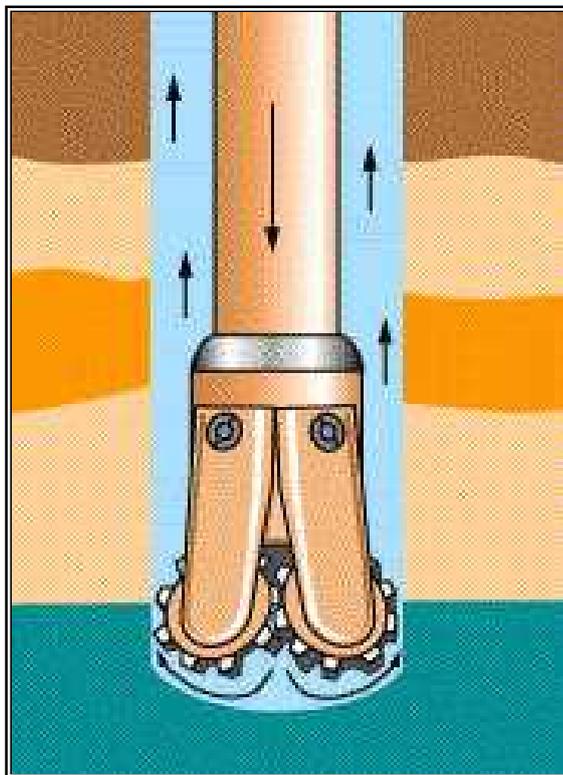


# PENGANTAR TEKNIK PERMINYAKAN (TM-110)

## **BUKU II** **Pengantar Teknik Pemboran**



oleh :  
Ir. Joko Pamungkas, MT



JURUSAN TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA  
2004

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, akhirnya Diktat MKA Pengantar Teknik Perminyakan (TM-110) telah selesai disusun. Diktat II ini berjudul “Pengantar Teknik Pemboran” merupakan bagian dari 5 (lima) diktat sebagai bahan bacaan wajib.

Penulis berharap setelah membaca diktat ini para mahasiswa dapat mengenal dan mengerti dasar-dasar teknik Pemboran.

Dasar-dasar teknik pemboran ini meliputi: sekilas tentang sejarah perkembangan pemboran, peralatan utama pemboran, penyemenan dan casing, well completion dan pengantar pemboran berarah dan pemboran horisontal.

Kata pepatah kuno; tak ada gading yang tak retak, demikian juga penulis dalam menyusun diktat ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik demi penyempurnaan diktat ini sangat diharapkan.

Semoga bermanfaat.

Yogyakarta, Oktober 2004

Penyusun  
Ir. Joko Pamungkas, MT

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL .....                                  | i     |
| KATA PENGANTAR .....                                 | ii    |
| DAFTAR ISI .....                                     | iii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                  | v     |
| BAB I PENDAHULUAN                                    |       |
| 1.1. Sejarah Perkembangan Pemboran .....             | I-1   |
| 1.2. Tahapan Pemboran.....                           | I-2   |
| BAB II. PERALATAN UTAMA PEMBORAN                     |       |
| 2.1. Sistem Tenaga .....                             | II-1  |
| 2.1.1. Prime Mover Unit .....                        | II-1  |
| 2.1.2. Sistem Transmisi (Distribusi Tenaga) .....    | II-1  |
| 2.2. Sistem Pengangkatan .....                       | II-3  |
| 2.2.1. Struktur Penyangga .....                      | II-5  |
| 2.2.2. Peralatan Pengangkatan.....                   | II-5  |
| 2.3. Sistem Pemutar.....                             | II-9  |
| 2.3.1. Peralatan Putar.....                          | II-10 |
| 2.3.2. Rangkaian Pipa Bor.....                       | II-10 |
| 2.3.3. Mata Bor (Bit) .....                          | II-14 |
| 2.3.4. Specialized Down Hole Tools .....             | II-16 |
| 2.4. Sistem Sirkulasi.....                           | II-17 |
| 2.4.1. Lumpur Pemboran (Drilling Fluid, Mud) .....   | II-17 |
| 2.4.2. Tempat Persiapan (Preparation Area) .....     | II-19 |
| 2.4.3. Peralatan Sirkulasi (Circulating Equipment) . | II-19 |
| 2.4.4. Conditioning Area .....                       | II-19 |
| 2.5. Sistem Pencegahan Sembur Liar.....              | II-21 |
| 2.5.1. Rangkaian BOP Stack.....                      | II-21 |
| 2.5.2. Accumulator.....                              | II-22 |
| 2.5.3. Sistem Penunjang .....                        | II-22 |
| BAB III. PENYEMENAN DAN CASING                       |       |
| 3.1. Penyemenan .....                                | III-1 |
| 3.1.1. Komponen dan Komposisi Semen .....            | III-1 |
| 3.1.2. Jenis Penyemenan .....                        | III-1 |
| 3.1.3. Metode Penyemenan .....                       | III-2 |
| 3.1.4. Mekanika Penyemenan .....                     | III-3 |
| 3.2. Peralatan Penyemenan.....                       | III-5 |
| 3.2.1. Peralatan di Atas Permukaan .....             | III-5 |
| 3.2.2. Peralatan Bawah Permukaan .....               | III-5 |
| 3.3. Peralatan Pada Stage Cementing.....             | III-7 |
| 3.3.1. Peralatan di Atas Permukaan .....             | III-7 |
| 3.3.2. Peralatan Bawah Permukaan.....                | III-7 |

## BAB IV. WELL COMPLETION

- 4.1. Pengertian dan Tujuan Well Completion ..... IV-1
- 4.2. Jenis-jenis Well Completion ..... IV-1
  - 4.2.1. Formation Completion ..... IV-1
  - 4.2.2. Tubing Completion ..... IV-4
  - 4.2.3. Well Head Completion ..... IV-7

## BAB V. PENGANTAR PEMBORAN BERARAH DAN PEMBORAN HORIZONTAL

- 5.1. Maksud dan Tujuan Pemboran Berarah..... V-1
  - 5.1.1. Alasan Dilakukannya Pemboran Berarah ..... V-1
- 5.2. Maksud dan Tujuan Pemboran Horizontal ..... V-5
  - 5.2.1. Alasan Dilakukannya Pemboran Horizontal.... V-5
  - 5.2.2. Tipe Pemboran Sumur Horizontal ..... V-7

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Gambar 2.1  | Komponen Utama Pemboran Putar.....  | II-2  |
| Gambar 2.2  | Sistim Tenaga.....  | II-3  |
| Gambar 2.3  | Sistim Pengangkatan .....   | II-4  |
| Gambar 2.4  | Drilling Mast.....  | II-7  |
| Gambar 2.5  | Menara Bor Standar Derrick .....  | II-8  |
| Gambar 2.6  | Sistim Pemutar .....  | II-9  |
| Gambar 2.7  | Jenis-jenis Penampang Kelly.....  | II-11 |
| Gambar 2.8  | Proses Penambahan Pipa Pemboran .....   | II-12 |
| Gambar 2.9  | Proses Pencabutan Pipa Pemboran.....  | II-13 |
| Gambar 2.10 | Drag Bit.....   | II-15 |
| Gambar 2.11 | Rolling Cutter Bit.....   | II-15 |
| Gambar 2.12 | Diamond Bit.....  | II-16 |
| Gambar 2.13 | Sistim Sirkulasi .....  | II-17 |
| Gambar 2.14 | Sistim Pencegahan Sembur Liar .....   | II-21 |
| Gambar 2.15 | Konfigurasi Minimum BOP Stack.....  | II-23 |
| Gambar 3.1  | Tujuan Primary Cementing .....  | III-2 |
| Gambar 3.2  | Multistage Cementing pada zona Lost Circulation                                 | III-3 |
| Gambar 3.3  | Mekanika Penyemenan .....   | III-4 |
| Gambar 4.1  | Open-hole Completion.....   | IV-2  |
| Gambar 4.2  | Perforated Casing Completion.....   | IV-2  |
| Gambar 4.3  | Screen dan Liner Completion .....   | IV-3  |
| Gambar 4.4  | Skema Penyelesaian Sumur dgn Gravel Pack ....                                   | IV-4  |
| Gambar 4.6  | Commingle Completion .....  | IV-5  |
| Gambar 4.7  | Multiple-Packer Completion.....   | IV-6  |
| Gambar 4.8  | Multiple Tubingless Completion.....   | IV-7  |
| Gambar 4.9  | Rangkaian Peralatan Well-Head Completion .....                                  | IV-8  |
| Gambar 5.1  | Pemboran Horisontal Bila Reservoar di Bawah Kota<br>yang Padat Penduduknya..... | V-2   |
| Gambar 5.2  | Pemboran Horisontal Bila Reservoar di Bawah<br>Sungai .....                     | V-2   |
| Gambar 5.3  | Pemboran Berarah Karena Struktur Patahan .....                                  | V-3   |
| Gambar 5.4  | Pemboran Berarah Karena Salt Dome .....   | V-4   |
| Gambar 5.5  | Tipe Pemboran Berarah .....   | V-4   |
| Gambar 5.6  | Pemboran Horisontal pada Reservoar Tipis .....                                  | V-6   |
| Gambar 5.7  | Pemboran Horisontal pada Reservoar<br>Lepas Pantai.....                         | V-6   |
| Gambar 5.8  | Pemboran Horisontal pada Lensa-lensa .....                                      | V-7   |
| Gambar 5.9  | Tipe Pemboran Horizontal .....  | V-9   |
| Gambar 5.10 | Peralatan Pembelok pada Pemboran<br>Horizontal .....                            | V-12  |
| Gambar 5.11 | Mekanisme Pembelokan dengan Knuckle Joint .                                     | V-13  |
| Gambar 5.12 | Mekanisme Pembelokan dengan Whipstock.....                                      | V-13  |

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. SEJARAH PERKEMBANGAN PEMBORAN

Pengeboran sumur minyak pertama kali dilakukan oleh Kolonel **Edwin L. Drake** di dekat Titusville, Pennsylvania, Amerika Serikat pada tanggal 22 Agustus 1859 dengan menggunakan metode pemboran yang masih sangat sederhana yaitu pemboran tumbuk, sampai kedalaman 21 meter.

Sedangkan di Indonesia pengeboran sumur minyak pertama kali dilakukan oleh seorang Belanda bernama **Jan Reerink**. Reerink menancapkan bor pencarian minyak bumi di Cibodas Tangat, Kecamatan Majalengka, Jawa Barat, tahun 1871. Karena kurang pengalaman, pengetahuan, dan peralatan, usaha Reerink hanya mencapai 33 meter. Dan berhadapan dengan longsoran-longsoran tanah, sehingga pemboran pertamanya ini dihentikan pada tahun 1872. Pemboran kedua dilakukan lagi tapi hanya setengah meter jaraknya dari lobang pertama. Mencapai kedalaman 22 meter dan terjadi longsoran tanah. Karena tidak komersil maka sumur ini akhirnya ditinggalkan.

Pengalaman kerja pemboran sebelumnya yang belum berhasil itu telah menyadarkan Reerink bahwa ia harus melakukan persiapan peralatan dan pengetahuan yang lebih mantap. Setelah belajar di Amerika Serikat dan membawa serta seorang ahli AS dengan peralatan bor baru, Reerink melakukan pemboran pada 1874 di daerah Cirebon itu. Setelah berulang-ulang gagal, pekerjaan itu dihentikan 16 Desember 1874. Demikianlah usaha pertama pencarian minyak di bumi Nusantara ini belum berujung pada keberhasilan. Sampai 1881 tak terdengar lagi kegiatan lain dalam pencarian minyak di Hindia Belanda.

Jika pemboran pertama dilakukan di Jawa Barat, tapi keberhasilan pertama penemuan minyak bumi secara komersial adalah di daerah Langkat, Sumatera Utara. Adalah **Aeilko Janszoon Zijlker**, seorang pemimpin perkebunan tembakau Belanda yang rupanya punya bakat dan semangat wirausaha. Setelah berjuang beberapa tahun, akhirnya berhasil dengan sumur Telaga Tunggul I, disusul sumur-sumur lainnya di Telaga Said, Sumatera Utara.

Pada dewasa ini operasi pemboran yang mengalami perkembangan adalah pemboran berputar (*Rotary Drilling*) yang dimulai pada tahun 1863 oleh **Leschot** seorang insinyur sipil Perancis.

## 1.2. TAHAPAN PEMBORAN

### 1. PEMBORAN EKSPLORASI

Pemboran eksplorasi adalah pemboran sumur-sumur yang dilakukan untuk membuktikan ada tidaknya hidrokarbon serta untuk mendapatkan data-data bawah permukaan sebanyak mungkin.

Langkah-langkah di dalam pemboran eksplorasi adalah sebagai berikut :

- a. Pembuatan rencana pemboran : titik koordinat, elevasi, perkiraan lithologi dan tekanan formasi, program lumpur, konstruksi sumur, program coring, analisa cutting, logging dan testing.
- b. Persiapan pemboran : Pembuatan jalan, jembatan, pemilihan menara bor dan peralatan yang sesuai, pemasangan alat pembantu (jaringan telekomunikasi, air, listrik dsb), perhitungan perkiraan biaya pemboran.
- c. Pemboran eksplorasi sekaligus mengumpulkan data-data formasi melalui coring dan pemeriksaan cutting.
- d. Test produksi dengan Drill Stem Test (DST) dan survey lubang bor dengan logging.

### 2. PEMBORAN DELINIASI

Pemboran deliniasi adalah pemboran sumur-sumur yang bertujuan untuk mencari batas-batas penyebaran migas pada lapisan penghasilnya.

Langkah-langkah pada pemboran deliniasi adalah sebagai berikut :

- a. Pemboran deliniasi (biasanya 3 atau 4 buah sumur, masing-masing disebelah utara, selatan, timur, barat dari antiklinnya).
- b. Analisa data
- c. Perhitungan perkiraan besarnya cadangan dengan metoda volumetrik.
- d. Perencanaan jumlah dan letak sumur pengembangan yang harus dibor untuk mengeksplorasi lapisan tersebut.

### 3. PEMBORAN PENGEMBANGAN

Pemboran pengembangan adalah pemboran sumur yang akan difungsikan sebagai sumur-sumur produksi. Pada awal pengembangan jarak/spasi sumur masih lebar yang selanjutnya diperkecil sesuai kemampuan pengurasannya.

Langkah-langkah di dalam pemboran pengembangan adalah :

- a. Perencanaan dan persiapan pemboran.
- b. Pemboran sumur-sumur pengembangan.
- c. Penyelesaian sumur-sumur pengembangan.
- d. Perencanaan dan persiapan pemasangan fasilitas produksi.
- e. Kegiatan memproduksi dan transportasi.

### 4. PEMBORAN SUMUR-SUMUR SISIPAN

Pemboran sumur sisipan (Infill Well) adalah pemboran sumur-sumur yang letaknya diantara sumur-sumur yang telah ada, dengan tujuan untuk mengambil hidrokarbon dari area yang tidak terambil oleh sumur-sumur yang sebelumnya telah ada. Fungsi sumur-sumur sisipan ini adalah sebagai projek percepatan pengurasan reservoir.

## BAB II PERALATAN UTAMA PEMBORAN

Sistim peralatan utama pemboran terdiri dari 5 (lima) komponen, yaitu: sistim tenaga, sistim pengangkat, sistim putar, sistim sirkulasi dan sistim pencegah sembur liar. Peralatan utama pemboran putar dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

### 2.1. SISTIM TENAGA

Sistim tenaga dalam suatu operasi pemboran (lihat **Gambar 2.2**) terdiri dari dua subkomponen utama, yaitu :

#### 2.1.1. POWER SUPPLY EQUIPMENT

Tenaga yang dibutuhkan pada suatu operasi pemboran dihasilkan oleh mesin-mesin besar, yang dikenal dengan "*prime mover unit*" (penggerak utama). Tenaga yang dihasilkan tersebut digunakan untuk keperluan-keperluan sebagai berikut :

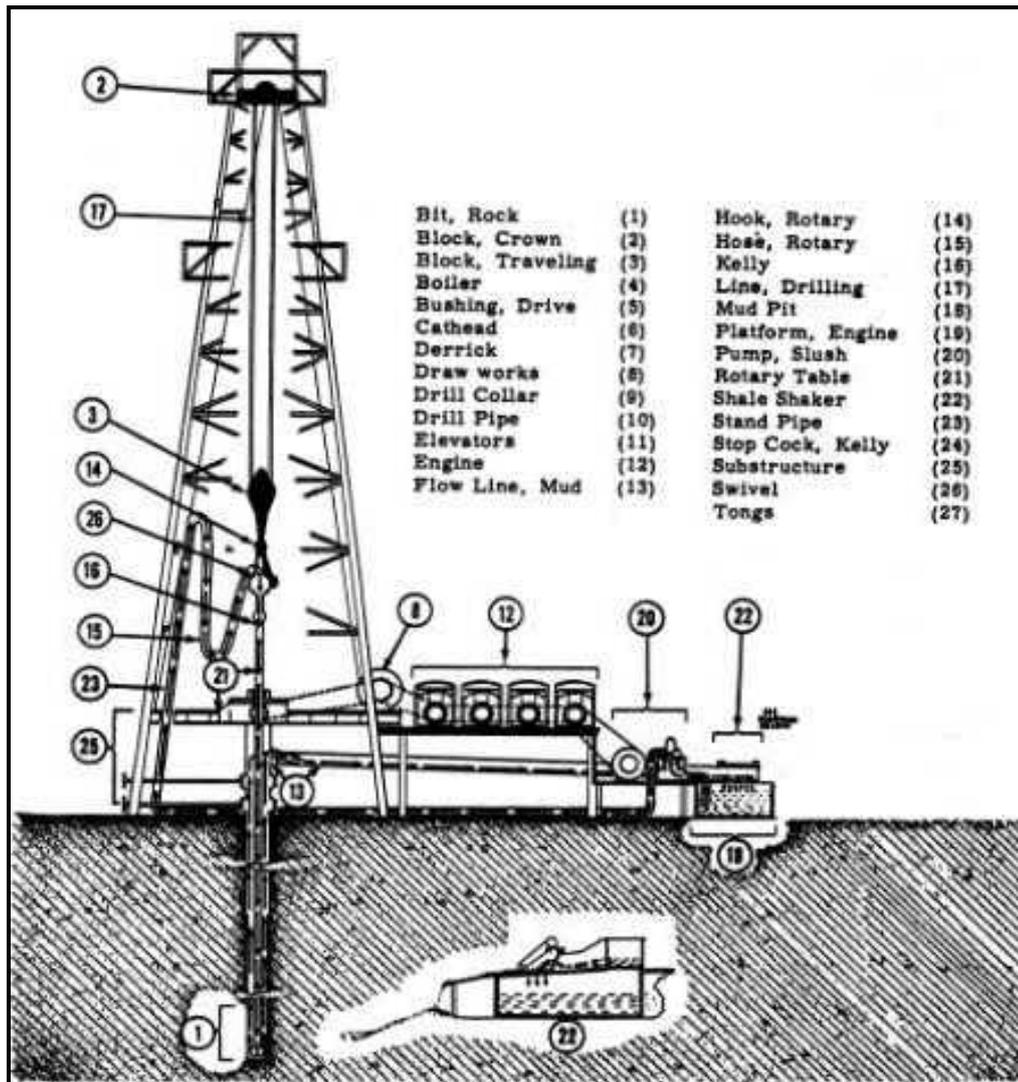
- sirkulasi lumpur,
- hoisting, dan
- rotary drill string.

#### 2.2.2. DISTRIBUTION (TRANSMISSION) EQUIPMENT

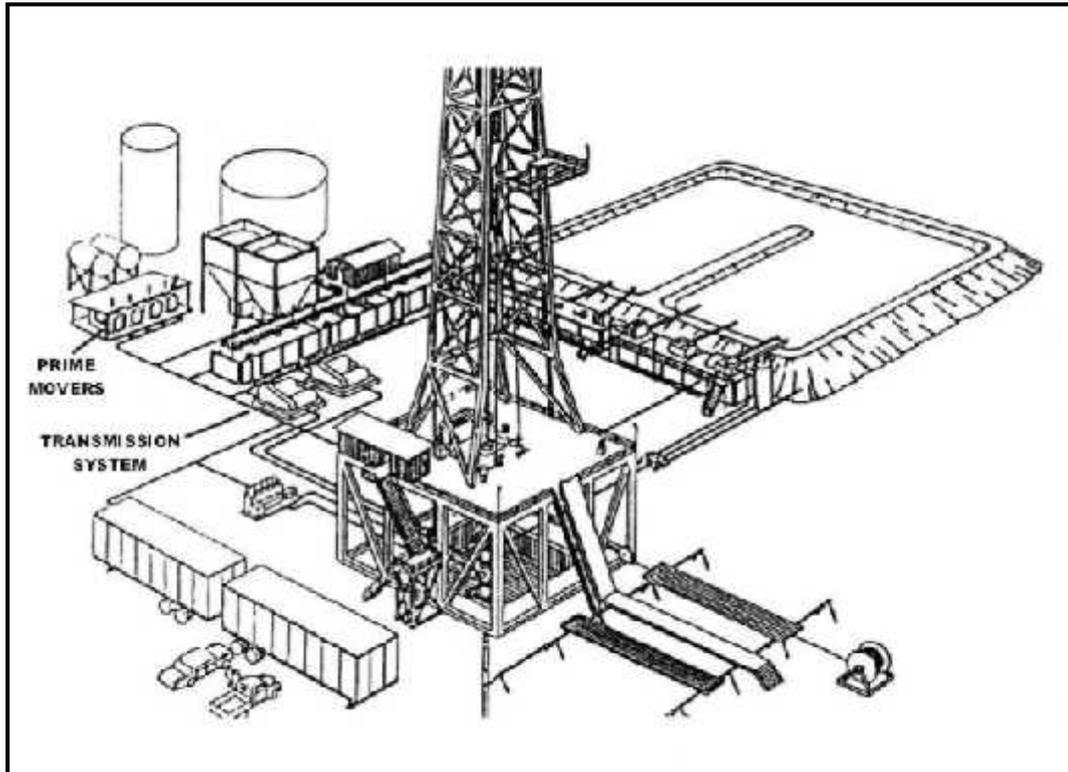
Berfungsi untuk meneruskan atau menyalurkan tenaga dari penggerak utama, yang diperlukan untuk suatu operasi pemboran. Sistim distribusi (transmisi) yang biasa digunakan ada dua macam, yaitu sistim transmisi mekanis dan sistim transmisi listrik (*electric*). Rig tidak akan berfungsi dengan baik bila distribusi tenaga yang diperoleh tidak mencukupi. Oleh sebab itu diusahakan tenaga yang hilang karena adanya transmisi atau distribusi tersebut dikurangi sekecil mungkin, sehingga kerja mesin akan lebih efisien.

Sistim tenaga yang dipasang pada suatu unit operasi pemboran secara prinsip harus mampu memenuhi keperluan-keperluan sebagai berikut :

- fungsi angkat,
- fungsi rotasi,
- fungsi pemompaan, dan
- fungsi penerangan.



Gambar 2.1  
Komponen Utama Pemboran putar



**Gambar 2.2**  
**Sistim Tenaga**

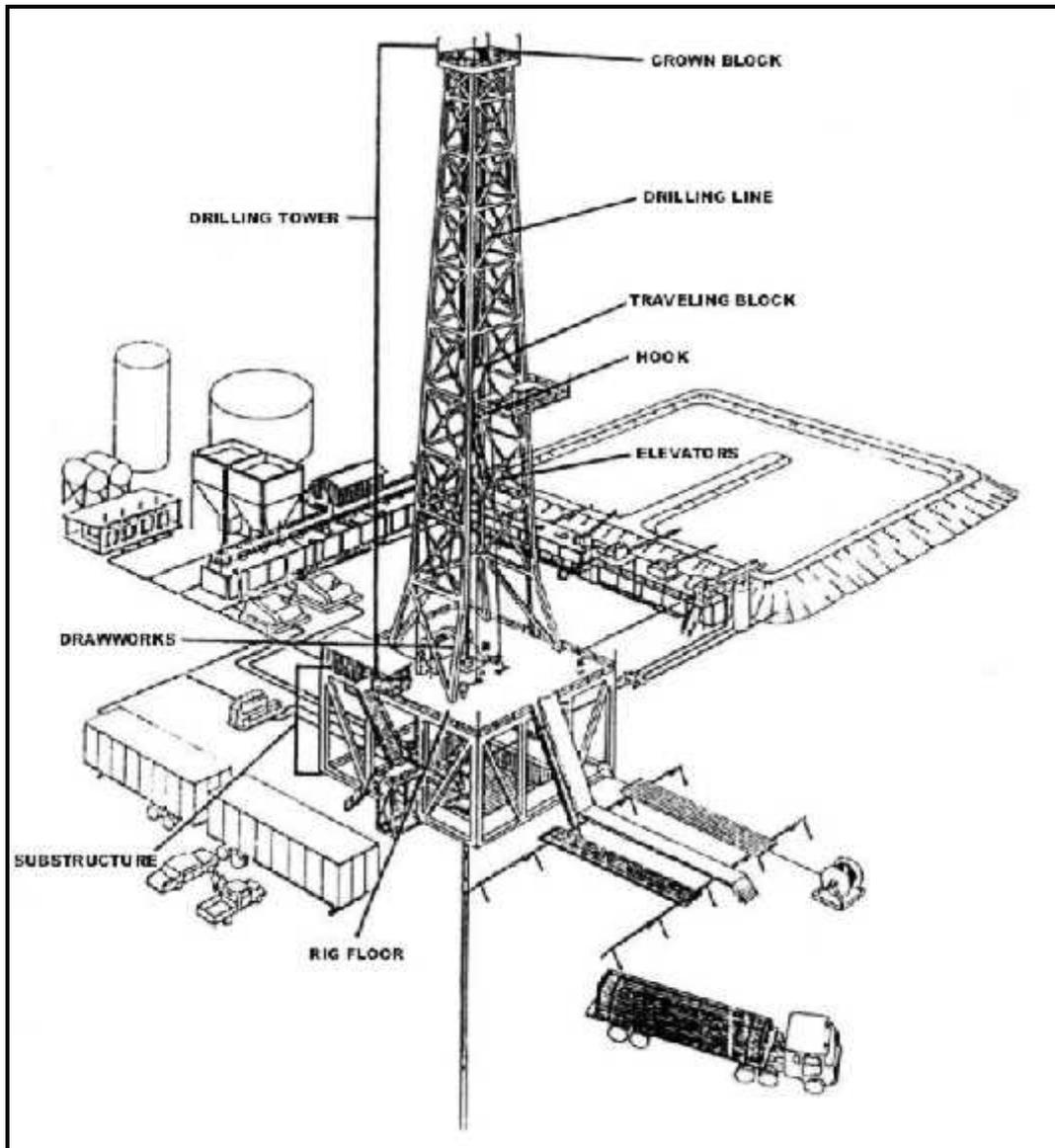
## 2.2. SISTIM PENGANGKATAN

Sistim pengangkatan dalam pemboran (lihat **Gambar 2.3**) memegang peranan yang sangat penting, mengingat bahwa sistim pengangkatan ini adalah sistim yang mendapat beban, baik beban vertikal maupun horizontal.

Beban vertikal yang dialami berasal dari beban menara itu sendiri, beban drill string, casing string, tegangan dari fast line, beban karena tegangan deadline serta beban dari blok-blok. Sedangkan beban horizontal berasal dari tiupan angin yang mana hal ini sangat terasa mempengaruhi beban sistim pengangkatan pada pemboran di lepas pantai (off shore).

Sistim pengangkatan terdiri dari dua sub komponen, yaitu:

1. Struktur penyangga (supporting structure)
2. Peralatan pengangkatan (hoisting equipment)



**Gambar 2.3**  
**Sistim Pengangkatan**

### 2.2.1. STRUKTUR PENYANGGA

Struktur penyangga (rig), adalah suatu kerangka sebagai platform yang berfungsi sebagai penyangga peralatan pemboran. Kerangka ini diletakkan di atas titik bor. Fungsi utamanya untuk trip, serta untuk menahan beban yang terjadi akibat peralatan bor itu sendiri maupun beban dari luar. Struktur penyangga meliputi :

**a. Substructure**

Fungsinya untuk menahan beban tekan yang berasal dari peralatan pemboran itu sendiri.

**b. Rig Floor**

Fungsinya untuk menampung peralatan pemboran yang berukuran kecil, tempat berdirinya menara dan sebagai tempat kerja para roughneck.

**c. Drilling Tower (derrick)**

Fungsi utamanya untuk memberikan ruang kerja yang cukup untuk pengangkatan dan penurunan drill collar serta casing string. Oleh sebab itu tinggi dan kekuatannya harus sesuai dengan keperluan.

Ada dua tipe menara pemboran (**Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5**) :

- Type standart (derrick), dan
- Type portable (Mast).

### 2.2.2. PERALATAN PENGANGKATAN

Peralatan pengangkatan yang terdapat pada suatu operasi pemboran terdiri dari drawwork, overhead tools dan drilling line.

**a. Drawwork**

Drawwork merupakan otak dari suatu unit pemboran karena melalui alat ini seorang driller melakukan dan mengatur operasi pemboran.

Fungsi utama dari drawwork adalah :

- Memindahkan tenaga dari prime mover ke rangkaian pipa bor selama pemboran berlangsung.
- Memindahkan tenaga dari prime mover ke rotary drive, dan
- Memindahkan tenaga dari prime mover ke chathead untuk menyambung atau melepas section rangkaian pipa bor.

**b. Overhead Tools**

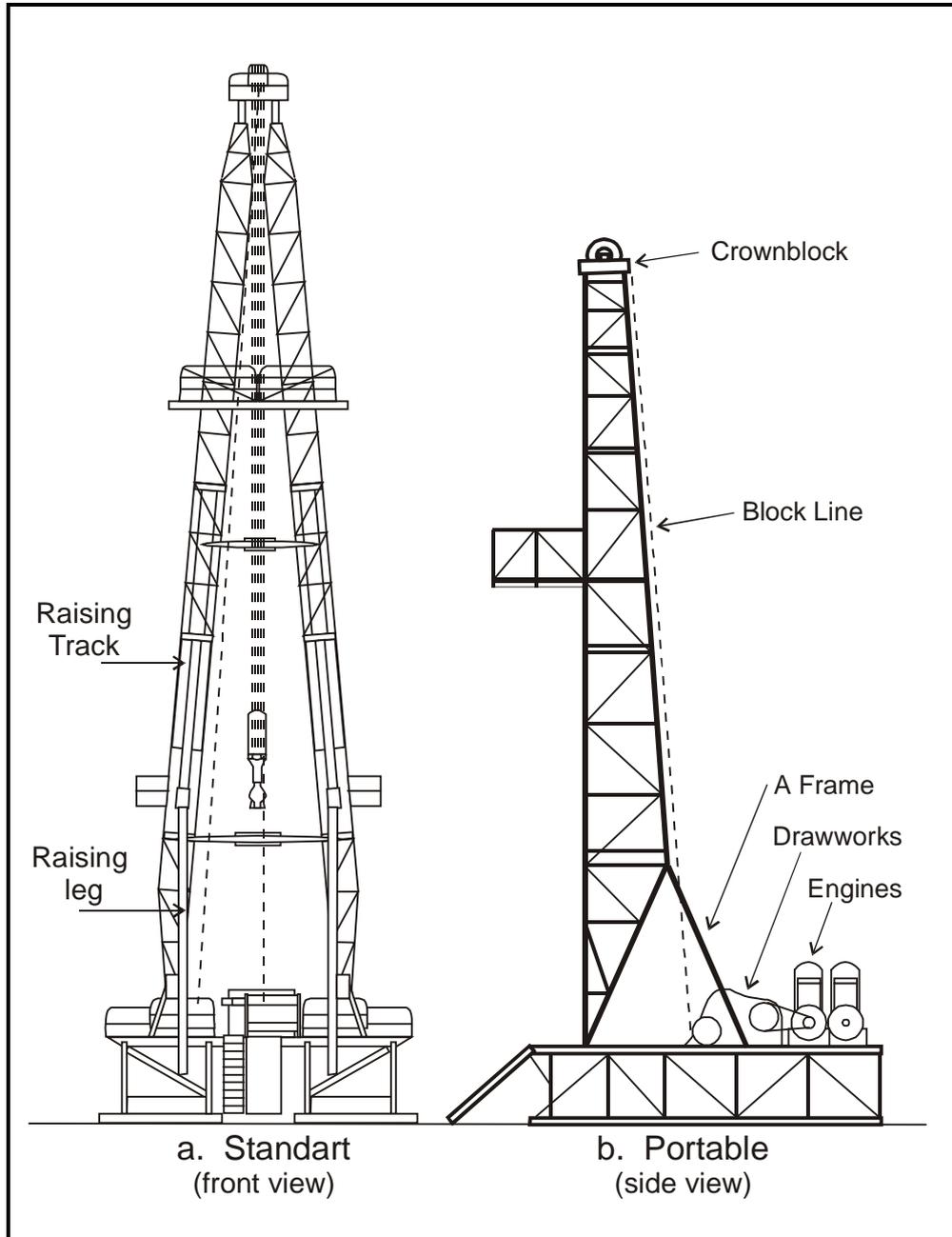
Rangkaian overhead tools terdiri dari crown block travelling block, hook, dan elevator.

- **Crown block,** merupakan kumpulan roda yang ditem-patkan pada puncak menara (sebagai blok diam).
- **Travelling Block,** merupakan roda yang digantung di bawah crown block, di atas lantai bor.

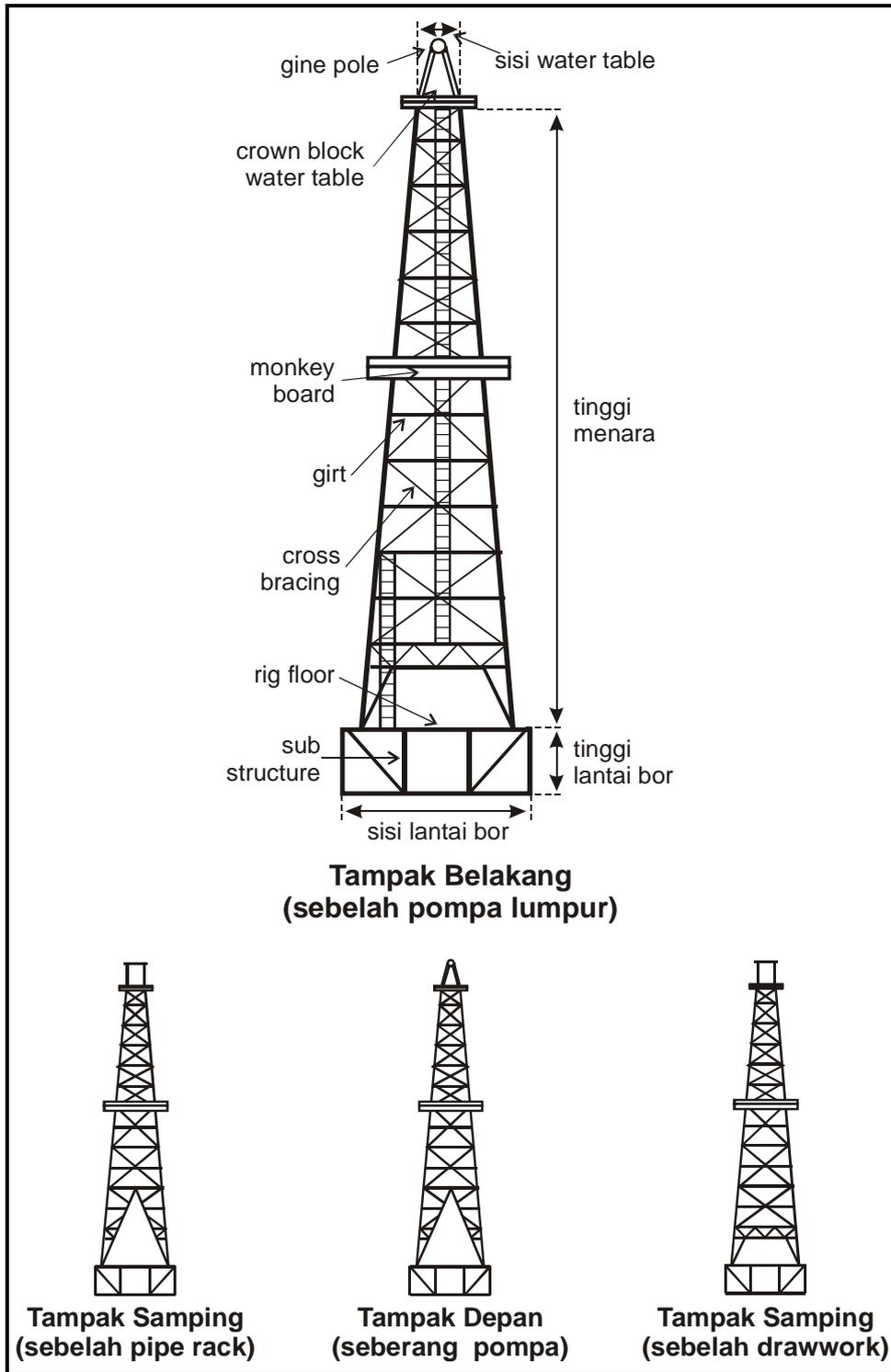
- **Hook,**  
berfungsi untuk menggantung swivel dan rangkaian pipa bor selama operasi pemboran.
- **Elevator,**  
merupakan klem (penjepit) yang ditempatkan (digantung) pada salah satu sisi travelling block atau hook dengan elevator links, berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan pipa dari lubang bor.

**c. Drilling Line**

Drilling line sangat penting dalam operasi pemboran karena berfungsi untuk menahan atau menarik beban yang diderita oleh hook. Drilling line terbuat dari baja dan merupakan kumpulan dari kawat yang kecil, diatur sedemikian rupa sehingga merupakan suatu lilitan. Lilitan dari kabel pemboran terdiri dari 6 kumpulan dan satu bagian yang disebut core.



**Gambar 2.4**  
**Drilling Mast**



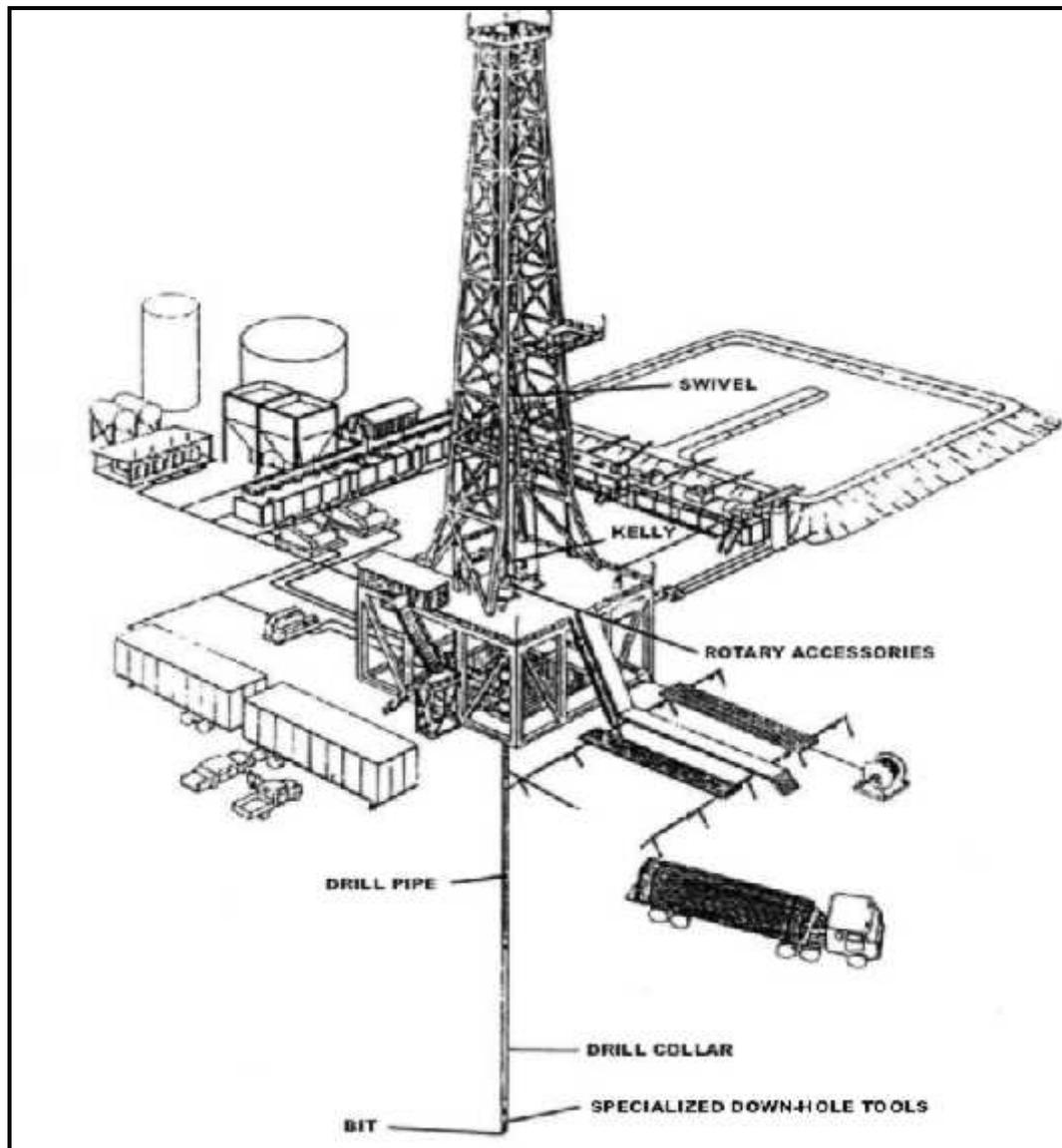
**Gambar 2.5**  
**Menara Bor Standar Derrick**

### 2.3. SISTIM PEMUTAR

Fungsi utama sistim pemutar adalah untuk memutar rangkaian pipa bor dan memberikan beban pada bagian atas dari pahat selama operasi pemboran berlangsung. Selain itu peralatan putar juga berfungsi untuk menggantung rangkaian pipa bor yaitu dengan slip yang dipasang pada rotary table ketika disambung atau melepas bagian-bagian drill pipe. Sistim pemutar pada pemboran dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

Sistim pemutar ini terdiri dari tiga sub komponen utama, yaitu :

1. Peralatan putar (rotary assembly)
2. Rangkaian pipa bor
3. Mata bor atau pahat (bit)



**Gambar 2.6**  
**Sistim Pemutar**

### 2.3.1. PERALATAN PUTAR

Peralatan putar ditempatkan pada lantai bor di bawah crown block dan di atas lubang. Peralatan putar terdiri dari Meja putar, Master bushing, Kelly bushing, dan Rotary Slip.

#### a. Meja putar

Meja putar (rotary table) berfungsi untuk :

- Meneruskan gaya putar dari drawwork ke rangkaian pipa bor melalui kelly bushing dan kelly.
- Menahan pipa bor dalam lubang pada saat penyambungan atau pelepasan pipa bor dilakukan.

#### b. Master bushing

Master bushing merupakan bagian dari rotary table yang berfungsi sebagaiudukan kelly bushing atau rotary slip.

#### c. Kelly bushing

Kelly bushing berfungsi untuk meneruskan tenaga putar dari rotary table ke rangkaian pipa bor selama operasi pemboran berlangsung.

#### d. Rotary Slip

Rotary slip akan berfungsi sebagai penggantung rangkaian pipa bor pada saat dilakukan penyambungan ataupun pelepasan bagian rangkaian pipa bor. Pemasangannya dilakukan dengan cara memasukkannya ke dalam master bushing.

### 2.3.2. RANGKAIAN PIPA BOR

Rangkaian pipa bor merupakan suatu rangkaian yang menghubungkan antara swivel dan mata bor, dan berfungsi untuk :

1. Menaik turunkan mata bor
2. Memberikan beban di atas pahat untuk penembusan
3. Meneruskan putaran ke mata bor
4. Menyalurkan fluida pemboran yang bertekanan ke mata bor.

Rangkaian pipa bor secara berurutan terdiri dari Swivel, Kelly, Drill Pipe, dan Drill Collar.

#### a. Swivel

Alat ini mempunyai fungsi untuk :

- Memberikan kebebasan rangkaian pipa bor untuk berputar.
- Memberikan perpaduan gerak vertikal dengan gerak berputar dapat bekerja bersama-sama.
- Sebagai penghubung antara rotary hose dengan kelly.

#### b. Kelly

Kelly merupakan rangkaian pipa bor dengan irisan luar berbentuk segi tiga, empat, enam (lihat **Gambar 2.7**). Kelly dimasukkan ke dalam kelly bushing, yang berfungsi untuk meneruskan gaya putar (torsi) dari rotary table ke kelly kemudian diteruskan ke seluruh rangkaian pipa bor.

**c. Drill Pipe (DP)**

Merupakan bagian dari rangkaian pipa bor yang panjangnya tergantung dari kedalaman pemboran, sehingga biasanya berjumlah paling banyak untuk mencapai kedalaman lubang bor yang diinginkan.

Fungsi utama dari drill pipe adalah sebagai berikut :

- Menghubungkan kelly terhadap Drill Collar.
- Meneruskan aliran lumpur bor dari swivel ke mata bor.
- Memberikan panjang rangkaian bor, untuk menembus formasi yang lebih dalam.
- Memungkinkan naik turunnya rangkaian pipa dan mata bor.
- Meneruskan putaran dari meja putar ke mata bor.

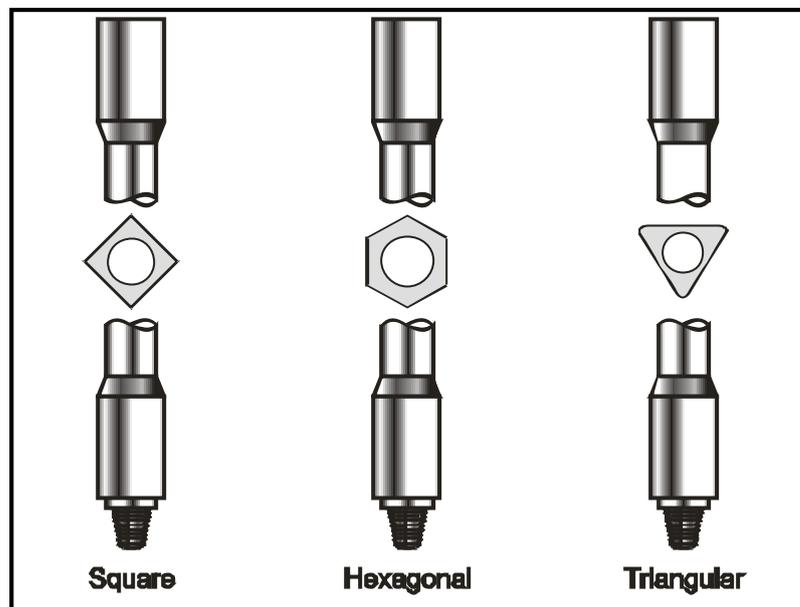
**d. Drill Collar (DC)**

Drill collar mempunyai bentuk seperti drill pipe, akan tetapi diameter dalamnya lebih kecil dan diameter luarnya sama dengan diameter luar dari tool joint drill pipe.

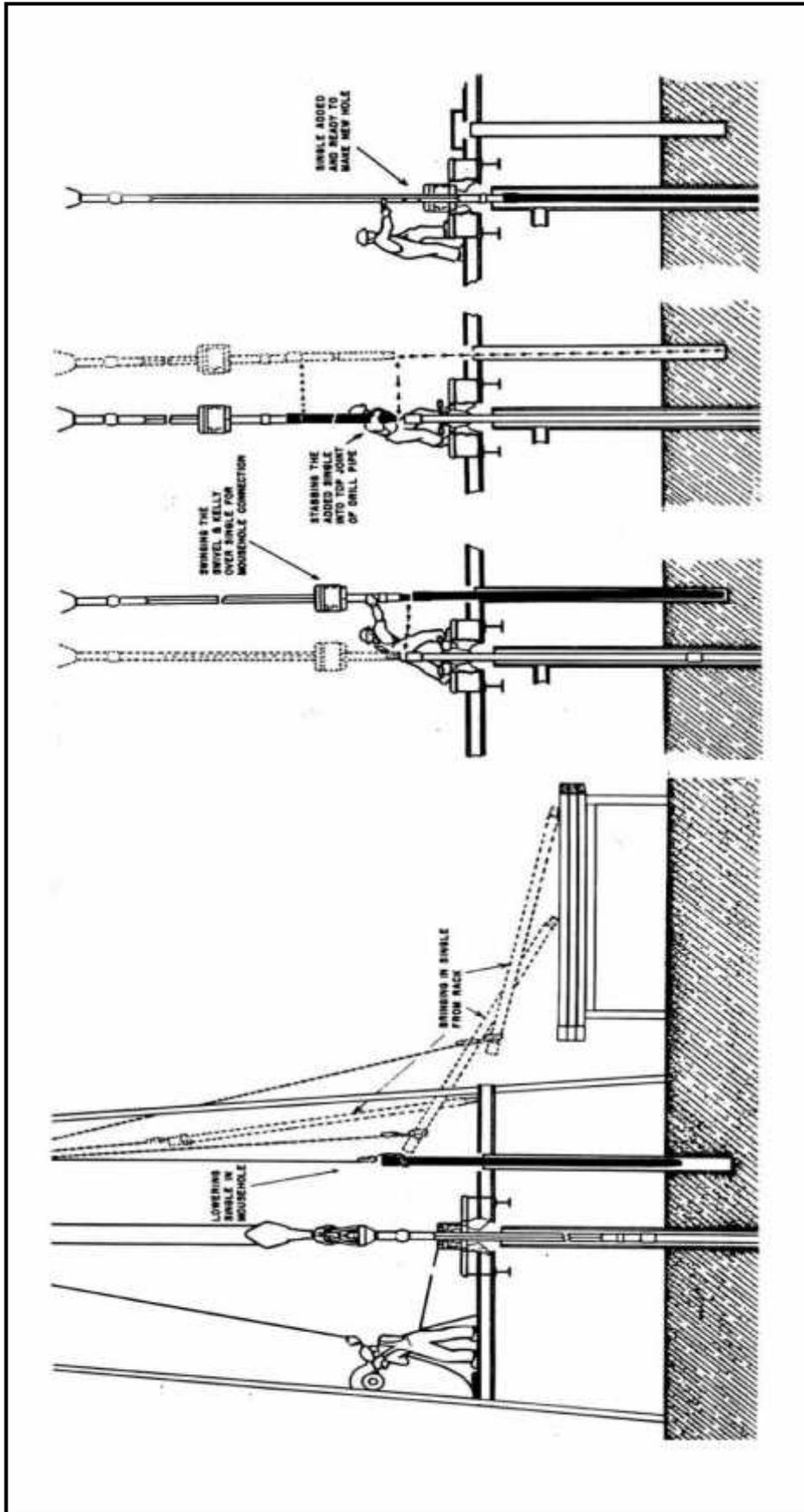
Fungsi drill collar dalam rangkaian pipa bor adalah sebagai berikut :

- Sebagai pemberat sehingga rangkaian pipa bor tetap dalam kondisi tegang untuk menahan gaya yang menyebabkan terjadinya pembelokan lubang, selama pemboran berlangsung.
- Membuat agar putaran rangkaian bor stabil.
- Memperkuat bagian bawah dari rangkaian pipa bor agar mampu menahan adanya gaya puntiran.

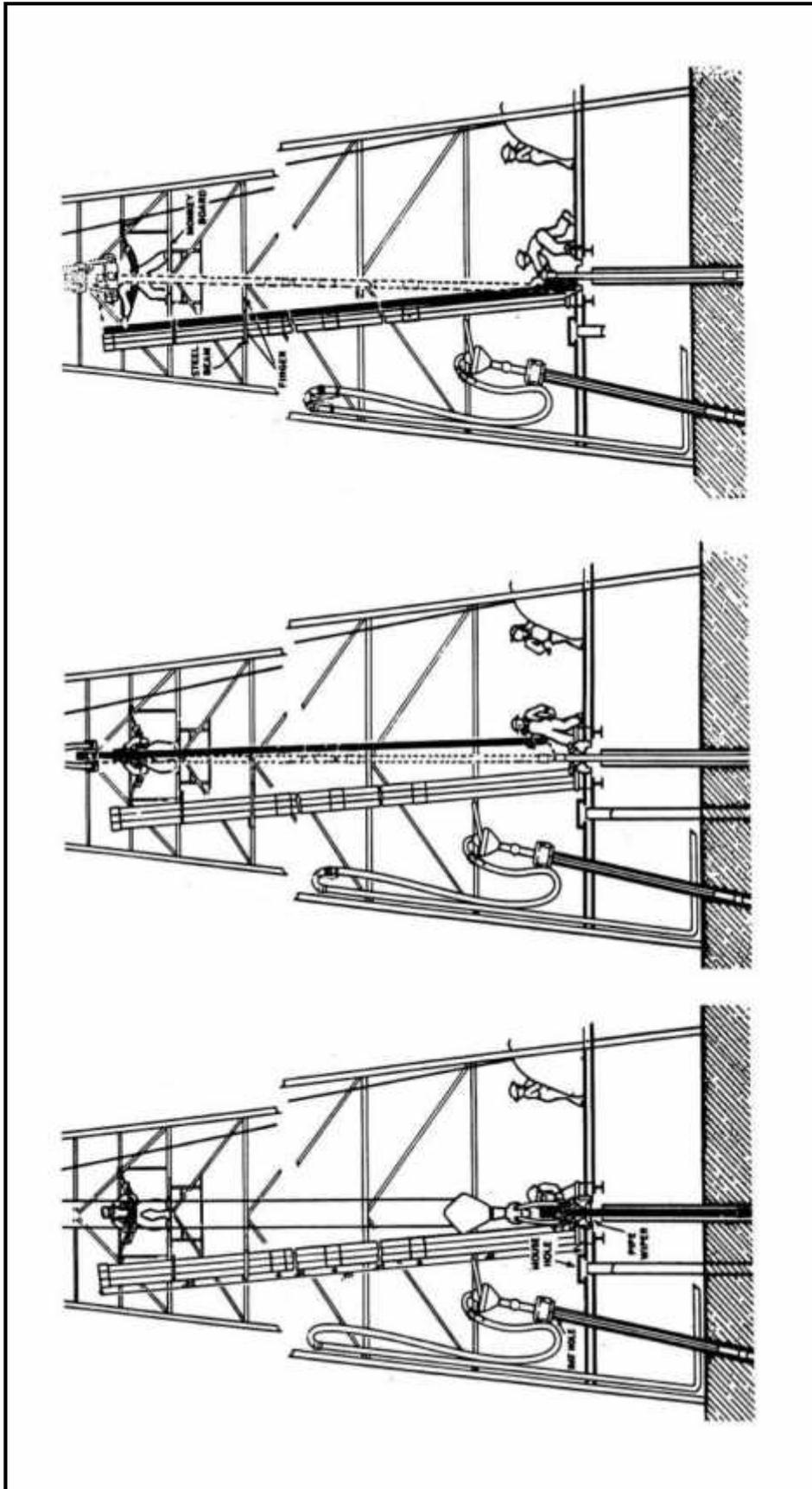
Proses penambahan dan pencabutan pipa pemboran seperti terlihat pada **Gambar 2.8** dan **Gambar 2.9**.



**Gambar 2.7**  
**Jenis-jenis Penampang Kelly**



Gambar 2.8  
Proses Penambahan Pipa Pemboran



Gambar 2.9  
Proses Pencabutan Pipa Pemboran

### 2.3.3. MATA BOR (PAHAT, BIT)

Mata bor merupakan ujung paling bawah dari rangkaian pipa bor yang secara langsung bersentuhan dengan lapisan formasi. Mata bor berfungsi untuk menghancurkan batuan dan menembus formasi sampai pada kedalaman yang diinginkan.

Berdasarkan fungsinya mata bor diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Drag bit
2. Roller - cone
3. Diamond bit.

#### a. Drag Bit

Drag bit tidak mempunyai roda-roda yang dapat bergerak dan membor dengan gaya keruk dari bladenya (lihat **Gambar 2.10**). Bit jenis ini biasanya digunakan pada formasi lunak dan plastik.

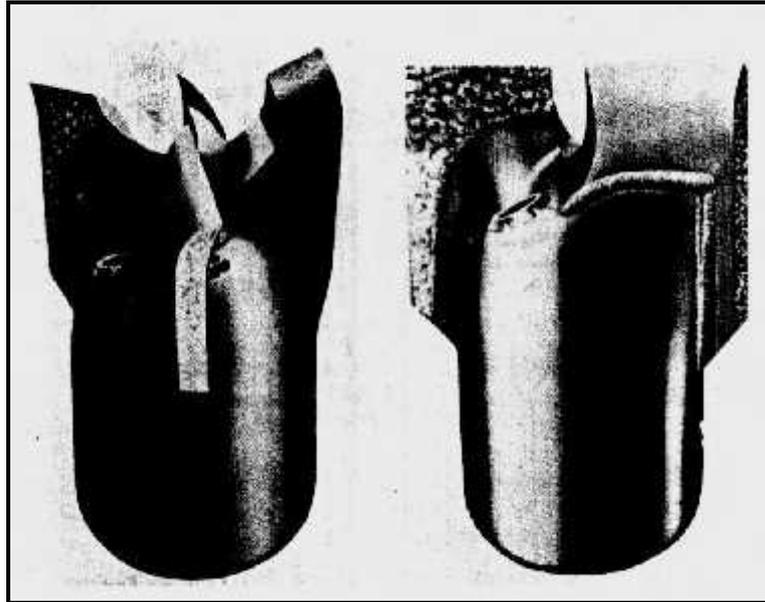
#### b. Roller Cone

Merupakan bit yang mempunyai kerucut (cone) yang dapat berputar untuk menghancurkan batuan (lihat **Gambar 2.11**). Pada masing-masing cone terdapat gigi-gigi. Gigi yang relatif panjang dan jarang atau renggang digunakan pada pemboran formasi lunak, sedangkan gigi yang relatif pendek dan berdekatan digunakan untuk menembus formasi batuan yang sedang sampai keras.

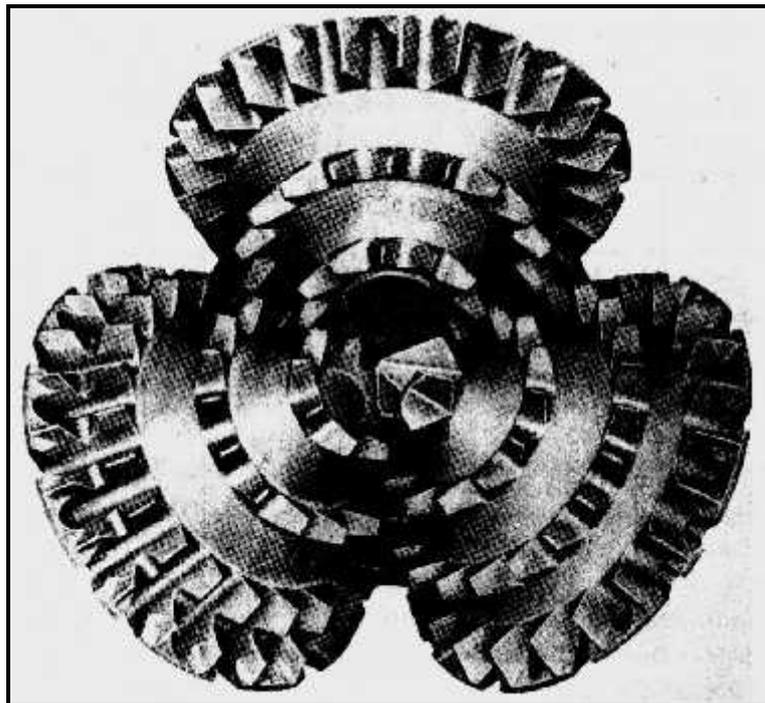
#### c. Diamond Bit

Pengeboran dengan menggunakan diamond bit sifatnya bukan penggalian, tetapi berprinsip pada proses penggoresan dari butir-butir intan yang dipasang pada matriks besi sehingga laju pemboran yang terjadi adalah lambat. (lihat **Gambar 2.12**).

Pemakaian intan dipertimbangkan karena karena intan dianggap zat padat yang paling keras dan abrasif, dan pada prakteknya pemakaian diamond bit pada operasi pemboran mempunyai umur yang relatif panjang (awet) sehingga mengurangi frekuensi round trip, dengan demikian akan mengurangi biaya pemboran.



**Gambar 2.10**  
**Drag Bit**



**Gambar 2.11**  
**Rolling Cutter Bit**



**Gambar 2.12**  
**Diamond Bit**

#### **2.3.4. SPECIALIZED DOWN HOLE TOOLS**

Specialized down hole tools merupakan peralatan khusus yang digunakan untuk mengontrol kerja rangkaian pipa bor selama operasi pemboran berlangsung. Specialized down hole tools yang umum digunakan adalah :

1. Stabilizer
2. Rotary Reamers
3. Sock Absorber

##### **a. Stabilizer**

Stabilizer digunakan sebagai bottom hole assembly untuk menjaga kestabilan bit dan DC dalam lubang bor selama berlangsung operasi pemboran.

##### **b. Rotary Reamers**

Merupakan peralatan yang digunakan pada operasi pemboran terutama menjaga ukuran lubang bor .

##### **c. Shock Absorbers**

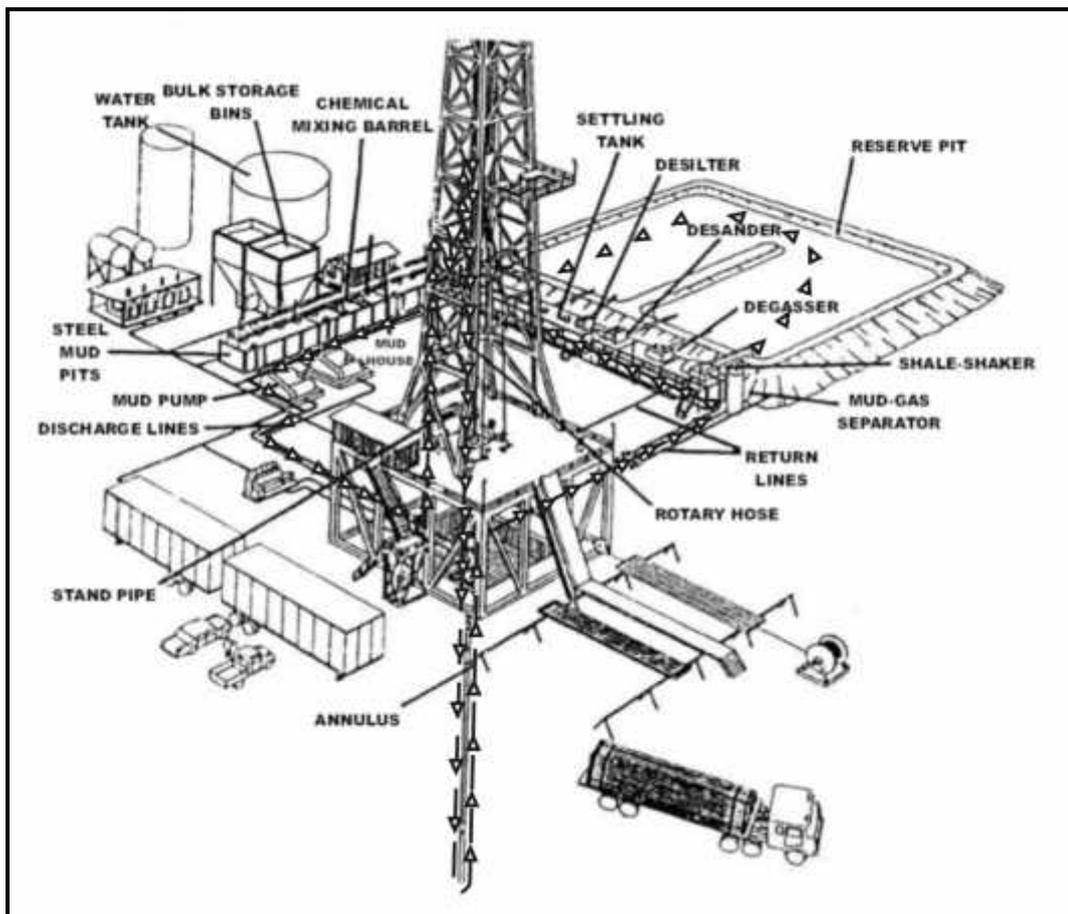
Sering juga disebut "shock sub" , merupakan peralatan yang diletakkan pada bagian bawah section DC untuk mengurangi getaran dan kejutan yang ditimbulkan oleh "cutting action of the bit" ketika membor batuan keras patahan dan selang-seling batuan keras-lunak, hal ini akan mengurangi terjadinya kerusakan rangkaian pipa bor dan rig.

## 2.4. SISTIM SIRKULASI

Tujuan utama dari sistim sirkulasi pada suatu operasi pemboran adalah untuk mensirkulasikan fluida pemboran (lumpur bor) ke seluruh sistim pemboran, sehingga lumpur bor mampu mengoptimalkan fungsinya.

Sistim sirkulasi pada dasarnya terdiri dari empat komponen, yaitu :

1. Fluida pemboran (lumpur bor),
2. Tempat persiapan,
3. Peralatan sirkulasi, dan
4. Conditioning area.



**Gambar 2.13**  
**Sistim Sirkulasi**

### 2.4.1. LUMPUR PEMBORAN (DRILLING FLUID, MUD)

Fluida pemboran merupakan suatu campuran cairan dari beberapa komponen yang dapat terdiri dari : air, minyak, tanah liat (clay), bahan kimia, gas, udara, busa maupun detergent. Di lapangan fluida dikenal sebagai "lumpur" (mud).

Lumpur pemboran merupakan faktor yang penting serta sangat menentukan dalam mendukung kesuksesan suatu operasi pemboran. Fungsi lumpur dalam suatu operasi pemboran antara lain sebagai berikut :

- Mengangkat cutting ke permukaan.
- Mendinginkan dan melumasi bit dan drill string.
- Memberi dinding lubang bor dengan mud cake.
- Mengontrol tekanan formasi.
- Menahan cutting dan material pemberat sirkulasi lumpur dihentikan.
- Melepaskan pasir dan cutting dipermukaan.
- Menahan sebagian berat drill pipe dan cutting (bouyancy effect).
- Mengurangi efek negatif pada formasi.
- Mendapatkan informasi (mud log, sampel log).
- Media logging.

#### **a. Komposisi Lumpur Pemboran**

Komposisi lumpur pemboran ditentukan oleh kondisi lubang bor dan jenis formasi yang ditembus oleh mata bor.

Hal yang penting dalam penentuan komposisi lumpur pemboran, yaitu :

- Semakin ringan dan encer suatu lumpur pemboran, semakin besar laju penembusannya.
- Semakin berat dan kental suatu lumpur pemboran, semakin mudah untuk mengontrol kondisi dibawah permukaan seperti masuknya fluida formasi bertekanan tinggi (kick). Bila keadaan ini tidak dapat diatasi maka akan menyebabkan semburan liar (blowout).

#### **b. Jenis Lumpur Pemboran**

Penentuan lumpur pemboran yang digunakan dalam suatu operasi pemboran didasarkan pada kondisi bawah permukaan dari formasi yang sedang ditembus.

Fluida pemboran yang umum digunakan dalam suatu operasi pemboran dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu *Water-based mud*, *Oil-based mud* dan *Air or Gas-based mud*.

##### **1. Water - Base Mud**

Komposisi lumpur ini terdiri dari air tawar atau air asin, clay dan chemical additives. Komposisi ini ditentukan oleh kondisi lubang bor.

Water based mud merupakan jenis lumpur yang paling umum digunakan karena murah, mudah penggunaannya dan membentuk "filter cake" (kerak lumpur) yang berguna untuk lubang bor dari bahaya gugurnya dinding lubang bor.

##### **2. Oil - Based Mud**

Digunakan pada pemboran dalam, hot holes, formasi shale, dan sebagainya. Lumpur ini lebih mahal, tetapi akan mengurangi terjadinya proses pengaratian (korosi) yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada rangkaian pipa bor.

##### **3. Air or Gas - Based Mud**

Keuntungan dari lumpur jenis ini terutama adalah dapat menghasilkan laju pemboran yang lebih besar. Karena digunakan kompresor, kebutuhan peralatan dan ruang lebih sedikit.

### 2.4.2. TEMPAT PERSIAPAN (PREPARATION AREA)

Ditempatkan pada tempat dimulai sistim sirkulasi. Tempat persiapan lumpur pemboran terdiri dari peralatan-peralatan yang diatur untuk memberikan fasilitas persiapan atau "treatment" lumpur bor.

Peralatan yang digunakan untuk persiapan pembuatan lumpur pemboran meliputi :

- a. **Mud house**  
merupakan gudang untuk menyimpan additives.
- b. **Steel mud pits/tank**  
merupakan bak penampung lumpur di permukaan terbuat dari baja.
- c. **Mixing hopper**  
merupakan peralatan yang digunakan untuk menambah additive ke dalam lumpur.
- d. **Chemical mixing barrel**  
merupakan peralatan untuk menambah bahan-bahan kimia kedalam lumpur.
- e. **Bulk Storage bins**  
merupakan bin yang berukuran besar digunakan untuk menambah additive dalam jumlah yang banyak.
- f. **Water tank**  
merupakan tangki penyimpan air yang digunakan pada tempat persiapan lumpur.
- g. **Reserve pit**  
merupakan kolam yang besar digunakan untuk menampung kelebihan lumpur.

### 2.4.3. PERALATAN SIRKULASI (CIRCULATING EQUIPMENT)

Peralatan sirkulasi merupakan komponen utama dalam sistim sirkulasi. Peralatan ini mengalirkan lumpur pemboran dari peralatan sirkulasi, turun kerangkaian pipa bor dan naik ke anullus serbuk bor kepermukaan menuju conditioning area sebelum kembali ke mud pits untuk sirkulasi kembali (lihat **Gambar 2.13**).

Peralatan sirkulasi terdiri dari beberapa komponen alat, yaitu :

1. Mud pit
2. Mud pump
3. Pump discharge and return lines
4. Stand pipe
5. Rotary hose

### 2.4.4. CONDITIONING AREA

Ditempatkan dekat rig. Area ini terdiri dari peralatan-peralatan khusus yang digunakan untuk membersihkan lumpur bor setelah keluar dari lubang bor. Fungsi utama peralatan ini adalah untuk membersihkan

lumpur bor dari serbuk bor (cutting) dan gas-gas yang terikut. Peralatan yang digunakan pada conditioning area terdiri dari :

**a. Settling tank**

merupakan bak terbuat dari baja digunakan untuk menampung lumpur bor selama conditioning.

**b. Reserve pits**

merupakan kolam besar yang digunakan untuk menampung cutting dari dalam lubang bor dan menampung kelebihan lumpur bor.

**c. Mud - Gas separator**

merupakan suatu peralatan yang memisahkan gas yang terlarut dalam lumpur bor dalam jumlah yang besar.

**d. Shale Shaker**

merupakan peralatan yang memisahkan cutting yang besar-besar dari lumpur bor.

**e. Degasser**

merupakan peralatan yang memisahkan butir-butir pasir dari lumpur bor.

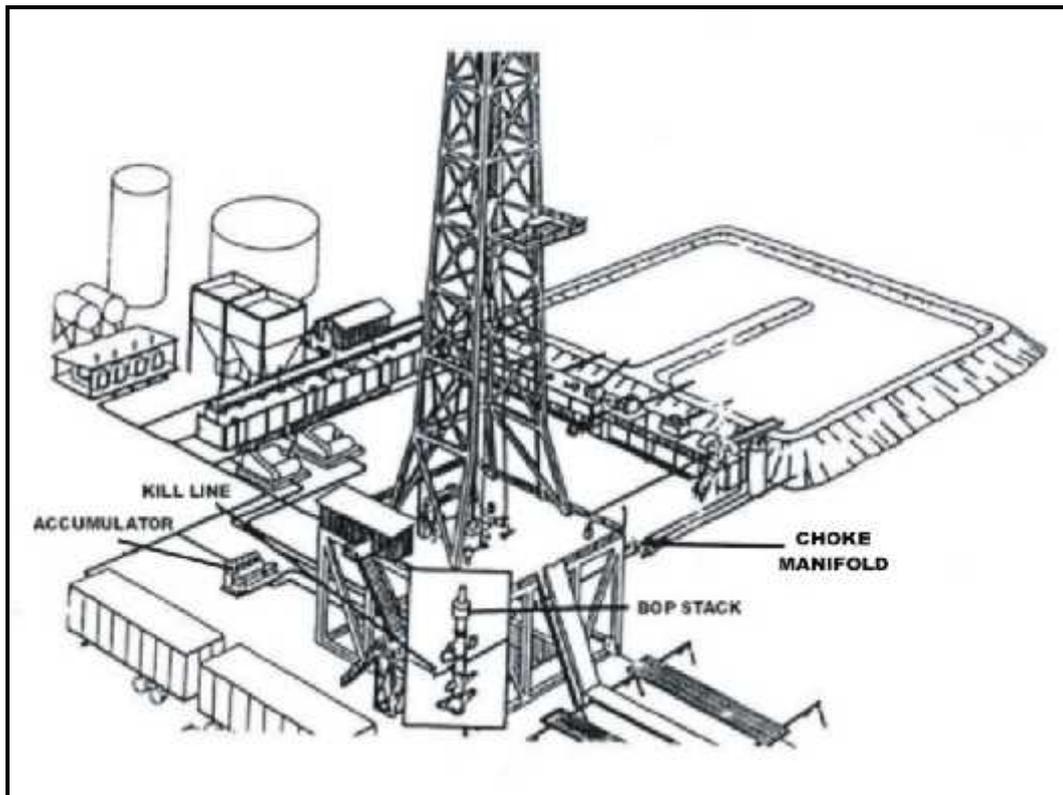
**f. Desilter**

merupakan peralatan yang memisahkan partikel-partikel cutting yang berukuran paling halus dari lumpur bor.

## 2.5. SISTIM PENCEGAHAN SEMBURAN LIAR

Fungsi utama dari sistim pencegahan semburan liar (BOP System) adalah untuk menutup lubang bor ketika terjadi “kick”. Blowout terjadi karena masuknya aliran fluida formasi yang tak terkendalikan ke permukaan. Blowout biasanya diawali dengan adanya “kick” yang merupakan suatu intrusi fluida formasi bertekanan tinggi kedalam lubang bor. Intrusi ini dapat berkembang menjadi blowout bila tidak segera diatasi.

Rangkaian peralatan sistim pencegahan semburan liar (BOP System) terdiri dari dua sub komponen utama yaitu Rangkaian BOP Stack, Accumulator dan Sistim Penunjang.



**Gambar 2.14**  
**Sistim Pencegahan Sembur Liar**

### 2.5.1. RANGKAIAN BOP STACK

Rangkaian BOP Stack ditempatkan pada kepala casing atau kepala sumur langsung dibawah rotary table pada lantai bor.

Rangkaian BOP Stack (lihat **Gambar 2.15**) terdiri dari peralatan sebagai berikut :

#### a. Annular Preventer.

Ditempat paling atas dari susunan BOP Stack. Annular preventer berisi rubber packing element yang dapat menutup lubang annulus baik lubang dalam keadaan kosong ataupun ada rangkaian pipa bor.

**b. Ram Preventer.**

Ram preventer hanya dapat menutup lubang annulus untuk ukuran pipa tertentu, atau pada keadaan tidak ada pipa bor dalam lubang. Jenis ram preventer yang biasanya digunakan antara lain adalah :

**1. Pipe ram**

Pipe ram digunakan untuk menutup lubang bor pada waktu rangkaian pipa bor berada pada lubang bor.

**2. Blind or Blank Rams**

Peralatan tersebut digunakan untuk menutup lubang bor pada waktu rangkaian pipa bor tidak berada pada lubang bor.

**3. Shear Rams**

Shear rams digunakan untuk memotong drill pipe dan seal sehingga lubang bor kosong (open hole), digunakan terutama pada offshore floating rigs.

**c. Drilling Spools.**

Drilling spools adalah terletak diantara preventer. Drilling spools berfungsi sebagai tempat pemasangan choke line (yang mensirkulasikan “kick” keluar dari lubang bor) dan kill line (yang memompakan lumpur berat). Ram preventer pada sisa-sisanya mempunyai “cutlets” yang digunakan untuk maksud yang sama.

**d. Casing Head (Well Head).**

Merupakan alat tambahan pada bagian atas casing yang berfungsi sebagai fondasi BOP Stack.

### **2.5.2. ACCUMULATOR**

Biasanya ditempatkan pada jarak sekitar 100 meter dari rig. Accumulator bekerja pada BOP stack dengan “high pressure hydraulis” (saluran hidrolis bertekanan tinggi). Pada saat terjadi “kick” Crew dapat dengan cepat menutup blowout preventer dengan menghidupkan kontrol pada accumulator atau pada remote panel yang terletak pada lantai bor.

Unit accumulator dihidupkan pada keadaan darurat yaitu untuk menutup BOP Stack. Unit ini dapat dihidupkan dari remote panel yang terletak pada lantai bor atau dari accumulator panel pada unit ini terdiri dalam keadaan crew harus meninggalkan lantai bor.

### **2.5.3. SISTIM PENUNJANG (SUPPORTING SYSTEM)**

Peralatan penunjang yang terpasang rangkaian peralatan sistim pencegahan semburan liar (BOP System) meliputi choke manifold dan kill line.

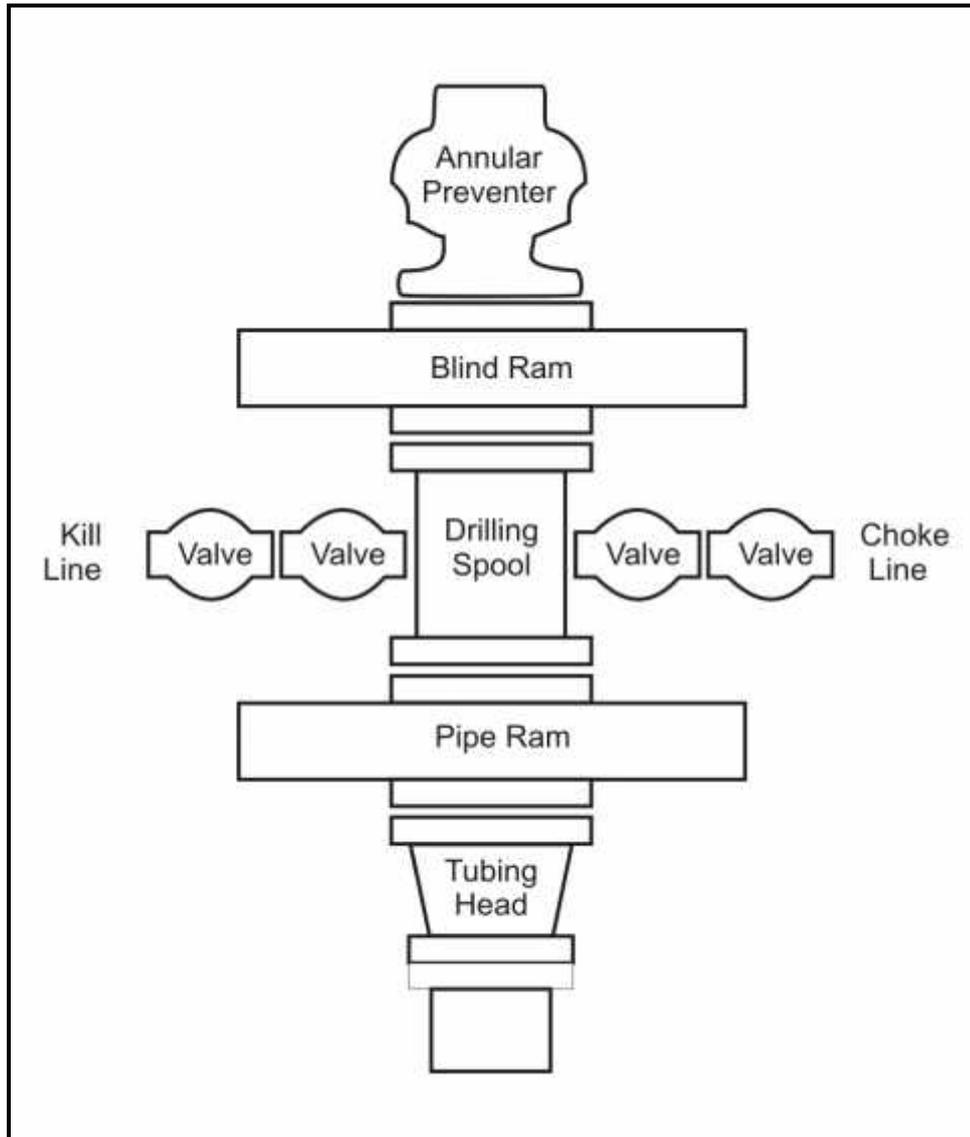
**a. Choke Manifold.**

Choke Manifold merupakan suatu kumpulan fitting dengan beberapa outlet yang dikendalikan secara manual dan atau otomatis. Bekerja pada BOP Stack dengan “high presure line” disebut “Choke Line”. Bila dihidupkan choke manifold membantu menjaga back pressure dalam lubang bor untuk mencegah terjadinya intrusi fluida formasi. Lumpur bor dapat dialirkan dari BOP Stack kesejumlah valve (yang membatasi aliran

dan langsung ke reserve pits), mud-gas separator atau mud conditioning area back pressure dijaga sampai lubang bor dapat dikontrol kembali.

**b. Kill Line.**

Kill Line bekerja pada BOP Stack biasanya berlawanan berlangsung dengan choke manifold (dan choke line). Lumpur berat dipompakan melalui kill line kedalam lumpur bor sampai tekanan hidrostatik lumpur dapat mengimbangi tekanan formasi.



**Gambar 2.15**  
**Konfigurasi Minimum BOP Stack**

## BAB III PENYEMENAN DAN CASING

### 3.1. PENYEMENAN

Penyemenan suatu sumur merupakan salah satu faktor yang tidak kalah pentingnya dalam suatu operasi pemboran. Berhasil atau tidaknya suatu pemboran, salah satu diantaranya adalah tergantung dari berhasil atau tidaknya penyemenan sumur tersebut.

Pada dasarnya operasi penyemenan bertujuan untuk :

1. Melekatkan pipa selubung (*casing*) pada dinding lubang sumur,
2. Melindungi pipa selubung dari masalah-masalah mekanis sewaktu operasi pemboran (seperti getaran),
3. Melindungi pipa selubung dari fluida formasi yang bersifat korosi,
4. Memisahkan zona yang satu terhadap zona yang lain dibelakang pipa selubung.

#### 3.1.1 KOMPONEN DAN KOMPOSISI SEMEN

Bahan dasar pembuatan semen diambil dari batuan jenis *Calcareous* dan *Argillaceous* seperti limestone, clay dan shale, serta jenis bahan lainnya dengan kandungan kalsium karbonat yang tinggi.

Suspensi semen yang dipompakan ke dalam lubang sumur terdiri dari :

##### a. Semen

Jenis semen yang biasa digunakan adalah semen potland.

##### b. Additive khusus

Zat tambahan ini digunakan untuk mengatur karakteristik semen, seperti *tickening time*, densitas dan *compressive strengths*.

##### c. Air

Air merupakan bagian yang penting dalam penyemenan, sehingga sample semen dan air harus dites sebelum digunakan dalam penyemenan yang sebenarnya.

#### 3.1.2. JENIS PENYEMENAN

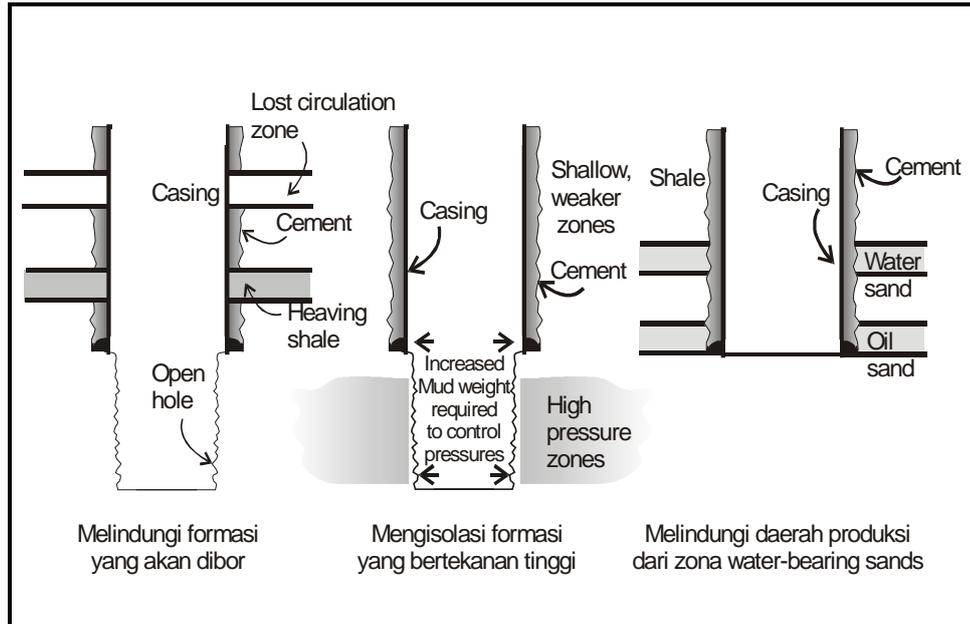
Berdasarkan alasan dan tujuannya, penyemenan dapat dibagi dua, yaitu **primary cementing**, dan **squeeze cementing**.

##### a. Primary Cementing

Merupakan penyemenan pertama kali yang dilakukan setelah pipa selubung diturunkan kedalam sumur.

Penyemenan antara formasi dengan pipa selubung bertujuan untuk :

- Melindungi formasi yang akan dibor dari formasi sebelumnya dibelakang pipa selubung yang mungkin bermasalah.
- Mengisolasi formasi tekanan tinggi dari zona dangkal sebelumnya.
- Melindungi daerah produksi dari *water-bearing sands*.



**Gambar 3.1**  
**Tujuan Primary Cementing**

**b. Squeeze Cementing**

Untuk menyempurnakan dan menutup rongga-rongga yang masih ada setelah primary cementing, dapat dilakukan *squeeze cementing*.

Aplikasi pokok untuk squeeze cementing antara lain adalah :

- Menyempurnakan primary cementing ataupun untuk perbaikan terhadap hasil penyemenan yang rusak.
- Mengurangi *water-oil ratio*, *gas-oil ratio* dan *water-gas ratio*.
- Menutup kembali zona produksi yang diperforasi apabila pemboran mengalami kegagalan dalam mendapatkan minyak.
- Memperbaiki kebocoran pada pipa selubung.
- Menghentikan lost circulation yang terjadi pada saat pemboran berlangsung.

**3.1.3. METODE PENYEMENAN**

Berdasarkan pada metode yang digunakan, proses penyemenan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu **single stage cementing**, dan **multi stage cementing**.

**a. Single Stage Cementing**

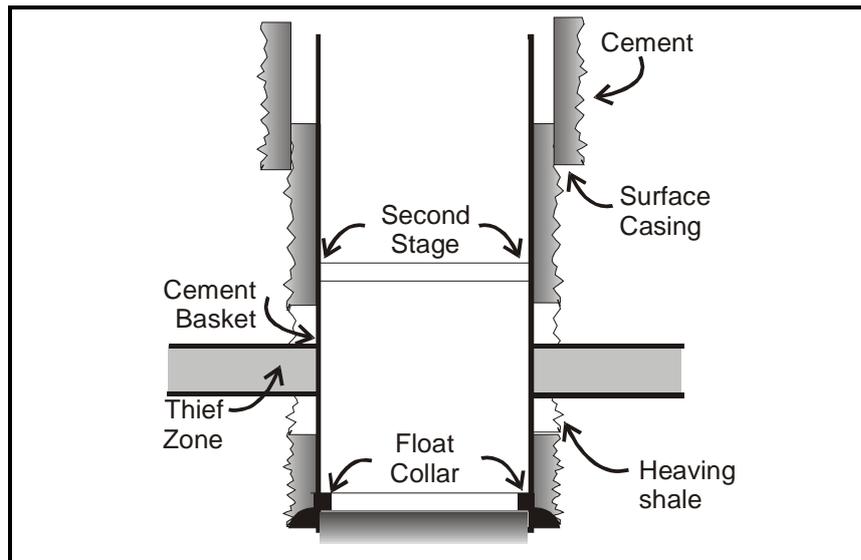
Single stage cementing umumnya digunakan untuk melakukan penyemenan terhadap pipa konduktor dan surface.

**b. Multi Stage Cementing**

Multi stage cementing diterapkan pada penyemenan rangkaian casing yang panjang.

Tujuan dari Multi Stage Cementing adalah :

- Mengurangi tekanan total pemompaan .
- Mengurangi tekanan total hidrostatik pada formasi-formasi lemah sehingga tidak terjadi atau terbentuk rekahan.
- Memungkinkan pemilihan penyemenan daripada formasi.
- Memungkinkan penyemenan keseluruhan total panjang casing.
- Memastikan penyemenan efektif di sekeliling shoe dari rangkaian casing sebelumnya.



**Gambar 3.2**  
**Multistage Cementing pada zona Lost Circulation**

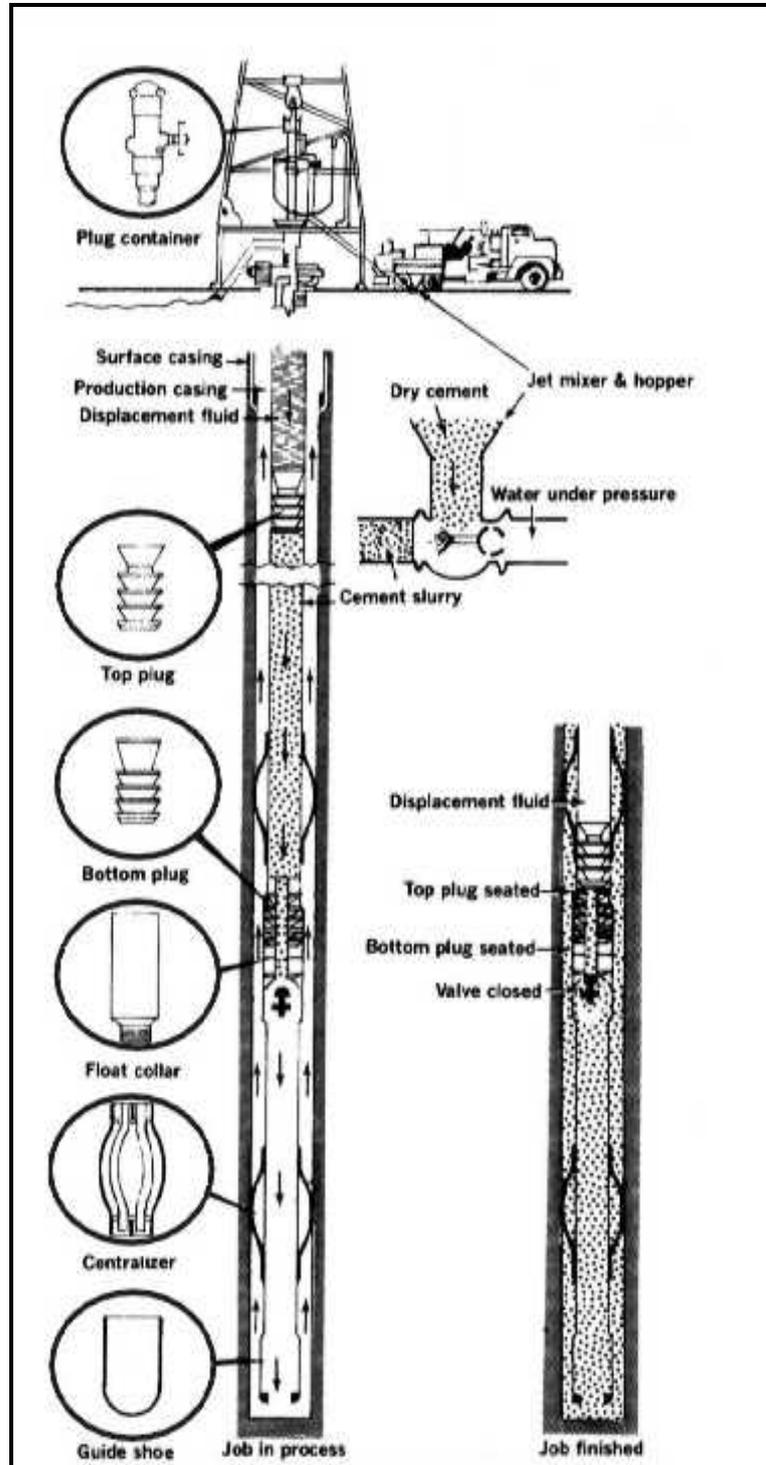
### 3.1.4. MEKANIKA PENYEMENAN

Bubur semen disiapkan dengan mencampurkan semen kering dengan sebuah water jet. Hasil campuran diarahkan ke dalam sebuah tangki, dimana akan diuji densitas dan viskositasnya. Bubur semen kemudian dihisap oleh sebuah pompa yang kuat dan dipompakan pada tekanan tinggi sehingga masuk ke dalam casing melalui cementing head.

Cementing head menghubungkan top dari casing dengan unit pompa. Pada alat ini terdapat dua katup penahan yang berfungsi menahan top dan bottom plugs. Alat ini juga dilengkapi dengan manifold yang dapat dihubungkan dengan unit pompa semen.

Operasi penyemenan berlanjut dengan membuka katup penahan bottom plugs dan mengarahkan bubur semen melewati top valve. Kemudian bubur semen akan mendorong bottom plug masuk ke dalam casing sampai plug mencapai dan duduk diatas float collar. Pemompaan diteruskan hingga meruntuhkan diafragma sentral pada plug yang akan memungkinkan semen agar dapat mengalir lewat dan menempati sekeliling casing. Jika volume keseluruhan semen telah tercampur, maka pemompaan dihentikan dan top plug ditempatkan pada cementing head.

Kemudian lumpur pemboran dipompakan melalui top valve, yang akan mendorong top plug turun ke dalam casing. Jika top plug telah mencapai bottom plug maka sumur ditutup dan bubur semen dibiarkan agar mengeras.



**Gambar 3.3**  
**Mekanika Penyemenan**

## 3.2. PERALATAN PENYEMENAN

Peralatan penyemenan pada dasarnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu peralatan di atas permukaan (*surface equipment*), dan peralatan bawah permukaan.

### 3.2.1. PERALATAN DI ATAS PERMUKAAN

Peralatan penyemenan terdapat di atas permukaan meliputi *Cementing unit*, *Flow line*, dan *Cementing head*.

#### a. Cementing Unit

Cementing unit adalah merupakan suatu unit pompa untuk memompakan bubur semen (*slurry*) dan lumpur pendorong dalam proses penyemenan, yang berfungsi untuk mengontrol rate dan tekanan.

#### b. Flow Line

Pipa yang berfungsi untuk mengalirkan bubur semen yang dipompakan dari cementing unit ke cementing head.

#### c. Cementing Head

Berfungsi untuk mengatur aliran bubur semen yang masuk ke lubang bor.

### 3.2.2. PERALATAN BAWAH PERMUKAAN

Peralatan penyemenan bawah permukaan meliputi :

#### a. Casing

Merupakan pipa selubung yang berfungsi untuk :

- Melindungi lubang bor dari pengaruh fluida formasi dan tekanan disekitarnya.
- Melindung lubang bor dari guguran.
- Memisahkan formasi produktif satu dengan lainnya.
- Bersama-sama semen memperkuat dinding lubang serta mempermudah operasi produktif nantinya.

Jenis-jenis casing :

1. Conductor casing
2. Intermediate casing
3. Production casing

#### b. Centralizer

Untuk mendapatkan cincin semen yang baik (merata), casing harus terletak ditengah-tengah lubang, untuk itu casing dilengkapi dengan centralizer.

Fungsi dari centralizer sebagai berikut :

- Menempatkan casing di tengah-tengah lubang
- Menyekrap mud cake
- Mencegah terjadinya differential sticking

**c. Scratchers**

Adalah suatu alat yang dirangkaikan/dipasang pada casing dan berfungsi untuk membersihkan dinding lubang bor dari mud cake, sehingga didapat lubang bor yang bersih.

**d. Peralatan Floating**

Peralatan floating terdiri dari *casing shoe*, *float shoe*, *guide collar* dan *float collar*.

**1. Casing Shoe**

Biasanya berbentuk bulat pada bagian bawah dan ditempatkan pada ujung terbawah dari rangkaian casing dan didalamnya tidak terdapat valve. Berfungsi sebagai sepatu dan pemandu untuk memudahkan pemasukan rangkaian casing agar tidak terjadi sangkutan pada dinding lubang bor. Shoe ini bersifat drillable atau dapat dibor kembali.

**2. Float Shoe**

Pada prinsipnya adalah sama dengan casing shoe, perbedaannya terletak pada adanya valve yang berfungsi untuk :

- Mencegah aliran balik pada saat casing diturunkan.
- Mencegah aliran balik semen, setelah proses penyemenan.
- Memperkecil beban menara.

**3. Guide Collar**

Tidak dilengkapi valve, sehingga tidak dapat menahan tekanan balik.

**4. Float Collar**

Dilengkapi dengan valve, sehingga fapat menahan tekanan balik semen.

**e. Shoe Trach**

Merupakan pipa casing yang dipasang antara shoe dan collar, sepanjang satu batang atau lebih, tergantung dari ketinggian semen di annulus, karena ketinggian semen di annulus akan menentukan perbedaan tekanan hidrostatik diluar dan didalam casing pada waktu memasukkan top plug. Shoe trach berfungsi untuk menampung bubur semen yang bercampur udara atau lumpur pendorong, agar tidak keluar ke annulus disekitar shoe.

**f. Bottom Plug**

Berfungsi untuk mencegah adanya kontaminasi antara lumpur dengan bubur semen. Jadi untuk mendorong lumpur yang berada didalam casing dan memisahkan casing dari semen dan juga membersihkan mud film didalam dinding casing, pada bottom plug terdapat membran yang pada tekanan tertentu dapat pecah, sehingga semen akan mengalir keluar dan terdorong ke annulus sampai mencapai tujuan yang diharapkan.

**g. Top Plug**

Berfungsi untuk mendorong bubur semen, memisahkan semen dari lumpur pendorong agar tidak terjadi kontaminasi, membersihkan semen

dari sisa-sisa semen didalam casing. Alat ini sebagian besar terbuat dari karet dan pada bagian bawahnya digunakan plat alluminium dan tidak mempunyai membran. Apabila top plug ini sudah mencapai bottom plug, maka tekanan pompa akan naik secara tiba-tiba dan pada saat itu pemompaan dihentikan.

### **3.3. PERALATAN PADA STAGE CEMENTING**

#### **3.3.1. PERALATAN DI ATAS PERMUKAAN**

Pada penyemenan bertingkat ini, alat yang digunakan relatif sama dengan penyemenan konvensional.

#### **3.3.2. PERALATAN DI BAWAH PERMUKAAN**

##### **a. Stage Cementing Collar**

Berfungsi untuk melewatkan bubur semen setelah penyemenan pertama dilakukan. penyemenan bertingkat dilakukan apabila sumur terlalu dalam, formasi diatas dan dibawah zona yang disemen cukup jauh, menghindari bahaya tekan pompa yang berlebih.

##### **b. Cement Basket**

Terletak dibawah stage cementing collar, berfungsi untuk menyekat ruang annulus antara ruang bawah stage collar dan bagian atas stage collar.

##### **c. Trip Plug**

Setelah primary cementing selesai maka dimasukkan trip plug. Plug ini berfungsi untuk membuka lubang pada strategi cementing collar. Karena beratnya, trip plug ini turun kebawah yang akhirnya sampai pada stage cementing collar. Dengan tekanan tertentu lower inner sleeve akan turun dan membuka lubang pada stage cementing collar disebut cementing ports.

##### **d. Shut Off plug**

Setelah pendorongan bubur semen selesai, kemudian dimasukkan shut off plug yang berfungsi untuk menutup cementing port, sehingga tidak terjadi aliran balik.

## **BAB IV WELL COMPLETION**

### **4.1. PENGERTIAN DAN TUJUAN WELL COMPLETION**

Pekerjaan tahap akhir atau penyempurnaan untuk mempersiapkan sumur pemboran menjadi sumur produksi dinamakan *well completion*. Tujuan dari well completion adalah untuk mendapatkan hasil produksi optimum dan mengatasi pengaruh negatif dari setiap lapisan produktif.

### **4.2. JENIS-JENIS WELL COMPLETION**

Jenis-jenis well completion dapat dibagi menjadi tiga, yaitu formation completion, tubing completion dan wellhead completion.

Wellhead completion dimaksudkan untuk memberikan keselamatan kerja pada waktu penggantian atau pemasangan peralatan produksi dibawah permukaan dan juga berfungsi untuk mengontrol aliran fluida dari sumur.

#### **4.2.1. FORMATION COMPLETION**

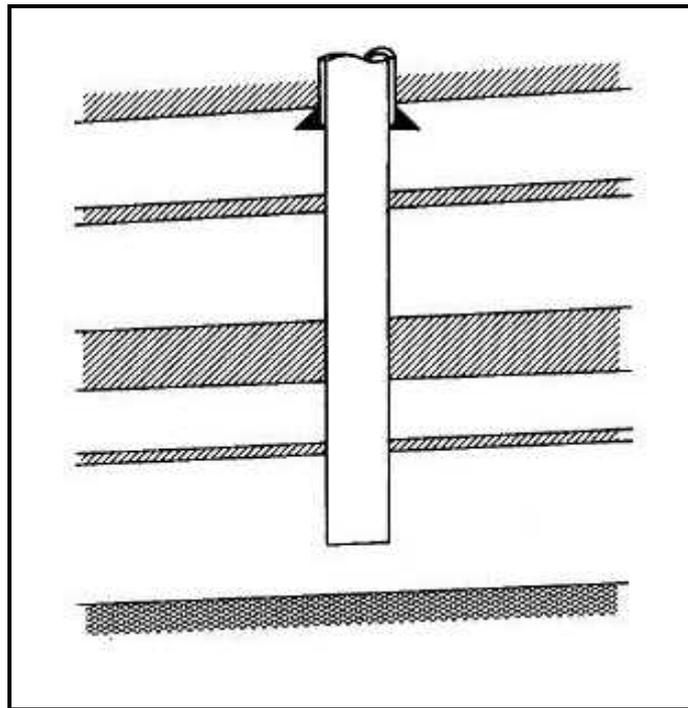
Peralatan pada formation completion dibedakan menjadi tiga, yaitu open hole completion, perforated casing completion, dan sand exclusion type completion.

##### **a. Open-hole completion**

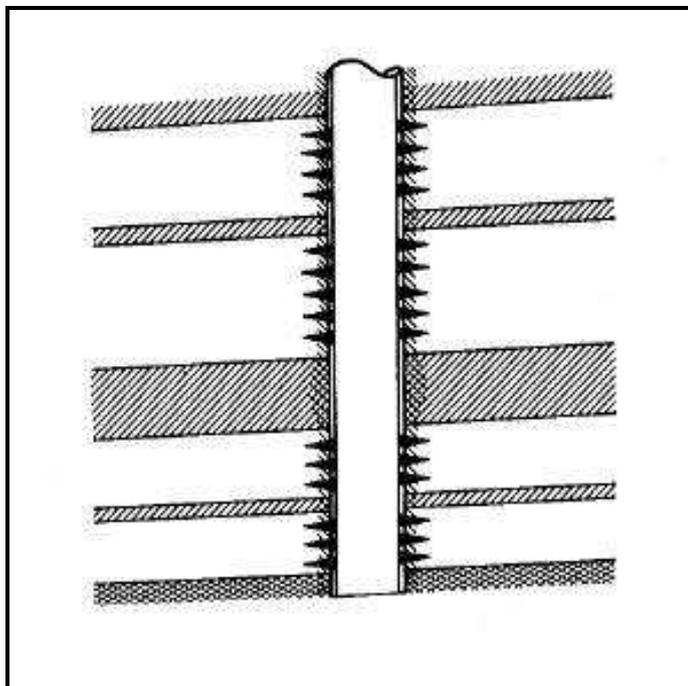
Merupakan jenis yang amat sederhana dengan casing dipasang sampai puncak formasi produktif yang tidak tertutup secara mekanis, sehingga aliran fluida reservoir dapat langsung masuk ke dalam lubang sumur tanpa halangan.

##### **b. Perforated Casing Completion**

Pada metode ini, casing produksi dipasang menembus formasi produktif, disemen kemudian diperforasi pada interval-interval yang diinginkan. Formasi yang mudah gugur akan ditahan oleh casing. Casing yang telah disemen dengan formasi kemudian dilubangi dengan gun atau bullet perforator ataupun jet perforator.



**Gambar 4.1**  
**Open-hole Completion**



**Gambar 4.2**  
**Perforated Casing Completion**

**c. Sand Exclusion Type Completion**

Metode ini dipakai untuk mencegah terproduksinya pasir dari formasi produktif yang kurang kompak. Metode yang digunakan untuk menanggulangi masalah kepasiran ialah liner completion dan gravel-pack completion.

**1. Liner Completion**

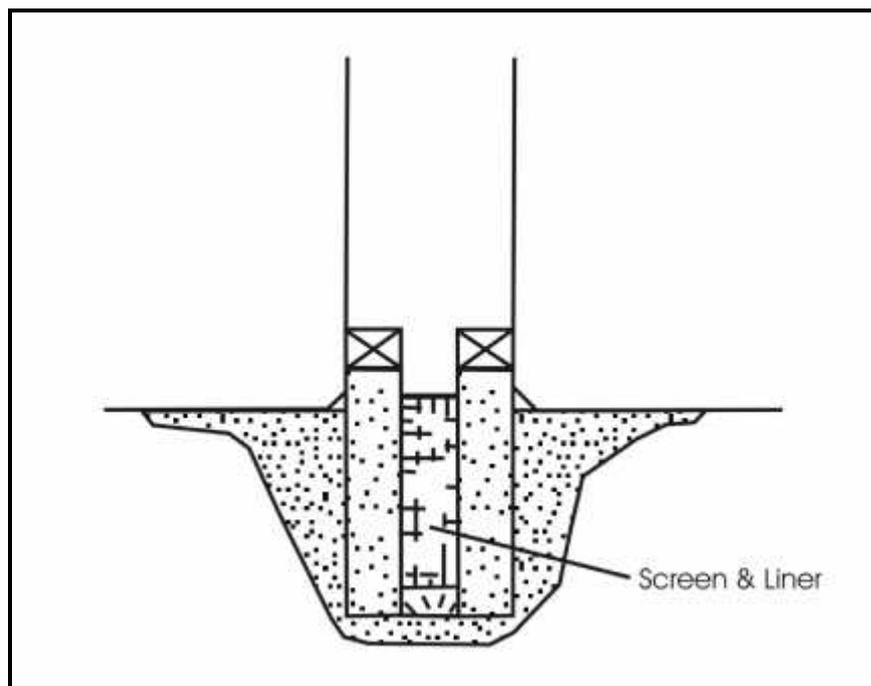
Liner completion dapat dibedakan berdasarkan cara pemasangan linernya, yaitu :

a. Perforated-liner Completion

Dalam metoda ini casing dipasang diatas zona produktif, kemudian zona produktifnya dibor dan dipasang casing-liner dan disemen. Selanjutnya liner diperforasi untuk diproduksi.

b. Screen and Liner Completion

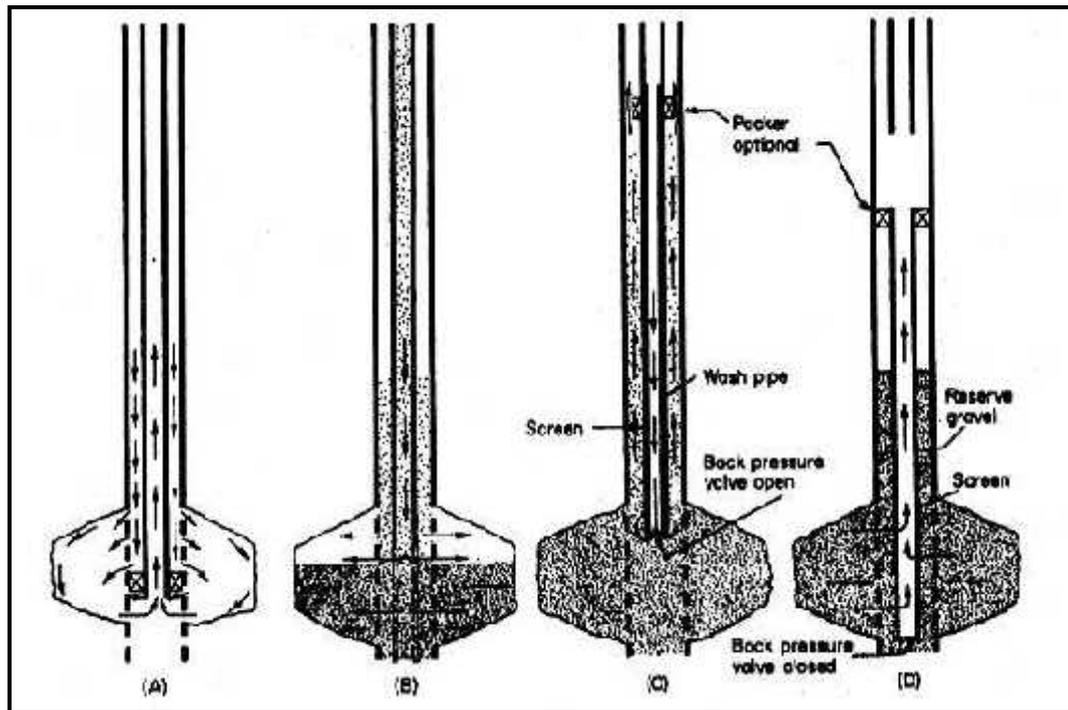
Dalam metode ini casing dipasang sampai puncak dari lapisan/zona produktif, kemudian liner dipasang pada formasi produktif yang dikombinasikan dengan screen, sehingga pasir yang ikut aliran produksi tertahan screen.



**Gambar 4.3**  
**Screen dan Liner Completion**

**2. Gravel Pack**

Metoda ini dilakukan bila screen liner masih tidak mampu menahan terproduksinya pasir. Caranya adalah dengan menginjeksikan sejumlah gravel pada formasi produktif di sekeliling casingnya hingga fluida akan tertahan oleh pasir yang membentuk barrier dibelakang gravel dan gravel akan ditahan oleh screen.



**Gambar 4.4**  
**Skema Penyelesaian Sumur dengan Gravel Pack**

#### 4.2.2. TUBING COMPLETION

Jenis tubing completion didasarkan pada jumlah producing string yang dipakai dalam satu sumur ini adalah single completion, commingle completion, dan multiple completion serta permanent type completion. Pembagian jenis terakhir ini didasarkan atas cara pemasangan production string.

##### a. Single Completion

Metode ini hanya menggunakan satu production string pada sumur yang hanya memiliki satu lapisan/zona produktif. Berdasarkan kondisi reservoir dan lapisan batuan produktifnya, metode ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

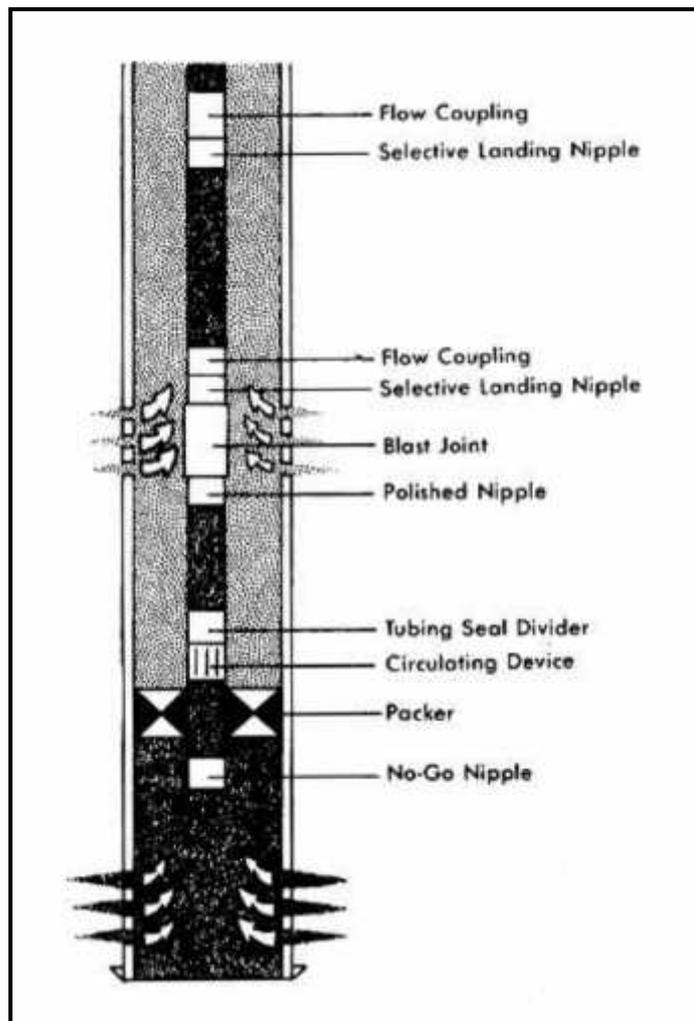
1. **Open-hole Completion**, yaitu kompleksi pada formasi yang cukup kompak.
2. **Perforated Completion**, yaitu kompleksi pada formasi kurang kompak dan atau bila diselingi lapisan-lapisan tipis dengan kandungan air atau gas

##### b. Commingle Completion

Bila sumur mempunyai lebih dari satu lapisan produktif dan diproduksi dengan menggunakan satu tubing, cara ini disebut dengan commingle completion.

Macam-macam commingle completion :

- a. Tanpa tubing, terutama untuk sumur dengan fluida produksi tidak korosif.
- b. Dengan tubing tanpa packer, terutama dipakai untuk sumur dengan fluida produksi yang bersifat korosif atau mengandung bahan penyebab terbentuknya scale. Disini tubing dipakai untuk menginjeksikan corrosion inhibitor atau parafin solvent.
- c. Single tubing-single packer, disini fluida produksi yang bersifat korosif dialirkan ke permukaan melalui production tubing.



**Gambar 4.6**  
**Commingle Completion**

**c. Multiple Completion**

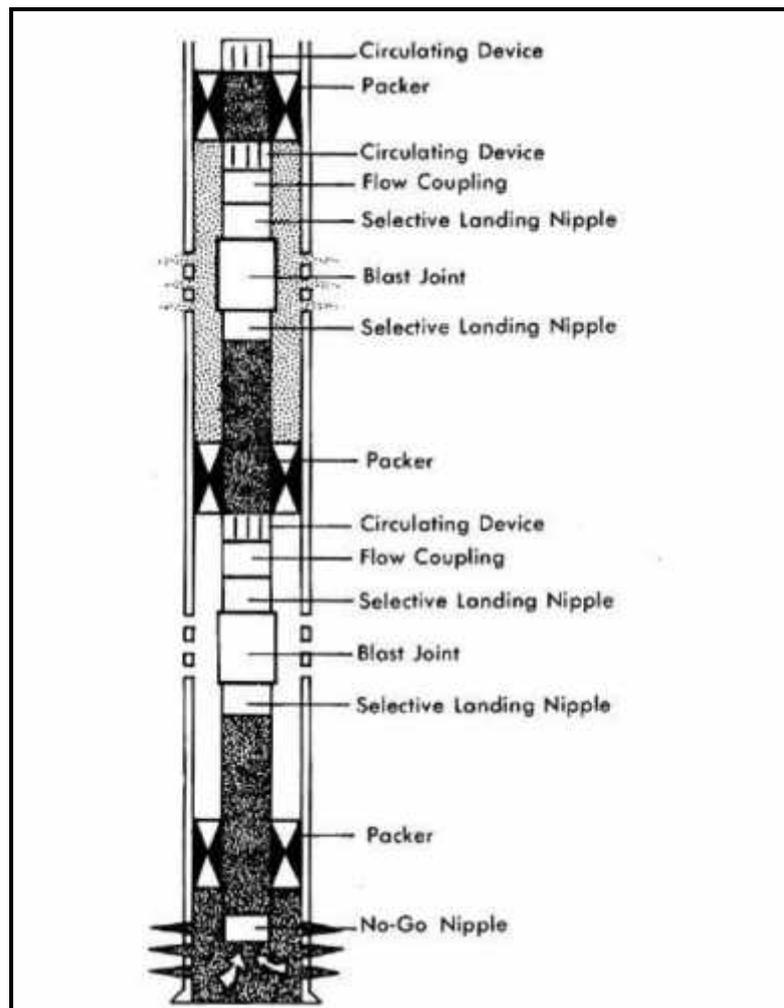
Kompleksi ini digunakan bila beberapa zona produktif yang ingin diproduksi secara bersamaan melalui tubing yang berbeda. Kompleksi ini memerlukan beberapa packer. Multiple completion dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

### 1. Multiple-packer completion

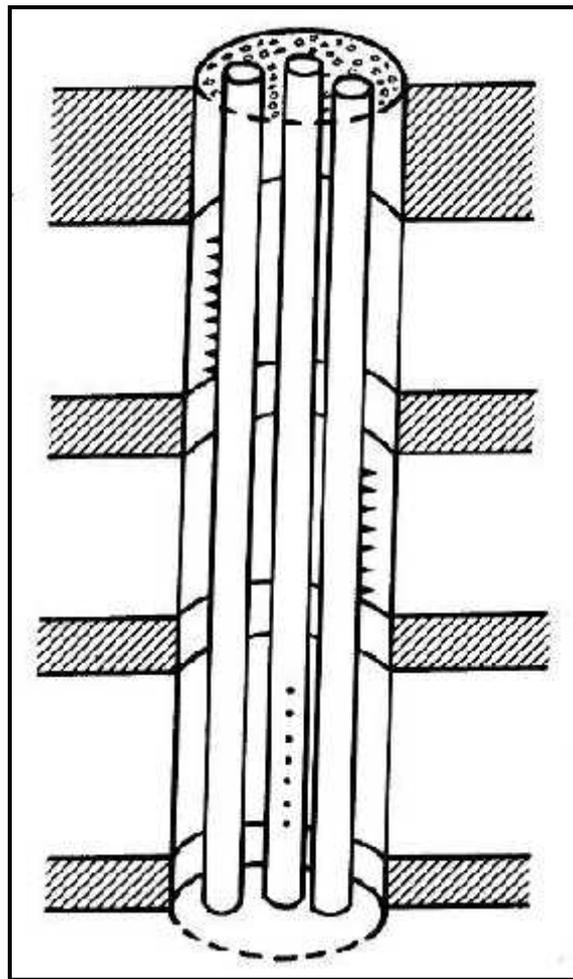
Jenis kompleksi ini dipakai pada sumur dengan lebih dari satu lapisan produktif dan untuk memisahkan aliran fluida masing-masing digunakan packer.

### 2. Multiple tubingless completion

Dalam metode ini hanya dipakai casing berukuran kecil. Metode ini sesuai untuk sumur-sumur yang mempunyai umur produksi panjang, adanya masalah seperti : fracturing acidicing, sand control, dan masalah lain yang memerlukan stimulasi atau treatment.



**Gambar 4.7**  
**Multiple-Packer Completion**



**Gambar 4.8**  
**Multiple Tubingless Completion**

**d. Permanent Completion**

Pada kompleksi ini tubing dipasang sebelum perforasi dan tidak akan diangkat selama dipakai. Alat-alat khusus untuk workover, logging, dan perforasi dinaik-turunkan melalui kawat (wireline).

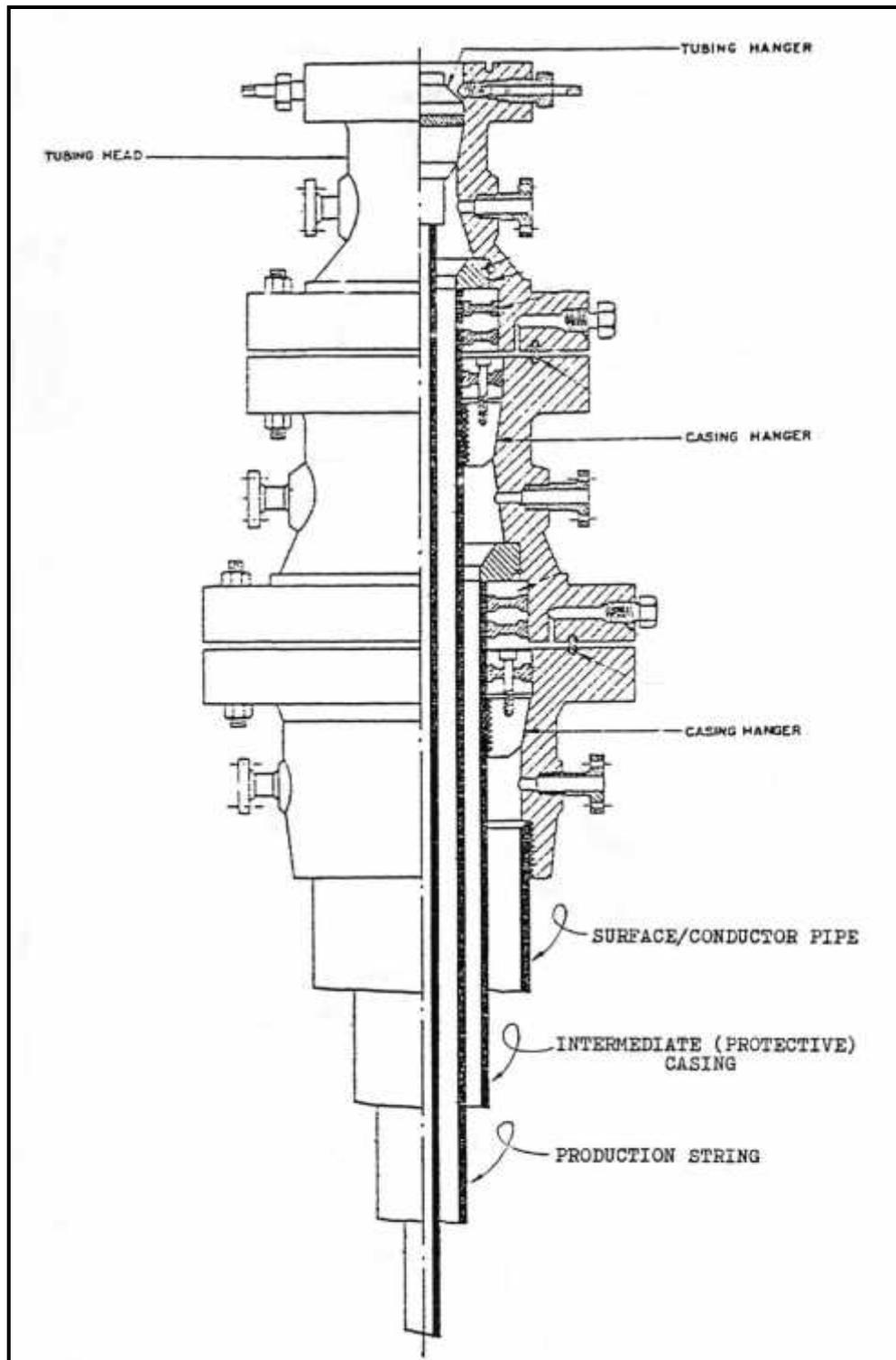
**4.2.3. WELL HEAD COMPLETION**

Well head atau kepala sumur adalah suatu istilah yang digunakan untuk menguraikan peralatan yang terpaut pada bagian atas dari rangkaian pipa di dalam suatu sumur.

Wellhead digunakan untuk menahan dan menopang rangkaian pipa, menyekat dari pada masing-masing casing dan tubing serta untuk mengontrol produksi sumur.

Selain itu wellhead digunakan untuk menggantungkan dan menahan rangkaian casing atau tubing yang terdapat di dalam sumur serta mengontrol sumur di permukaan tanah. Terbuat dari besi baja,

membentuk suatu seal untuk menahan semburan atau kebocoran cairan dari dasar sumur ke permukaan.



**Gambar 4.9**  
**Rangkaian Peralatan Well-Head Completion**

## BAB V

### PENGANTAR PEMBORAN BERARAH DAN PEMBORAN HORIZONTAL

Pemboran merupakan langkah yang pertama dan penting dalam industri perminyakan. Sesuai dengan perkembangan teknologi, maka teknik pemboran mengalami perkembangan yang cukup pesat bila dibandingkan dengan pemboran yang pertama kali dilakukan. Saat ini pemboran telah dapat dioperasikan dalam berbagai cara, baik dengan pemboran vertikal, pemboran berarah, sampai pemboran horisontal.

#### 5.1. MAKSUD DAN TUJUAN PEMBORAN BERARAH

Di dalam membor suatu formasi, seharusnya selalu diinginkan lubang yang vertikal, karena dengan lubang yang vertikal operasinya lebih mudah, dan umumnya biaya lebih murah daripada pemboran horisontal. Faktor-faktor yang menyebabkan dilakukan pemboran berarah adalah sebagai berikut :

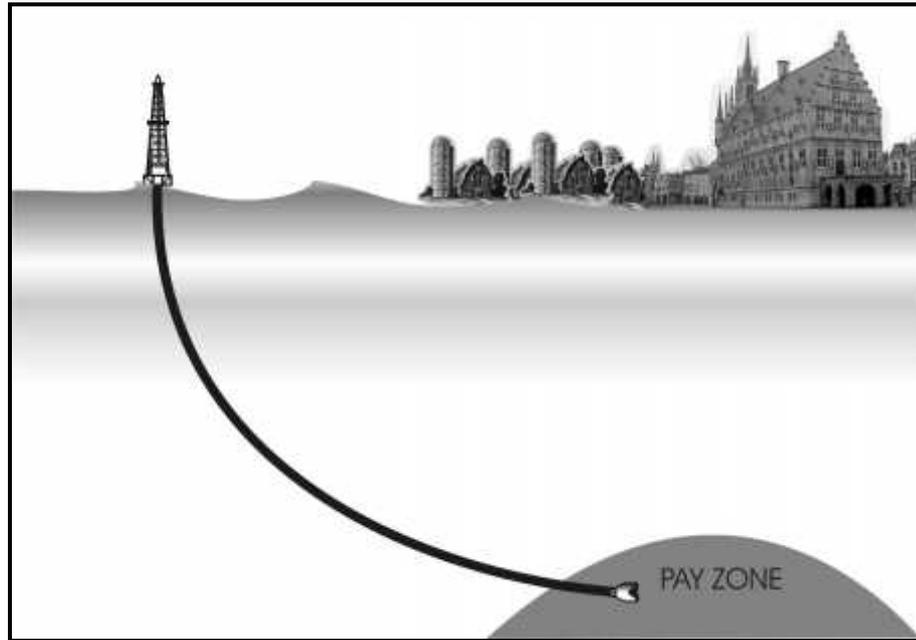
- Kondisi Permukaan
- Alasan Geologi

##### 5.1.1. ALASAN DILAKUKANNYA PEMBORAN BERARAH

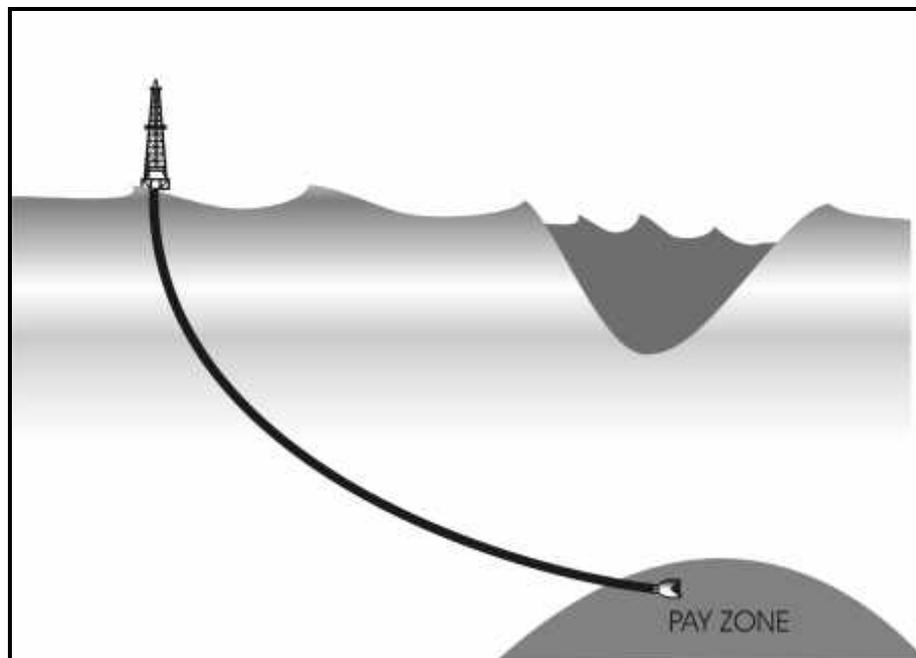
###### a. Kondisi Permukaan

Pemboran berarah disini dilakukan apabila keadaan dimana di permukaan tidak memungkinkan untuk mendirikan lokasi pemboran, dengan kata lain tidak dapat dicapai langsung dengan arah yang tegak, misalnya :

- Reservoir berada di bawah kota yang mempunyai bangunan-bangunan bersejarah, lalu lintas yang ramai ataupun di bawah lingkungan perumahan yang padat (**Gambar 5.1**). Disini tidak dapat dilakukan pemboran tegak, karena harus membongkar dan mengganggu aktivitas masyarakat di sekitarnya.
- Reservoir berada di bawah danau, rawa, atau sungai (**Gambar 5.2**) dimana bila dilakukan straight hole drilling harus dibuatkan platform. Ini sebenarnya tidak perlu karena masih ada alternatif lain, yaitu dengan membor berarah dari darat yang diarahkan ke reservoir tersebut.
- Reservoir berada di bawah daerah bertebing terjal yang mana apabila dilakukan pemboran tegak akan mengalami kesulitan, baik dari segi transfer dan biaya. Maka untuk melakukan operasi pemborannya dicari tempat yang memungkinkan dibuat lokasi dan pemboran diarahkan ke reservoirnya.



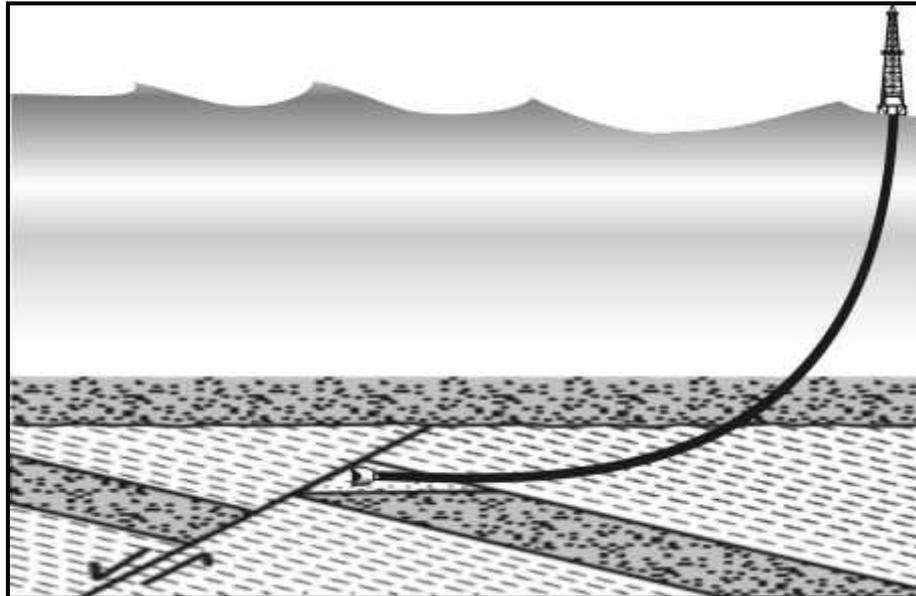
**Gambar 5.1**  
**Pemboran Berarah Bila Reservoir di Bawah**  
**Kota yang Padat Penduduknya**



**Gambar 5.2**  
**Pemboran Berarah Bila Reservoir**  
**di Bawah Sungai**

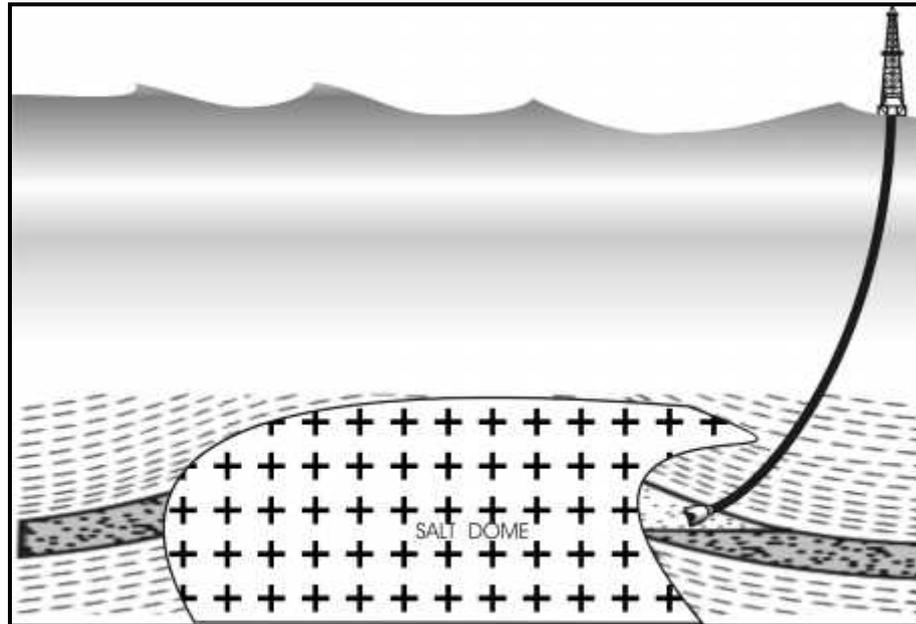
**b. Alasan Geologi**

- Adanya patahan (**Gambar 5.3**)  
Apabila dilakukan pemboran yang melewati zona patahan, maka akan terjadi :
  - ❑ Mud loss, sebab pada zona ini akan terbentuk rekahan-rekahan yang mana apabila dilakukan pemboran maka lumpur pemboran akan lari dan masuk rekahan ini.
  - ❑ Kerugian dikemudian hari apabila patahan ini aktif, walaupun problem lumpurnya dapat teratasi pada waktu pemboran. Karena patahan aktif akan menggantung profil lubang sumur.

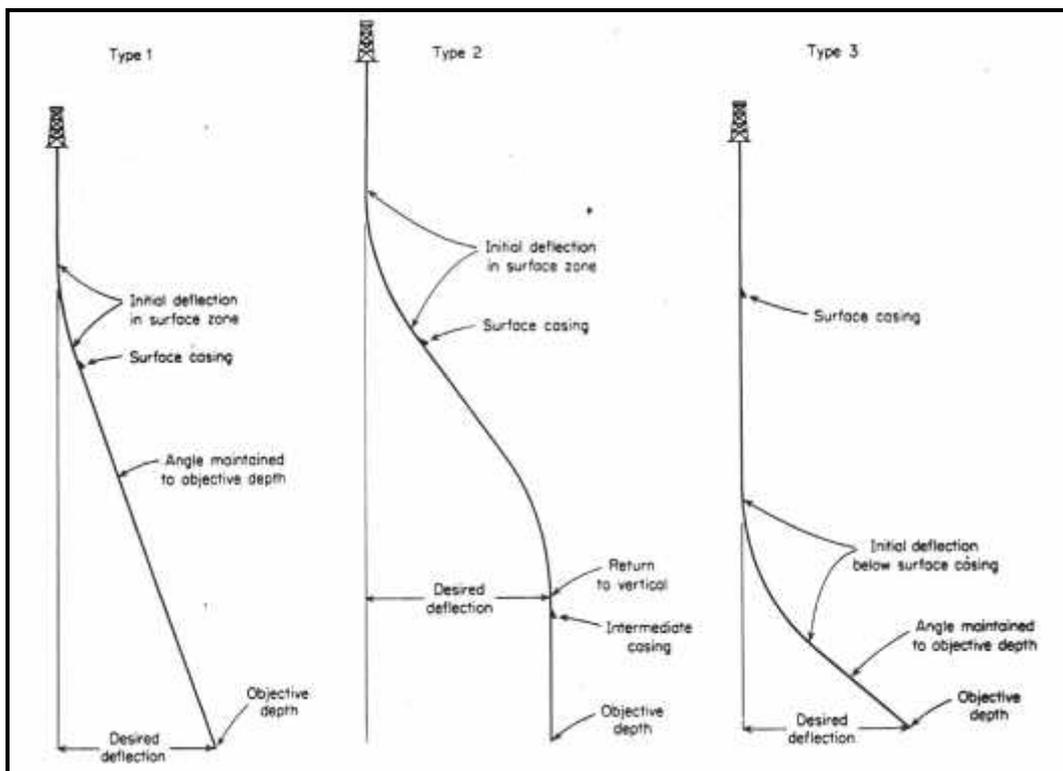


**Gambar 5.3**  
**Pemboran Berarah Karena Adanya**  
**Struktur Patahan**

- Adanya kubah garam (salt dome) (**Gambar 5.4**)  
Bila dilakukan pemboran lurus yang melewati salt dome ini maka akan timbul problem lumpur yang mana lumpur ini akan melarutkan garam dan dapat menyebabkan caving yang dapat mengakibatkan runtuhnya formasi. Untuk itu maka dilakukan pemboran horisontal/berarah, dimana lubang bor tidak melewati salt dome.



**Gambar 5.4**  
**Pemboran Berarah Karena Adanya Salt Dome**



**Gambar 5.5**  
**Tipe Pemboran Berarah**

## 5.2. MAKSUD DAN TUJUAN PEMBORAN HORIZONTAL

Pemboran horisontal sebenarnya merupakan pengembangan dari teknik pemboran berarah. Di dalam pemboran horisontal, lubang bor diupayakan agar mempunyai panjang penembusan zona produktif yang lebih besar dan laju pertambahan sudut yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemboran berarah.

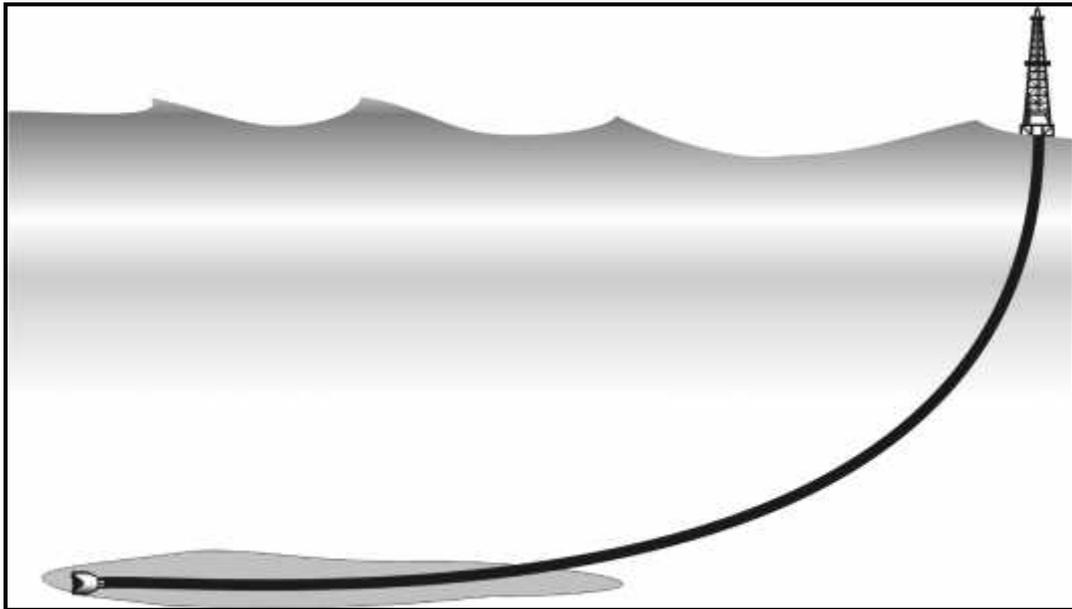
Sesuai dengan sasaran pemboran horisontal, yaitu untuk memperpanjang penembusan zona produktif, atau dengan kata lain untuk memperluas daerah pengurasan suatu sumur, maka tujuan pemboran horisontal itu sebagai berikut :

- Meningkatkan laju produksi sumur.
- Meningkatkan recovery sumur.
- Membuat reservoir yang sudah tidak ekonomis bila dikembangkan dengan pemboran tegak, menjadi ekonomis kembali bila dikembangkan dengan pemboran horisontal.
- Memperkecil terjadinya “water and gas coning”.

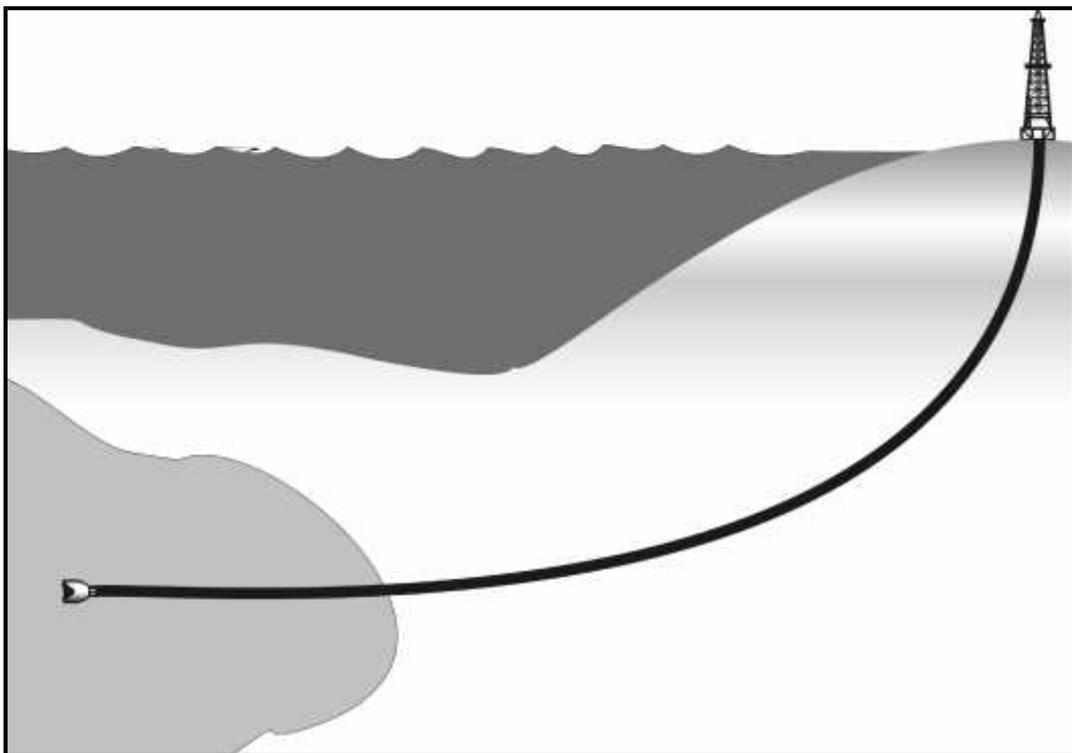
### 5.2.1. ALASAN DILAKUKANNYA PEMBORAN HORIZONTAL

Beberapa alasan yang menyebabkan dilakukannya pemboran horisontal adalah sebagai berikut :

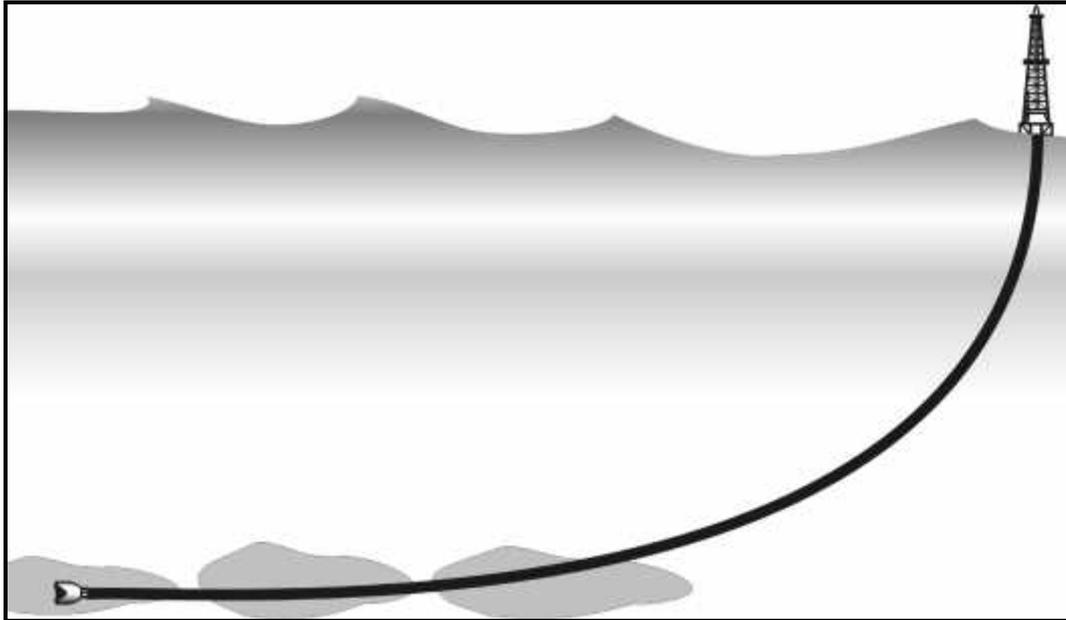
- Bila reservoir migas berbentuk tipis tetapi luas (**Gambar 5.6**).
- Reservoir terletak di offshore, karena biaya untuk sewa platform sangat mahal maka dipakai sistem cluster dimana dari satu lokasi dibuat beberapa buah sumur (**Gambar 5.7**).
- Menghambat terjadinya gas coning dan water coning, dimana water coning dapat terjadi pada reservoir yang memiliki akumulasi air di bawah kolom minyak pada sistem reservoirnya.
- Adanya lensa-lensa  
Bila reservoir terdiri dari beberapa lensa dan diinginkan untuk ditembus sekaligus maka lubang bor dirancang dan diarahkan untuk menembus lensa-lensa tersebut (**Gambar 5.8**).



**Gambar 5.6**  
**Pemboran Horizontal pada Reservoar Tipis Tetapi Luas**



**Gambar 5.7**  
**Pemboran Horizontal pada Reservoar Lepas Pantai**



**Gambar 5.8**  
**Pemboran Horizontal pada Lensa-lensa**

### 5.2.2. TIPE PEMBORAN SUMUR HORIZONTAL

Berdasarkan besarnya pertambahan sudut pada lubang yang mengalami pertambahan sudut (*rate radius of curvature*), maka pemboran horizontal dibagi menjadi 4 tipe, yaitu :

1. Long radius system
2. Medium radius system
3. Short radius system
4. Ultra short radius system

#### a. Long Radius System

Metode ini sering disebut dengan sistem pemboran horizontal konvensional. Pemboran long radius ini mempunyai laju pertambahan sudut yang kecil sekali, yaitu  $2^{\circ} - 6^{\circ} / 100 \text{ ft.MD}$ . Sudah tentu untuk mencapai titik awal bagian lubang yang horizontal dari *Kick of Point* (KOP), diperlukan jarak yang sangat panjang yaitu antara 1500 – 4500 ft.

Kelebihan dari penggunaan *long radius system* adalah :

- Dapat menghasilkan bagian lubang mendatar yang sangat panjang (2000 - 5000 ft).
- Peralatan pemboran yang digunakan adalah peralatan yang konvensional (hampir sama dengan directional drilling).
- Tingkat dog leg yang tidak terlalu tinggi.

**b. Medium Radius System**

Pemboran horisontal tipe ini mempunyai laju pertambahan sudut antara  $8^\circ - 20^\circ / 100$  ft. MD. Jarak pemboran atau ekuivalen dengan radius kelengkungan 700 – 125 ft, atau dengan jarak pemboran 1500 – 3000 ft dari KOP. Pengembangan peralatan pemboran horisontal tipe ini dimaksudkan untuk menjembatani pemboran horisontal tipe *long radius* dan *short radius system*.

Kelebihan dari penggunaan sistem medium radius adalah :

- Penembusan formasi lain di atas target tidak terlalu panjang.
- Kontrol terhadap pemboran lebih baik sebab menggunakan Down Hole Motor (DHM) dan peralatan steerable.
- Dapat mencapai panjang lateral sampai 3000 ft.

**c. Short Radius System**

Pemboran horisontal tipe ini mempunyai laju pertambahan sudut yang besar sekali, yaitu  $1.5^\circ - 3^\circ / 100$  ft. Oleh karena itu bagian lubang bor yang horisontal akan tercapai dalam jarak pemboran yang relatif pendek dari KOP, yaitu antara 300 – 750 ft.

Pemboran ini banyak diterapkan untuk maksud memproduksi kembali sumur-sumur tegak yang sudah tidak berproduksi. Biasanya dengan panjang antara 300 – 750 ft lubang horisontal, sumur sudah dapat berproduksi kembali dengan laju produksi yang cukup besar. Sistem short radius yang saat ini cukup aktif dikembangkan.

Kelebihan dari penggunaan sistem short radius adalah :

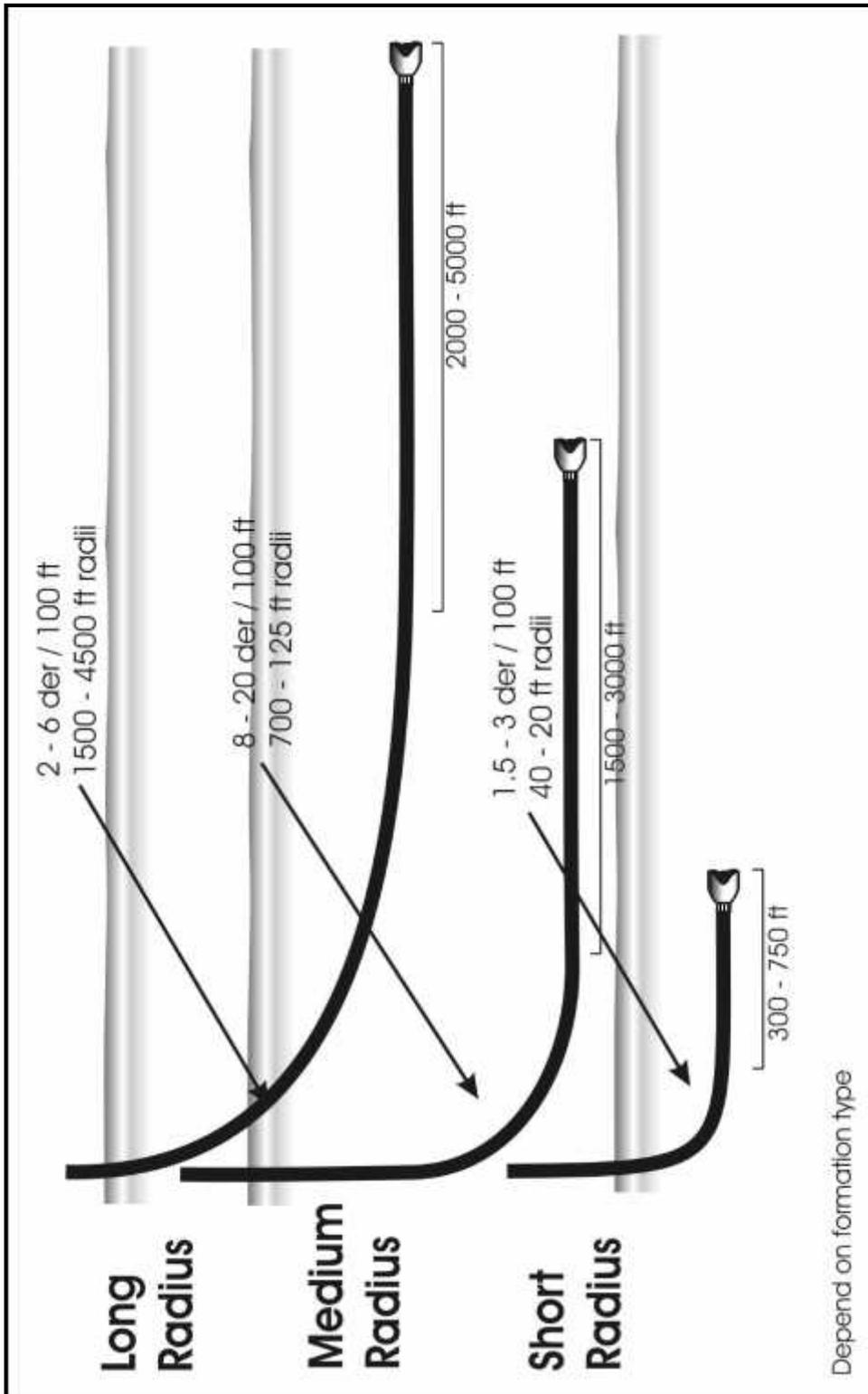
- Jari-jari kelengkungan yang kecil.
- Jarak vertikal reservoir lebih dekat.

**d. Ultra-short Radius System**

Ultra-short radius merupakan metode yang saat ini paling aktif dikembangkan dibandingkan dengan metode lainnya. Mekanisme yang digunakan berupa drill string beserta bit bergerak ke bawah dan dibelokkan oleh whipstock dengan jari-jari kelengkungan 12” hingga mengarah ke horisontal. Keadaan ini dimungkinkan karena selama pemboran drill string tidak berputar.

Kelebihan dari penggunaan sistem ultra short radius adalah :

- Tingkat ketepatan pencapaian target sangat tinggi.
- Dapat memanfaatkan sumur open hole lama.
- Dapat menghasilkan sampai empat arah lubang horisontal pada satu kedalaman.
- Sangat baik untuk diaplikasikan pada sistem lensa



Gambar 5.9  
Tipe Pembaran Horizontal

### 5.3. PERALATAN PEMBELOK PADA PEMBORAN BERARAH DAN PEMBORAN HORIZONTAL

Setelah kedalaman titik belok ditentukan, maka mulai dari titik tersebut kita arahkan lubang bor ke sasaran dengan sudut kemiringan tertentu dengan menggunakan deflection tools.

Sewaktu membelokkan lubang bor dengan alat-alat pembelok, lubang bor harus selalu ke arah mana sudut tersebut dapat mencapai sasaran. Pengarahan ini dapat dilakukan pada titik belok atau setelah titik belok apabila ternyata lubang bor yang dibuat telah menyimpang dari sasaran yang dikehendaki.

Setelah mencapai sudut tertentu maka digunakan bottom hole assembly baik untuk menambah sudut atau memantapkan sudutnya.

Alat-alat yang digunakan untuk membelokkan arah pada pemboran horisontal meliputi :

1. Badger bit
2. Spud bit
3. Knuckle joint
4. Whipstock
5. Turbo drill
6. Dyna drill

Berikut ini adalah keterangan dari beberapa peralatan pembelok dan prinsip kerjanya yang digunakan dalam pemboran horisontal untuk mencapai target yang diinginkan.

#### 1. Badger Bit

Badger bit biasanya digunakan pada formasi yang lunak. Pahat ini menggunakan jet bit biasa dengan dua atau tiga cone. Prinsip kerjanya terletak pada tidak seimbangannya jet lumpur pada pahat tersebut, dengan salah satu jetnya berukuran lebih besar dari jet lainnya.

Setelah pahat sampai di dasar lubang bor, jet terbesar diarahkan ke arah yang dikehendaki. Rangkaian pipa pemboran dikunci agar tidak dapat berputar. Sedangkan lumpur pemborannya dipompakan dengan kapasitas pemompaan yang dapat menghasilkan semburan cukup kuat untuk menghancurkan batuan.

Setelah sudut kemiringan lubang bor terbentuk dengan arah seperti pada drilling planningnya, kemudian pahat dicabut dan diganti dengan pahat biasa. Apabila arah lubang bornya belum tercapai, maka pengarahannya badger bit dan proses jet effect diulangi terus sampai diperoleh arah lubang bor yang dikehendaki.

#### 2. Spud Bit

Spud bit merupakan bit tanpa roller cutter, bentuknya seperti baji kop. Prinsip kerja pahat ini adalah seperti pada budger bit, yaitu dengan mengarahkan jet lumpur ke arah pembelokan lubang yang diinginkan.

Seperti juga pada badger bit, adanya penggunaan jet mengakibatkan alat ini terbatas untuk formasi lunak saja. Karena

bentuknya yang pipih di bagian bawah, perusakan batuan dilakukan dengan menumbuk-nyumbukkannya ke dasar lubang bor dengan ditunjang effect yang optimum.

Dengan demikian proses pengarahannya dan perusakan batuan dapat dilaksanakan terus sampai terbentuk sudut kemiringan dan arah yang sesuai.

### **3. Knuckle Joint**

Knuckle joint pada prinsipnya merupakan suatu drillstring yang diperpanjang dengan menggunakan suatu sendi peluru (**Gambar 5.11**). Oleh karena itu memungkinkan terjadinya putaran bersudut antara rangkaian pipa pemboran dengan pahat, dimana antara drillstring dan bitnya disetel pada sudut tertentu. Untuk mendapatkan sifat yang fleksibel (luwes), alat ini sering dipasang langsung pada drillpipe tanpa menggunakan drill collar.

### **4. Whipstock**

Whipstock adalah suatu alat dari besi tuang yang berbentuk baji dengan saluran tempat Bergeraknya bit yang melengkung hingga bit akan dibelokkan arahnya (**Gambar 5.12**). Whipstock ini haruslah disetel pada daerah yang keras agar tidak mudah ikut berputar dengan berputarnya drill string.

### **5. Turbo Drill**

Prinsip kerja turbo drill adalah drill stringnya tidak berputar akan tetapi bitnya saja yang berputar. Bit disambung dengan drill string dengan membentuk sudut tertentu sehingga didapat pembelokan yang kontinyu.

### **6. Dyna Drill**

Dyna drill merupakan down hole mud motor. Seperti juga turbo drill, dyna drill akan memutar bit tanpa harus memutar drill string. Adanya bent sub pada peralatan ini akan menghasilkan lengkungan yang halus.

Prinsip kerja dyna drill ini adalah bila rotor diputar, pompa akan menghisap cairan dan mengalirkannya ke saluran yang telah ditentukan. Pada dyna drill ini tenaga hidrolis dari cairan pemboran akan mengubah rotor yang berbentuk sudu-sudu menjadi tenaga mekanis.

Aliran fluida pemboran yang dipompakan melalui rangkaian pemboran dengan kapasitas aliran tertentu akan memutar rotor dyna drill. Putaran rotor ini akan diteruskan ke pahat, sehingga terjadi proses pengeboran.

Selain peralatan-peralatan tersebut terdapat peralatan-peralatan lainnya meliputi down hole motor, bent sub, non magnetic drill collar, stabilizer dan peralatan pendukung lainnya. Fungsi dari peralatan ini adalah sebagai peralatan penunjang yang sering digunakan pada pembentukan sudut kemiringan dalam pelaksanaan operasi pemboran miring.

**a. Down Hole Motor**

Down hole motor merupakan suatu peralatan yang dipasang di atas pahat dan dapat memutar pahat tanpa harus melakukan pemutaran rangkaian pipa pemboran lainnya.

**b. Bent Sub**

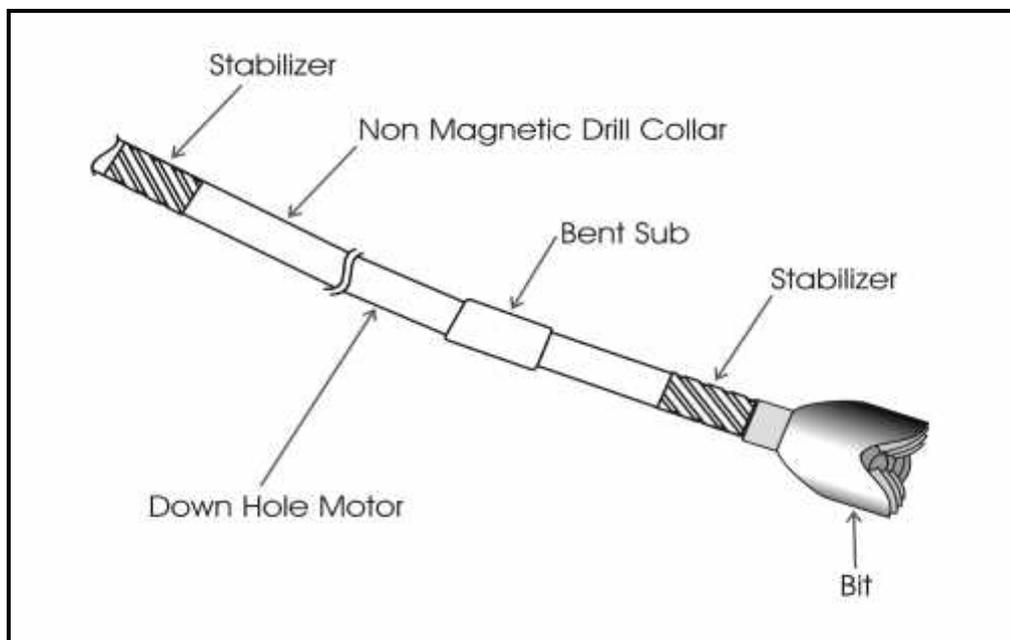
Bent sub merupakan pipa penyambung (substitute) yang bentuknya bengkok. Sudut pembelokan dibuat beberapa macam berdasarkan laju kenaikan sudut kemiringan yang diinginkan. Untuk memilih bent sub didasarkan pada dyna drill yang digunakan dan laju kenaikan sudut kemiringan yang diisyaratkan.

**c. Non Magnetic Drill Collar**

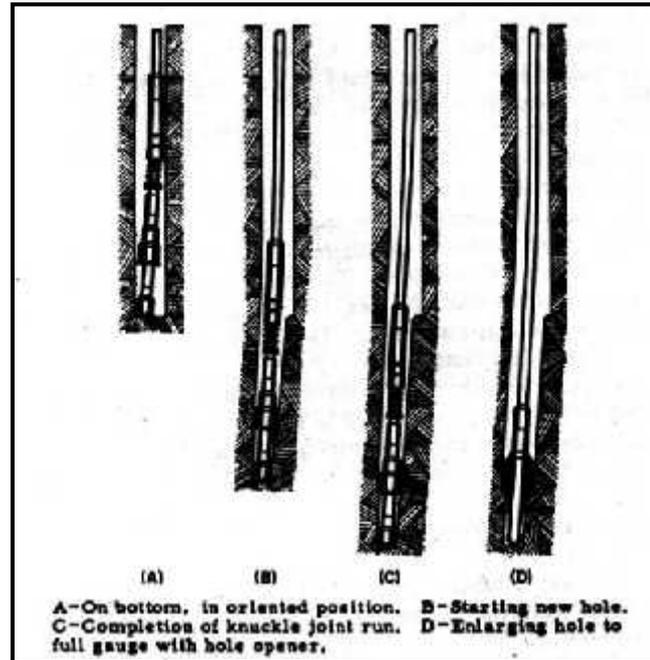
Non magnetic drill collar atau disebut juga kinematic monel collar (K-monel collar) adalah drill collar yang telah dihilangkan sifat kemagnetikannya. Pada pengarah alat belok, non magnetic drill collar dipasang di atas UBHO sub.

**d. Stabilizer**

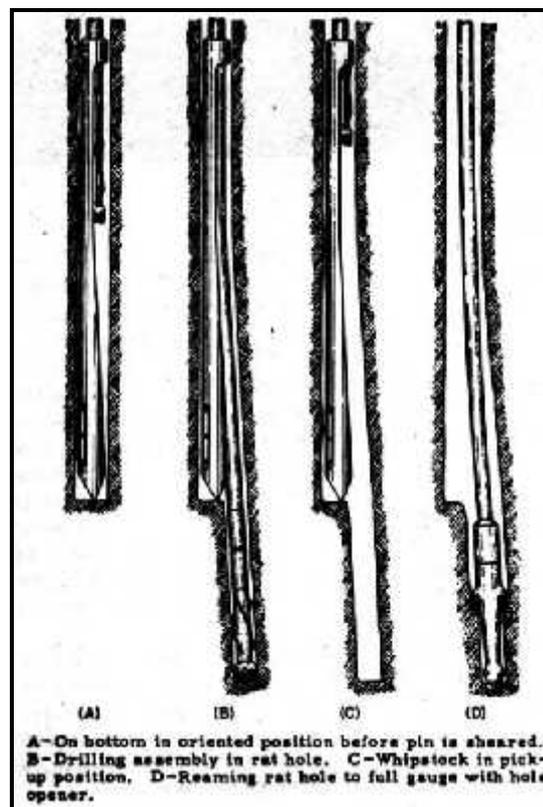
Stabilizer mempunyai peranan yang sangat penting di dalam pengaturan sudut kemiringan lubang bor. Pemakaian stabilizer ini adalah untuk mengontrol letak titik singgung antara drill collar dengan dinding lubang bor. Dengan pemasangan stabilizer pada tempat dan jarak tertentu dari pahat, maka kemiringan lubang bor yang dihasilkan oleh deflection tools dapat dikendalikan.



**Gambar 5.10**  
**Peralatan Pembelok pada Pemboran Horizontal**



**Gambar 5.11**  
**Mekanisme Pembelokan dengan Knuckle Joint**



**Gambar 5.12**  
**Mekanisme Pembelokan dengan Whipstock**

## DAFTAR PUSTAKA

1. Allen, T.O., Robert A.P : "Production Operation", Volume 1, Second Edition, OGCI, Oil and Gas Consultants International, Inc., Tulsa, Oklahoma, 1982.
2. Adams, N.J, : "Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach", PennWell Books, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
3. Gatlin, C : "Drilling and Well Completions", Departement of Petroleum Engineering, The University of Texas, Precentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
4. Nawangsidi, D. DR. Ir dan Rubiandini, R. Dr.Ir : "Teknik Pemboran Horisontal dan URRS", Teknik Perminyakan ITB, Asosiasi Pemboran Minyak Indonesia APMI – 1992/1993.
5. Rubiandini, R. DR. Ir : "Horizontal Well : Drilling, Completion and Flow Performance", PT. Muladaya Adipratama, HRD Management & Training Consultant, 1993.