

## EVALUASI TERJEPITNYA RANGKAIAN PIPA PEMBORAN PADA SUMUR “JH-151” LAPANGAN X DI PT. PERTAMINA EP

Kalfin Ramanda Situmorang, Bayu Satiyawira, Ali Sundja,  
Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti

### Abstrak

Operasi pemboran yang dilakukan tidak selalu berjalan dengan lancar, adakalanya timbul masalah yang dapat menghambat jalannya operasi pemboran tersebut. Masalah-masalah yang berhubungan dengan pemboran sumur minyak sebagian besar disebabkan oleh karena gangguan terhadap tegangan tanah (earth stress) di sekitar lubang bor yang disebabkan oleh pembuatan lubang itu sendiri dan adanya interaksi antara lumpur pemboran dengan formasi yang ditembus. Tegangan tanah bersama tekanan formasi berusaha untuk mengembalikan keseimbangan yang telah ada sebelumnya dengan cara mendorong lapisan batuan kearah lubang bor. Lubang bor dijaga agar tetap stabil dengan cara menyeimbangkan tegangan tanah dan tekanan pori di satu sisi dengan tekanan lumpur pemboran di sekitar lubang bor dan komposisi kimia lumpur bor pada sisi yang lain. Setiap kali keseimbangan ini diganggu maka timbullah masalah-masalah di lubang bor. Salah satu masalah itu adalah terjepitnya rangkaian pemboran. Hambatan operasi pemboran pada sumur menyebabkan waktu operasi menjadi lebih lama dari yang direncanakan, serta meningkatnya biaya pemboran sampai dua kali lipat dari biaya yang dianggarkan. Hambatan pemboran berupa rangkaian terjepit oleh guguran formasi ( Hole Pack-Off), merupakan hambatan utama yang terjadi pada interval 8 ½". Metode yang dilakukan dalam penanggulangan *stuck pipe* pada sumur ini, yaitu dengan *back off*, dikarenakan dengan metode *work on pipe*, sirkulasi, dan perendaman, namun pipa tidak dapat terlepas. Pemboran dilanjutkan dengan *side track* untuk mencapai *target displacement* yang direncanakan.

### Pendahuluan

Pemboran merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan target tertentu. Untuk mencapai reservoir pahat bor akan menembus berbagai batuan yang ada di atas reservoir tersebut yang masing masing memiliki karakteristik yang berbeda. Suatu pemboran dalam kenyataannya tidak selalu berjalan lancar, macam-macam hambatan sering terjadi, yang biasanya disebut sebagai “Hole Problem”.

Masalah-masalah yang berhubungan dengan pemboran sumur minyak sebagian besar disebabkan oleh karena gangguan terhadap tegangan tanah (earth stress) di sekitar lubang bor yang disebabkan oleh pembuatan lubang itu sendiri dan adanya interaksi antara lumpur pemboran dengan formasi yang ditembus. Tegangan tanah bersama tekanan formasi berusaha untuk mengembalikan keseimbangan yang telah ada sebelumnya dengan cara mendorong lapisan batuan kearah lubang bor. Lubang bor dijaga agar tetap stabil dengan cara menyeimbangkan tegangan tanah dan tekanan pori di satu sisi dengan tekanan lumpur pemboran di sekitar lubang bor dan komposisi kimia lumpur bor pada sisi yang lain. Setiap kali keseimbangan ini diganggu maka timbullah masalah-masalah di lubang bor. Masalah-masalah pemboran dapat diklasifikasikan ke dalam tiga bagian, yaitu:

1. Pipa terjepit (Pipe Stuck)
2. Masalah shale (Shale Problem)
3. Hilang lumpur (Lost circulation)

Masalah-masalah yang dapat terjadi selama operasi pemboran adalah pipa terjepit, lost circulation dan shale problem. Pipa terjepit ( stuck pipe) adalah kejadian dimana sebagian dari pipa bor atau stang bor (drill collar) terjepit (stuck) didalam lubang bor. Jika hal ini terjadi, maka pipa tidak dapat digerakan (diangkat, diputar, maupun diangkat dan diputar).

Jenis – jenis pipa terjepit adalah :

1. Differential pipe sticking
2. Mechanical pipe sticking (jepitan mekanis)
3. Key seat
4. Pack off

Prospek utama adalah lapisan A, B dan sebagai prospek tambahan lapisan C. Total 37 sumur : 12 sumur produksi, 13 sumur suspended dan 12 sumur abandon. Diharapkan dari hasil pemboran sumur JH - 151 ini menghasilkan produksi minyak sebesar 400 BOPD dari lapisan sand Formasi Talang Akar. Pada pemboran trayek 8-1/2" terjadi masalah stuck pipe pada kedalaman 1120 mMd / mMD/ 892,77 mTVD

### **Tujuan**

Tujuan dari penulisan ini untuk mengoptimalkan rheology lumpur yang digunakan saat pemboran yang berhubungan dengan pengangkatan cutting dan mengevaluasi lumpur yang digunakan.

### **Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini yang pertama adalah untuk mengevaluasi penanggulangan stuck pipe yang terjadi, dengan melihat apakah penanggulangan yang dilakukan sudah tepat atau tidak dan mengevaluasi penyebab masalah stuck pipe yang terjadi. Hal ini memberikan gambaran bahwa pentingnya perencanaan untuk mendesain lumpur yang akan digunakan pada pemboran, dikarenakan lumpur berpengaruh terhadap operasi pemboran.

### **Teori Dasar**

Pemboran merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan target tertentu. Untuk mencapai reservoir pahat bor akan menembus berbagai batuan yang ada di atas reservoir tersebut yang masing masing memiliki karakteristik yang berbeda. Suatu pemboran dalam kenyataannya tidak selalu berjalan lancar, macam-macam hambatan sering terjadi, yang biasanya disebut sebagai "Hole Problem". Masalah-masalah yang berhubungan dengan pemboran sumur minyak sebagian besar disebabkan oleh karena gangguan terhadap tegangan tanah (earth stress) di sekitar lubang bor yang disebabkan oleh pembuatan lubang itu sendiri dan adanya interaksi antara lumpur pemboran dengan formasi yang ditembus. Tegangan tanah bersama tekanan formasi berusaha untuk mengembalikan keseimbangan yang telah ada sebelumnya dengan cara mendorong lapisan batuan kearah lubang bor.

Lubang bor dijaga agar tetap stabil dengan cara menyeimbangkan tegangan tanah dan tekanan pori di satu sisi dengan tekanan lumpur pemboran di sekitar lubang bor dan komposisi kimia lumpur bor pada sisi yang lain. Setiap kali keseimbangan ini diganggu maka timbullah masalah-masalah di lubang bor.

Keberhasilan suatu operasi pemboran bergantung terhadap beberapa – beberapa faktor juga, salah satunya penggunaan lumpur. Penggunaan lumpur sebagai fluida pemboran perlu diperhatikan sifat kimia dan sifat fisik dari lumpur yang akan digunakan. Didalam operasi pemboran yang dilakukan tidak selalu berjalan lancar seperti yang diharapkan. Adakalanya terjadi masalah-masalah yang mengganggu operasi pemboran dan sangat merugikan. Beberapa faktor yang dapat mengganggu operasi pemboran, selain pada faktor formasi, hidrolika pemboran dan faktor penggunaan lumpur pemboran yang tidak tepat juga dapat mengakibatkan terganggunya operasi pemboran, sehingga dapat menimbulkan masalah-masalah pada lubang bor, seperti runtuh/rontoknya dinding lubang bor akibat ketidakstabilan lubang bor yang dapat menyebabkan terjadinya pipa terjepit atau stuck pipe, dimana pipa tidak dapat digerakan didalam lubang dan adakalanya bisa diputar namun tidak bisa diangkat. Hal ini berpengaruh terhadap waktu, peralatan, material dan biaya tambahan dalam mengatasinya. Terjepitnya rangkaian pipa di dalam lubang sumur merupakan salah satu hambatan dalam operasi pemboran. Untuk itu maka perlu diperhatikan faktor-faktor penyebab suatu rangkaian pipa pemboran dapat terjepit. Ada beberapa faktor yang menyebabkan suatu rangkaian pipa pemboran dapat terjepit, tetapi secara garis besar selain disebabkan oleh runtuhnya dinding lubang bor, penyebab dari rangkaian pipa pemboran itu terjepit disebabkan juga oleh beberapa faktor lainnya, yaitu : Differential Sticking, Mechanical Sticking, Hole Geometry, dan Pack Off. Differential sticking adalah suatu kejadian pipa terjepit dalam lubang bor akibat dari perbedaan tekanan yang cukup besar antara tekanan hidrostatik lumpur dengan tekanan formasi. Hal ini terjadi karena sebagian rangkaian pemboran menempel pada dinding lubang bor yang berada kedalaman formasi yang porous dan permeable seperti pada formasi limestone maupun sandstone karena pada formasi ini terbentuknya mud cake yang tebal mudah terjadi, dan mud cake yang tebal dapat terbentuk akibat

fluid loss yang tinggi. Key seat adalah terjepitnya rangkaian yang disebabkan karena terjadinya alur pada salah satu sisi lubang bor akibat selalu menempelnya rangkaian pada dinding sumur. Key seat umumnya disebabkan oleh dog leg, kick-off point, perubahan sudut kemiringan dan arah. Alur ini biasanya berukuran sama dengan diameter pipa dan jika semakin dalam dapat mengakibatkan pipa terjepit. Pack off adalah terjepitnya rangkaian yang disebabkan karena batuan formasi, cuttings (serbuk bor) atau cavings (runtuhan) mengendap disekitar rangkaian drill pipe dan menutup annulus. Penanggulangan terhadap pipa yang terjepit dapat dilakukan dengan cara-cara antara lain : sirkulasi, perendaman, metode regang lepas atau work on pipe (wop), dan back-off (pelepasan sambungan). Usaha yang sering dilakukan adalah memberikan sirkulasi lumpur dengan aliran yang cukup tinggi kepada daerah yang mengalami penjepitan, dengan harapan bahwa rangkaian pemboran dapat terlepas. Untuk penjepitan karena faktor mekanis atau hole pack off, pemberian sirkulasi ini dimaksudkan agar padatan yang menyumbat lubang dapat terangkat oleh aliran sirkulasi lumpur yang terus menerus dan cukup tinggi. Jika sampai pemberian sirkulasi lumpur yang cukup tinggi dan berkelanjutan masih tidak dapat berhasil dilepaskan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perendaman dengan larutan khusus. Perendaman ini dilakukan untuk jenis jepitan : differential sticking atau key seat. Perendaman dilakukan setelah diketahui secara pasti letak titik terjepitnya pipa, setelah itu dipersiapkan sejenis bahan larutan perendaman khusus, antara lain adalah : pipe lax, pipe loose, stuck breaker, black magic dan masih banyak lagi larutan perendaman lain. Larutan perendaman itu kemudian dicampur dengan ADO (Automotive Diesel Oil) atau minyak solar dengan perbandingan kekekatan tertentu. Metoda ini adalah metoda yang harus dilakukan pertama kali pada waktu pipa mengalami stuck. Metode regang lepas (work on pipe) adalah upaya pembebasan rangkaian pipa terjepit dengan mengaktifkan alat jar yang beroperasi pada beban tarik tertentu. Sentakan turun biasanya  $\pm 35.000$  lbs sampai  $\pm 50.000$  lbs dan sentakan naik biasanya antara 80.000 lbs sampai 110.000 lbs. Apabila semua metode diatas tidak dapat berhasil untuk melepaskan rangkaian pemboran dari penjepitan maka usaha lain yang dapat dilakukan adalah dengan melepas sambungan rangkaian pipa pemboran atau memotong rangkaian pipa tersebut. Back off yaitu suatu usaha melepaskan sambungan rangkaian pemboran dari rangkaian yang terjepit. Ada tiga macam back off yang dikenal yaitu : mechanical back off, back off shot, string shot. Hidrolika pemboran merupakan suatu komponen hal yang penting, dikarenakan tanpa adanya hidrolika pemboran, operasi pemboran tidak dapat berjalan. Aspek yang di perhitungkan adalah pompa pemboran, annulus velocity, slip velocity ratio transport, dan carrying capacity index. Sebelum mendapatkan hasil slip velocity dibutuhkan nilai berikut yakni: indeks kelakuan aliran (n), konsisten indeks (K), annular velocity (Vf) dan apparent viscosity ( $\mu_a$ ). Dimana nilai – nilai tersebut membutuhkan data dari rheologi lumpur seperti, diameter lubang, dan diameter dari pipa pemboran Lumpur pemboran merupakan fluida yang digunakan di dalam operasi pemboran. Dimana fluida tersebut dialirkan dari tangki lumpur yang berada di permukaan kemudian dialirkan ke dalam formasi melalui rangkaian dalam pipa bor, keluar melalui bit dan naik ke permukaan melalui annulus. Kecepatan pemboran, efisiensi pemboran, keselamatan kerja dan biaya sangat pemboran sangat bergantung lumpur pemboran.

### Hasil dan Pembahasan

Sumur JH - 151 merupakan sumur pemboran eksploitasi yang berdasarkan hasil kajian pengembangan minyak terletak pada sektor utara dan diharapkan akan menghasilkan produksi minyak dari prospek TAF dengan titik akhir pemboran pada 1625 mMd. Pada masalah rangkaian pipa pemboran terjepit ini telah dilakukan usaha-usaha untuk melepaskan rangkaian yang terjepit. Rangkaian pipa terjepit pada kedalaman 1.120 mMD / 896,76 mTVD... Faktor – faktor penyebab terjadinya pipa terjepit pada trayek ini adalah karena turunnya properties lumpur dimana lumpur dalam kondisi statik selama 76,5 jam (akibat ganti unit top drive) menyebabkan pH turun, polymer flock dan SG out 1.18+.

### Lumpur Pemboran Yang Digunakan

Penggunaan lumpur sangat penting dalam operasi pemboran. Evaluasi yang dilakukan adalah lumpur yang digunakan cocok atau tidak pada formasi ini, beserta dengan nilai – nilai rheology yang terdapat pada lumpur. Hal ini sangat berpengaruh dalam pengangkatan cutting, seperti nilai dari viskositas, yield point, serta nilai dari filtrate API yang berpengaruh terhadap tebal nya mudcake pada dinding formasi. Pada trayek ini, lumpur yang digunakan adalah jenis water based mud, dimana yang digunakan adalah KCL – Polymer. Di karenakan pada formasi ini terdapat lithologi silt, shale, dan clay

yang sangat dominan. KCL – Polymer berfungsi sebagai swelling clay, yang berpotensi membuat lapisan clay menjadi mengembang yang dapat menggagau proses pemboran.

Tabel 1 Perbandingan Rheologi Lumpur Program dan Aktual

Rheologi Lumpur	Program	Aktual
Jenis Lumpur	KCL - Polymer	KCL - Polymer
SG	1,15 - 1,25	1,21
$\mu$ (Viskositas) (Sec/qt)	45-55	48
Filtrat API (cc/30")	<4,5	4,6
PV (cp)	15	22
YP (lbs/100ft <sup>2</sup> )	18-26	24
pH	9-9,5	9,5
MBT (ppb)	8	12,5
K <sup>+</sup> (mg/L)	30.000	42.500

Jika dilihat dari data diatas, rheology lumpur yang diprogramkan dengan yang di gunakan dilapangan sesuai dengan rencana dan tidak terlalu jauh dari yang telah di programkan. Tetapi pada saat terjadinya kerusakan gearbox pada topdrive selama 76,5 jam menyebabkan rheology lumpur / propertis lumpur berubah karena kondisi lumpur yang statik selama 76,5 jam kemudian disirkulasikan kembali setelah top drive dapat bekerja. Adapun data propertis lumpur saat sirkulasi setelah 76,5 jam dalam kondisi statik yaitu :

Tabel 2 Perbandingan Rheologi Lumpur Setelah 76,5 jam

MUD PROPERTIES JH -151 SAAT BOR DAN REAMING		
Waktu	03 Oktober 2014	07 Oktober 2014
SG	1,21	1,18
$\mu$ (Viskositas) (Sec/qt)	48	42
Filtrat API (cc/30")	4,6	5
PV (cp)	22	17
YP (lbs/100ft <sup>2</sup> )	24	18
pH	9,5	7

Untuk menanggulangi permasalahan cutting yang tidak terangkat secara sempurna, maka nilai dari yield point perlu untuk ditingkatkan. Berdasarkan treatment yang akan dilakukan dengan menambahkan zat additif yakni zat XCD yang berfungsi sebagai viscosifier (pengental) dan menaikkan nilai dari yield point secara bertahap. Di perkirakan nilai yield point yang di harapkan sebesar 26 lbs/100ft<sup>2</sup>, range maksimum, dikarenakan kemampuan pompa secara aktual tidak mampu mengangkat cutting secara sempurna, sehingga dibutuhkan yield point yang besar dan viskositas yang kental. Selain dari yield point dan viskositas, filtrate juga perlu dijagadari data aktual didapatkan nilai dari filtrate sebesar 4,6, filtrate yang di gunakan dapat dijaga dengan menambahkan zat additif PAC L, PAC-R, solar, dan soltex. Diharapkan nilai Filtrate dapat lebih kecil, dikarenakan semakin kecil nilai filtrate, semakin sedikit air yang menembus formasi, semakin kecil kemungkinan terjadinya swelling clay, yang dapat menyebabkan terjadinya pipa terjepit. Selain dari yield point,viskositas,dan filtrate, nilai MBT sangatlah berpengaruh dalam menentukan jenis lumpur apa yang cocok pada formasi ini. Nilai MBT didapatkan sebesar 12,5, hal ini menunjukan bahwa formasi ini sangatlah reactive, sehingga penggunaan KCL – Polymer di perkirakan sudah tidak mampu untuk formasi ini. Hal ini menyebabkan formasi menjadi sangat sensitive terhadap air yang berakibat swelling yang

menyebabkan terjadinya indikasi pack off pada trayek ini, yang berpengaruh terhadap penumpukan cutting.

### Hidrolika Pemboran

Ada pun faktor hidrolika yang berperan dalam pengangkatan cutting ke permukaan. Penentuan hidrolika dapat dilihat dari banyak aspek yang salah satunya dengan menghitung metode transport efficiency. Metode transport efficiency yaitu metode yang menghitung apakah dalam cutting pemboran dapat bersih dan terangkat sampai permukaan sehingga lubang sumur bersih dari serbuk tersebut. Oleh karena itu akan dilakukan perhitungan untuk menentukan hole cleaning pada trayek 8- $\frac{1}{2}$ ".

Tabel 3 Perbandingan Hidrolika

Data Yang Digunakan	Hasil Perhitungan	
	Hidrolika Pada tanggal 03 Oktober 2014	Hidrolika Pada tanggal 07 Oktober 2014
<b>n Fluid</b>	0.564	0.571
<b>k Fluid</b>	696,27	507,14
<i>Annular Velocity</i>	4,612 ft/sec	4,612 ft/sec
<i>Apparent Viscosity</i>	82,48 cp	62,22 cp
<i>Velocity Assume</i>	2,306 ft/sec	2,306 ft/sec
<b>Reynold Number</b>	261,52	338,05
<b>Frictional Factor</b>	2,473	2,175
<i>Alternate Slip Velocity</i>	1,846	1,933 ft/sec
<i>Cutting Velocity</i>	2,766 ft/sec	2,679 ft/sec
<i>Transport Efficiency</i>	60 %	42%
<i>Circulating Capacity Index</i>	4,86	3,44

Dari perhitungan didapatkan hasil bahwa laju alir pada pompa yang dihasilkan pada data 03 Oktober 2014 adalah 573 gpm, dan dengan metode ratio transport efficiency dan cutting carrying index dilakukan perhitungan didapatkan sebesar 60% dan CCI didapatkan 4,85. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan acuan yang diterapkan, lubang bor pada trayek ini bersih jika dilihat dari nilai CCI > 1 tetapi kemampuan mengangkut cutting tidak maksimal. Berdasarkan perhitungan studi kasus yang telah dilakukan, maka apabila memaksimalkan nilai dari rheologi lumpur serta laju alir sesuai dengan program maka cutting akan terangkat secara baik. Karena secara aktual sirkulasi tidak berjalan dengan baik maka hal ini menyebabkan terjadinya penumpukan cutting di lubang pemboran dan rangkaian pipa bor terjepit. Dari hasil perbandingan studi kasus, didapatkan hasil optimal pada studi kasus kedua, dimana hal ini berpengaruh terhadap kemampuan pompa yang ditingkatkan dan nilai dari rheologi lumpur yang dilakukan seperti nilai yield point yang ditingkatkan, yang berpengaruh terhadap pengangkatan cutting ke permukaan. Banyak metode – metode yang telah dilakukan untuk melepaskan rangkaian pipa yang terjepit pada trayek ini, semua kegiatan ini berdasarkan SOP yang

telah berlaku di Pertamina EP apabila terjadi pipa terjepit, dimulai dengan dilakukan work on pipe, sirkulasi dengan hi –vis dan low – vis, dimana fungsi dari low – vis adalah untuk membuat aliran di dalam lubang bor menjadi turbulen, diharapkan semua cutting – cutting dapat terangkat, kemudian dilanjutkan dengan sirkulasi hi – vis, yang berbentuk laju aliran laminer sehingga mengangkat cutting dari dasar sumur hingga ke permukaan, namun belum berhasil, kemudian lanjut dengan metoda perendaman black magic, namun tidak berhasil dikarenakan volume dari black magic tidak cukup untuk mengatasi rangkaian yang terjepit, lanjut dengan perendaman caustic, namun tidak berhasil juga. Hingga dilakukan metoda back off, dengan peledakan oleh back off tool, indikasi berhasil, namun meninggalkan ikan sepanjang 512.16 meter. Karena fishing tidak berhasil, pemboran di sumur dilakukan dengan cement plug dan untuk melanjutkan pengeboran dilakukan side track untuk mencapai target displacement.

## Kesimpulan

Berdasarkan analisa dalam mengevaluasi problem pemboran dan penanggulangan yang dilakukan pada Sumur X di Lapangan Y, maka didapat kesimpulan sebagai berikut : Berdasarkan kronologis, pada saat bor sampai kedalaman 1465 mMD, Motor Hydraulic top drive rusak, sehingga RPM dan Torque Top Drive tidak berfungsi.

Usaha perbaikan Top Drive memerlukan waktu 76,5 jam (mobilisasi dari Cibitung ke lokasi), karena tidak ada stand by unit dengan tipe dan kapasitas yang sama di lapangan. Identifikasi Hole Stability dan lubang swelling karena turunnya properties lumpur yg ditinggalkan didalam lubang selama 3 hari menyebabkan pH turun, polymer flock dan SG out 1.18+.

Dalam hal ini penyebab problem pipa terjepit adalah karena pack off, yang terjadi akibat gugurnya dinding formasi karena tidak stabil. Adanya filtrat loss yang tinggi dalam sistem lumpur, yaitu 5cc/30”.

Dalam hal ini profile lubang sumur adalah "J" Type, sehingga secara operasional (wash over job dan reconnect) akan mempunyai tingkat kesulitan yang lebih bila dibanding dengan lubang vertikal, karena sebagian dari drill string akan menyandar ke dinding lubang. Untuk menaikkan Viscositas dan Yield Point, dapat menambahkan zat adiktif zat adiktif XCD Polymer, atau penggunaan pengontrol kehilangan lumpur yaitu PAC Polymer.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menangani masalah pipa terjepit, yaitu :

- a. Dilakukannya Work on Pipe
- b. Sirkulasi dengan Hi-Vis dan Low-Vis
- c. Metode perendaman Black Magic
- d. Metode Back Off
- e. Metode Side Track

Berdasarkan perhitungan EFT dengan probability success ratio 50%, didapatkan EFT : 16 hari sedangkan 7 hari adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai kedalaman yang sama sebelum terjadi stuck, maka dilakukan bor side track dengan pertimbangan EFT tersebut.

Berdasarkan hitungan hidrolika, di dapatkan hasil CCI 4,85 dengan transport efisiensi sebesar 60 %, jika CCI > 1 maka sumur di kategorikan bersih dari cutting.

## Daftar Pustaka

- “Pemboran Eksplorasi Lokasi OGN-A11 (OGN-39) Asset 2, Prabumulih, Sumatera Selatan”, PT. Pertamina EP, Jakarta, 2014.
- Adam, N.J, “Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach”, Penwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
- Bradley, Howard B., 2005, “Petroleum Engineering Handbook”, SPE Textbook Series, Texas.
- Data Service Company, Baker Huges, 2014.
- Drilling Standard Operating Procedure (SOP), PT.Pertamina EP, 2012.
- Rubiandini, Rudi, “Teknik Pemboran Pemboran Volume 1”, ITB, Bandung, 2012.

Rubiandini, Rudi, "Teknik Pemboran Pemboran Volume 2", ITB, Bandung, 2012.

Gatrin, Carl. 1960 "Petroleum Engineering Drilling And Well Completion". New Jersey: Pretentice Hall, Inc.