi dari 3 jenis, adapun jenisnya yaitu :

- a. Patah ulet

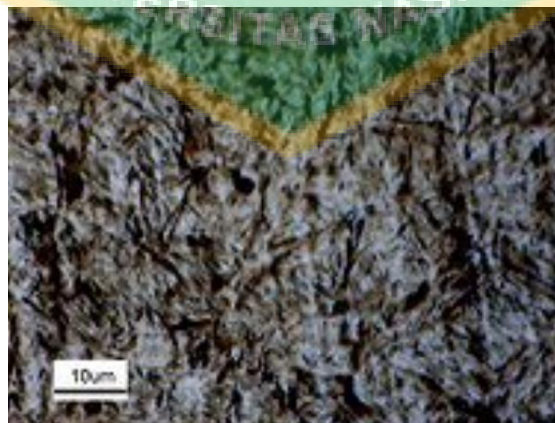
Merupakan patah yang diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material, jika beban dihilangkan maka penjalaran retak akan berhenti. Patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar disekitar patahan, sehingga permukaan patahan nampak kasar, berserabut (*fibrous*), dan berwarna kelabu. Selain itu komposisi material juga mempengaruhi jenis patahan yang dihasilkan, jadi bukan karena pengaruh beban saja. Biasanya patah ulet terjadi pada material berstruktur bainit yang merupakan baja dengan kandungan karbon rendah.



Gambar 2.12 Patah Ulet

b. Patah Getas

Merupakan fenomena patah pada material yang diawali terjadinya retakan secara cepat dibandingkan patah ulet tanpa deformasi plastis terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Dalam kehidupan nyata, peristiwa patah getas dinilai lebih berbahaya dari pada patah ulet, karena terjadi tanpa disadari begitu saja. Biasanya patah getas terjadi pada material berstruktur martensit, atau material yang memiliki komposisi karbon yang sangat tinggi sehingga sangat kuat namun rapuh.



Gambar 2.13 Patah Getas

c. Patah Lelah

Patah lelah (fatigue) merupakan salah satu penyebab utama kegagalan bahan material konstruksi. Kelelahan material adalah proses perubahan dinamis (tegangan- regangan), sehingga terjadi retak (*crack*) ataupun patah. Mekanisme patah lelah diawali timbulnya inti retak akibat pergerakan dislokasi siklik, dilanjutkan dengan pertumbuhan menjadi *micro crack*, kemudian tumbuh menjadi *macro crack*, selanjutnya berkembang (propagasi) hingga terjadi patah lelah. Normalizing pengarbonan ulang dapat meningkatkan umur lelah, selanjutnya terhadap specimen ini dilakukan normalizing ulang dan dilanjutkan material yang tidak dinormalizing awal sehingga tidak diperoleh perbedaan yang signifikan [7].



Gambar 2.14 Patah Lelah

2.17 Pengujian Struktur Metalografi

Struktur Metalografi adalah suatu teknik atau metode preparasi material untuk mengukur baik secara kuantitatif maupun kualitatif dari informasi-informasi yang terdapat dalam material yang dapat diamati, seperti fasa, butir, orientasi butir, jarak atom, dislokasi, topo struktur dan sebagainya. Tujuan dilakukannya pengujian metalografi struktur untuk mengetahui sifat-sifat logam dan paduannya berdasarkan mikrostrukturnya

antara lain austenit, dendrit dan butir karbida. Disamping itu pengujian ini juga untuk mendeteksi cacat material berupa penjalaran retak, seperti retak interkristalin, retak transkristalin atau retak korosi yang terjadi pada material poros [8].

Pada pengujian metalografi struktur, secara umum yang akan diamati adalah dua hal yaitu makrostruktur dan mikrostruktur. Makrostruktur adalah struktur dan logam yang terlihat secara makro pada permukaan yang di etsa dari spesimen yang telah dipoles dengan perbesaran 12x sampai dengan 50x, sedangkan mikro struktur adalah struktur dari sebuah permukaan logam yang telah dipreparasi secara khusus dengan perbesaran 50x sampai dengan 1000x [8].

Urutan proses dalam pengamatan metalografistruktur yaitu :

a. Memilih dan mengambil sampel

Dalam memilih dan mengambil contoh, tergantung dari sifat dan tujuan pengujian adalah :

1. Kontrol kualitas
2. Sampel yang diambil langsung secara sembarang, khususnya dilokasi produk yang tidak homogen
3. Analisa kerusakan

Sampel yang diambil dari komponen yang rusak, misalnya didaerah patahan, retakan, korosi, dan lain sebagainya.

4. Keperluan penelitian

Sampel diambil dan dipilih sesuai dengan tujuan penelitian, berdasarkan tujuan penelitian, perlu juga diperhatikan mengenai bentuk dan ukuran sampel yang akan diambil, jumlah sampel yang diperlukan dan dilokasi mana saja sampel yang dapat diambil dan dipotong dari komponen aslinya.

b. Pemotongan sampel

Mengambil sampel dari material dasarnya dilakukan dengan cara manual atau mekanis atau dapat juga dengan nyala api (flame cutting). Hal-hal yang perlu diperhatikan dan dihindari selama pemotongan sampel adalah :

1. Perubahan struktur akibat panas yang timbul saat pemotongan.
2. Perubahan bentuk sampel akibat beban alat pemotong.

Apabila pemotongan dilakukan dengan nyala api. Pemotongan harus dilakukan dengan mengambil jarak dari bagian yang akan diambil dan harus di aliri air. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya perubahan mikrostruktur akibat panas nyala api. Arah pemotongan juga bergantung pada tujuan analisis dan kondisi material dasar atau komponen aslinya. Pada dasarnya ada 3 (tiga) arah pemotongan sampel, arah menyilang, arah memanjang, dan arah sejajar. Arah pemotongan menyilang akan memberikan informasi, antara lain distribusi unsur pengotor (inklusi) unsur non logam. Arah pemotongan memanjang akan memberikan informasi :

- a. Perubahan bentuk mikro struktur maupun adanya inklusi unsur non logam.
- b. Perubahan bentuk struktur akibat pertumbuhan butir-butir kristal.
- c. Adanya inklusi atau struktur berbentuk memanjang akibat proses pengerjaandingin, abrasi dan lain-lain.

Arah memotong sejajar akan memberikan informasi :

- a. Distribusi unsur pengotor (inklusi) non logam.
- b. Kedalaman cacat atau retak yang terdapat pada permukaan.
- c. Ketebalan lapisan pelindung (logam lainnya).

Untuk benda dan komponen yang berbentuk silinder atau pipa dan berdimensi kecil atau tipis, maka sampel dipotong sejajar. Dengan demikian dapat diketahui bentuk struktur material dasarnya, maupun proses pengerjaan sebelumnya.

c. Membentuk dan mencetak sampel

Membentuk atau mencetak sampel dilakukan dalam suatu cetakan plastik atau karet yang nantinya akan dicor dengan cairan *thermostting*. Tujuannya adalah memudahkan dalam pemegangan sampel saat proses *preparasi* (*grinding* dan *polishing*). Cara membuatnya dapat dengan cara dingin atau dengan cara panas. Umumnya untuk komponen yang dasarnya keras dan kecil banyak digunakan cara cetak panas. Sedangkan untuk material yang tidak terlalu keras atau mengandung korosi dan cacat lainnya, sering digunakan cara cetak dingin. Untuk cara cetak dingin, bagian cetak dioleskan bahan pasta khusus atau disemprotkan *silicon spray* secara merata dengan tujuan memudahkan pengeluaran sampel dari cetakan. Setelah itu digunakan bubuk *Claro Cit Powder* yang dicampur dengan larutan pengeras *Self Curing* dengan perbandingan tertentu.

d. Membeni tanda

Pekerjaan ini dilakukan sebelum preparasi dan bertujuan untuk membedakan sampel satu dengan sampel yang lainnya, untuk memudahkan dalam dokumentasi dan pada umumnya dikerjakan dengan struktur elektrik pada bagian belakang sampel sebelum atau sesudah dicetak.

e. Penggerindaan

Pada pengerjaan tahap ini digunakan mesin gerinda (*grinding*) putar dengan media *grinding* yaitu ampelas kertas silikon karbit (SIC) mulai dari 80, 120, 240, 360,

500, 600, 800, sampai dengan yang terakhir 1200, Pada saat preparasi berlangsungnya pekerjaan harus selalu dialiri air bersih secara kontinyu guna menghindari terjadinya panas yang berlebihan akibat gesekan antara sampel dengan kertas ampelas. Untuk pemindahan atau penggantian tingkat kekerasan ampelas, pemegang sampel harus diputar 90° , hal ini bertujuan untuk mendapatkan arah atau alur goresan yang tegak lurus dengan arah goresan sebelumnya sampai akhirnya diperoleh permukaan yang halus, rata, dan bebas dari garisan (homogen). Apabila preparasi telah selesai sampel dicuci dengan air bersih dan disemprot alkohol, kemudian dikeringkan dengan pengering.

f. Pencucian

Salah satu tahap dalam preparasi ini tidak dapat diabaikan adalah proses pencucian di saat grinding, polishing, dan setelah itu sampel mengalami etsa. Dalam pencucian sampel yang telah di etsa menggunakan air bersih, aquades, dan alkohol, dan selanjtnya dikeringkan dengan pengering.

g. Polishing

Media polishing yang umum digunakan adalah diamond pasta, (pasta intan), aluminium oksida berbentuk suspensi dan lain-lain. Tujuan polishing adalah :

1. Membebaskan sampel dari goresan akibat penggerindaan.
2. Membebaskan sampel dari flek yang ditimbulkan selama proses penggerindaan.
3. Tidak ada perubahan logam, khususnya pada permukaan logam benda uji yang akan dianalisa selama proses polishing pada sampel.

h. Etsa

Mikrostruktur suatu logam dapat dilihat dengan baik menggunakan mikroskop optik apabila sampel telah mengalami etsa dengan medium etsa tertentu untuk jenis material tertentu pula. Pada dasarnya perubahan mikrostruktur yang terjadi selama proses etsa disebabkan oleh :

1. Perbedaan warna akibat distribusi mikrostruktur.
2. Jenis kekerasannya berbeda, akibat perkembangan orientasi kisi-kisi kristalnya.
3. Perbedaan kemampuan larut dalam mikrostruktur dan sifat anisotropi kristal terdapat agresivitas medium etsa, dapat menimbulkan relief pada permukaan batas butir kristal.
4. Terbentuknya elemen lokal secara elektrokimia pada perbatasan kristal-kristal sebelum medium etsa beraksi dengan permukaan kristal tersebut.

i. Analisa Mikrostruktur

Spesimen uji pasca etsa diletakkan pada meja pemegang yang telah diberikan bahanlilin. Setelah itu spesimen uji bersama meja pemegang diletakkan pada hand press, untuk memperoleh permukaan spesimen uji yang rata. Selanjutnya spesimen uji diamati menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50x sampai dengan 500x [8].

2.18. Pengujian Kekerasan *Hardness Vickers*

Kekerasan adalah daya tahan suatu material terhadap penetrasi dari indentor. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kekerasan logam dan paduannya adalah metode kekerasan *Hardness Vickers* [8].

Alat uji kekerasan *Hardness Vickers* menekankan indenter berupa piramida intan ke permukaan logam dengan beban tertentu, kemudian panjang diagonal jejaknya diukur dan dihitung bilangan kekerasan *Hardness Vickers* dengan menggunakan persamaan 2.1. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam, karena sewaktu indentasi, material disekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu.

Kekerasan dari metode *Hardness Vickers* diukur dari bekas luas penekanan indenter (luas jejakan piramida). Pada metode *Hardness Vickers* indenter yang digunakan berupa piramida intan. Dasar piramida berbentuk bujur sangkar dan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan 136° . Diagonal bekas penekanan.

(d) diukur dengan menggunakan mikroskop pengukur [8].

Tabellen Zur Bestimmung Der Vickershärte Mit Dem Leitz Miniload, Skala kekerasan *Vickers* dihitung sebagai berikut :

$$VN = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penekanan}} = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

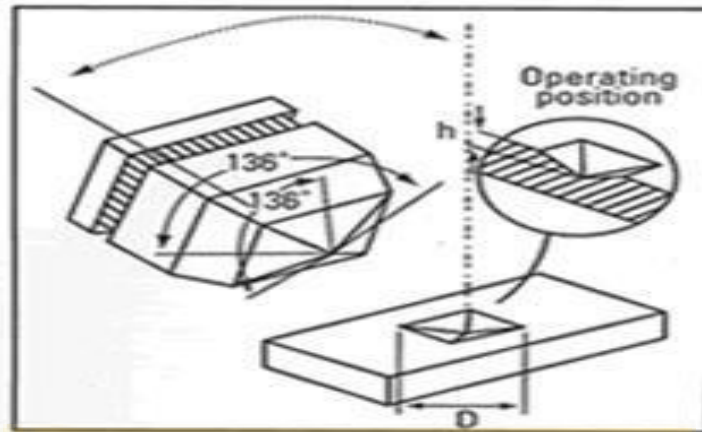
$$HVN = \frac{2 P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

P : Beban (kgf)

D : Diagonal Jejak Rerata (μm)

θ : Sudut Piramid Penjejak, 136°



Gambar 2.15 Indentor Piramid Uji Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan penting, baik untuk pengendalian kerja maupun penelitian, khususnya bilamana diperlukan informasi mengenai getas pada suhu tinggi.

Hal-hal yang harus diperhatikan pada pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers*, yaitu [8] :

1. Permukaan benda uji harus dibuat sehalus mungkin (dipoles), agar pengukuran jarak diagonal bekas penekan mudah.
2. Tebal minimum benda uji 1,5 x jarak diagonal penekanan diagonal (d).
3. Jarak penekanan dari tepi benda dan jarak anatar tiap titik pengukuran minimum 3 x jarak diagonal bekas penekanan (d).
4. Pada waktu pengukuran diagonal bekas penekanan (d), harus menggunakan mikroskop yang pembesarannya sedemikian rupa sehingga jarak sebesar 2 μm dapat diukur dengan jelas.
5. Dapat digunakan untuk mengukur kekerasan material yang sangat keras, bekas penekanan yang dihasilkan sangat kecil dan pengukuran diagonal dalam satuan μm . Jadi untuk mendapatkan hasil yang agak besar beban yang digunakan harus lebih besar dan permukaannya harus sehalus mungkin.

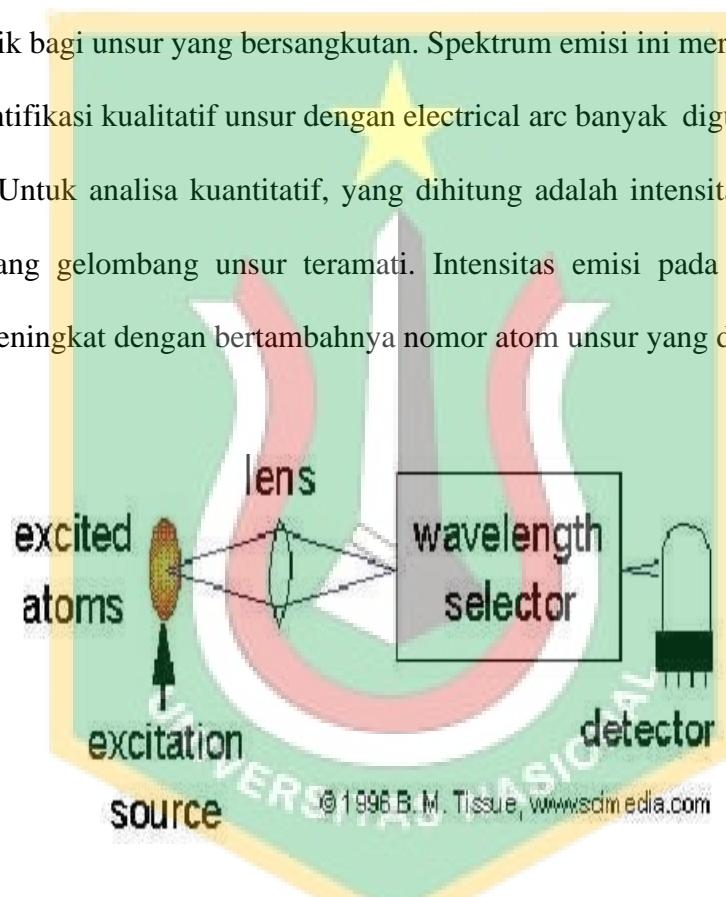
6. Dapat digunakan untuk mengukur kekerasan yang tipis dan keras untuk itu gaya yang dipilih yang lebih kecil, sehingga persyaratan tebal lapisan atau benda yang diuji minimum 1,5 dari panjang diagonal bekas penekanan terpenuhi.

2.19 Pengujian Komposisi Kimia

Arc-spark Spectrometer adalah teknik spektroskopi yang dipancarkan oleh atom selama masa transisinya dari fase eksitasi menuju *ground state*. Pada eksitasi terhadap sampel tidak dilakukan dengan melakukan penyorotan adalah metode analisis kimia yang menggunakan intensitas cahaya yang teremisi dari flame, plasma, arc atau spark pada panjang gelombang tertentu untuk menentukan kuantitas atau jumlah dari sebuah unsure atau elemen pada sampel. Panjang gelombang dari garis spectra atomic memberikan identitas dari elemen karena intensitas dari cahaya yang teremisi proporsional dengan jumlah atom pada elemen. Dengan memberikan atom tersebut energy melalui temperature, maka atom-atom tersebut dapat “melompat” ke tingkat energi yang lebih tinggi dan kembali dengan mengemisikan cahaya tertentu. Sampel diberi energi tinggi dalam lingkungan termal agar menghasilkan atom tereksitasi yang dapat mengemisi cahaya [8].

Sumber energi dapat berupa electric arc, flame, dan plasma. Spektrum emisi dari unsur yang terkena energi tinggi terdiri dari kumpulan panjang gelombang emisi yang diizinkan, biasanya disebut garis emisi karena panjang gelombang emisinya bersifat diskrit. Prinsip dasar dari analisa *Atomic Emission Spectrometer* ini yaitu apabila atom suatu unsur ditempatkan dalam suatu sumber energi kalor (sumber pengekstasi), maka elektron diorbital paling luar atom tersebut yang tadinya dalam keadaan dasar atau ground

state akan tereksitasi ketingkat-tingkat energi elektron yang lebih tinggi. Karena keadaan tereksitasi itu merupakan keadaan yang sangat tidak stabil maka elektron yang tereksitasi itu secepatnya akan kembali ketingkat energi semula yaitu ke keadaan dasarnya (*ground state*). Pada waktu atom yang tereksitasi itu kembali ke tingkat energi lebih rendah yang semula, maka kelebihan energi yang dimilikinya sewaktu masih dalam keadaan tereksitasi akan dibuang keluar berupa emisi sinar dengan panjang gelombang yang karakteristik bagi unsur yang bersangkutan. Spektrum emisi ini merupakan karakteristik untuk identifikasi kualitatif unsur dengan electrical arc banyak digunakan pada analisa kualitatif. Untuk analisa kuantitatif, yang dihitung adalah intensitas dari emisi cahaya pada panjang gelombang unsur teramati. Intensitas emisi pada panjang gelombang tersebut meningkat dengan bertambahnya nomor atom unsur yang diamati [8].



Gambar 2.16 Arc-Spark Spectrometer.

Spark atau arc spectrometer digunakan untuk menganalisa elemen logam pada sampel yang solid. Untuk material yang non-konduktif, sampel ditaburi dengan bubuk grafit untuk membuatnya menjadi konduktif. Pada metode arc tradisional, sampel solid dihancurkan selama analisa. arus elektrik pada arc atau spark yang dilewatkan pada sampel akan memanaskan sampel ketemperature tinggi sehingga akan mengeksitasi

atomnya. Atom yang akan dianalisa memiliki karakteristik panjang gelombang tertentu yang akan terdispersi pada monokromator dan akan terdeteksi. Karena kondisi dari arc dan spark yang tidak terkontrol dengan baik, analisa yang dapat dilakukan hanya kualitatif. Namun, sumber spark yang modern dengan muatan yang terkontrol dan adanya gas argon dapat menganalisa kuantitatif [8].

