

BAB II

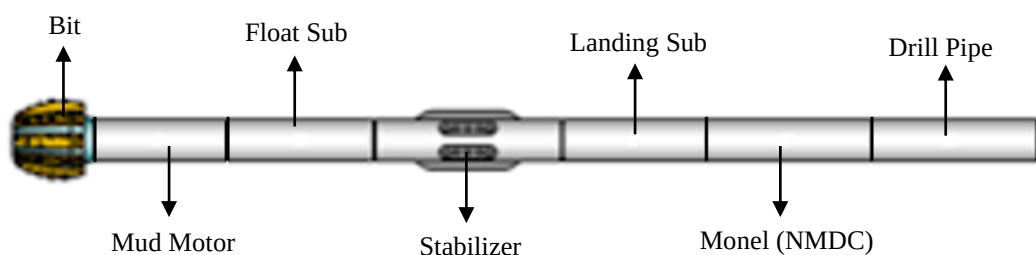
TINJAUAN LITERATUR

2.1 Operasi Pemboran Minyak Bumi

Pemboran minyak bumi yaitu suatu kegiatan untuk mengambil minyak dari bawah permukaan bumi dengan perantaran media sumur dan pipa. Operasi pemboran ini bertujuan untuk mendapatkan sumber daya berupa minyak bumi. Sebelum dilakukannya tahap produksi, ada suatu tahap eksplorasi yang disebut dengan pengeboran eskplorasi, yang dimana operasi tersebut menggunakan alat/rangkaian yang disebut dengan *Bottom Hole Assembly* (BHA).

2.2 Bottom Hole Assembly

Bottom Hole Assembly (BHA) adalah serangkaian kombinasi peralatan bawah permukaan tanah yang dipasang sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu hasil yang baik dalam membentuk kemiringan dan arah dari lintasan lubang bor. *Bottom Hole Assembly* (BHA) merupakan alat yang digunakan untuk operasi pemboran minyak bumi, secara umum alat ini merupakan sekumpulan alat khusus bor yang tergabung menjadi satu kesatuan yang digunakan untuk operasi pemboran minyak pada kedalaman ± 8200 ft (2500 m).^[1]



Gambar 2.1 Bottom Hole Assembly

Berikut adalah cara kerja *bottom hole assembly*, yaitu :

1. *Mud pump* memompa lumpur dari reservoir untuk mengalirkan pada *drill pipe*.
2. *Drill pipe* akan menyaring lumpur tersebut lalu mengalirkan pada monel/*non magnetic drill collar* (NMDC), yang berguna sebagai pendeteksi kandungan magnet, karena sensor akan error jika terdeteksi kandungan magnet sedikit pun.
3. Lalu dialirkannya pada landing sub, yang didalamnya terdapat *measurement while drilling* (MWD) yang berfungsi sebagai pembaca arah disaat operasi pemboran.
4. Lalu lumpur akan melewati *stabilizer* dan masuk ke area *float sub* yang didalamnya terdapat *float valve* yang digunakan untuk menyuplai lumpur dari atas dan menahan kandungan gas dari bawah.
5. Dan lumpur akan masuk ke formasi mud motor yang berfungsi sebagai penggerak utama pada BHA ini atau sebagai *power section*.
6. Dan gaya yang ditimbulkan dari mud motor akan memutar bit.
7. Lalu lumpur akan keluar dari *nozzle* yang berada di bit dan akan menjadi pemerapat sirkuit sumur.

Selain komponen utama diatas, ada komponen pendukung lain, seperti top drive, drawwork, dan mud pump, yang memiliki fungsi dan kegunaan sebagai berikut :

a. Top Drive

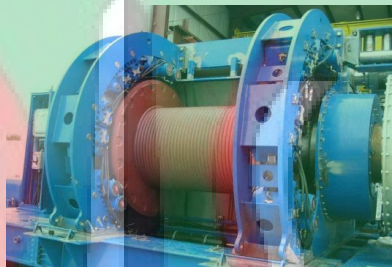
Top drive berfungsi untuk membantu perputaran *outer diameter*/bagian *housing* pada BHA yang digunakan pada saat rotasi dikala kondisi sumur pada tipe *directional*.



Gambar 2.2 *Top Drive*

b. *Draw Work*

Draw Work berfungsi untuk menahan *roughneck* pada tiap part disaat akan melakukan pergantian part.



Gambar 2.3 *Draw Work*

c. *Mud Pump*

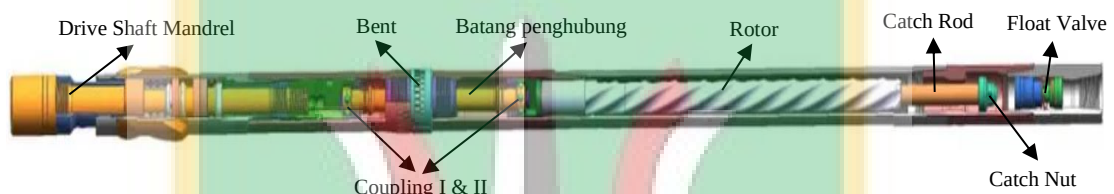
Mud pump berfungsi sebagai pemompa lumpur dari *reservoir* yang digunakan sebagai pemicu perputaran awal pada BHA.



Gambar 2.4 *Mud Pump*

2.3 Mud Motor Drilling

Mud Motor (*Drilling Motor*) adalah alat penggerak *bottom hole assembly* (BHA) yang digunakan untuk melakukan operasi pemboran minyak bumi, yang dimana mud motor ini dalam pengoperasiannya menggunakan fluida kerja yaitu lumpur untuk menggerakkan *Power Section (Rotor)* kemudian dihubungkan melalui *Transmission Section (Universal Coupling I, Batang penghubung, Universal Coupling II, dan Water Cup)* dan disalurkan ke part terakhir yaitu *Bearing Section (Thrust bearing Stack, Drive Shaft Mandrel)* yang dimana dari sistem kerja tersebut bisa membuat bit berputar.



Gambar 2.5 Mud Motor

2.1.1 Prinsip Kerja Mud Motor Drilling

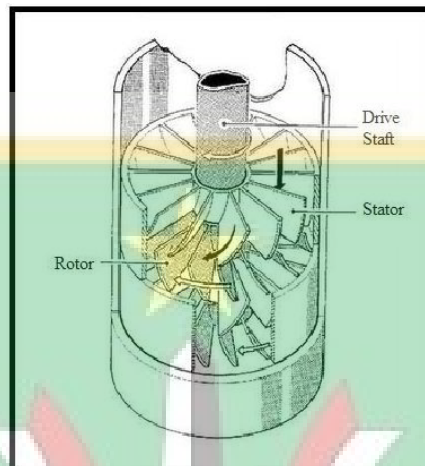
Mud Motor mempunyai prinsip kerja memanfaatkan tenaga lumpur yang dipompa dari *reservoir* lalu menggerakkan *rotor* yang digunakan untuk memutar rangkaian bawah ke arah bit.

2.1.2 Jenis – jenis Mud Motor Drilling

Pada Mud Motor Drilling ada 2 (dua) Jenis yaitu *Positie Displacement Motor* (PDM) dan Turbin Mud Motor.

a) Turbin Motor

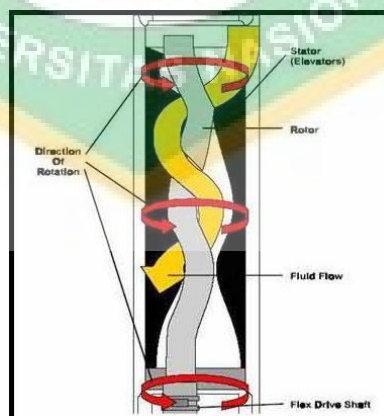
Pada mud motor tipe ini, tidak jauh beda dengan jenis *Positive Displacement Motor* (PDM), yang membedakan tipe motor ini yaitu terletak pada *power section* turbin mud motor yang menggunakan sistem sirip.



Gambar 2.6 Turbin Motor

b) Positive Displacement Motor (PDM)

Pada motor jenis ini, menggunakan sistem penggerak jenis pompa dengan rotor yang berbentuk *helicoidal*, yang dimana berperan sebagai rotor yang tersekat pada stator.



Gambar 2.7 Positive Displacement Motor (PDM)

Prinsip kerja pada motor jenis ini yaitu dengan mengalirkan fluida lumpur yang secara otomatis rotor akan berputar guna memberikan jalan kepada fluida untuk mengalir.

Tipe mud motor yang digunakan pada rangkaian ini adalah tipe *Positive Displacement Motor* (PDM), yang dimana motor tipe ini digerakkan oleh pompa dengan rotor yang berbentuk *helicoidal* yang berperan sebagai rotor tersekat di dalam stator.



Gambar 2.8 *Positive Displacement Motor* (PDM)

Jika fluida lumpur dialirkan, rotor akan berputar untuk memberikan jalan kepada fluida untuk mengalir. Rotor bergerak karena adanya perbedaan tekanan dalam motor yang dihasilkan oleh lumpur.

2.4 Bagian – bagian Mud Motor

Mud Motor memiliki 3 bagian yang mempunyai fungsi masing- masing, yang diantaranya : ^[2]

1. Power Section

Power Section (Rotor) berfungsi sebagai penggerak utama dari bit, yang dimana *power section* akan menerima fluida kerja berupa lumpur untuk memicu pergerakan *rotor*.

2. Transmission Section

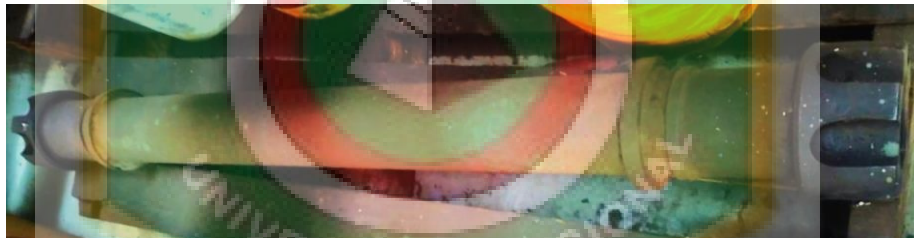
Transmission section yang terdiri dari *universal coupling I*, batang penghubung, *universal coupling II*, dan *water cup*, transmisi mempunyai fungsi yang pada umumnya dimana untuk meneruskan gaya dari *power section* ke *bearing section*.

3. Bearing Section

Bearing Section yang sebagai penerima gaya dari *transmission* dan *power section* berfungsi untuk menggerakkan mata bor/bit.

2.5 Batang penghubung Kopling Universal

Batang penghubung kopling universal adalah part dari Mud Motor yang digunakan sebagai penghubung antara *universal coupling I* dan *universal coupling II* sebagai penerus gaya ke *bearing section* dari *power section*.



Gambar 2.9 Batang penghubung Kopling Universal

Selain untuk menyalurkan perputaran dari *rotor* ke *drill bit*, batang penghubung kopling universal ini berfungsi untuk membantu rotasi *housing* dikala melakukan pemboran eksplorasi tipe *directional*.

Dalam hal operasi pemboran minyak tidak luput akan terjadinya *problem* pada saat operasi pemboran sedang berlangsung, seperti hal nya batang penghubung ini, part ini mengalami kerusakan.

2.6 Baja Karbon

Baja merupakan logam yang sering digunakan oleh manusia selain logam lain seperti tembaga, perak, dan emas. Penggunaan baja sekarang sudah umum, terutama dalam konstruksi dan bahan bangunan.

Tergantung pada aplikasinya, baja adalah paduan Fe-C (kandungan karbon maksimum sekitar 2%) dan mungkin mengandung elemen paduan lainnya. Bahkan perubahan kecil dalam komposisi tersebut dapat menyebabkan perbedaan besar dalam sifat mekanik, karena struktur akhir dapat bervariasi tergantung pada proses pembuatan dan siklus perlakuan panas yang diterapkan.

Baja karbon adalah baja yang sifat mekaniknya dapat diubah dengan perlakuan panas. Baja karbon adalah paduan karbon-besi yang sifat-sifatnya ditentukan oleh unsur karbon. Kandungan karbon baja karbon dapat mencapai 2%.^[3]

2.6.1 Baja Karbon Rendah

Baja jenis ini mempunyai kandungan karbon di bawah 0,25%. Baja karbon rendah tidak merespon pada perlakuan panas (*heat treatment*) yang bertujuan untuk mengubah struktur mikronya menjadi martensit. Penguatan (*strengthening*) dapat dilakukan dengan perlakuan dingin (*cold work*). Struktur mikro baja karbon rendah terdiri dari unsur pokok ferit dan perlit, karena itu baja ini relatif lunak dan lemah tapi sangat bagus pada

kelenturannya dan kekerasannya serta baja jenis ini machinable dan kemampu lasan yang baik.^[4]

2.6.2 Baja Karbon Sedang

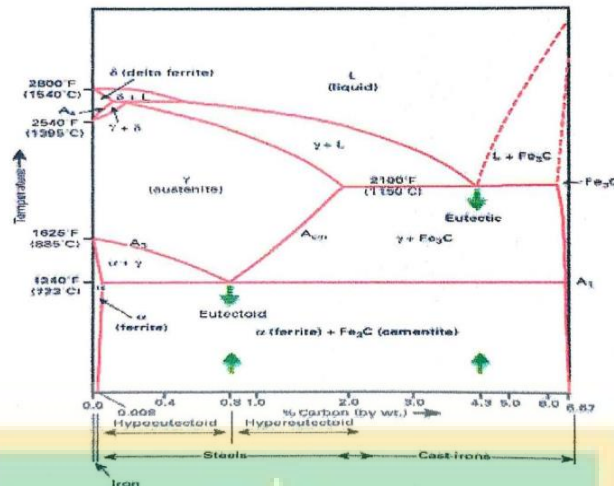
Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,25% dan 0,60%. Baja tersebut dapat dipanaskan dengan *austenitizing*, *quenching* dan *tempering* untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Penambahan kromium, nikel dan molibdenum meningkatkan kemampuan perlakuan panas logam ini, meningkatkan kekuatan lenturnya dan dengan demikian mengurangi nilai kekerasannya. Baja karbon ini digunakan untuk roda gigi, poros engkol dan bagian mesin lainnya yang membutuhkan kombinasi kekuatan tinggi, ketahanan aus dan ketangguhan.

2.6.3 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi biasanya memiliki kandungan karbon antara 0,60% dan 1,40%. Baja karbon tinggi adalah baja dengan kekerasan tertinggi, kekuatan tertinggi dan fleksibilitas terendah di antara baja karbon lainnya. Baja ini memiliki tegangan tarik tertinggi dan banyak digunakan sebagai material perkakas. Salah satu aplikasi baja ini adalah dalam pembuatan kawat dan kabel baja.

2.7 Diagram Fasa Besi Karbon

Untuk memahami karakteristik baja perlu dipelajari secara seksama diagram fasa paduan Fe-C seperti diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Diagram Fasa Besi Karbon (Fe-C)

Dalam diagram keseimbangan besi-karbon, terdapat beberapa temperatur yang sangat penting, antara lain:

1. Temperatur 723°C dimana akan berlangsung reaksi eutektoid, selanjutnya disebut garis A1.
2. Jalan A3. Dimana pada jalur ini terjadi konversi ferit menjadi austenit. Untuk besi murni, ini terjadi pada 910 ° C, tetapi suhu turun dengan cepat seiring dengan meningkatnya kandungan karbon.
3. Seri A4. Dimana pada garis ini terjadi konversi dari besi menjadi besi, pada besi murni proses ini terjadi pada suhu 1395 °C dan meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan karbon (C).
4. Garis A2, juga dikenal sebagai garis Currie, mengalami perubahan dari feromagnetik menjadi paramagnetik, tetapi tidak ada perubahan struktur kristal. Seri A1, A3 dan A4 dapat dengan mudah dideteksi dengan analisis termal selama perlakuan panas.

2.8 Fase Pembentukan Baja

Fase – fase atau tahapan yang terjadi pada suatu pembentukan pada baja adalah sebagai berikut :^[5]

2.8.1 Ferit atau Besi Alpha (α -Fe)

Ferit merupakan komponen logam dengan batas kelarutan maksimum 0,025 karbon besi 0,98 pada 723°C, struktur *Body Center Cubic* (BCC) dan pada suhu kamar memiliki batas kelarutan karbon 0,008% C. Ferit terbentuk selama akhir pendinginan baja hypoeutectoid austenitic, ferit ini sangat lunak, mudah dibentuk dan memiliki kekerasan sekitar 70-100 BHN dan memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Ferit ini mengandung senyawa trivalen yang bersifat magnetis.

2.8.2 Perlit

Perlite adalah campuran eutektoid dari sementit dan ferit dengan kekerasan 10-30 HRC dan mengandung 0,83% karbon. Tahap ini terjadi di bawah 723 °C atau campuran ferit dan karbida berupa lamela yang dihasilkan dari dehidrasi austenit dengan komposisi eutektida.

2.8.3 Austenit atau Besi Gamma (γ -Fe)

Suatu larutan padat yang mempunyai batas maksimum kelarutan karbon 2% C pada temperature 1130°C, struktur kristalnya *Face Center Cubic* (FCC).

2.8.4 Sementit

Sementit dalam sistem paduan besi adalah senyawa intermetalik Fe_3C yang keras dan rapuh. Nama sementit berasal dari kata *chémentum* yang berarti kepingan atau lempengan batu. Namun, untuk alasan praktis, tahap ini dapat dianggap sebagai tahap stabilisasi, sementit memainkan peran yang sangat penting dalam membentuk parameter mekanik akhir baja. Sementit bisa eksis dalam sistem baja dalam berbagai bentuk seperti bulat, piring (bergantian dengan alfa-ferit) atau butiran karbida kecil. Bentuk, ukuran dan distribusi karbon dapat berubah dengan siklus pemanasan dan pendinginan.

2.8.5 Martensit

Martensit adalah tahap di mana ferit dan semen dicampur bersama-sama. Tapi tidak pipih. Tahap ini terbentuk dari austenit stabil yang didinginkan pada laju pendinginan yang cepat. Hanya ada pengendapan Fe_3C dari elemen paduan lainnya tetapi pelarutan dimodifikasi secara isothermal pada 260°C untuk membentuk dispersi karbida yang halus dalam matriks ferit. Plat martensit terbentuk ketika kandungan C dalam baja mencapai 0,6%, sedangkan lebih dari 1% plat martensit terbentuk. Perubahan blade-to-blade terjadi pada $0,6\% < C < 1,08\%$. Kekerasan martensit lebih dari 500 HVN.

2.8.6 Bainit

Bainit adalah tahap yang terjadi karena transformasi pendinginan yang sangat cepat, di mana semua elemen paduan tetap larut dalam keadaan padat dan karbon tidak punya waktu untuk berdifusi. Selama pembentukan bainit, austenit dibiarkan terkonversi secara isothermal menjadi ferit dan karbida di atas suhu M_S (suhu awal reaksi martensit). Untuk ini, perlu direndam dalam air garam untuk mencegah perlit terbentuk pada suhu

yang lebih tinggi. Sehingga membentuk bainit yang tahan lama dan tahan. Kekerasan bainit adalah sekitar 300 hingga 400 HVN.

2.8 Unsur Padu Baja

Unsur Padu Dalam Baja Baja merupakan paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur padu utamanya. Penambahan unsur - unsur padu logam seringkali dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan sifat - sifat mekanis pada produk akhir yang dikehendaki seperti kekerasan, keuletan, dan kekuatan tarik.^[6]

Karakteristik baja dipengaruhi oleh unsur - unsur padunya, yaitu :

- a. **Karbon (C)**, merupakan unsur penguat utama pada baja. Jika kadar karbon ditingkatkan maka akan meningkatkan kekuatannya, akan tetapi sifat elastisitas, kemampuan tempa dan kemampuan las menurun.
- b. **Silikon (Si)**, memberikan kontribusi yang sangat besar pada kualitas baja, karena berfungsi sebagai deoksidasi. Bilamana ditambahkan dalam jumlah kurang lebih 2,5 % maka kekuatan baja akan meningkat tanpa kehilangan keuletannya. Namun jika diberikan diatas 2,5 % akan memberikan efek kerapuhan.
- c. **Mangan (Mn)**, berfungsi sebagai deoksidasi dari baja, karena unsur ini dapat mengikat sulphur dan membentuk senyawa manganis sulfide (MnS) yang memiliki titik cair yang lebih tinggi dari titik cair baja. Dengan demikian unsur ini dapat mencegah terjadinya penggetasan pada suhu tinggi yang disebabkan terjadinya ikatan senyawa FeS yang memiliki titik cair lebih rendah dari titik cair baja, selain itu Mn berfungsi juga untuk menguatkan fasa ferrite.

- d. **Phospor (P)**, jumlah phospor yang cukup besar dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan, tetapi keuletannya turun tajam dan bahkan dapat mengakibatkan mudah terjadi retak dingin atau rapuh pada temperatur rendah dan sensitif terhadap beban kejut. Baja untuk konstruksi, kandungan phospor dibatasi maksimum 0,05 %.
- e. **Sulfur (S)**, berfungsi dapat menjadikan baja getas pada suhu tinggi, karena itu dapat merugikan baja yang dipakai pada suhu tinggi. Maka dari itu kadar S harus dibuat serendah-rendahnya yaitu lebih rendah dari 0,05%.
- f. **Alumunium (Al)**, adalah logam non ferro yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan dukung (tensile stenght), di samping ringan, tahan korosi Aluminium juga mempunyai elektrikl konduktiviti separuh lebih sedikit dibandingkan tembaga.
- g. **Nikel (Ni)**, adalah logam berwarna perak ke abu-abuan dan mempunyai sel satu kubus berpusat muka (FCC). Nikel (Ni) baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air kali/air laut dan alkali. Tetapi bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit tahan korosi asam khlor dan sulfat.
- h. **Chrome (Cr)**, adalah unsur yang dipakai dalam proses pengerasan untuk memperbaiki mampu keras dan memberikan unjuk kerja pemotongan yang terbaik pada prosentase 3.5 sampai 5%, krom juga digunakan sebagai elemen leburan dalam baja, yang mengabungkan kepadatan dengan kekuatan yang tinggi serta batas kelenturan yang tinggi pula serta meningkatkan daya tahan terhadap pelapukan. Krom akan membuat baja lebih tahan terhadap korosi. Baja tahan karat memiliki kandungan krom diatas 12%, apabila kandungan krom melebihi 16% maka baja

tersebut tidak dapat dikeraskan. Dan bila mengandung krom lebih dari 18% akan kehilangan keuletannya, dan akibatnya lebih mudah patah atau getas.

- i. **Tembaga (Cu)**, berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi. Dalam jumlah yang kecil, unsur tembaga tidak mempengaruhi sifat mampu las baja.
- j. **Molibdenum (Mo)**, berfungsi dapat memperkuat butiran ferit, sehingga akan menambah kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Molibdenum merupakan penstabil karbida yang baik dan akan memperlambat pembentukan grafit pada waktu pemanasan yang lama, unsur ini juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap creep pada suhu tinggi. Terjadinya grafit pada baja karbon terjadi pada pemanasan diatas 420°C dan untuk baja karbon molybdenum akan terjadi diatas temperatur 455°C.
- k. **Vanadium (V)**, berfungsi untuk menaikkan titik luluh dan kekuatan tarik serta sebagai unsur pembentuk karbida yang kuat dan stabil. Penambahan sedikit vanadium dapat meningkatkan kekerasan pada temperatur tinggi dan mengurangi pertumbuhan butir.
- l. **Wolfram atau Tungsten (W)**, berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketahanan aus baja. Wolfram mempunyai kecenderungan yang kuat untuk membentuk karbida, karena itu dimanfaatkan untuk pembuatan baja tahan panas.
- m. **Titanium (Ti)**, merupakan unsur pembentuk ferit yang kuat dan juga pembentuk karbida yang sangat kuat. Pada baja tahan karat austenitik, Ti berfungsi sebagai unsur penstabil (*stabilizer*) yang berfungsi menghambat atau mengurangi terjadinya korosi batas butir *intergranular corrosion* (IGC), Selain itu Ti juga meningkatkan kekuatan mekanis pada temperatur tinggi.

- n. **Hidrogen (H)**, dapat larut kedalam baja cair yang kemudian berusaha keluar ketika logam cair dituang dan membeku. Tetapi sebagian hidrogen tetap terperangkap dalam logam beku membentuk rongga-rongga udara (porositas). Selain itu unsur ini dapat masuk kedalam produk melalui mekanisme difusi yang menimbulkan sifat getas dari baja.
- o. **Oksigen (O)**, Pada keadaan cair, logam cair mudah melarutkan oksigen sehingga membentuk oksida besi dan oksida tersebut akan membentuk inklusi dalam baja yang akan menaikkan kegetasan dalam baja.
- p. **Nitrogen (N)**, memiliki efek pengerasan dan penggetasan terhadap baja. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda dan sifat mekaniknya akan berbeda. Struktur mikro tergantung pada proses pengerjaan yang dialami, terutama proses perlakuan panas yang dialami selama proses pengerjaan. Jenis struktur mikro pada baja paduan yaitu perlit, ferit, bainit, martensit, cementit, austenite dan ledeburite.

2.9 Kerusakan

Pada dasarnya kerusakan dapat terjadi dalam 2 tingkatan, yaitu :

1. Kerusakan pada sistem (*system failure*) yaitu mekanisme dari sistem tersebut tidak berfungsi secara keseluruhan
2. Kerusakan komponen (*component failure*) yaitu satu atau lebih dari suatu komponen mengalami kerusakan sehingga menyebabkan fungsi suatu sistem terganggu.

2.10.1 Penyebab Kerusakan

Sebelum suatu komponen muncul, kerusakan biasanya terjadi sebelum beberapa langkah gangguan seperti mulai atau sering gagal, mulai gagal, memburuk dan akhirnya gagal total. Sumber utama kegagalan, termasuk kegagalan komponen, dapat diklasifikasikan dalam empat cara, yaitu :^[7]

1. Kesalahan perencanaan (Kesalahan desain):
 - a. Kesalahan hitung.
 - b. Kesalahan kelebihan beban (*overload*).
 - c. Kesalahan dalam pemilihan material.
 - d. Abaikan kondisi lingkungan operasi.
2. Kegagalan perangkat keras :
 - a. Cacat pengecoran / penempaan.
 - b. Kesalahan perlakuan panas
 - c. Dibandingkan dengan spesifikasi perangkat keras tidak benar.
 - d. Terjadi penurunan sifat mekanik.
3. Cacat Manufaktur atau Manufaktur :
 - a. Kesalahan selama pemesinan.
 - b. Kesalahan perlakuan panas.
 - c. Dibandingkan kesalahan selama pengelasan dan pekerjaan selanjutnya.
 - d. Kesalahan dalam pengawetan/pelapisan.
4. Kesalahan operasi (kegagalan layanan):
 - a. Kesalahan dalam prosedur operasi/kontrol.
 - b. Beban/suhu melebihi batas.
 - c. Perawatan yang tidak memadai.

2.10.2 Usaha Penanggulangan Kerusakan

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan fatal pada suku cadang/peralatan adalah:

1. Mengurangi tenaga kerja/regangan melalui peningkatan desain termasuk bentuk, ukuran/dimensi/geometri, tata letak/tata letak, perakitan, dan banyak lagi.
2. Peningkatan ketahanan material/komponen, berkat:
 - a. Pilih bahan yang sesuai.
 - b. Peningkatan manufaktur/fabrikasi, perlakuan panas dan proses manufaktur.
 - c. Dibandingkan dengan Memberikan perlindungan permukaan (*surface treatment*).
3. Mengontrol lingkungan, seperti temperatur kerja, tekanan/tegangan kerja, kontaminasi/pengotor, konsentrasi medium korosif, kecepatan aliran fluida dan penggunaan inhibitor korosi.^[8]

2.10 Pengamatan Visual

Pengamatan visual yaitu dengan melakukan pengamatan/pemeriksaan secara langsung terhadap kerusakan batang penghubung kopling universal mud motor.



Gambar 2.11 Batang Penghubung Kopling Universal

Pemeriksaan visual secara makro ini penting dilakukan sebelum melakukan pengujian yang lebih rinci, karena untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada batang penghubung. Untuk mendapatkan data lebih akurat mengenai kondisi sample maka dilakukan dokumentasi (*photo*) pada komponen.

2.11 Persiapan Sampel

Sampel atau spesimen harus disiapkan dengan sangat hati-hati dan hati-hati. Lokasi pengamatan menjadi faktor penting dalam menentukan interpretasi hasil. Pemrosesan embrio/subjek uji sebelumnya merupakan informasi penting dalam identifikasi spesimen. Lalu ada pertanyaan tentang melanjutkan perakitan. Tujuannya agar spesimen kecil tidak mengalami kesulitan pengamplasan. Kemudian ada proses pengamplasan, yang dimulai secara bertahap dari yang paling kasar hingga yang paling halus. Perlu diperhatikan bahwa saat mengganti amplas ke gigi yang lebih tinggi, arah pengamplasan juga harus berubah. Waktu pengamplasan untuk setiap ukuran amplas tergantung pada jenis dan kekerasan bahan sampel yang akan diolah. Ukuran amplas yang umum digunakan (*grid size*) adalah 60, 80, 120, 220, 320, 400, 600, 800 1000 dan 2500.

Ini diikuti dengan langkah pemolesan, biasanya menggunakan alumina cair untuk membuat permukaan seperti cermin yang sangat halus (lapisan seperti cermin). Durasi proses pemolesan tergantung pada jenis dan kekerasan bahan sampel. Terakhir adalah proses etsa dengan tujuan menonjolkan batas butir dan fase yang ada. Proses etsa ini menggunakan cairan khusus, untuk menonjolkan fase atau batas butir yang ingin dilihat. Berikut beberapa jenis ukiran dan kegunaannya :

- a. NITAL (asam HNO_3 -nitrat dicampur dengan alkohol) 2% atau NITAL 3%. Ini adalah jenis ukiran yang biasa digunakan untuk baja karbon dan paduannya. Proses pewarnaan hanya memakan waktu ± 15 detik.
- b. Asam pikrik (*picric acid*) adalah campuran 4 g asam pikrat dengan 100 ml etil alkohol. Kelas ini juga digunakan untuk korosi cair baja karbon dan paduannya.
- c. Dibandingkan dengan *Hydrofluoric Acid* yang merupakan campuran 0,5 ml HF (pekat) dengan 99,5 ml H_2O . Ukiran ini digunakan untuk aluminium dan paduannya.

Setelah semua proses di atas selesai, pengamatan dilakukan di bawah mikroskop optik untuk mendapatkan hasil yang diharapkan dan menafsirkannya. Alat utama yang digunakan untuk pencitraan dalam metalografi adalah mikroskop optik. Mikroskop optik biasanya digunakan untuk memvisualisasikan :

- a. Ukuran, bentuk dan distribusi fase yang berbeda tersedia.
- b. Tentukan ukuran dan distribusi partikel dalam fase.
- c. Dibandingkan dengan Perkiraan sifat mekanik dari bahan yang diuji.
- d. Tunjukkan adanya fase kedua dan distribusinya karena perlakuan panas.
- e. Kotoran non-logam.
- f. Pemisahan elemen yang ada selama pengecoran.
- g. Ketidakhomogenan fase dan unsur-unsur yang ada.
- h. Anomali struktural telah terbentuk.

2.12 Pengujian Metalografi

Metalografi adalah studi tentang struktur mikro logam dan sifat-sifatnya. Metalografi penting untuk menentukan ukuran butir, distribusi fasa dan menentukan adanya pengotor atau impuritas dalam logam. Hasil metalografi akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan bahwa suatu material memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan atau untuk mengetahui proses yang dilalui dari material yang bersangkutan.^[9]

Faktor utama dalam keberhasilan proses metalografi mikroskop optik adalah persiapan permukaan spesimen yang akan diamati. Ada dua klasifikasi metalografi sebagai makro struktur dan mikro struktur.

Makro struktur adalah pengamatan yang mempelajari struktur logam dan paduannya dengan mata telanjang atau menggunakan lensa dengan perbesaran mulai dari 20x – 100x. Tujuan dari pengujian makro struktur yaitu :

- a. Mengungkapkan ukuran, bentuk, dan susunan butiran kristal dalam logam.
- b. Menciptakan retakan yang mungkin ada selama fabrikasi logam. dibandingkan dengan Menghasilkan benang/alur logam yang terdistorsi.
- c. Meningkatkan penyusutan, porositas dan lubang karena udara yang terperangkap selama pencetakan.
- d. Menemukan penyebab kegagalan suatu bagian (*part*).

Mikro struktur mempelajari struktur logam dan paduannya menggunakan mikroskop dengan perbesaran dari 100x hingga 2000x. Hasil pengamatannya disebut struktur mikro. Adapun beberapa langkah-langkah dalam mendapatkan mikrostruktur adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan sampel/spesimen.
- b. Proses pengamplasan menggunakan kertas amplas.
- c. Proses poles (*polishing*) menggunakan larutan.
- d. Proses etsa.
- e. Pengamatan di bawah mikroskop optik dan melakukan interpretasi atas hasilnya.

Dasar-dasar pada pengujian metalografi ada 3 tujuan adalah:

1. Memilih dan mengambil sampel tergantung pada sifat dan tujuan pengujian yaitu:

a. Kontrol Kualitas

Sampel yang diambil langsung secara sembarang, khususnya di lokasi produk yang tidak homogen.

b. Analisa Kerusakan

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

c. Keperluan Penelitian

Sampel diambil dan dipilih sesuai dengan tujuan penelitian tersebut. Berdasarkan tujuan penelitian tersebut, perlu juga diperhatikan mengenai bentuk dan ukuran sampel yang akan diambil, jumlah sampel yang diperlukan dan di lokasi manasaja sampel yang dapat diambil/dipotong dari benda atau komponen aslinya.

Khusus pada analisa kerusakan, jumlah sampel yang diambil harus cukup mewakili tempat-tempat yang paling kondisi sebenarnya untuk dianalisis, sehingga nantinya akan memberikan informasi yang jelas dan lengkap.

2. 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:

- a. Perubahan struktur akibat panas yang timbul saat pemotongan.
- b. 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 dialiri air. Agar tidak ada perubahan mikrostruktur akibat panas nyala api. Arah pemotongan juga bergantung pada tujuan analisis dan kondisi material dasar atau komponen aslinya.

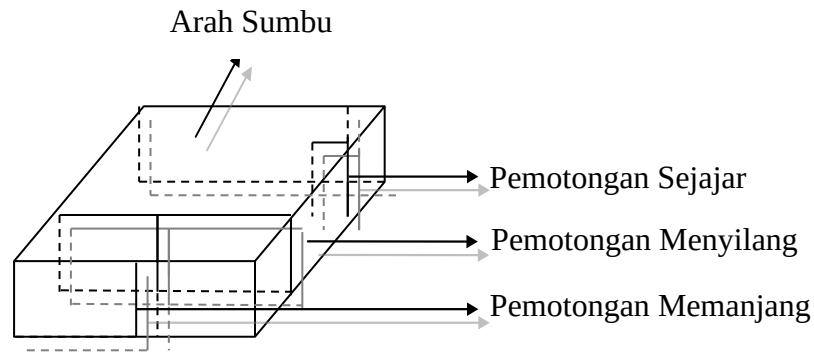
Arah pemotongan menyilang akan memberikan informasi, antara lain distribusi unsur pengotor (*inklusi*) unsur non logam. Arah pemotongan memanjang akan memberikan informasi :

- a. Perubahan bentuk mikrostruktur maupun adanya *inklusi* unsur non logam.
- b. Perubahan bentuk struktur akibat pertumbuhan butir-butir kristal.
- c. Adanya *inklusi* atau struktur berbentuk memanjang akibat proses pengerjaan dingin, 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.

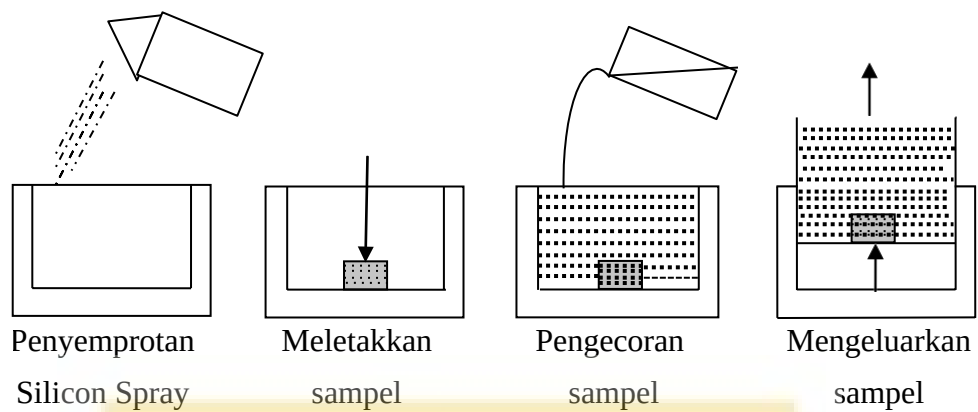


Gambar 2.12 Arah Pemotongan Sampel

3. 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 sample 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 sample dari cetakan.

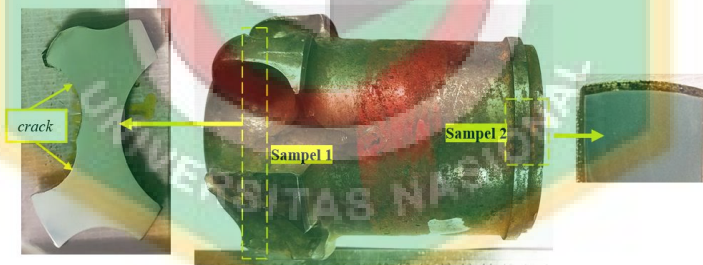
Setelah itu digunakan bubuk *Claro Cit Powder* yang dicampur dengan larutan pengeras *Self Curing* dengan perbandingan tertentu. Cara mencetak dingin dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Urutan Mencetak Sampel Cara Dingin

4. Memberi 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 grafik elektrik pada bagian belakang sampel sebelum atau sesudah dicetak.



Gambar 2.14 Pemberian Tanda pada Sampel Pemotongan Batang penghubung
Kopling Universal

5. 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 *sample* dengan kertas amplas.

Untuk pemindahan atau penggantian tingkat kekerasan amplas, 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).



Gambar 2.15 Mesin Gerinda

6. 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 selanjutnya dikeringkan dengan pengering.

7. Polishing

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

- a. Membebaskan sampel dari goresan akibat penggerindaan.

- b. Membebaskan sampel dari *flek* yang ditimbulkan selama proses penggerindaan.
- c. Tidak ada perubahan logam, khususnya pada permukaan logam benda uji yang akan dianalisis.

Selama proses pemolesan sampel yang perlu diperhatikan adalah:

- a. Media poles tidak boleh terlalu kering atau terlalu basah. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya gesekan yang berlebihan.
- b. Setiap penggantian tingkatan kekerasan terlebih dahulu harus dicuci.
- c. Setiap *polishing* tidak boleh lama, agar tidak timbul goresan pada sampel.

Pemolesan spesimen uji menggunakan alumina dengan kekasaran 1 μm . Proses pemolesan spesimen dilakukan hingga permukaan spesimen rata dan mengkilap seperti cermin.

8. 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:

- a. Perbedaan warna akibat distribusi mikrostruktur.
- b. Jenis kekerasan yang berbeda, akibat perkembangan orientasi strukturnya.
- c. Perbedaan kemampuan larut dalam mikrostruktur dan sifat anisotropi kristal terdapat agresivitas medium etsa, dapat menimbulkan relief pada permukaan batas butir kristal.
- d. Terbentuknya elemen lokal secara elektrokimia pada perbatasan kristal-kristal sebelum medium etsa beraksi dengan permukaan kristal tersebut.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan selama proses etsa adalah

- a. Kemampuan medium etsa.
- b. Konsentrasi larutan medium etsa.
- c. Kemampuan larut logam dalam medium etsa.
- d. Waktu berlangsungnya proses etsa.

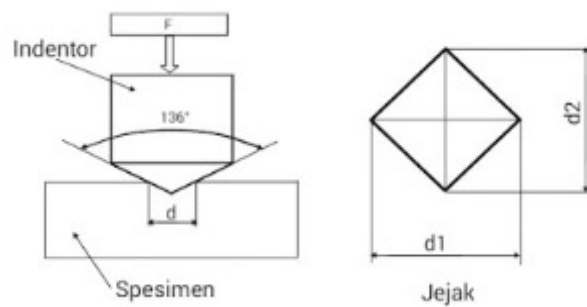
Spesimen pasca poles yang permukaannya rata dan mengkilap seperti cermin selanjutnya dietsa menggunakan Nital 2%. Setelah proses etsa selesai, spesimen dicuci dengan air bersih dan alkohol, dikeringkan dan selanjutnya siap untuk diamati mikrostrukturnya.

9. Pengambilan Gambar Mikrostruktur

Spesimen uji pasca etsa diletakkan pada meja pemegang yang telah diberikan bahan lilin. 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.

2.14 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekekerasan dilakukan menggunakan standar kekerasan *Vickers*. Dalam pengujian *hardness Vickers* ini digunakan indentor berupa piramida intan dengan 4 sisi yang menggunakan sudut 136° antar sisinya, ujung indentor intan ini sangat halus dan tajam sehingga mampu untuk memberikan indentasi pada material uji.^[10]



Gambar 2.16 Indentor dan jejak pada metode *vickers*

Untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji, maka diagonal rata-rata dari jejak harus diukur terlebih dahulu dengan memakai mikroskop. Angka kekerasan Vickers dapat diperoleh dengan membagi besar beban uji yang digunakan dengan luas permukaan jejak. Nilai kekerasan *vickers* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$HV = \frac{P}{A} = \frac{1,854.P\alpha}{d^2} = \frac{1,854.P}{d^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : α : Angka konversi satuan SI = 0,102 (N/mm)

P : Gaya (kg)

d : Panjang diagonal rata – rata (mm) = $\frac{d1 + d2}{2}$

Di dalam pengujian kekerasan *Vickers* perlu diperhatikan mengenai jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir spesimen, di mana menurut standar ASTM adalah sebesar 2,5 kali diagonal jejak. Dan jarak minimal antara jejak – jejak yang berdekatan juga 2,5 kali diagonal jejak. Sedangkan menurut standar ISO, jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir benda uji adalah 2,5 d untuk baja dan paduan tembaga dan

3 d untuk logam-logam ringan, sementara jarak minimal antara jejak adalah 3 d untuk baja dan paduan tembaga, dan 6 d untuk logam-logam ringan.

2.15 Pengujian Komposisi Kimia

Dalam industri logam, pengujian komposisi kimia logam penting untuk memastikan kualitas produk, terutama saat jaminan kualitas masuk. Ketika industri manufaktur menerima bahan, baik sebagai bahan baku untuk produksi maupun sebagai komponen bangunan yang siap pakai.^[11]

Dalam melakukan pengujian komposisi kimia, banyak hal yang harus dilakukan, mulai dari pemilihan jenis analisis hingga penggunaan alat yang digunakan selama analisis. Untuk analisis digunakan metode analisis kualitatif dan analisis kuantitatif.

Spektroskopi Emisi Optik (OES) adalah teknik analisis yang banyak digunakan untuk menentukan komposisi unsur berbagai logam. Bagian dari spektrum elektromagnetik yang digunakan dalam OES meliputi spektrum tampak dan bagian dari spektrum ultraviolet. Dalam rentang panjang gelombang, bagian dari spektrum yang digunakan adalah antara 130 nanometer dan sekitar 800 nanometer.

Di sini sumber daya membangkitkan atom dalam sampel logam, menyebabkan mereka memancarkan cahaya karakteristik, atau emisi cahaya. Ini membutuhkan penggunaan catu daya tegangan tinggi di spektrometer untuk memanaskan area sampel kecil hingga ribuan derajat Celcius melalui elektroda. Perbedaan potensial antara sampel dan elektroda menciptakan pelepasan listrik yang berjalan melalui sampel, memanaskan dan menguapkan material di permukaan dan menarik atom-atom material, yang kemudian memancarkan garis emisi karakteristik elemen.

Proses peluahan dapat menghasilkan dua bentuk peluahan, bentuk busur api adalah peristiwa on/off yang mirip dengan sambaran petir atau percikan api, yaitu peristiwa pelepasan berganda dimana tegangan elektroda dihidupkan dan dimatikan. dua mode operasi ini tergantung pada elemen yang diukur dan akurasi yang diinginkan.

Komponen kedua adalah sistem optik. Beberapa garis emisi optik, yang disebut plasma, dari sampel yang diuapkan memasuki spektrometer. Gradasi difraksi pada spektrometer memisahkan cahaya yang masuk ke dalam panjang gelombang unsur tertentu, dan detektor yang sesuai mengukur intensitas cahaya pada setiap panjang gelombang. Intensitas yang diukur sebanding dengan konsentrasi offset elemen dalam sampel. Komponen ketiga adalah sistem komputer, dimana dapat menerima intensitas terukur dan proses data melalui kalibrasi yang dapat ditentukan untuk menghasilkan konsentrasi unsur.

