

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Work over adalah semua pekerjaan yang dilakukan untuk memperbaiki keadaan sumur agar produksi sumur tersebut semakin meningkat, atau tetap dapat dipertahankan termasuk diantaranya karakteristik sumur. Jenis-jenis pekerjaan *work over* adalah : (Sumarna, D. 2011)

1. *Add perforation* (penambahan lubang perforasi).
Adalah suatu kegiatan kerja ulang sumur yang melakukan penambahan jumlah lubang perforasi untuk meningkatkan produksi.
2. Pembersihan lubang-lubang *perforasi*.
Adalah membersihkan sumur dari sisa-sisa pemboran seperti pasir yang terendapkan di dasar sumur yang dapat menyumbat aliran produksi.
3. *Isolasi zona*.
Adalah mengisolasi zona yang tidak produktif akibat *water cut* yang tinggi.
4. *Swabbing*
Pekerjaan *swabbing* adalah suatu pekerjaan untuk menimba atau mengeluarkan fluida dari dalam sumur melalui suatu rangkaian (*string*) khusus, seperti *tubing*, *drill pipe*, dan lain-lain.

2.1 SWABBING JOB

Pekerjaan *swabbing* ialah suatu pekerjaan untuk menimba atau mengeluarkan fluida dari dalam sumur melalui suatu rangkaian (*string*) khusus, seperti *tubing*, *drill pipe*, dan lain-lain. Kemudian fluida yang keluar ditampung dalam bak atau tangki penampung, tujuan *swabbing* diantaranya untuk menentukan suatu sumur atau *interval* dalam menghasilkan fluida, data yang bisa diperoleh dalam melaksanakan *swabbing* adalah *water cut*, *initial fluid level*, *rate per jam*, *swab depth*, dimana data ini biasa dipakai sebagai pedoman untuk mendisain *reda pump* atau *tubing pump* yang akan dipakai untuk mengangkat dan menurunkan *swab tool* harus stabil (sama) untuk kedalaman tertentu dan juga

dalam mengukur hasil *swab* di tangki harus benar, sehingga dapat diperoleh hasil *swab* yang akurat. (Sumarna, D. 2011)

Proses kerja *swabbing* yakni setelah kita menutup zona pada interval lain dengan *packer*, *swab cup* mulai diturunkan melalui tubing pada interval yang akan dilakukan *swabbing*, kemudian pada *swab cup* terdapat *valve* yang akan membuka pada saat *swab cup* turun dan akan menutup pada saat *swab cup* naik sehingga akan membawa fluida ke atas dan akan ditampung pada *swab tank*.

Swabbing job dilakukan pada sumur *workover* maupun sumur yang baru selesai dilakukan pemboran, karena melalui kegiatan *swabbing* kita dapat mengetahui ketinggian fluida di dalam sumur bor pada setiap interval. (Sumarna, D. 2011)

2.1.1 Tujuan Melakukan Pekerjaan *Swabbing*

Tujuan Melakukan Pekerjaan *Swabbing* : (Euvar Naranjo, 2010)

a. Melakukan Uji Produksi (*Production Test*)

Didalam pekerjaan uji produksi ini diharapkan akan diperoleh data-data yang menyangkut dengan produksi sumur tersebut seperti, *Water Cut* (WC), *initial fluid level* (IFL), *working fluid level* (WFL), *rate* perjam. Semua data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan ukuran dari pompa yang akan dimasukkan ke dalam sumur.

b. Melakukan *Swab Dry Test*

Pekerjaan ini untuk menguji apakah adanya kemungkinan terjadinya kebocoran pada pipa selubung atau *casing* dan *packer*.

c. Mengambil Kembali *Spent Acid*

Pekerjaan ini bertujuan untuk mengeluarkan kembali asam (*acid*) dari dalam sumur setelah pekerjaan pengasaman (*acidizing*) dilakukan agar supaya tidak terjadi kerusakan pada pipa selubung atau *casing* dan peralatan lainnya dikarenakan oleh asam.

d. Mengurangi *Hydrostatic Pressure*

Pekerjaan ini bertujuan untuk mengeluarkan sejumlah *fluida* dari dalam sumur agar tekanan diam cairan (*hydrostatic pressure*) yang ada dalam sumur

ikut berkurang. biasanya pekerjaan ini dilakukan sebelum pekerjaan *perforating* dilaksanakan untuk menghindari agar tidak terjadi penekanan pada lapisan atau *formasi* tertentu sehingga *fluida formasi* tersebut tetap bisa mengalir ke dalam sumur.

e. Mengambil Contoh atau Sampel Dari Fluida

Pekerjaan ini hanya bertujuan untuk mengeluarkan beberapa liter saja dari fluida sumur yang akan digunakan sebagai contoh atau sample dari sumur tersebut.

2.1.2 Persiapan Dan Prosedur Melaksanakan Pekerjaan Swabbing

Persiapan melaksanakan pekerjaan *swabbing*: (Rudi Rubiandini, 1996)

- a. Lakukan *pre job meeting* sebelum melakukan pekerjaan.
- b. Menggunakan kelengkapan PPE standar.
- c. Periksa kondisi *sand line* dan panjang *sand line* dari catatan yang ada cukup untuk mencapai kedalaman yang direncanakan.
- d. Periksa kondisi *dephometer* dalam keadaan baik serta tanda *swab line* terlihat dengan jelas.
- e. Periksa setiap bagian pada *swab tool* harus dalam kondisi baik, sambungan-sambungan terkunci dengan baik, kuat dan benar.
- f. Pasang *oil saver* dan *swab tool* pada *tubing swab (lubricator)*, *oil saver* dapat berfungsi baik atau tidak bocor. Sediakan cadangan *oil saver rubber* dan *swab cup*.
- g. Sediakan *gelas free water*, *centrifuge*, *solvent* dan kaleng atau ember penampung, *chemical*, dan *blower*.
- h. Untuk pekerjaan *swab acid* harus ditambahkan: mantel, masker, sarung tangan karet dan *eye wash*.
- i. menyediakan *multi gas detector* bisa berfungsi dengan baik dan mengetahui cara pemakaiannya. Tempatkan *gas detector* dekat dengan keluaran *swab line*. Hindari berada di atas *swab tank* untuk jangka waktu yang lama khususnya pada malam hari.

- j. Menyiapkan penunjuk arah angin (*wind sock*) dan dapat bergerak putar 360 derajat.
- k. Menyediakan lampu *gas proof* (untuk *swabbing* di malam hari).
- l. Pastikan gulungan pada *spool Cat Line* tidak kusut (harus teratur rapi).

Prosedur melaksanakan pekerjaan *swabbing*:

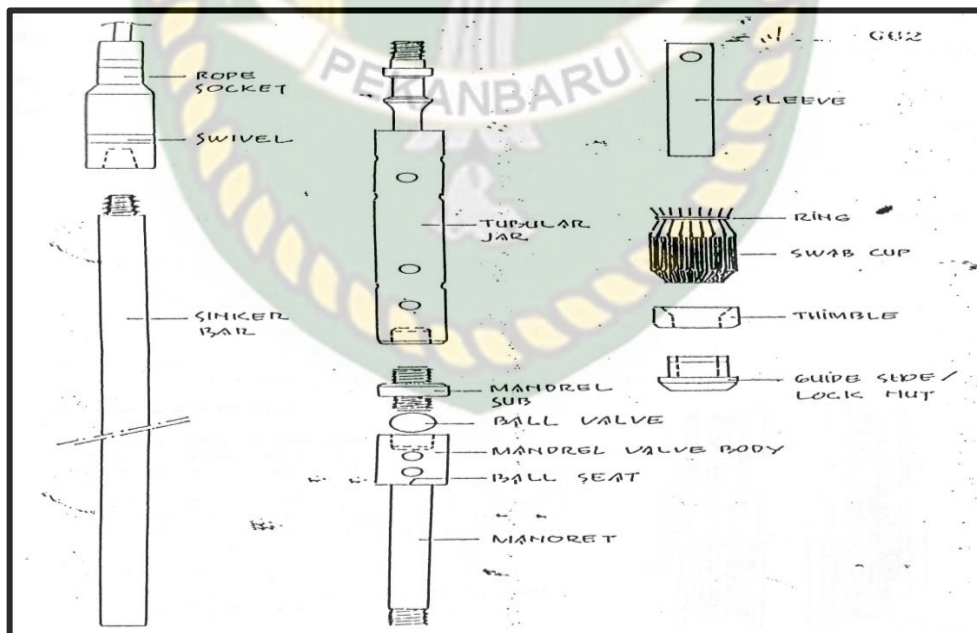
- a. Sambungkan *swab head* bagian bawah pada *tubing* dan *swab head* bagian atas ke *tubing swab assembly*.
- b. Pasang *swab line* ke *swab head*.
- c. Pasang bendera peringatan pada *sand line* sedikitnya 2 buah yang dapat terlihat dengan jelas. Jarak antara *swab tool* dengan bendera pertama adalah 150 feet dan jarak antara bendera pertama dan bendera kedua adalah 90 feet dan dipasang bendera untuk memberi peringatan *swab tool* sudah dekat ke *surface*.
- d. Turunkan *swab tool* dalam rangkaian *tubing* pelan-pelan, sambil melakukan pengukuran dengan *depthometer*.

Peringatan:

- 1. Pengukuran hanya boleh dilakukan pada tempat yang telah disediakan di atas *sand drum*, dan pengukuran dimulai pada posisi *swab cup* berada di dalam *collar tubing* ke yang paling atas.
- 2. Hati-hati sewaktu *swab tool* memasuki *fluid level* di dalam sumur, *sand line* mungkin kendor dan tiba-tiba menyentak.
- 3. Sewaktu membaca angka *depthometer* posisi *sand line* harus berhenti atau *stop*.
- e. Setelah *swab tool* mencapai kedalaman ± 500 feet di bawah *fluid level*, beri tanda dan mengikat tali pada *sand line*.
- f. Angkat *swab tool* dengan kecepatan $\pm 300 - 400$ feet per menit, kurangi kecepatan bila *fluida* sudah mencapai *swab head* (± 200 feet per menit), sambil memperhatikan bendera pada *sand line*. apabila tampak bendera, kurangi lagi kecepatan *sand line*, *stop* bila bendera sudah mendekati *sand drum*.

- g. *Derrickman* yang bertugas *di test tank* mengukur dan mencatat volume fluida yang dikeluarkan saat *swabbing* dan selalu memberitahukan kepada *Driller*. Hitung dan catat : Rate, WC, WFL, IFL.
- h. Lakukan cek secara terus menerus sekitar *well*, dan *test tank*.
- i. Turunkan *swab tool* dengan kecepatan ± 300 feet per menit sampai ke kedalaman swab (Swab Depth) level.
- j. Ulangi step # 5, # 6, # 7 sampai di dapatkan *rate* dan WC yang stabil dengan waktu yang sama.
- k. Apabila jumlah volume *fluida* yang di *swab* sudah melebihi *total load* maka mulai diambil *sample* (contoh *fluida*) untuk diukur kandungan air atau minyaknya secara berkala.
- l. Lanjutkan pekerjaan *swab* sampai mendapatkan *rate* dan *water cut* yang stabil.

2.1.3 Peralatan Untuk Pekerjaan Swabbing



Gambar 2.1 Komponen *Swab Tools Assembly* (Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

Cara Kerja *Swab Tools Assembly*, Sewaktu *swab tools assembly* diturunkan dan memasuki fluida, maka fluida tersebut akan masuk melalui *guide*

shoe dan mendorong bola-bola (*ball valve*) yang ada dalam *mandrel* kemudian keluar melalui *ports* atau lubang-lubang yang ada pada *tubular jar* dan mengisi tubing. Ketika *swab assembly* diangkat atau dicabut, *ball valve* akan duduk pada *ball seat* nya sehingga *fluida* yang ada dalam tubing tadi terbawa ke permukaan karena ditahan oleh *swab cup* (karet *swab*). (Sumarna, D. 2011)

2.1.3.1 Pengertian Dari Alat *Swab Tools Assembly* (Sumarna, D. 2011)

- a. *Guid Shoe* adalah Gunanya untuk menguide *swab assembly* sewaktu dimasukkan ke dalam tubing.
- b. *Thimble* adalah Gunanya untuk menahan *swab cup*.
- c. *Swab Cup* adalah Gunanya untuk menahan fluida yang ada di dalam tubing atau casing sewaktu di angkat.
- d. *Ring* adalah Gunanya untuk menahan kawat yang ada pada *swab cup* agar tidak mengembang sewaktu di angkat.
- e. *Sleeve* adalah Gunanya untuk mengencangkan kedudukan dari *swab cup* agar ringnya tidak mudah lepas.
- f. *Manoret* adalah Gunanya untuk kedudukan bagian dari *swab assembly*.
- g. *Mandrel Valve Body* adalah Gunanya untuk lewat fluida dari ID Swab ke tubing atau casing.
- h. *Ball Valve* adalah Gunanya untuk mem-by pass fluida dari ID Swab Assembly sewaktu diturunkan dan menahan fluida sewaktu *swab assembly* di angkat.
- i. *Mandrel Sub* adalah Gunanya untuk menghubungkan *swab assembly* dengan *tubular jar*.



Gambar 2.2 *Swab Cup* (Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

Proses kerja *swabbing* yakni setelah kita menutup zona pada interval lain dengan *packer*, *swab cup* mulai diturunkan melalui tubing pada interval yang akan dilakukan *swabbing*, kemudian pada *swab cup* terdapat *valve* yang akan membuka pada saat *swab cup* turun dan akan menutup pada saat *swab cup* naik sehingga akan membawa fluida ke atas dan akan ditampung pada *swab tank*.

2.2 DEFINISI SWAB TEST

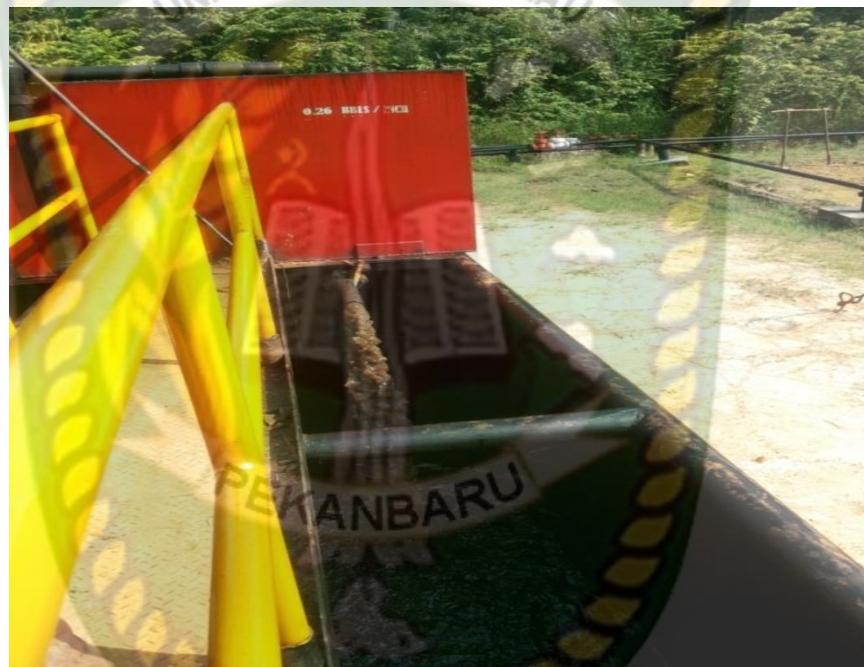
Swab test dan *swabbing job* adalah pekerjaan dengan prosedur yang sama, namun *swab test* adalah salah dari tujuan *swabbing job*, dengan data dari hasil *swab test* menunjukkan tingkat *produktivitas interval perforasi* (layer) yang di uji. *Swabbing job* adalah proses pengangkatan fluida yang keluar dari *interval perforasi* melalui *swab tool* yang berada didalam tubing pada sumur yang bukan *flowing* yang di hubungkan dengan *swab tank* untuk di ukur volumenya dalam sekali *run*. (Allen. 1996)

2.2.1 Standar Prosedur *Swab Test*

Prosedur uji *swab* terdiri tahap pengukuran performa sumur dengan *swab tool*, dan tahap pengukuran *water cut*. Untuk tahap pengukuran *water cut* terdiri

dari dua macam berdasarkan lokasi pengukurannya, yaitu di *test tank* dan di kran dekat *tes tank*.

Swab Tank merupakan tangki penampung fluida setelah diangkat ke permukaan pada saat proses *swabbing*, melalui *Swab Tank* ini kita dapat menghitung berapa *rate* yang dikeluarkan setiap waktu *swabbing* yang dilakukan (5 menit, 10 menit, 15 menit dan lain-lain) dan juga kita dapat mengetahui berapa *water cut* yang terdapat dalam fluida tersebut. (Sumarna, D. 2011)



Gambar 2.3 *Swab Tank* (Sumber: Sumarna, D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

2.2.1.1 Pengukuran Performa Sumur Dengan *Swab Tool* (Euvar Naranjo, 2010)

- a. Turunkan *swab tool* pada kedalaman tertentu mencari *Statistic Fluid Level*.
- b. Sembari *swab tool* bergerak turun ke dalam *wellbore*, fluida akan mengalir melalui *ball valve* dan *guide shoe*.
- c. Fluida akan bergerak keatas dan keluar melalui tubular jar untuk mengisi *annulus* antara *swab tool* dengan tubing.

- d. Pada saat alat *swab tool* diangkat, *ball valve* akan bergerak turun dan menutup lubang aliran fluida kedalam *swab tool* dan fluida akan terperangkap (*swab cup* berfungsi untuk menahan fluida tersebut).
- e. Volume fluida yang terperangkap disebut *Rate Per Run* (RPR), Jika pertama kali *run* disebut *swab rate* pertama.
- f. Lakukan langkah (a) sampai (e) hingga RPR stabil dan catat *swab depth* dan RPR stabilnya. RPR stabil didapat misal dalam sekali run perlu waktu 5 menit, maka dianggap volume stabilnya itu dinyatakan sebagai laju alir stabil untuk setiap 5 menit *running swab tool*.

2.2.1.2 Pengambilan *Water Cut* Dari *Swab Tank* (sumber: Sumarna.D. 2011)

- a. Kran atau *valve* dibuka sehingga semua fluida memasuki tangki uji (*test tank*), mulai dari mengangkat *swab tool* hingga semua fluida keluar untuk diukur dan dihitung RPR.
- b. Campurkan *demulsifer* kemudian diaduk dan didiamkan supaya air dan minyak terpisah.
- c. Setelah terpisah, kran pembuangan ke tangki utama di buka, ukur ketinggian air pada tangki uji, bagi dengan ketinggian total kolom fluida dalam tangki untuk mendapatkan *water cut* awal.
- d. Apabila masih kelihatan ada minyak, ambil sampel minyak yang tersisa dan ikuti langkah pengambilan *water cut* dari kran uji dekat *swab tes tank* *water cut* sama dengan *water cut* hasil dari tangki uji ditambah dengan *water cut* hasil dari kran uji.

2.2.1.3 Data Yang Di dapat Dari Hasil *Swab*

Menentukan berat jenis fluida dan gradient tekanan fluida untuk menghitung laju produksi maksimum pada sebuah sumur minyak, maka dilakukan perhitungan berat jenis fluida dan gradient tekanan fluida produksi dengan persamaan sebagai berikut:

1. Penentuan SG Fluida

$$SG = (1 - Wc) \times SG \text{ Oil} + (Wc \times SG \text{ Water}) \dots\dots\dots(1)$$

(Sumber: Anas Puji Santoso, Ir. MT., “Teknik Produksi I”, Jurusan Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta, 1998)

2. Gradient Fluida (GF)

$$GF = 0.043 \times \text{Sp. Gr. Fluida} \dots\dots\dots(2)$$

(Sumber: Anas Puji Santoso, Ir. MT., “Teknik Produksi I”, Jurusan Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta, 1998)

3. Penentuan Tekanan Alir Dasar Sumur (Pwf) dan Tekanan Reservoir (Pr)

$$P_{wf} = (\text{Mid perforasi} - \text{WFL}) \times \text{Gradient Fluida} \dots\dots\dots(3)$$

$$P_r = (\text{Mid perforasi} - \text{IFL}) \times \text{Gradient Fluida} \dots\dots\dots(4)$$

(Sumber: Anas Puji Santoso, Ir. MT., “Teknik Produksi I”, Jurusan Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta, 1998)

4. *Initial/Static Fluid Level (IFL/SFL)*

$$SFL_{ft} = \text{Swab depth pertama}_{ft} - \left(\frac{\text{Swab rate pertama}_{bbl}}{0.0087_{bbl/ft}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana: 0.0087 bbl/ft adalah conversion factor

Atau

$$SFL_{ft} = \text{Swab depth pertama}_{ft} - \text{Swab rate pertama}_{bbl} \times 115_{ft/bbl} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana: 115 feet/bbls adalah conversion factor

(Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

5. *Working Fluid Level (WFL)*

$$WFL_{bbl} = \text{Swab depth stable}_{ft} - \left(\frac{\text{Swab rate stable}_{bbl}}{0.0087_{bbl/ft}} \right) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana: 0.0087 bbl/ft adalah conversion factor

(Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

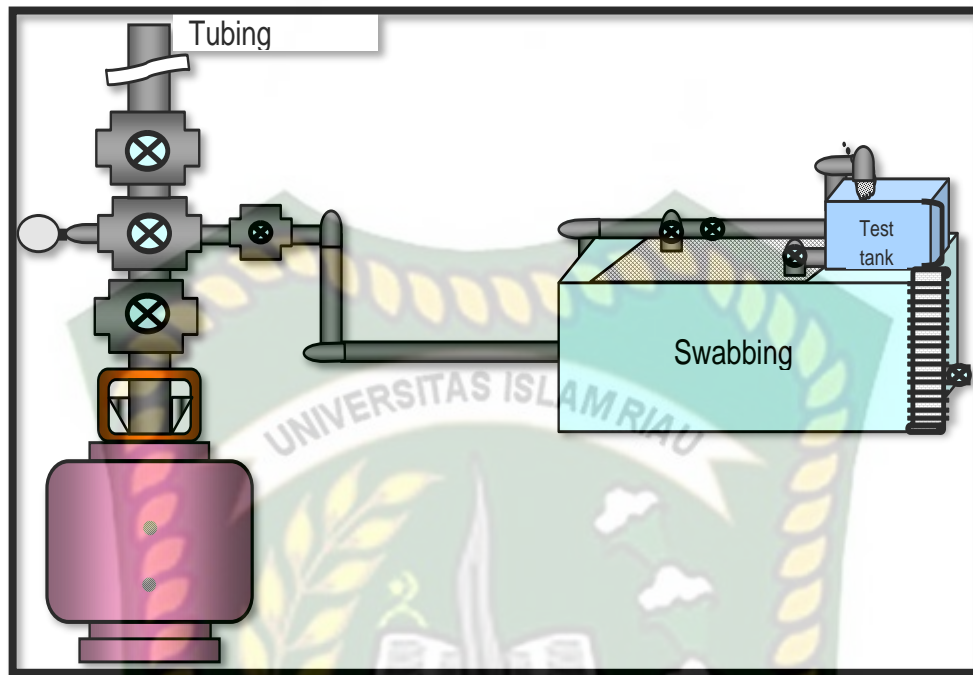
6. *Flow rate per day (Q)*

$$Q_{bbl/hari} = \text{Swab rate stable}_{bbl/mnt} \times 1 \text{ jam} \times 1 \text{ hari} \dots\dots\dots(8)$$

(Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

7. *Water Cut (WC)*

Water cut adalah persentase air yang terkandung dalam fluida formasi untuk mencari persentase air tersebut dapat dilakukan dengan cara mengambil fluida yang akan dites dari *test tank* atau diambil langsung dari kran tes sesudah hasil *swab* stabil.



Gambar 2.4 *Swabbing Job* (Sumber: Sumarna. D. 2011. *Wellwork and Completion*. CPI. Duri)

2.3 Metode Pengangkatan Produksi

Pada setiap sumur minyak yang siap untuk diproduksi, diharapkan minyak akan mengalir sampai ke permukaan dengan menggunakan tenaga atau tekanan reservoir yang tersedia secara alami pada reservoir sumur minyak itu secara alami (*natural flow*). Biasanya proses ini akan berlangsung sampai pada titik dimana tenaga yang tersedia akan berkurang, sehingga kemampuan untuk mengangkat fluida yang masih ada didalam sumur dapat mengalir lagi ke permukaan, maka diperlukan tenaga pengganti yang lazim disebut dengan *artificial lift*.

Artificial lift adalah suatu metode yang dipakai untuk memproduksi minyak mentah dari sebuah sumur setelah tekanan yang tersedia secara alami dalam sumur itu tidak mampu lagi untuk mengangkat minyak ke permukaan. (Santoso Puji Anas. 1889)

2.3.1 Jenis-Jenis *Artificial Lift*

Umumnya *artificial lift* terdiri dari lima macam yang digolongkan menurut jenis peralatannya:

- a. *Gas Lift*
- b. *Sucker Road Pump (SRP)*
- c. *Electric Submersible Pump (ESP)*
- d. *Progressing Cavity Pump (PCP)*
- e. *Hydraulic Pumping Unit (HPU)*

2.3.1.1 *Gas Lift* (Sukarno, Pudjo. 1998)

Merupakan pengangkatan buatan dengan cara menginjeksikan gas kedalam kolom minyak didalam sumur sehingga berat minyak menjadi lebih ringan dan lebih mampu mengalirkan fluida kepermukaan.

a. Prinsip kerja *Gas Lift*

Continuous gas lift yaitu gas yang diinjeksikan secara terus menerus ke dalam annulus melalui *valve* yang di pasang pada tubing, maka gas akan masuk ke dalam tubing, Untuk sumur yang mempunyai PI tinggi (> 0.5 B/D/psi).

Intermittent gas lift yaitu gas di injeksikan secara terputus-putus pada selang waktu tertentu, sehingga dengan demikian injeksi gas merupakan suatu siklus dan diatur sesuai dengan laju fluida yang mengalir dari formasi ke lubang sumur. Digunakan pada sumur yang mempunyai PI rendah (> 0.5 B/D/psi).

b. Kelebihan dan Kekurangan *Gas Lift*

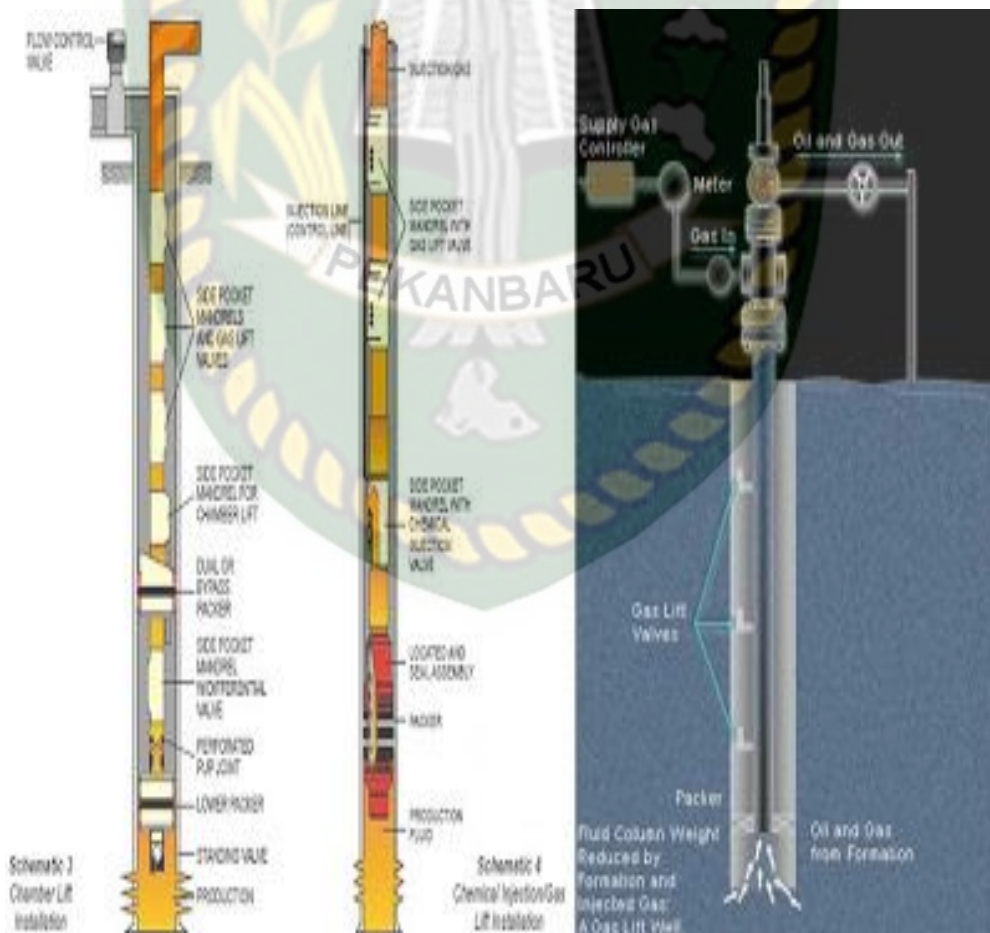
Kelebihan dari *Gas Lift*:

1. Biaya peralatan dan perawatan yang lebih murah dibandingkan dengan metode pengangkatan buatan lainnya.
2. Sistem dapat didesign untuk berbagai laju aliran.
3. Dapat dipakai pada seluruh kondisi jenis sumur (Sumur tegak, miring, maupun dalam).
4. Flexibilitas tinggi.

5. Waktu operasi panjang karena tidak ada alat yang bergerak.
6. Biaya operasi rendah.
7. Laju produksi dapat dikontrol dipermukaan.

Kekurangan dari Gas Lift:

1. Investasi awal cukup besar, terutama bila harus memakai kompresor.
2. Bila gas yang dipakai bersifat korosif, maka dibutuhkan unit penetral.
3. Sukar dioperasikan apabila penemuan cairan didalam tubing sudah rendah.
4. Pada *dual completion* dengan jarak zona yang jauh dan diameter casing kecil.
5. Harus terdapat gas yang cukup



Gambar 2.5 Gas Lift (Sumber: Sukarno, Pudjo. 1998)

2.3.1.2 Sucker Rod Pump (Sumber : Brown K.E., 1980)

a. Prinsip Kerja Sucker Rod Pump

Prinsip kerja Pumping Unit atau *sucker rod pump* yaitu mengubah gerak rotasi dari *Prime Mover* menjadi gerak naik turun oleh sistem *Pitman Crank Assembly*, kemudian gerak naik turun ini melalui *walking beam* di teruskan ke *Horse Head* di jadikan gerak lurus naik turun (*Up Stroke* dan *Down Stroke*) untuk menggerakkan *plunger* pompa melalui rangkaian *rod (rod string)*. (Sumber: Arini Desi. 2012)

b. Bagian-bagian Utama Dari Sucker Rod Pump (Sumber: Brown, K. E. 1980)

1. Peralatan dipermukaan

Peralatan di atas permukaan ini berfungsi untuk memindahkan energi dari *prime mover* ke pumping unit dimana untuk selanjutnya diteruskan ke pompa bawah permukaan. Peralatan ini juga berfungsi untuk mengubah gerak putar menjadi gerak naik turun melalui *crank*, *pitman*, dan *walking beam*, sedangkan *gear reducer* untuk menurunkan putaran tinggi dari *prime mover* menjadi rendah sesuai dengan *stroke* per menit pompa. Adapun bagian dari peralatan permukaan adalah: (Brown, K. E. 1980)

a. *Prime mover*

Sebuah motor listrik atau *reciprocating engine* dengan putaran 800 – 1200 RPM dipakai untuk menggerakkan pumping unit.

b. *Gear Reducer*

Merupakan alat untuk menurunkan putaran dari motor atau *engine* menurut yang dibutuhkan.

c. *Crank*

Crank disambungkan pada sumbu putaran rendah yang keluar dari *gear box* yang berputar 360° , lubang yang disebelah luar dari *crank* disambungkan ke *pitman* kalau *counter weight* dibutuhkan oleh pumping unit, maka dapat dipasang pada *crank*.

d. *Pitman*

Pitman dipasang untuk menghubungkan *crank* dengan *walking beam* dan berfungsi untuk merubah gerakan berputar dari *gear box* menjadi gerakan turun naik pada *walking beam*, panjang *stroke* pemompaan (SL) pada setiap *pumping* unit dirubah dengan memindahkan sambungan dirubah ke arah sumbu *gear box* (*inboard*) maka *stroke length* menjadi lebih pendek sedangkan kalau menjauhi sumbu *gear box* (*outboard*) maka *stroke length* menjadi panjang.

e. *Walking Bem*

Walking beam bergerak ke atas dan ke bawah dan ditopang oleh *sumbu* dan *saddle bearing*.

f. *Horse Head*

Horse head dipasang pada *walking beam* dengan memakai *engsel sling*, *horse head* disambung ke *polished rod* agar *polished rod* dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti gerakan dari *walking beam*.

g. *Carrier Bar* atau *Hanger*

Polished rod masuk ke dalam *carrier bar* dan di atasnya dipasang *clamp* sehingga *carrier bar* melalui *wire line* atau *sling* yang dibagian atas disambungkan ke *horse head* dapat mengangkat dan menghantarkan *polished rod* ke atas dan ke bawah.

h. *Counter Weight*

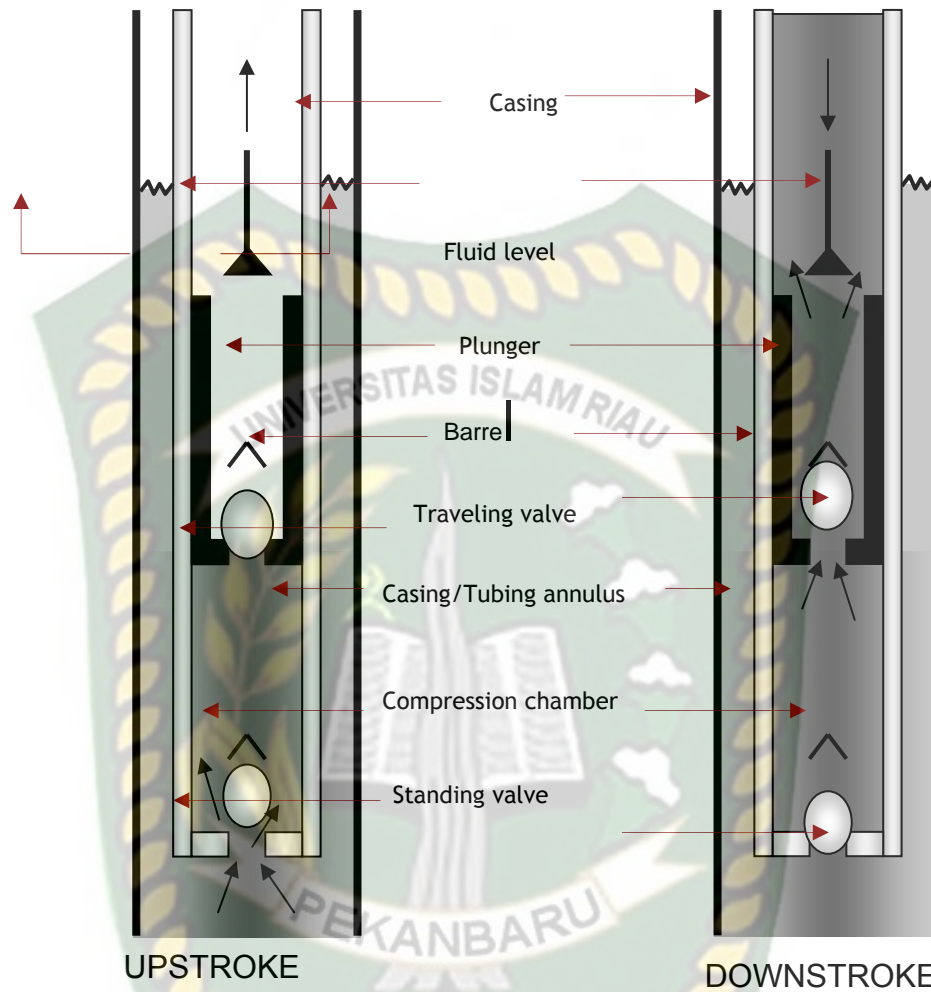
Pada *crank balance pumping* unit, *counter weight* dipasang pada *crank*, sedangkan pada *beam balanced pumping* unit, *counter weight* dipasang pada pada ujung belakang *walking beam*. *Counter weight* berfungsi untuk menyamakan muatan (*amper*) motor penggerak diwaktu *up-stroke* dan *down-stroke*. disamping itu sekaligus untuk memperkecil *horse power* yang dibutuhkan oleh motor. Pada *Air Balance pumping* unit, tabung udara yang bertekanan berfungsi sebagai pengganti *counter weight*.

i. *Brake* atau Rem

Rem berfungsi untuk mengatur posisi kepala kuda kalau *pumping* harus dimatikan untuk keperluan perbaikan pada *well* atau pada *pumping* itu sendiri.

2. Peralatan dibawah Permukaan (Sumber: Brown, K. E. 1980)

Pada gambar 2.6 memperlihatkan gerakan ke atas dan ke bawah pada *plunger* pompa, pada gerakan *plunger* ke bawah, *standing valve* akan tertutup karena ditekan fluida yang di atasnya, *traveling valve* terbuka karena mendapat dorongan dari fluida di *working barrel*, fluida bergerak masuk dari *barrel* ke *plungernya*. Pada gerakan ke atas, *travelling valve* tertutup, *standing valve* terbuka karena efek pengisapan, fluida masuk dari sumur ke *working barrel* karena efek pengisapan. *Working barrel* digunakan untuk tempat naik – turunya *plunger* dan sebagai tempat pengumpul cairan.



Gambar 2.6 Peralatan dibawah Permukaan (Sumber : Brown K.E., (1980). *The Technology Of Artificial Lift Methods : Vol.2A. Penwell Publishing Company*)

c. Komponen-komponen Pompa Bawah Permukaan (Sumber: Brown, K. E. 1980)

1. *Working Bareel*
merupakan tabung silinder tempat naik turunnya *plunger*
2. *Plunger*

Merupakan suatu piston panjang yang terbuat dari *metal stainless steel* dan bergerak naik turun (sesuai dengan prinsip pemompaan) yang berfungsi untuk mengangkat fluida dari dasar sumur ke kolom tubing hingga sampai kepermukaan.

3. *Travelling Valve*

Merupakan katup berbentuk bola, yang bergerak membuka dan menutup dan terletak pada *plunger*. *Valve* ini akan membuka disaat *plunger* bergerak turun (*down stroke*), dan menutup saat *upstroke*.

4. *Standing Valve*

katup yang berbentuk bola dan terletak pada bagian bawah pompa yang berfungsi untuk menahan fluida agar tidak turun atau keluar dari *working barrel* pada waktu *down stroke*.

d. Kelebihan dan Kekurangan *Sucker Rod Pump* (Sumber: Brown, K. E. 1980)

Kelebihan Pompa *Sucker Rod Pump*:

1. Tidak mudah rusak.
2. Mudah diperbaiki di lapangan.
3. Fleksibel terhadap laju produksi, jenis fluida dan kecepatan bisa diatur.
4. Keahlian orang di lapangan sangat baik.
5. Dari jauh akan terlihat tidak ada gerakan kalau pompa mati.
6. Harganya relatif murah.

Kekurangan Pompa *Sucker Rod Pump*:

1. Berat dan butuh tempat luas, transportasi sulit.
2. Tidak baik untuk sumur miring atau *offshore*.
3. Butuh unit besar sekali untuk laju produksi besar dan sumur dalam.

e. Kriteria Pemilihan Pompa *Sucker Rod Pump* (Sumber: Brown, K. E. 1980)

1. Produktifitas sumur, Q antara < 1000 B/D
2. Tidak dapat digunakan untuk sumur *directional*
3. Kemampuan *sucker rod* untuk mengatasi problem

Pasir : sedang

Paraffin : buruk

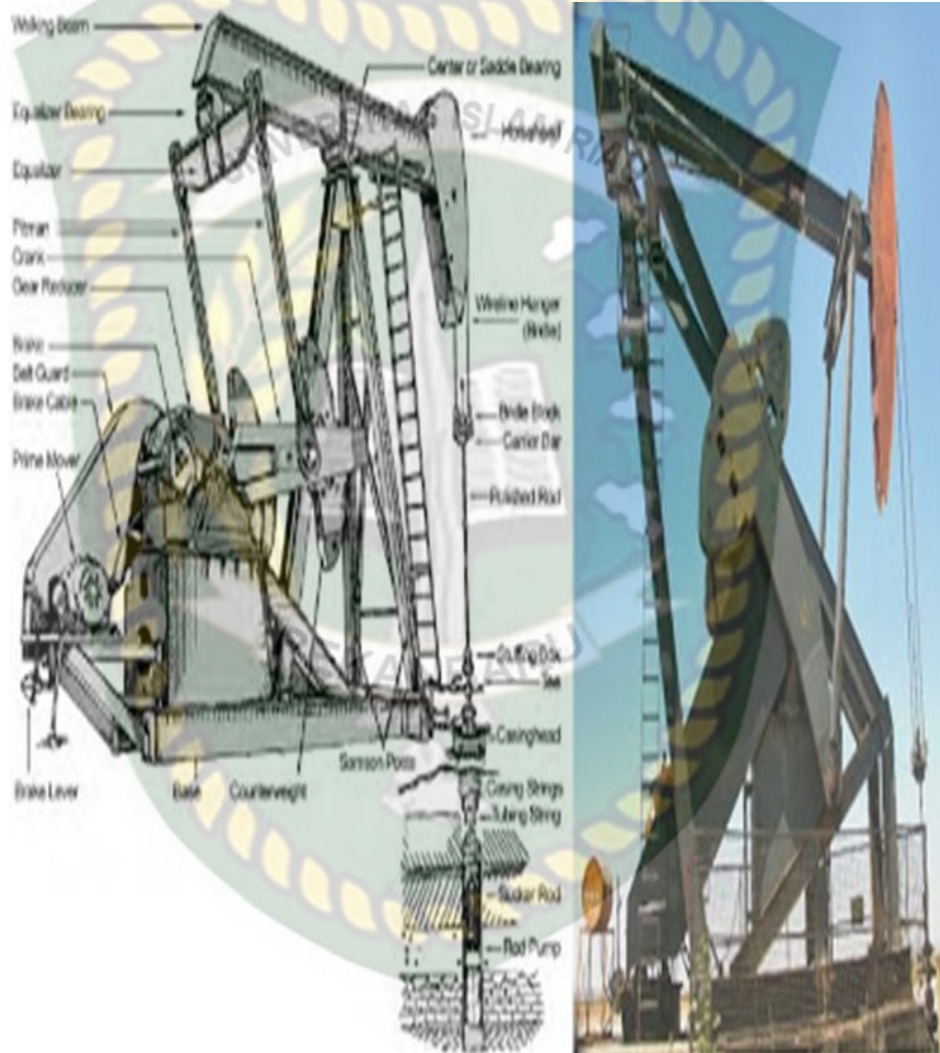
Scale : baik

Korosi : baik

Gor : sedang

Emulsi : baik

4. *Sucker Rod pump fleksible* untuk mengubah laju produksi dan mudah pengoperasiannya.



Gambar 2.7 *Sucker Rod Pump* (Sumber: Brown, K. E.: “*The Technology of Artificial Lift Methods*”, vol. 2A. , Pen Well Publ. , 1980).

2.3.1.3 *Electrical Submersible Pump*

Electric Submersible Pump adalah sebuah rangkaian pompa yang terdiri dari banyak tingkat (*multi stages*) dengan motor yang ditenagai didalam fluida dan menggunakan aliran listrik dari permukaan. *Electric Submersible Pump*

merupakan *artificial lift*, dengan harga yang cukup mahal dibandingkan dengan pengangkatan buatan lainnya, akan tetapi dapat menghasilkan pengembalian biaya dengan cepat oleh karena kemampuannya untuk menghasilkan laju produksi yang tinggi.

Sistem kerja dari *Electric Submersible Pump* ini adalah dengan mengalirkan energi listrik dari *transformer (step down)* melalui *switchboard*. Pada *switchboard*, semua kinerja dari *Electric Submersible Pump (ESP)* dan kabel akan dikontrol atau dimonitor. Kemudian energi listrik akan diteruskan dari *switchboard* ke motor melalui *cable* yang diletakkan di sepanjang tubing dari rangkaian *Electric Submersible Pump (ESP)*. (Sumber: Sefilra Andalucia. 2012).

Selanjutnya, melalui motor energi listrik akan diubah menjadi energi mekanik yaitu berupa tenaga putar. Putaran akan diteruskan ke *protector* dan *pump* melalui *shaft* yang dihubungkan dengan *coupling*. Pada saat *shaft* dari pompa berputar, *impeller* akan ikut berputar dan mendorong fluida yang masuk melalui *pump intake* atau gas separator ke permukaan. Fluida yang didorong, secara terhadap akan memasuki tubing dan terus menuju ke permukaan sampai ke stasiun Pengumpul. (Sumber: Sefilra. Andalucia. 2012).

a. Prinsip Kerja *Electrical Submersible Pump*

Prinsip kerja *Electrical Submersible Pump* yaitu berdasarkan prinsip kerja *pompa sentrifugal* dengan sumbu putarnya tegak lurus. Pompa *sentrifugal* adalah *motor hidrolis* dengan cara memutar cairan melalui *impeller* pompa menuju poros pompa, dikumpulkan oleh *diffuser* kemudian akan dilempar ke luar. *Impeller* (kipas) ditempatkan pada *pump housing* yang jumlahnya puluhan hingga ratusan dan dihubungkan secara seri. Di bawah rumah pompa dipasang *intake* untuk jalur masuknya fluida ke dalam fluida. (Sumber: Imam, W. Sujanmo. 1995)

b. Kriteria Pemilihan Pompa ESP (Sumber: Imam, W. Sujanmo. 1995)

1. Tekanan formasi rendah
2. Laju produksi antara 200-600 STB/day

3. *Productivity index* masih tinggi
4. Sumur tidak mempunyai problem kepasiran
5. Tersedia peralatan ESP

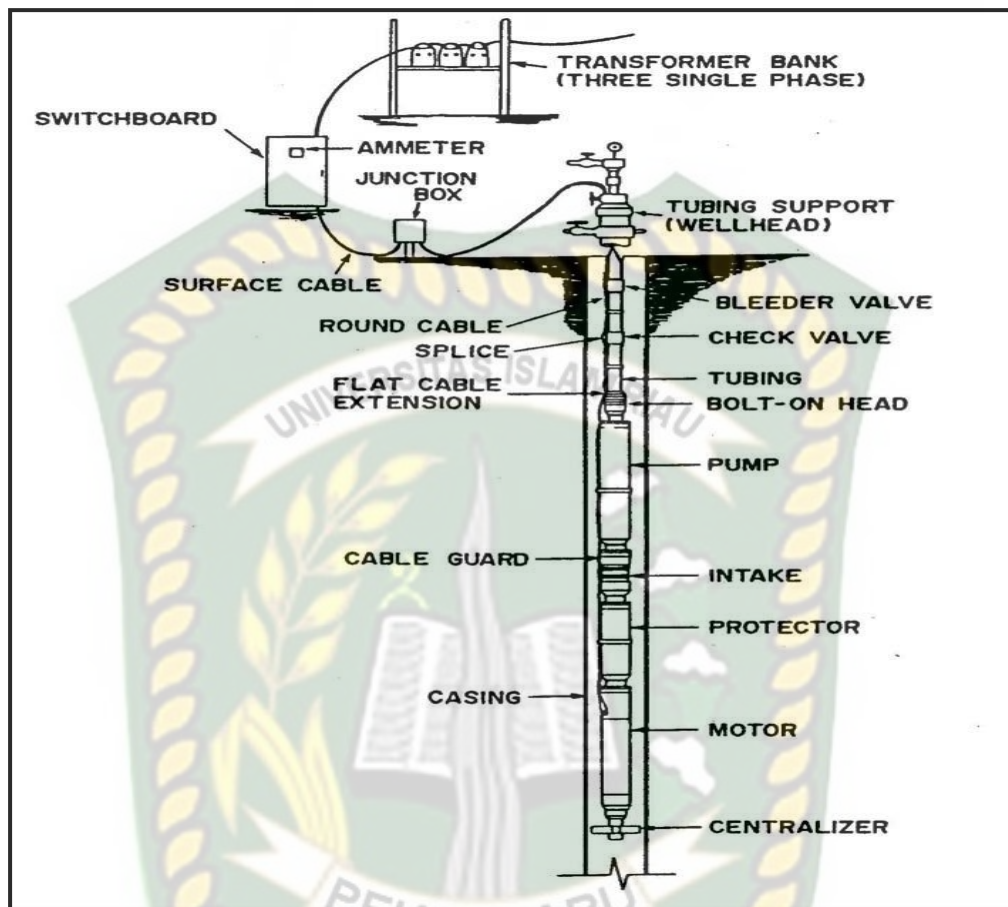
c. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Pompa ESP (Sumber: Imam, W. Sujanmo. 1995)

Keuntungan pompa *Electrical Submercible Pump*:

1. Dapat beroperasi pada kecepatan tinggi.
2. Mampu memompa fluida dalam jumlah besar
3. Dapat memisahkan gas yang mungkin mengganggu proses pengisapan.
4. Sesuai digunakan pada sumur-sumur yang mempunyai PI tinggi.
5. Sesuai dipasang pada sumur-sumur miring karena tidak ada bagian-bagian yang bergerak baik di permukaan maupun di dalam sumur.

Kerugian pompa *Electrical Submercible Pump*:

1. Biaya Pertama pemasangan ESP relatif lebih mahal dibanding dengan sistem *artificial lift* yang lain.
2. Kurang baik pada sumur yang memiliki problem kepasiran.
3. Pada sumur produksi dengan reservoir yang tidak kompak dimana akibat dari pemompaan dengan *rate* dan kecepatan yang tinggi, bisa menyebabkan pasir terlepas dari sedimennya dan masuk ke dalam pompa sehingga pompa mengalami abrasi.
4. Pada sumur yang *saturated* reservoir (reservoir jenuh) dengan tekanan lapisan di bawah tekanan saturasi maka gas dalam cairan yang dipompakan bisa menurunkan efisiensi pompa dan bisa terjadi *gas locking*.
5. Menimbulkan emulsi yang diakibatkan dari perputaran impeller pompa yang tinggi.
6. Mempercepat terjadinya *water conning* akibat dari pemompaan dengan *rate* yang tinggi maka akan memacu terjadinya *water conning* terutama pada *perforasi* yang dekat dengan *water oil contact*.



Gambar 2.8 Komponen *Electric Submersible Pump* (Imam W. sujanmo, 1995)

2.3.1.4 *Progressive Cavity Pump (PCP)*

Merupakan pompa dipasang di dalam sumur tetapi motor dipasang di permukaan, keduanya di hubungkan dengan batang baja yang disebut dengan *sucker rod* atau suatu metoda dari *artificial lift* sistem yang digunakan untuk memompakan minyak kepermukaan dengan memanfaatkan ulir dari pompa.

Pompa *Cavity* yang memiliki konstruksi sederhana menimbulkan gesekan yang rendah selama operasinya sehingga menghasilkan efisiensi mekanik yang tinggi. Tenaga yang digunakan oleh pompa hanya dipakai untuk pengangkatan fluida produksi saja tidak seperti pompa *sucker rod*, keseragaman kompresi antara rotor dan stator menghasilkan slip yang sangat rendah, dan hal ini menjamin efisiensi *volumetrik* tetap tinggi *belt* atau kontrol hidrolis memudahkan dalam

merubah kecepatan pompa untuk berbagai laju produksi sumur. (Santoso Pudji Anas, 1998)

a. Rangkaian *Progressive Capity Pump*

Rangkaian dalam sumur

1. Rotor
2. Stator
3. *Gas Anchor*
4. *Sucker Rod*

Rangkaian dipermukaan

1. Motor penggerak
2. Roda gigi penggerak
3. Alat penahan putaran balik dari pompa

b. Keuntungan dan Kekurangan Penggunaan *Progressive Capity Pump*

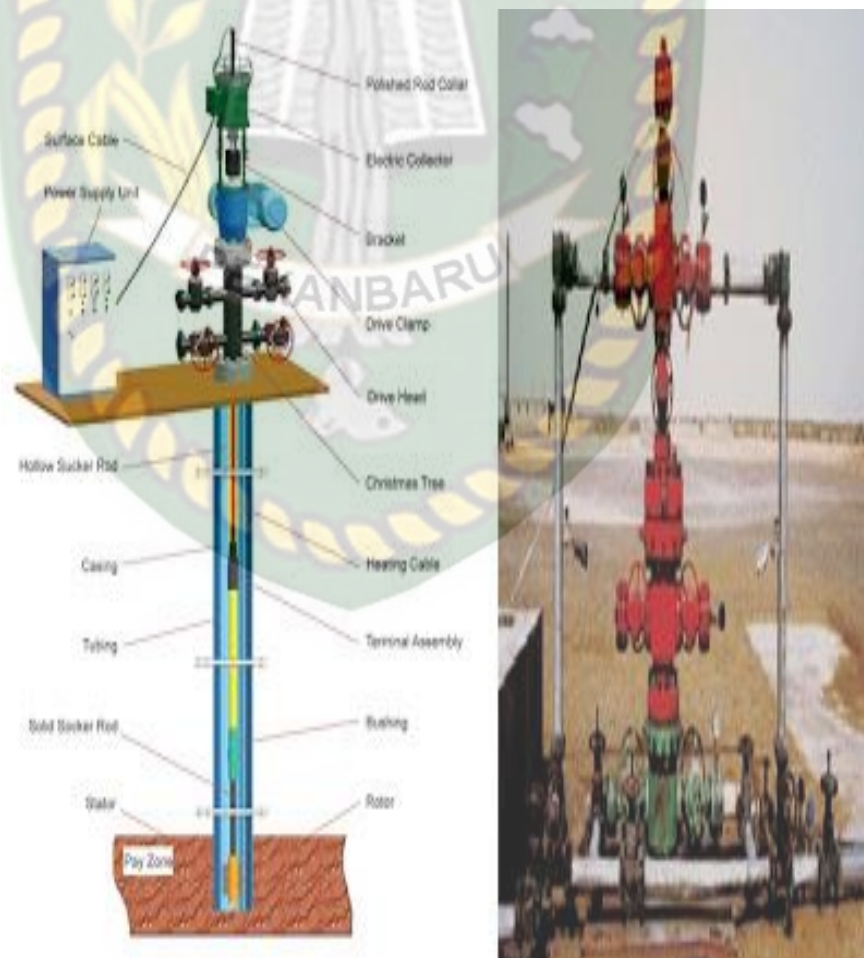
Keuntungan dari *Progressive Capity Pump*:

1. PCP hanya memerlukan daya sebesar 30 % daya yang diperlukan oleh ESP untuk sumur yang sama.
2. Biaya perawatan sumur yang murah. Karena pekerjaan ulang (*service*) cukup menggunakan *crane* yang berkapasitas 15 ton untuk mengangkat peralatan bawah permukaan jika terjadi kerusakan atau untuk penggantian. Sedangkan peralatan dipermukaan kecil kemungkinan untuk rusak.
3. Efisiensi *volumetris* pompa ulir dapat mencapai 90 % dan kapasitas pemompaan tersebut dapat bervariasi dengan mengubah kecepatan laju putaran pompa sesuai kemampuan produksi reservoir.
4. Laju aliran dari pompa ulir tersebut tidak terpengaruh oleh tekanan pipa alir.
5. Dapat mengangkat fluida yang berpasir.

6. Bagian penggerak utama, termasuk motor terdapat di permukaan, sehingga kemungkinan rusak karena kondisi sumur sangat kecil. Untuk perbaikan pada rangkaian ini, perangkat perawat sumur tidak diperlukan.
7. Dapat melakukan sirkulasi melalui pipa produksi setelah rotor diangkat keluar dari stator.

Kekurangan dari *Progressive Capacity Pump*:

1. Sumur produksi sebaiknya vertical well.
2. Kedalaman sumur maksimal 4000 ft.
3. Kapasitas Produksi maksimum 2000 BFPD.
4. Usia stator dapat mencapai 2 tahun.
5. Tidak dapat dipergunakan untuk sumur yang aromatic dan mengandung H₂S yang tinggi.



Gambar 2.9 *Progressive Cavity Pump* (Sumber: Santoso Pudjo Anas, 1889. Teknik Produksi 1, Yogya UPN Veteran)

2.3.1.5 Hydraulic Pumping Unit

Hydraulic pump sistem adalah salah satu bentuk metode lain yang dipakai untuk memompakan minyak mentah dari dalam sumur bila tenaga reservoir yang tersedia tidak mampu lagi mengangkat minyak mentah ke permukaan. Prinsipnya adalah dengan bantuan fluida tersebut dapat menggerakkan piston dan piston menggerakkan pompa, sistem ini disebut juga *hydraulic piston pump*. bila *power fluid* tersebut dipakai untuk mempercepat produksi dengan sistem *nozzle*, disebut dengan "*Jet Pumping*". *Jet pump* biasanya dipakai untuk sumur baru (baru diproduksi) dan mengandung padatan-padatan. Setelah sumur bersih dari padatan-padatan, pompa jet akan diganti dengan *hydraulic pump*. (Wilson, P.M., 1976)

a. Prinsip kerja Hydraulic Pumping Unit

Pada *hydraulic pumping* sistem, minyak mentah atau air di ambil dari *storage tank* dan masuk ke *triplex atau multiplex pump*. Fluida dengan tekanan rendah di pompakan dengan *triplex pump* di kontrol dengan *valve-valve* di stasiun pengontrol dan didistribusikan kesatu atau lebih *wellhead*. Fluida pendorong melalui *valve* di *wellhead* dan langsung ke pompa didalam sumur. Dalam *piston pump*, fluida menggerakkan *engine* serta pompa. Fluida pendorong ini kembali ke permukaan dengan minyak terproduksi dan dialirkan ke *storage tank* atau sistem kerja ini disebut dengan *up-stroke* dan *down-stroke*.

Up-stroke adalah pada saat *plunger* bergerak keatas, *traveling valve* akan menutup karena mendapat tekanan dari fluida yang di atasnya, sehingga fluida yang tertangkap akan memasuki rangkaian pipa. Pada saat yang sama, tekanan didalam *barrel* akan berkurang (*vacum*), sehingga tekanan formasi akan mendorong *standing valve* sampai terbuka dan fluida masuk ke dalam *barrel*. *Down Stroke* terjadi pada saat *standing valve* menutup karena tekanan fluida yang di atasnya dan pengaruh berat *ball valve* sendiri. Sedangkan *traveling valve* akan membuka terdorong oleh fluida yang ada (*barrel*), kemudian fluida tersebut mengisi pipa. Proses ini akan berlanjut sampai pipa penuh berisi fluida dan bergerak menuju ke permukaan. (Wilson, P.M., 1976)

b. Kelebihan dan Keuntungan *Hydraulic Pumping Unit*

Kelebihan dari *Hydraulic Pumping Unit*:

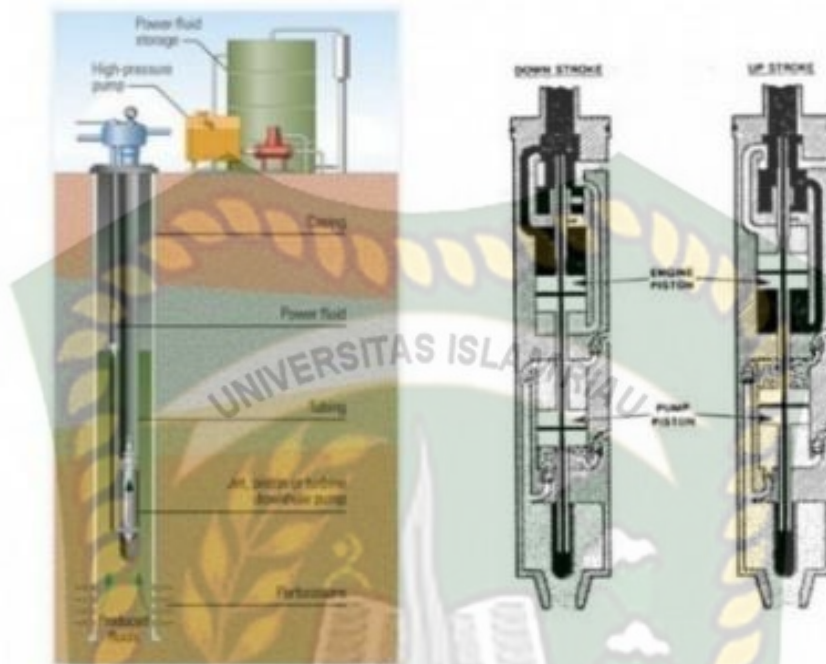
1. HPU lebih mudah untuk dipindahkan dan dipasang dari satu sumur ke sumur lain karena tidak memerlukan pondasi, dan teknis penyetelannya sederhana.
2. Perubahan SPM (*Stroke per Minute*) dan panjang langkah (*Stroke Length*) lebih mudah. Dalam mengubah SPM tidak perlu mengganti pulley dan dalam penentuan *stroke length* tidak menggunakan alat berat untuk menggeser *crank pin* seperti pada pompa angguk.
3. Optimasi sumur dengan alat HPU dapat dilakukan secara tepat dan mudah dengan mengubah parameter kecepatan dan langkah pompa yang dapat dilakukan setiap saat dengan waktu yang lebih cepat, sehingga kehilangan produksi dapat di minimalkan.
4. Pengaturan langkah HPU lebih mudah karena tinggal mengubah *setting hidrolis*.
5. Pemakaian energi listrik lebih hemat dibandingkan pompa angguk.
6. Kehilangan produksi akan lebih dapat diminimalkan apabila pemasangan, pemindahan, dan pengaturan dapat dilakukan dengan lebih cepat.
7. Mengurangi resiko kebocoran *stuffing box* karena penempatan *hydraulic jack* lebih center.
8. Biaya sewa lebih murah dibandingkan pompa angguk.

Kekurangan dari *Hydraulic Pumping Unit*:

1. Tidak cocok untuk produksi besar.
2. Kedalaman sumur terbatas (kedalaman pompa <1000 m).
3. Kurang cocok untuk sumur miring dan lepas pantai (offshore).

c. Kriteria pemilihan pompa *Hydraulic Pumping Unit*

1. Tidak cocok untuk sumur yang terproduksi pasir
2. Untuk yang dalam dan casing yang kecil
3. Cocok untuk sumur yang bervolume relative tinggi
4. Biasanya dioperasikan dengan power oil, kadang-kadang air



Gambar 2.10 *Hydraulic Pumping Unit* (Sumber: Wilson, P. M., 1976. *Introduction To Hydraulic Pumping*, Kobe Inc)

Tabel 2.1 *Screening Criteria* untuk *Artificial Lift* (Sumber: *Tecnology Of Artificial Lift Methods*”, Volume 1, Penn Well Publishing Co., Tulsa Oklahoma)

KARAKT- ERISTIK RESERVOIR	METODE PRODUKSI ARTIFICIAL LIFT					
	GAS LIFT		SRP	ESP	PCP	HJP
	CONTINUOUS	INTERMITTENT				
GOR	Tinggi > 2000 SCF/STB	Rendah < 2000 SCF/STB	< 2000 SCF/ST B	500-2000 SCF/STB	500-2000 SCF/STB	500-2000 SCF/STB
Temperatur	< 350 °F	< 350 °F	< 350 °F	< 250 °F	Max 200 °F	< 350 °F

Tabel lanjutan 2.1 *Screening Criteria* untuk *Artificial Lift* (Sumber: *Tecnology Of Artificial Lift Methods*”, Volume 1, Penn Well Publishing Co., Tulsa Oklahoma)

Produktivitas Sumur	>10000 B/D	> 10000 B/D	< 1000 B/D	> 10000 B/D	1000-10000 B/D	< 10000 B/D
Viskositas	Bisa mencapai 1000 cp	Bisa mencapai 1000 cp	< 200 cp	< 200 cp	> 500 cp	> 500 cp
<i>Water Cut</i>	Bisa untuk <i>water cut</i> tinggi	Bisa untuk <i>water cut</i> tinggi	Rendah	Bisa untuk <i>water cut</i> tinggi	Rendah	Rendah
Kedalaman Sumur	> 14000 ft	> 14000 ft	Dangkal	> 14000 ft	Max 6550 ft	≤ 18000 ft
Kandungan Pasir	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Konstruksi Sumur	Bisa untuk sumur miring	Bisa untuk sumur miring	Vertikal	Bisa untuk sumur miring	Bisa untuk sumur miring	Bisa untuk sumur miring
Mekanisme Pendorong	<i>Gas Cap Drive & Solution Gas Drive</i>	<i>Gas Cap Drive & Solution Gas Drive</i>	<i>Water Drive/ Solution Gas Drive</i>	<i>Water Drive</i>	<i>Water Drive</i>	<i>Water Drive</i>