

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *lost circulation*

Menurut (Savari sharat, 2015) *lost circulation* didefinisikan sebagai hilangnya fluida pemboran sebagian atau seluruhnya yang masuk kedalam formasi selama pemboran berlangsung. Masuknya lumpur pemboran kedalam formasi bisa diakibatkan secara alamiah karena jenis dan tekanan formasi yang ditembus maupun secara mekanis yang disebabkan kesalahan dalam operasi pemboran.

Hilang lumpur terjadi jika tekanan hidrostatik lumpur naik sehingga melebihi tekanan rekah formasi, yang mengakibatkan adanya rekahan yang memungkinkan lumpur mengalir kedalamnya. Hilang lumpur ini terjadi jika lubang pori lebih besar dari pada ukuran partikel lumpur pemboran. Ukuran lubang pori yang mengakibatkan hilangnya lumpur berada pada kisaran 0.1 – 1.00 mm. Kerugian akibat terjadinya problem hilang lumpur ini adalah penurunan permukaan lumpur didalam lubang bor yang dapat menyebabkan terjadinya semburan liar pada formasi lain yang bertekanan tinggi, tidak diperoleh serbuk bor untuk sample log, bahaya terjepitnya pipa bor, kehilangan waktu dan biaya serta menimbulkan kerusakan pada formasi.

2.2. Faktor-faktor penyebab hilang lumpur (*lost circulation*)

Faktor-faktor yang menyebabkan problem hilang lumpur adalah jenis formasi, tekanan dan lumpur pemboran.

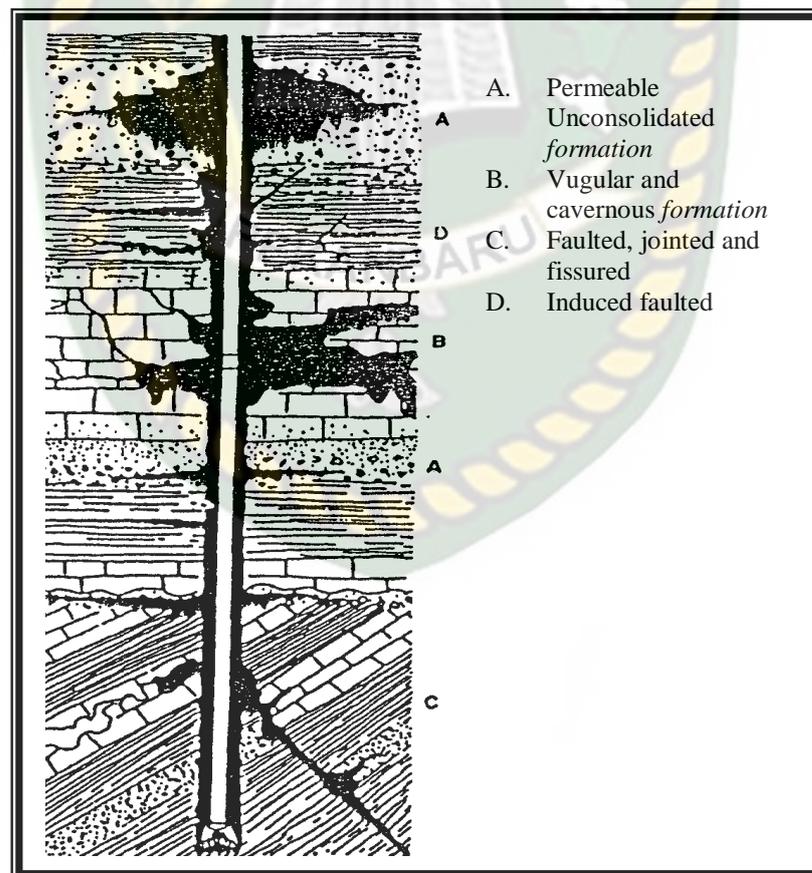
2.2.1. Jenis formasi

Hilang lumpur dapat disebabkan oleh jenis formasinya, yaitu karena porositas dan permeabilitas yang besar atau adanya gua-gua dan rekahan formasi. Ditinjau dari segi formasinya, maka hilang lumpur dapat terjadi pada *coarseley permeable formation* (formasi dengan butiran kasar yang permeable), *carvernous formation* (gua-gua terbuka), *fissure, fracture, faults*, Menurut (Savari sharath).

a. Coarsely permeable formation

Coarsely formation adalah formasi permeabel yang terdiri dari butir-butir penyusun yang kasar, dengan diameter pori-pori batuan formasi sedikitnya tiga kali lebih besar dari diameter butiran padat dari lumpur dan tekanan hidrostatik lumpur lebih besar ($>$) 10 % dari tekanan formasi.

Formasi ini menjadi sebab terjadinya *lost*, karena butir-butir penyusun yang kasar (berarti terdapatnya ruang pori yang sangat besar), maka kemampuan untuk menyerap lumpur juga besar. Apabila kemudian tekanan hidrostatik dari lumpur melebihi ambang batas kehancuran formasi, maka terdapat kemungkinan besar formasi tersebut akan pecah. Terpecahnya formasi akan menyebabkan lumpur mengalir ke dalam formasi. Contoh dari formasi ini adalah gravel dan pasir.



Gambar 2.1 Beberapa type hilang lumpur (Savari shrath, 2015)

b. *Convernous formation*

Cavernous formation adalah formasi yang banyak terdapat reef, gravel dan banyak terdapat *Cavern* (gua-gua), sehingga ruang pori yang cukup besar sebagai tempat mengalirnya fluida pemboran, misalnya formasi batuan kapur (*limestone* dan *dolomite*).

c. *Fissure, fracture, faults*

Jenis formasi ini merupakan celah-celah atau retakan didalam formasi yang terjadi secara alamiah maupun karena sebab-sebab mekanis (*induced fracture*) misalnya, karena penekanan (*pressure surge*) pada waktu masuk pahat atau kenaikan tekanan pompa yang terlalu tinggi, lumpur yang terlalu berat dan *gel strength* yang terlalu besar.

2.2.2. Tekanan

Menurut (Norton j, Laperouse, 2002) tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja dalam satuan luas, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

a. Tekanan formasi

Tekanan formasi merupakan tekanan yang disebabkan oleh fluida didalam pori-pori batuan formasi. Tekanan formasi dapat dikatakan normal apabila gradien tekanan formasi berkisar antara 0,433 psi/ft sampai 0,465 psi/ft. Bila kurang dari itu maka tekanan formasinya *subnormal* dan bila tekanan diatas gradien tekanan normal maka tekanan formasinya *abnormal*. Tekanan formasi yang rendah, bila lumpur yang digunakan mempunyai densitas yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan *lost circulation*. Menurut (Norton j, Laperouse,2002) persamaan tekanan formasi adalah :

$$P_f = G_f \times D \dots\dots\dots (2)$$

b. Tekanan *overburden*

Tekanan *overburden* adalah besarnya tekanan yang diakibatkan oleh berat seluruh beban yang berada di atasnya.

Persamaan tekanan *overburden* menurut (Norton j, Laperouse,2002) adalah :

$$P_o = G_o \times D \dots\dots\dots(3)$$

c. Tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh tekanan fluida pemboran, dalam keadaan statis merupakan fungsi dari tinggi kolom lumpur dan berat jenis fluida.

Pada saat pemboran, tekanan hidrostatik lumpur yang digunakan harus melebihi tekanan formasi, kelebihan ini berkisar antara 2 – 10% dari tekanan formasinya, dan juga tekanan hidrostatik lumpur jangan lebih besar dari tekanan rekah formasinya kalau lebih besar maka akan menyebabkan formasi bisa pecah sehingga akan menyebabkan *lost circulation* (lumpur masuk ke dalam formasi). Jadi tekanan hidrostatik lumpur harus berada diantara tekanan rekah formasi dan tekanan formasi. Persamaan yang digunakan untuk menentukan tekanan hidrostatik adalah. (Urselman R,1999) :

$$P_h = 0,052 \times \rho_{\text{lumpur}} \times D \dots\dots\dots(4)$$

Menurut (Fertl dan Chillingarian) kelebihan berat lumpur untuk mengontrol tekanan formasi adalah antara 0.2 – 0.4 ppg dari densitas tekanan formasi. Persamaan untuk menentukan tekanan hidrostatik baru adalah:

$$P_h = P_f \times (1 + S_f) \dots\dots\dots(5)$$

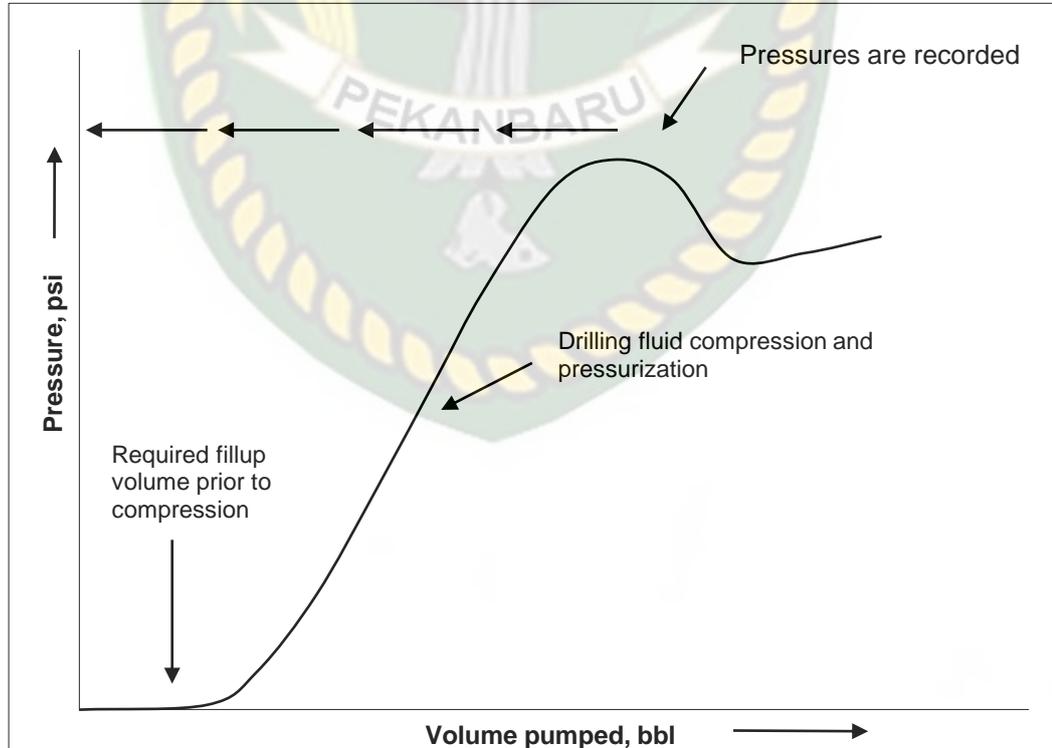
d. Tekanan rekah formasi

Tekanan rekah formasi adalah tekanan dimana formasi mulai rekah apabila ada penambahan tekanan. Tekanan rekah formasi di lapangan dapat diketahui dengan melakukan *Leak Off Test* Gambar 2.2. *Leak Off Test* (LOT) adalah suatu test atau pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya tekanan rekah suatu formasi yang dilakukan dengan cara mengebor kira-kira 10-15 ft formasi dibawah *casing shoe*. Persamaan tekanan rekah Menurut (Morita N,1990) adalah sebagai berikut :

$$P_{fr} = G_{fr} \times D \dots\dots\dots (6)$$

Prosedur *Leak Off Test* adalah sebagai berikut:

- Dibor sampai di bawah *casing shoe* sekitar 10-15 ft.
- Kondisikan lumpur dan angkat pipa bor.
- Tutup BOP, buka line ke annulus selubung.
- Gunakan pompa tekanan tinggi atau volume rendah dan naikan tekanan sampai 200 psi.
- Pompakan ½ bbl secara bertahap dan tunggu sampai tekanan stabil.
- Lanjutkan prosedur test dan buat grafik tekanan dari test dibanding dengan jumlah lumpur yang dipompakan.
- Lanjutkan test sampai tekanan stabil, sampai kemudian grafik tekanan meninggalkan garis lurus, dan saat inilah tekanan yang membuat formasi mulai pecah.
- Keluarkan tekanan dan catat berapa banyak lumpur yang masuk ke formasi.



Gambar 2.2 Kurva penentuan Leak Off Test (Morita N,1990)

Persamaan yang digunakan adalah :

- Tekanan rekah formasi :

$$P_{fr} = (0,052 \times \rho_{lumpur} \times D) + P_s \dots\dots\dots (7)$$

- Berat lumpur maksimum :

$$MW_{frc} = P_{fr} / (0,052 \times D) \dots\dots\dots (8)$$

- Gradien rekah formasi

$$G_{frc} = MW_{frc} \times 0,052 \dots\dots\dots (9)$$

- Gradien tekanan formasi

$$G_f = 3G_{frc} - 1/2 \dots\dots\dots (10)$$

2.3. Hidrolika lumpur pemboran

Hidrolika lumpur yang akan dibahas adalah kecepatan aliran lumpur. Pada saat lumpur disirkulasikan di dalam annulus akan mengakibatkan penambahan tekanan hidrostatik lumpur, yang disebut BHCP (*Bottom Hole Circulation Pressure*). Faktor hidrolika ini meliputi hal-hal sebagai berikut : kecepatan aliran lumpur pemboran di annulus, kehilangan tekanan dan *Equivalent Circulation Density* (ECD)

2.3.1. Kecepatan aliran

Menurut (Norton j. Lapeyrouse, 2002) kecepatan aliran adalah debit pompa dibagi dengan luas penampang aliran, sehingga didapatkan:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (11)$$

2.3.2. Kecepatan aliran di annulus

Untuk menentukan sifat aliran dalam sistem sirkulasi apakah jenis turbulen atau laminer maka dapat diketahui dengan menghitung kecepatan aliran rata-rata dari fluida di annulus dan kecepatan kritisnya. Bila kecepatan rata-rata lebih kecil dari kecepatan kritisnya maka alirannya adalah *laminer*, sedangkan jika lebih besar maka alirannya *turbulen*. Untuk mengetahui kecepatan aliran lumpur diannulus, kecepatan aliran kritis dan kehilangan tekanan serta ECD

(*Equivalent Circulating Density*), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari *yield point* (YP) dan *plastic viscositas* (PV) menurut (Adam,N.J. 1985) persamaannya sebagai berikut :

$$YP = C_{300} - PV \dots\dots\dots(12)$$

$$PV = C_{600} - C_{300} \dots\dots\dots(13)$$

$$C_{600} = PV + C_{300} \dots\dots\dots(14)$$

$$C_{300} = YP + PV \dots\dots\dots(15)$$

$$\eta = 3.32 \times \log\left\{\frac{C_{600}}{C_{300}}\right\} \dots\dots\dots(16)$$

$$K = \frac{C_{300}}{(511)^\eta} \dots\dots\dots(17)$$

Menurut (Adam,N.J. 1985) kecepatan rata-rata dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_a = \frac{(24.5 \times Q)}{D_i^2 - D_o^2} \dots\dots\dots(18)$$

Sedangkan untuk kecepatan kritisnya (V_c) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V_c = \left\{ \frac{3.87 \cdot 10^4 \times K}{MW} \right\}^{\frac{1}{z-n}} \times \left\{ \frac{2.4}{D_i - D_o} \times \frac{2n+1}{3n} \right\}^{\frac{n}{2-n}} \dots\dots\dots(19)$$

2.3.3. Kehilangan tekanan di annulus

Menurut (Adam,N.J. 1985) kehilangan tekanan (ΔP) yang terjadi di annulus dapat ditentukan dengan persamaan :

- Untuk aliran laminer

$$\Delta p = \left\{ \frac{(2.4 V_a)}{(D_i - D_o)} \times \frac{2 \times n + 1}{3 \times n} \right\}^\eta \times \left\{ \frac{kl}{300(D_i - D_o)} \right\} \dots\dots\dots(20)$$

- Untuk aliran turbulen

$$\Delta p = \frac{7.7 \cdot 10^{-5} \times MW^{0.8} \times Q^{1.8} \times PV^{0.2} \times L}{(D_i - D_o)^3 \times (D_i + D_o)^{1.8}} \dots\dots\dots(21)$$

Equivalent Circulation Density (ECD) adalah densitas lumpur pada saat ada sirkulasi sedangkan *Bottom Hole Circulation Pressure* (BHCP) adalah tekanan lubang bor pada saat sirkulasi lumpur yang besarnya sama dengan tekanan hidrostatik lumpur ditambah dengan kehilangan tekanan di annulus.

Equivalent Circulation Density (ECD) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$ECD = \frac{\Delta P_{total}}{0,052 \times TVD} + MW \dots\dots\dots (22)$$

dan besarnya tekanan lubang bor pada saat sirkulasi (BHCP) adalah :

$$BHCP = 0,052 \times ECD \times TVD \dots\dots\dots (23)$$

2.4. Mekanisme *lost circulation*

Menurut (Kulkani D, Sandep, 2015) hilang lumpur (*Lost circulation*) adalah peristiwa hilangnya lumpur pemboran melalui lubang bor ke formasi yang mempunyai porositas yang besar, gua-gua, rekahan dan adanya patahan. Hilang lumpur ini dapat terjadi apabila tekanan hidrostatik lumpur melebihi tekanan formasi ($P_h > P_f$), sedangkan *mud cake* yang terbentuk tidak mampu untuk menahan berat lumpur (SG), sehingga lumpur mengalir ke dalam formasi.

Hilang lumpur di formasi dapat terjadi karena:

1. Tekanan hidrostatik lubang bor yang menyebabkan formasi pecah ($P_h > P_f$), ini diakibatkan karena:
 - Densitas lumpur yang besar
 - Tekanan formasi rendah
 - Tekanan Friksi annulus
 - Tekanan Surge
2. Rekahan alami atau permeabilitas yang besar.

Tekanan *overbalance* lumpur ketika menembus formasi rekahan dan permeabilitas yang besar.

- Formasi tidak kompak
- Adanya rekahan
- Adanya patahan
- Adanya gua-gua

2.5. Penentuan letak zona *lost circulation*

Untuk dapat menanggulangi hilang lumpur dengan tepat maka perlu diketahui letak dimana hilang lumpur terjadi. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mencari tempat hilang lumpur itu menurut (Morre,P,L) yaitu :

1. *Spinner survey*

Survey ini mempunyai prinsip kerja dengan memasang kumparan pada ujung kabel yang kemudian diturunkan kedalam lubang bor untuk menentukan kemungkinan letak zona hilang lumpur. Kumparan ini akan berputar karena adanya gerakan vertikal lumpur yang kemudian terjadi karena di dekat "thief", kecepatan rotor direkam pada sebuah film sebagai rangkaian titik dan spasi.

2. *Temperatures*

Survey ini mempunyai prinsip kerja dengan mencatat perbedaan temperatur lumpur yang sudah lama berada didalam lubang bor dengan lumpur yang baru disirkulasikan. Dimana lumpur dibawah tempat hilang lumpur dibandingkan dengan lumpur yang ada diatasnya akan berbeda temperaturnya. Perbedaan yang terjadi tersebut menandai adanya zona *loss circulation*.

3. *Radioactive survey*

Prinsip kerjanya adalah melakukan dua kali *survey gamma-ray* didalam lubang bor, *survey* yang pertama dilakukan dengan lumpur biasa dan *survey* yang kedua dilakukan didalam lubang bor dengan lumpur yang sudah ditambah bahan radioactive. Titik (kedalaman) terjadinya hilang sirkulasi ditunjukkan dengan penurunan radioaktivitas log kedua yang disebabkan karena bahan radioaktif yang kedua hilang (masuk) ke formasi.

2.6. Jenis-jenis *lost circulation*

Tanda-tanda atau gejala terjadinya *lost circulation* akan berpengaruh langsung terhadap fluida pemboran. Dalam hal ini akan terjadi selisih antara jumlah lumpur yang masuk kedalam formasi dengan keluar ke *pit gain*. Jika *lost circulation* besar maka bisa diindikasikan dengan tidak adanya lumpur yang

kembali dalam *Pit gain*. *Lost circulation* dapat diklasifikasikan menjadi *seeping loss*, *partial loss*, dan *complete loss* menurut (Morre,P,L).

1. *Seeping loss*

Seeping loss adalah hilang lumpur dalam jumlah yang relatif lebih kecil, kurang dari 15 bbl/jam (40 lpm) pada saat sirkulasi lumpur. Biasanya terjadi pada formasi yang terdiri dari pasir, *porous* dan *gravel*, rekah alami (*natural fracture*) dan pada formasi yang terdapat rekahan (batu gamping) serta rekahan bukan alami.

2. *Partial loss*

Partial loss adalah hilang lumpur dalam jumlah relatif besar dari 15 bbl/jam atau sekitar 15 - 500 bbl/jam (40 - 1325 lpm). *Partial loss* ini dapat terjadi pada formasi yang terdiri dari *porous* dan *gravel*, dan kadang-kadang terjadi pada batuan yang mengandung rekahan (*natural fracture* dan *induced fracture*).

3. *Total loss (Complete loss)*

Complete loss adalah hilang lumpur yang ditunjukkan dengan tidak kembalinya lumpur dari lubang bor (tidak ada sirkulasi balik). Terjadi pada formasi yang terdapat gua-gua maupun rekahan yang besar dan formasi dengan gradien tekanan subnormal.

2.7. Metode pencegahan *lost circulation*

Lost circulation terjadi karena adanya beberapa sebab, yaitu karena teknik pemboran yang tidak sesuai. Program pemboran yang dibuat harus dapat menghindari terjadinya *lost circulation*. Beberapa metode yang digunakan untuk menghindari *lost circulation*:

1. Densitas lumpur

Berat lumpur dijaga agar tetap minimum, berat lumpur ini diatur supaya mampu mengimbangi tekanan formasi. Serbuk pemboran yang berada di annulus akan mengakibatkan kenaikan berat lumpur, sehingga pembersihan lubang sumur harus dilakukan apabila ini terjadi.

2. Viskositas dan gel strength

Gel strength dijaga agar tetap kecil karena jika *gel strength* yang besar maka akan memerlukan tenaga yang besar untuk mensirkulasikan gel tersebut. Hal ini sangat berbahaya jika terjadi, karena dapat mengakibatkan pecahnya formasi. Sebelum menjalankan pompa disarankan untuk menggerakkan meja putar terlebih dahulu supaya tenaga yang diperlukan tidak terlalu besar.

3. Pada waktu masuk pahat

Ketika pahat masuk ke lubang sumur dihindari kemungkinan terjadinya *pressure surge*, karena *pressure surge* yang terlalu besar akan menyebabkan terjadinya pecah formasi dan juga pada saat mencabut pipa supaya dihindari terjadinya *swabbing*.

4. Memperkirakan letak patahan dan gradien tekanan formasi

Bila diperkirakan akan terjadi hilang lumpur, lumpur dapat ditambah dengan bahan penyumbat *Lost Circulation Material* (LCM) yang berukuran kecil.

5. Pada saat dilakukan pemakaian *casing protektor*

Casing protektor tersebut benar-benar dalam keadaan baik, karena penambahan *pressure loss* di annulus mengakibatkan bertambahnya tekanan pada dasar lubang bor.

2.8. Cara menanggulangi *lost circulation* (Hilang lumpur)

Cara mengatasi hilang lumpur masing-masing sumur berbeda antara satu dengan yang lainnya, tergantung dari sebab-sebab, sifat formasi dan klasifikasi zona loss. (J White Robert, 1986)

2.8.1. Cara penyumbatan

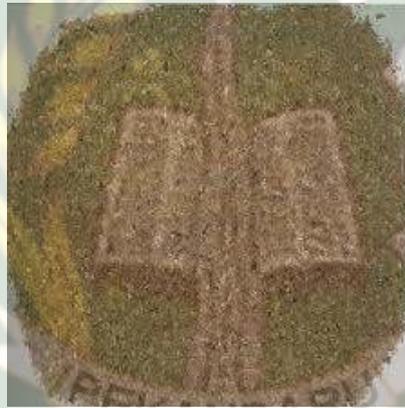
Dalam menghadapi problem hilang lumpur ini dipakai bahan penyumbat. Dimana bahan penyumbat dapat terdiri dari *Lost Circulation Material* (LCM) serta menggunakan metoda-metoda khusus.

A. *Lost circulation material*

Lost circulation material dibagi menjadi dalam tiga golongan yaitu :

a. Material *Fibrous*

Material *fibrous* terdiri dari kapas kasar, ampas tebu, serat rami, serat kayu, *leather flock*, *fiber seal* dan *chip seal*. Material jenis ini umumnya sedikit kaku dan cenderung memaksa masuk kedalam rekahan yang besar, untuk material kasar bisa menutup celah rekahan 0,125 inc sedangkan bila material lembut 0,02 inc. Jika lumpur mengandung konsentrasi yang cukup tinggi dari material *fibrous*, kemudian dipompakan masuk kedalam lubang bor, maka tahanan gesekan yang cukup besar akan berkembang dan berfungsi sebagai penyumbat atau penahan aliran.



Gambar 2.3 Material fibrous (J. White Robert, 1986)

b. Material flakes

Material flakes terdiri dari mika dan *kwik seal* (kombinasi serabut, bungkil dan keping-kepingan). Material ini apabila disirkulasikan kedalam lubang bor, akan terletak melintang lurus dimuka formasi dan akan menutup rekahan yang ada. Jika cukup kuat dalam menahan tekanan kolom lumpur, maka material ini akan membentuk *filtrat cake* yang luas dan kompak, tetapi apabila tidak cukup kuat menahan tekanan kolom lumpur, maka material ini akan terdorong masuk kedalam rekahan.



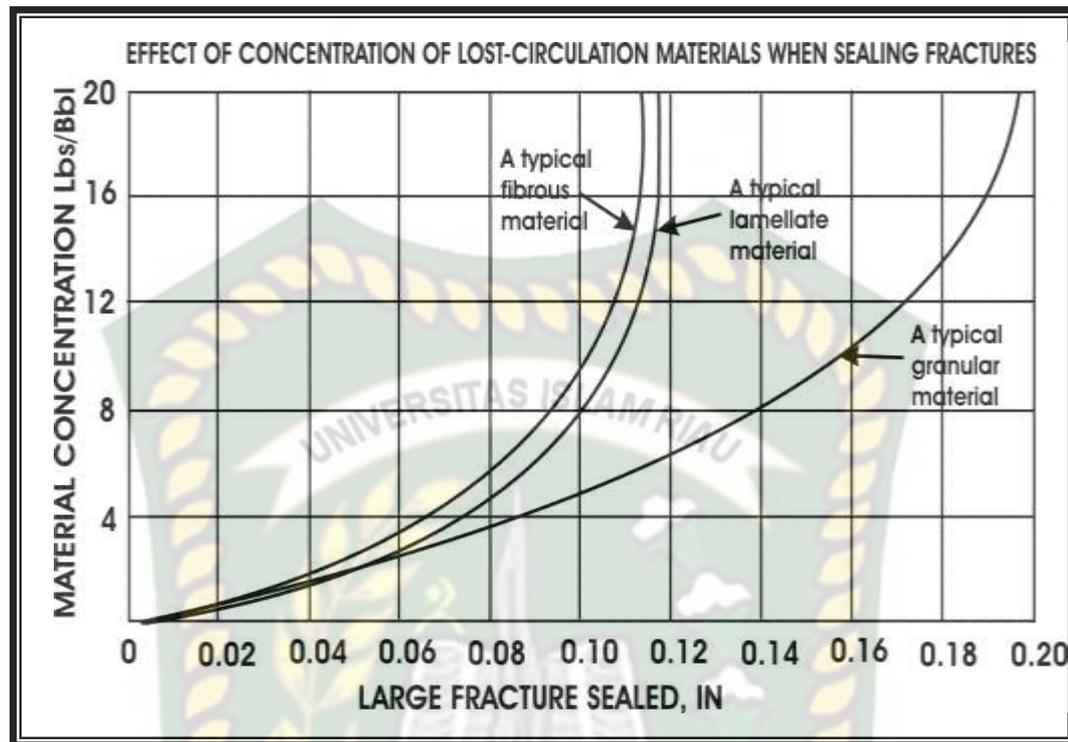
Gambar 2.4 Material flake (J. White Robert, 1986)

c. Material granular

Material granular terdiri dari *nut shells*, *nut plug*, *tuff plug*, batok kelapa, kulit kelapa sawit. Besarnya ukuran dari rekahan yang dapat tersumbat oleh material granular adalah lebih besar dibandingkan dari jenis LCM lainnya. Hasil test tentang pengaruh konsentrasi *lost circulation material* terhadap besarnya *fracture* yang berhasil disumbat seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.6, maka material granular adalah yang terbaik.



Gambar 2.5 Material granular (J. White Robert, 1986)



Gambar 2.6 Pengaruh konsentrasi lost circulation material terhadap besarnya penyumbatan rekahan (J. White Robert, 1986)

Loss Circulation Material (LCM) mempunyai kriteria sebagai berikut :

1. Material harus dapat bercampur baik dengan lumpur
2. Material harus kuat dan tidak mudah hancur dan berpindah
3. Material tidak menyebabkan pipa terjepit
4. Material tidak menyebabkan kerusakan formasi.

Pada pemboran sumur-sumur "RS-1 dan RS-2" LCM yang digunakan adalah $CaCO_3$ dan *Nut plug*.

Penyumbatan dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Cara penyumbatan *seeping loss*

Apabila terjadi *seeping loss*, maka usaha yang dapat dilakukan adalah :

- Pengeboran tetap dilanjutkan sambil menurunkan densitas lumpurnya
- Tambahkan bahan penyumbat (LCM) yang halus, sekitar 5 lbs/bbl.

- Apabila belum berhasil, angkat pahat sampai *casing shoe* dan dapat ditunggu tanpa sirkulasi (selama 4-8 jam). Selama periode menunggu ini diharapkan serbuk bor dapat menyumbat.
- Agar tetap hati-hati pada saat menurunkan bit untuk menghindari *pressure surge*.

2. Cara penyumbatan *partial loss*

Apabila terjadi *partial loss*, maka usaha yang dapat dilakukan adalah:

- Mengurangi berat lumpur, mengurangi tekanan pompa dan periode menunggu (selama 4-8 jam).
- Bila belum berhasil dapat dicoba dengan bahan penyumbat (LCM), dengan metoda "*batch method*", caranya adalah sebagai berikut:
 - Pemboran dihentikan
 - Menyiapkan bahan penyumbat dengan lumpur khusus untuk membawa bahan-bahan tersebut sekitar 100 bbls -200 bbls lumpur.
 - Menggunakan bahan penyumbat (LCM) yang terdiri dari bermacam macam jenis dan ukuran, dengan konsentrasi sekitar 25 ppb – 35 ppb. Jika hilang lumpur semakin besar maka gunakan bahan penyumbat (LCM) yang lebih besar.
 - Setelah bahan penyumbat (LCM) dipompakan melalui pahat dan sampai pada formasi yang loss, maka tunggu sirkulasi balik. Apabila masih terjadi loss maka *batch method* dapat diulangi lagi dan jika tidak terjadi loss maka pemboran dilanjutkan lagi.

3. Cara penyumbatan *complete loss*

Apabila terjadi *complete loss* berarti terjadi pengurangan tekanan hidrostatis dari lumpur, maka hal ini akan dimungkinkan terjadi semburan liar. Usaha yang dapat kita lakukan dengan penambahan sejumlah air pada lubang annulus, dan harus diperhitungkan juga volume dari kolom air di lubang bor.

Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Pemboran sebaiknya dihentikan terlebih dahulu.

- b. Lubang bor diisi dengan air agar teta penuh.
- c. Peralatan *kelly* diangkat.
- d. Pipa bor diusahakan tetap berputar agar tidak terjepit.
- e. Pahat dapat diangkat sampai *casing shoe*.
- f. Lalu di *splot* dengan menggunakan LCM
- g. Amati sumur sampai beberapa saat, jika masih *lost* maka *splot* dengan LCM lagi.

2.8.2. Metode-metode khusus

Penanganan yang dilakukan dengan cara yang disebutkan diatas tidak berhasil, maka dalam mengatasi hilang lumpur ini dapat pula kita gunakan metode-metode khusus, metode-metode tersebut adalah:

A. Cara penyumbatan dengan *soft plug*

Apabila terjadi *complete loss* ditunjukkan dengan tidak kembalinya lumpur sirkulasi kepermukaan, tetapi lubang bor tetap penuh. Hal yang dapat diusahakan antara lain dengan memakai *soft plug*. Pemakaian *soft plug* adalah dengan *Bentonite Diesel Oil (BDO) plug*, *Bengum squeeze*, *Bentonite Diesel Oil Cement (BDOC) plug*, *Bentonite Cement*, *Gilsonite Cement* dan *Cal Seal Class A Sement Plug*. Cara pemakaian *soft* adalah sebagai berikut:

1. *Bentonite Diesel Oil (BDO) plug*, caranya adalah:

- Masukkan pipa kosong tanpa pahat, sampai sekitar 50 ft diatas tempat hilang lumpur.
- Siapkan campuran: 80 barrel air (sesuai kebutuhan), 300 sak bentonite dan 50 barrel diesel oil.
- Pompakan campuran (*soft plug*) kedalam lubang bor. Sebelum dan sesudah campuran tersebut agar dipompakan minyak (*diesel oil*) sebanyak masing-masing 10 bbl sebagai pembatas (*oil spacer*).
- Pada waktu pembatas pertama mencapai ujung pipa bor, annular BOP ditutup, kemudian pemompaan diteruskan.
 - Prosedur pemompaan sebagai berikut :
 - a. *Soft plug*, dari dalam pipa bor, sekitar 4 bbl/menit.

- b. Lumpur dari annulus, sekitar 2bbl/menit.
- c. Sesudah sekitar 50 % *soft plug* keluar dari pipa bor pemompaan diperlambat setengahnya.
- d. Agar disisakan sebagian *oil spacer* yang kedua didalam pipa bor, agar pipa tidak terjepit.

2. *Bengum squeeze*, caranya adalah:

- Disini dipakai campuran bentonite (90%) dengan *natural gum*,10%.
- Cabut rangkaian pipa bor, kemudian turunkan tanpa pahat sampai pada tempat hilang lumpur.
- Siapkan *bengum mixture*, 200 lbs campuran untuk setiap 30 gallon diesel oil. Biasanya disiapkan sekitar 25 sampai 50 bbl.
- Selanjutnya pompakan *soft plug* tersebut ke dalam pipa bor dengan Lumpur sebagai fasa fluida pendorongnya. Disini juga pakai *oil spacer* sebelum dan sesudahnya.
- Setelah *oil spacer* pertama sampai diujung pipa bor, annular BOP ditutup.
- Kemudian pompakan *soft plug* dari dalam pipa bor, dan dari annulus dengan dengan kecepatan dapat berbanding 6 : 1 sampai 1 : 1, kecepatan *soft plug* sekitar 4 bbl/menit.
- Selama pemompaan agar pipa sering digerakkan agar tidak terjepit.

3. *Bentonite Diesel Oil Cement (BDOC) plug*, caranya adalah:

- Campuran berupa :100 sack cement, 100 sack bentonite dan 50 bbl diesel oil.
- Pipa bor diturunkan tanpa pahat sampai diatas tempat hilang Lumpur.
- BDOC plug dipompakan kedalam pipa bor, dengan *oil spacer* sebelum dan sesudah BDOC plug.
- Setelah *oil spacer* pertama sampai pada ujung pipa bor, annular BOP ditutup.
- Pemompaan diteruskan dengan perbandingan kecepatan 2 : 1.
- Pipa bor agar sering digerakkan, supaya tidak terjep

4. *Bentonite cement*

Untuk menutup lubang tempat hilang lumpur, dipakai semen ringan (campuran dengan *bentonite*). Campuran sebagai berikut:

- Siapkan air.
- 10 lbs bentonite.
- ¼ lbs *sodium carbonat*.
- ¼ lbs *caustic soda*, masing-masing untuk tiap barrel air.

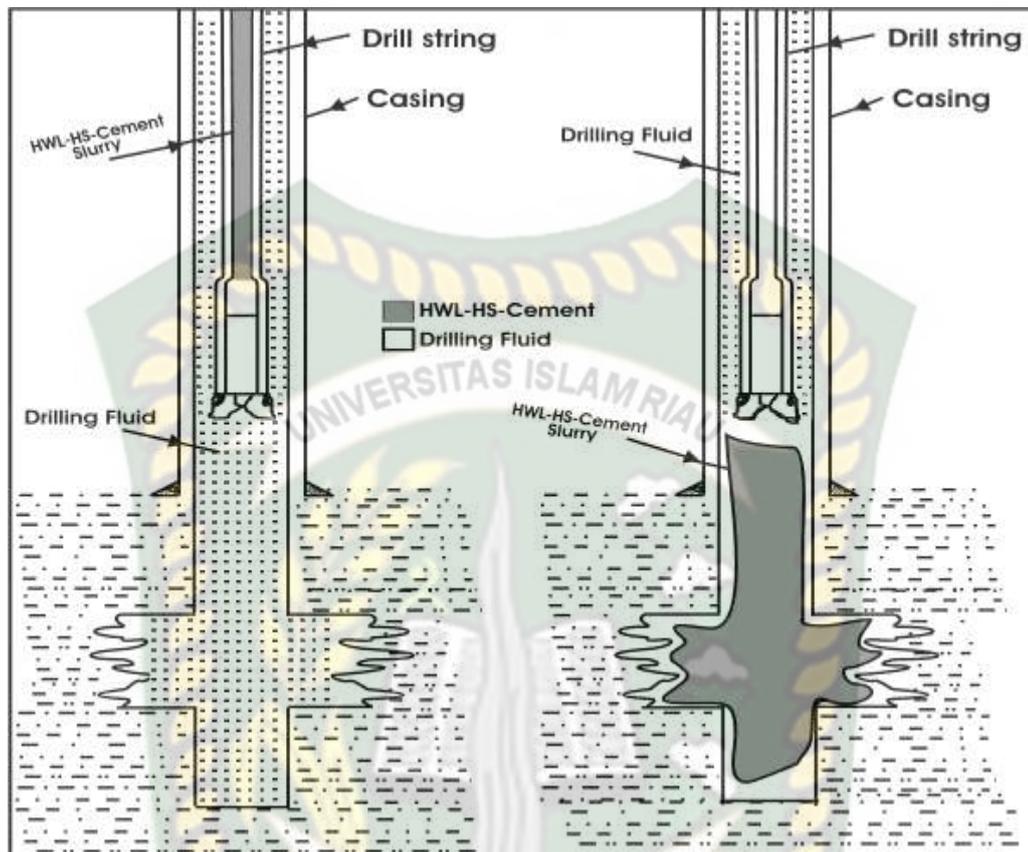
5. *Gilsonite cement*

Gilsonite biasa dipakai sebagai *Light Weight Additives* untuk semen, pada penyemenan formasi dengan tekanan rendah, tetapi juga dapat berfungsi sebagai bahan penyumbat pada daerah hilang lumpur, Contoh pemakaian adalah sebagai berikut :

- Siapkan air.
- 150 sack semen.
- 4% bentonite.
- 25 s/d 100 lb, *gilsonite* untuk setiap sak semen.

B. Cara penyumbatand *high filter loss slurry*

Untuk *partial loss*, apabila tidak dapat diatasi dengan LCM, maka dapat digunakan dengan memakai metode *high fFilter loss slurry*. Dilihat pada Gambar 2.7. Rangkaian pipa bor dan pahat diturunkan hingga diatas tempat dimana lumpur hilang, lalu *slurry* tersebut dipompakan kedalam lubang bor dengan rate kira-kira 2 – 4 bbl/menit hingga menutupi tempat hilang lumpur. Apabila lokasi tempat hilang lumpur sudah penuh diisi dengan *slurry*, lalu Rams ditutup dan annulus ditekan dengan tekanan sebesar 500 psi dengan tujuan untuk mengetahui apakah *slurry* sudah mengeras dan selanjutnya dilanjutkan pemboran kembali.



Gambar 2.7 Proses penyumbatan dengan teknik high filterloss slurry (J. White Robert,1986)

2.9. Nut plug

Nut plug adalah suatu formula dari campuran beberapa butiran yang terdiri dari kacang-kacangan (*Walnut*) dan sejenis kulit kemiri atau kacang (*Pecan*). yang digunakan sebagai *Lost Circulation Material* untuk menanggulangi *Lost Circulation*. Pada penggunaannya *Nut plug* dapat ditambahkan sebagai material pemberat pada lumpur ataupun dengan memompakan secara langsung ke formasi yang mengalami *lost circulation* (tergantung kepada zona dan tipe dari *Lost circulation* yang terjadi).

Bedasarkan penggunaannya *nut plug* terbagi dalam beberapa tipe, yaitu *coarse nut plug*, *nut plug medium*, dan *nut plug fine*. Pada dasarnya keseluruhan tipe dari *nut plug* ini semua sama, untuk menanggulangi masalah *lost circulation* namun untuk *nut plug* jenis medium, biasanya digunakan untuk menanggulangi masalah *lost circulation* pada zona berpori atau adanya rekah alam dalam skala atau radius rendah, sedangkan untuk *nut plug* jenis *nut plug coarse* digunakan

untuk menanggulangi masalah *lost circulation* pada formasi yang memiliki porositas atau rekah alam yang besar, perbedaan ini disebabkan oleh ukuran butir dari *nut plug medium* dan *nut plug coarse* yang berbeda, dimana pada *nut plug coarse* memiliki ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan dengan *nut plug medium*, sehingga *nut plug coarse* dianggap lebih efektif untuk menanggulangi masalah *lost circulation* pada formasi yang memiliki porositas atau rekah alam yang besar.

Nut plug ini efektif digunakan pada zona non produktif karena material dari *nut plug* mudah didapatkan dan ekonomis. Selain itu Material *nut plug* tidak akan larut jika terkontaminasi oleh acid/asam (HCL) (schlumberger, 2011).

Karakteristik Nut plug :

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Physical appearance | : Berbutiran coklat |
| 2. SG | : 1.2 -1.4 |
| 3. Solubilitas Air | : Tidak Larut (<i>Insolube</i>) |
| 4. Densitas | : 550 -650 kg/m ³ (36 -40 lb/ft ³) |

Distribusi ukuran partikel :

- | | |
|------------------|---------|
| 1. <i>Fine</i> | :1-3mm |
| 2. <i>Medium</i> | :2-4mm |
| 3. <i>Coarse</i> | : 3-6mm |

Kelebihan :

1. *Inert Additif*, cocok dengan semua jenis densitas dari fluida
2. Tidak akan mengalami fermentasi
3. Tidak dipengaruhi oleh Ph dan Temperatur

Berdasarkan bentuk partikel, ukuran, *nut plug* merupakan additive yang bagus untuk menangani *lost circulation*.



Gambar 2.8 Walnut/Peace (Savari sharath,2015)

2.10. *Calcium carbonat*

Calcium carbonat adalah senyawa kimia dengan rumus kimia (CaCO_3). *Calcium carbonat* pada dasarnya bewarna putih dan umumnya dijumpai pada batu kapur, kalsit dan batu gamping. *Calcium Carbonat* merupakan komponen utama dari cangkang organisme laut, siput, mutiara dan kulit telur. Selain itu *Calcium carbonat* juga banyak dijumpai pada skalaktit dan salagmit yang terdapat di sekitar pegunungan. Seperti namanya, *calcium carbonat* terdiri dari 2 unsur kalsium (Ca), dan 1 Unsur Karbon (C) dan Oksigen (O).

Di pasaran, kalsium karbonat dijual dalam dua jenis yang berbeda. Yang membedakan dua jenis produk tersebut terletak pada tingkat kemurnian kalsium karbonat di dalamnya. Kedua jenis kalsium karbonat yang dimaksud adalah heavy dan light types. Kalsium karbonat heavy type diproduksi dengan cara menghancurkan batu kapur hasil pertambangan menjadi powder halus, lalu disaring sampai diperoleh ukuran powder yang diinginkan. Selanjutnya tepung kalsium karbonat hasil penyaringan disimpan di tempat yang berukuran besar sebelum dikemas.

Sedangkan pembentukan karbonat light type diperoleh setelah melalui proses produksi yang agak rumit dibandingkan dengan heavy type. Pertama-tama batu kapur dibakar untuk mengubah CaCO_3 menjadi CaO (Kalsium Oksida) dan gas dioksida ($\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$).

Proses selanjutnya, CaO yang terbentuk kemudian dicampur dengan air dan diaduk. Maka terbentuklah senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Kalsium Hidroksida yang terbentuk kemudian disaring untuk memisahkan senyawa-

senyawa pengotor ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + (\text{Ca}(\text{OH})_2)$) . $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ Yang disaring kemudian direaksikan dengan CO_2 untuk membentuk CaCO_3 dan air $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Endapan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hasil reaksi di atas kemudian disaring dan dikeringkan. Selanjutnya Kalsium karbonat dihaluskan menjadi powder. Secara kimia, sama saja dengan bahan mentahnya, namun kalsium karbonat yang dibentuk kembali tidak terbentuk dalam tekanan yang tinggi didalam bumi.

Kalsium karbonat mempunyai dua sifat, diantaranya :

1. Bereaksi dengan asam yang sangat kuat dan melepaskan karbon dioksida
2. Akan melepaskan karbon dioksida pada pemanasan (diatas 40°)

Kalsium karbonat dapat digunakan sebagai material penyumbat dalam menanggulangi *lost circulation*. Material ini apabila disirkulasikan kedalam lubang bor, akan menutup rekahan yang ada. Jika kuat dalam menahan tekanan kolom lumpur, maka material ini akan membentuk filtrate cake yang luas dan kompak, tetapi apabila tidak cukup kuat menahan tekanan kolom lumpur, maka material ini akan terdorong masuk kedalam rekahan.

Material Kalsium karbonat biasanya dipakai pada zona produktif karena calcium carbonat (CaCO_3) mudah larut dengan acid (HCL) sehingga nantinya setelah pemboran selesai dan dilakukan kompleksi sumur maka skin (s) yang terjadi didekat lubang sumur bisa dihilangkan dengan menggunakan acid (HCL).



Gambar 2.9 Tepung kalsium karbonat(Savari sharath,2015)

2.11. Rheology Lumpur

➤ Viscositas

Viskositas. Merupakan pengaruh shear rate terhadap shear stress, sehingga menentukan keengganan fluida untuk mengalir. Viskositas terlalu tinggi cutting tersuspensi dengan baik, ROP turun karena friksi semakin besar, pressure loss naik sehingga membebani kerja pompa, kesulitan dalam pemisahan cutting karena cutting cenderung terikat pada lumpur. Viskositas terlalu rendah ROP tinggi, tekanan pompa kecil, cutting tidak tersuspensi dengan baik, cutting terendap sehingga dapat mengganggu dan merusak perputaran bit (bit bailing), cutting sulit terangkat karena slip velocity semakin besar.

➤ Yield Point

Yaitu nilai shear stress minimum dimana fluida lumpur akan bergerak. Yield point merupakan ukuran gaya tarik menarik yang bersifat dinamik.

➤ Gel strength

Kemampuan fluida lumpur untuk dapat menahan cutting agar tidak bergerak turun ketika sirkulasi dihentikan. Merupakan ukuran gaya tarik-menarik yang bersifat statik. Gel strength dapat menahan agar cutting tidak turun, menahan pembuangan cutting dipermukaan, pemompaan yang terlalu besar pada saat sirkulasi akan dijalankan, umur lumpur tidak akan lama. Gel strength kecil akan jatuh pada saat sirkulasi dihentikan.