

Desain Formulasi Lumpur Untuk Pemboran Panas Bumi Di Sumur GG-01

M. Mahlil Nasution^{1,*}, Aly Rasyid², Gigin Pahrudin³

¹ Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jln Perjuangan Kota Bekasi, telp/fax dari Institusi; e-mail: mahlil.nasution@dsn.ubharajaya.ac.id

² Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jln Perjuangan Kota Bekasi, telp/fax dari Institusi; e-mail: aly.rasyid@dsn.ubharajaya.ac.id

³ Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Subang, +622188955882; e-mail: gigin852@gmail.com

* Korespondensi: e-mail: mahlil.nasution@dsn.ubharajaya.ac.id

Submitted: 03/11/2021; Revised: 17/11/2021; Accepted: 03/12/2021; Published: 11/03/2022

Abstract

During the drilling process, we need to look at several aspects that need to be considered, including the drilling mud aspect which is one of the important aspects in a safe and efficient drilling process. The success of a drilling process through various rock layers is very dependent on the design of the drilling mud formulation. All of that can be influenced by the nature and physics of the drilling mud which needs to be adjusted to the formation conditions, formation pressure, rock type and fluid content contained in the formation. In designing the mud formulation that will be used, it can be done by using the mud system correlation method or by analyzing the pressure wells that become offset wells or key wells which are analyzed to determine the properties of the mud to be used. Well GG – 01 is an exploration well so it does not have an offset well. The drilling that will be penetrated is as many as 4 routes which in the first route the hole is made using a mash system so that it does not use drilling mud. And for the next route, the type of mud to be used is KCL Polymer with a different percentage on each route.

Keywords: Drilling, Drilling Fluid, Geothermal.

Abstrak

Pada saat proses pemboran berlangsung kita perlu melihat beberapa aspek yang perlu diperhatikan diantaranya yaitu aspek lumpur pemboran yang menjadi salah satu aspek penting dalam proses pemboran yang aman dan efisien. Keberhasilan suatu proses pemboran yang melalui berbagai macam lapisan batuan sangat bergantung pada desain formulasi lumpur pemborannya. Semua itu dapat dipengaruhi dari sifat dan fisik dari lumpur pemboran yang perlu disesuaikan dengan kondisi formasi, tekanan formasi, jenis batuan dan kandungan fluida yang terdapat dalam formasi tersebut. Dalam mendesain formulasi lumpur yang akan digunakan bisa ditempuh dengan metode korelasi system lumpur atau Analisa tekanan dekspen sumur yang menjadi offset well atau key well dianalisa untuk menentukan properties lumpur yang akan digunakan. Pada sumur GG – 01 ini, merupakan sumur eksplorasi sehingga tidak mempunyai offset well. Pemboran yang akan ditembus yaitu sebanyak 4 trayek yang mana pada trayek pertama pembuatan lubangnya menggunakan system tumbuk sehingga tidak menggunakan lumpur pemboran. Dan untuk trayek selanjutnya Jenis lumpur yang akan digunakan yaitu KCL Polymer dengan persentase yang berbeda pada setiap trayeknya.

Kata kunci: Pemboran, Panasbumi, Lumpur Pemboran.

1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai cadangan panasbumi yang sangat besar karena Indonesia merupakan salah satu negara yang dilintasi oleh cincin api (*Ring Of Fire*). Sekitar 40 % atau 290.000 MW total panasbumi dunia berada di Indonesia, karena Indonesia adalah negara yang memiliki potensi gunung api yang tinggi (Wahyuni,2012). Potensi tersebut belum bisa dimaksimalkan pemanfaatannya, bahkan dari 299 daerah yang memiliki potensi panasbumi yang sudah dimanfaatkan untuk PLTP hanya 2,68 %, 45,15 % masih dalam tahap penyelidikan awal, 13,04 % dalam tahap pendahuluan, 36, 79 % tahap penyelidikan rincian, dan 2,34 % dalam tahap eksplorasi untuk dikembangkan (Qomariah, 2012).

Tahap eksplorasi merupakan kegiatan yang bertujuan membuktikan adanya daerah prospek panasbumi. Tahap ini juga meliputi beberapa tahapan diantaranya tahap pemboran, tahap eksplorasi lanjut, studi kelayakan, dan tahap perencanaan hingga tahap produksi. Di dalam beberapa tahapan itu terdapat suatu proses yang dinamakan pemboran, yaitu suatu kegiatan yang bertujuan untuk membuat lubang dari permukaan tanah sampai ke target (*payzone*) di bawah permukaan. Dalam melakukan pemboran tidak hanya sembarangan membuat lubang melainkan harus dilakukan dengan aman, efektif, dan efisien. Serta dapat dipastikan lubang tersebut bisa tetap berproduksi dengan sebaik mungkin untuk periode waktu produksi yang sangat lama. Penggunaan sifat lumpur yang digunakan pada proses pemboran dapat mempengaruhi keefisienan pemboran itu sendiri, dengan begitu pentingnya melakukan pemilihan jenis lumpur. Sehingga kinerja suatu lumpur pemboran yang dipilih akan menentukan keberlangsungan serta *cost effective performance* dari pemboran tersebut. dalam proses mendesain formulasi lumpur juga perlu di perhatikan. Karena lumpur akan berhubungan langsung dengan formasi yang akan di tembus dan supaya tidak menimbulkan permasalahan.

Lumpur Pemboran

Lumpur pemboran merupakan factor yang penting dalam operasi pemboran. Kita perlu memperhatikan, menganalisa, dan menyesuaikan penggunaan fluida pemboran dengan kondisi lapisan formasi supaya menghasilkan properties lumpur yang diinginkan. (Seminar nasional Cendikiawan, 2015, 266) dengan begitu kita dapat melakukan pemboran dengan aman, efisien, dan efektif.

Catatan pemboran di beberapa sumur panasbumi (*Geothermal Wells*) (John, F. 2010,33) memiliki property tipikal antara kisaran :

- Density : maks. 9,8 Ppg
- Apparent Viscosity : 35 – 55 cp
- pH : 9.5 – 11.5
- Plastic Viscosity : 0.01 – 0.02 cp
- Yield Point : 35 – 125 cp

Lumpur pemboran dibuat dari 3 prinsip komponen. Yaitu :

- Base Liquid : minyak, fresh water, atau air asin bisa digunakan sebagai cairan dasar pada lumpur pemboran, tetapi minyak dan air asin terbatas untuk pemboran minyak. Dan fresh water digunakan pada pemboran panasbumi. (John, F. 2010, 33)
- Active solids : bahan yang biasa digunakan sebagai aktif solid yaitu polimer-polimer yang ditambahkan ke air untuk menghasilkan colloidal suspension. Mereka dikenal sebagai *viscofiers*. (John, F. 2010,33)
- Inert solids : yaitu additive yang tidak bereaksi menggunakan air dan dengan komponen lainnya dalam lumpur, dimana material ini tidak tersuspensi. Biasanya untuk menambahkan berat atau berat jenis lumpur. (Kaswir, B. 1998)

Terkadang inert solid juga dapat terbentuk dari serpih bor yang terangkut oleh lumpur seperti chart, sand atau clay-clay non swelling. namun, cutting ini tidak sengaja ditambahkan untuk meningkatkan densitas lumpur, maka perlu dibersihkan secepat mungkin lewat shale shaker. (bisa mengakibatkan abrasi dan merusak pompa). (Rudi, R. 2009,197)

Additif Lumpur Pemboran

Additif yang dipakai sangat berperan untuk mendapatkan properties lumpur yang diinginkan, dengan adanya penambahan additive ini dapat mengontrol properties lumpur pemboran ketika terjadinya perubahan properties yang diakibatkan karena adanya pengaruh efek dari cutting ataupun kondisi didalam lubang sumur (temperature dan tekanan). Diantara additive yang digunakan pada lumpur pemboran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- *Viscosifiers* (bahan pengental)
Bentonite, CMC, attapulgate, XCD polymer, dan polymers.
- *Weighting Materials* (Pemberat)
Barite, Calcium carbonate, Garam terlarut, Galena, Iron oxides.
- *Thinners* (pengencer)
Phosphates, Lignosulfonate, Lignite, Polyacrylate.
- *Filtration Control*
Strach, CMC, PAC, acrylate, Bentonite, Dispersant.
- *Lost Circulation Materials*
Granular (berbutir), Flake (berserpih), Fibrous (berserat), Slurries (bubur).
- Additif Khusus
Flocculant, Corrosion control, Defoamer, pH control, Lubricant.

Klasifikasi Lumpur Pemboran

Melihat dari beberapa teori lumpur pemboran dibagi menjadi 3 kategori. Yaitu :

1. Water base mud

Lumpur dengan bahan dasar air merupakan lumpur yang normal dipakai dalam pemboran. Pembuatannya yang relative mudah dan tidak memakai biaya yang mahal menjadi keunggulan lumpur ini, komposisi *water base mud* biasanya terbuat dari air tawar, air asin, air garam, atau air garam jenuh.

Menurut sifatnya lumpur jenis *water base mud* diklasifikasikan menjadi 3 subklasifikasi antara lain :

- *Inhibitive*
- *Non Inhibitive*
- *Polymer*

Sifat *inhibitive* merupakan sifat yang menghambat terhadap pengembangan clay, kehadiran ion-ion sodium (Na⁺), calcium (Ca⁺), dan potassium (K⁺), atau kombinasi keduanya. System ini umumnya digunakan untuk pengeboran *hydratable clay* dan pasir yang mengandung *hydratable clay*.

Non Inhibitive merupakan Mud yang tidak signifikan dalam menekan pengembangan clay, umumnya terdiri dari clay asli atau bentonites komersial dengan beberapa caustic soda atau kapur. Fluida pemboran ini juga menggunakan *deflocculants* dan/atau *dispersants* seperti : *lignites*, *lignosul fonate*, atau fosfat. Cairan *Non Inhibitive* penggunaannya sebagai *spud mud*.

Polymer dapat menjadi penghambat terhadap pengembangan clay ataupun tidak, tergantung pada kation penghambat digunakan atau tidaknya. *Polymer* dapat digunakan untuk *viscifier*, *deflocculate* padatan, atau merangkum padatan.

2. Oil base mud

Pemakaian minyak sebagai bahan dasarnya, komposisinya diatur supaya kandungan air yang terdapat di dalam lumpur ini rendah (sekitar 3-5 %). Untuk mengontrol properties lumpurnya membutuhkan campuran additive kimia. *Oil base mud* biasanya membantu menstabilkan shale dan mencegah swelling. Dimana salinitas air formasi sangat bervariasi. Lumpur ini tergolong pada sifat *inhibitive*, rentan terhadap kontaminan, stabil pada suhu dan tekanan yang tinggi, juga tidak mengakibatkan korosif terhadap string yang digunakan. (Mitchell, R. Miska, S. 2011, 92)

3. Pneumatic mud

Paling sering dijumpai pada pemboran yang akan menembus formasi kering dan keras seperti batu kapur atau dolomit. Karena komposisi lumpur yang mengandung gas. Jadi, penggunaan lumpur nya sangat sensitif untuk mengakibatkan ledakan. (Mitchell, R. Miska, S. 2011, 93)

Faktor Utama Dalam Penentuan Lumpur Pemboran

Dalam menentukan jenis lumpur bor yang nantinya akan dipakai dalam proses pemboran perlu mempertimbangkan beberapa faktor utama untuk memilih lumpur bor tersebut, yaitu :

1. Base yang digunakannya air tawar, air asin dan minyak.
2. Sifat fisik formasi pada trayek yang akan ditembus.
3. Kemungkinan problem yang akan terjadi.
4. Perlu atau tidaknya peralatan solid kontrol yang efektif.
5. Stabil pada temperatur dan kontaminasi yang terjadi (misalnya semen, air tawar).
6. *Budgeting*.

2. Metode Penelitian

Pemilihan judul penelitian yang diambil berangkat dari kebijakan pemerintah yang ingin meningkatkan penggunaan energi hijau, dimana dengan meningkatnya penggunaan energi hijau maka akan menyebabkan perlu nya peningkatan pada tahap eksplorasi, sehingga diperlukannya penelitian ini agar bisa menjadi acuan bila mana nantinya dibutuhkan pada proses eksplorasi panasbumi yang dilakukan. Sehingga penelitian ini bersifat deskriptif analisis, data yang dibutuhkan diantaranya data primer yng berasal dari data perusahaan dan data sekunder yang berasal dari kutipan orang. Dalam proses pengumpulan data, Teknik yang digunakan yaitu studi lapangan yang mana praktek langsung untuk mendapatkan data tersebut dan studi Pustaka yaitu mencari dari buku-buku atau jurnal sebagai referensi. Selanjutnya data di analisis dan kemudian diolah dan dituangkan pada bentuk tulisan ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada proses pemboran panasbumi sumur GG-01 kita membaginya pada 4 trayek seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. dengan pembagian pertrayek pada proses pemboran, akan memudahkan kita dalam penentuan serta desain formulasi yang tepat untuk pemboran panasbumi sumur GG-01.

Tabel 1 Konfigurasi Lubang dan Casing Sumur GG – 01

Hole & Casing Detail	Conductor	Surface Casing	Intermediate casing	Production Casing	Perforated Casing
Hole Size	NA	8-1/2"	5-1/2"	HQ (3-7/8")	NQ(2,98")
Hole Depth (mGLVD)	22	100	600	1200	2000
Casing/Liner OD (inches)	9 5/8 "	7"	4-1/2"	3-1/2"	2-3/8"
Weight (ppf)	43,5	23,3	11,6	9,2	4.70
Grade	k55	k55	k55	j55	j55
Range	R1-6m	R1-8m	R1-9m	R2-9m	R2-9m
Threads & Collars	BTC	BTC	BTC	NUE	NUE
Casing Cementing	NA	Stub in shoe	single stage	Dual stage	Un-cemented
Casing Shoe Formation Design Temperature (°C)	35	76– 100	120 - 150	180	230

Excess Mud Slurry	NA	50%	100%	100%	200%
-------------------	----	-----	------	------	------

Sumber : KAK Jasa Mud Material dan Engineering, Lemigas. 2021

Setelah mengetahui desain sumur yang akan dibuat, selanjutnya kita melakukan penentuan additif-additif yang akan digunakan sebagai formula dari lumpur tersebut agar bisa mencapai seperti apa yang diminta sesuai properties dari masing-masing jenis lumpur setiap trayeknya.

3.1 Trayek 9 5/8"

Untuk perencanaan pemboran sumur GG-01 diawali dengan pembuatan lubang dengan trayek 9 5/8". Trayek ini merupakan trayek yang paling rendah intervalnya yang dimulai pada interval 0 – 20 m. Pada trayek ini lapisan yang akan ditembus yaitu lapisan tanah kecoklatan dengan batuan piroklastik lepas, lapuk dan terubah lemah. Kendala yang akan terjadi yaitu mudah runtuhnya formasi sehingga untuk pembuatan lubang pada trayek ini menggunakan sistem tumbuk, biasanya menggunakan alat yang bernama delmag hammer. Dengan begitu trayek ini tidak menggunakan additive lumpur pemboran.

3.2 Trayek 8 1/2"

Pembuatan lubang pada trayek 8 1/2" merupakan lubang yang digunakan untuk pemasangan surface casing dengan ukuran 7". Interval kedalaman pada trayek 8 1/2" yaitu dimulai pada 20 meter sampai dengan kedalaman 100 meter. Akan menembus batuan vulkanik muda dengan komposisi Andesit-Basal produk G.Halimun. kondisi di lapangan batuan ini terubah lemah, masih nampak fenokris dan mineral penyusun yang di dominasi plagioklas dan piroksen Pembuatan lubangnya dilakukan dengan menggunakan drill/pemboran yang mana akan membutuhkan lumpur pemboran. Lumpur yang diminta yaitu KCL Polymer 3 – 5 % dengan properties lumpur sebagai berikut :

Tabel 2 Mud Properties Trayek 8 1/2"

Property		Specification
Mud Weight,	Ppg	8.4 - 9.0
Funnel Viscosity,	sec/qt	45 – 65
Plastic Viscosity,	Cps	ALAP
Yield Point,	lb/100ft2	20 – 25
API Fluid loss,	cc / 30 minutes	8 – 12
LGS	% vol	< 6
pH	-	10 – 11
KCl	(%)	4 – 7
MBT,	Ppb	10

Sumber : KAK Jasa Mud Material dan Engineering, Lemigas. 2021

Lumpur yang dipakai pada trayek ini yaitu jenis water base mud dengan kategori 5% KCL Polymer dan additive yang digunakan untuk mendapatkan properties yang diinginkan seperti yang telah di uraikan diatas antara lain ialah bentonite dengan volume sebanyak 7,50 ppb dimana additive ini sebagai bahan dasar dari pembuatan lumpur pemboran berbahan dasar air, ditambahkan juga potassium hydroxide sebanyak 0,70 ppb dengan tujuan agar lumpur tersebut bersifat basa, Pac LV sebanyak 1,50 ppb sebagai filtration loss control yang berpengaruh terhadap laju air tapan dan juga berpengaruh terhadap viscosity tetapi sangat rendah, selain Pac LV untuk mengatur filtration loss digunakan juga additive Starch sebanyak 2,00 ppb. penggunaan XCD Polymer sebanyak 1,40 ppb. Selanjutnya penggunaan KCL (Potasium Chloride) untuk mendapatkan K+ dan juga sebagai additive yang wajib diinginkan dan hanya sebanyak 5

% dari jumlah keseluruhan lumpur tersebut yaitu sebanyak 17,50 ppb. untuk mendapatkan lumpur yang tidak bau maka digunakan nya biocide sebanyak 0,20 ppb, penggunaan additive drilling detergent sebanyak 2,00 ppb juga digunakan dalam hal ini bertujuan agar peralatan yang dibawah permukaan ketika dicabut dalam keadaan bersih dan tidak ada nya cutting yang menempel. Dan juga lubricant sebanyak 1,00 ppb untuk menambah fungsi lumpur sendiri dalam melumasi bit. Dan sebagai lumpur pemboran berbahan dasar air digunakanlah fresh water sebanyak 331,42 ppb.

3.3 Trayek 5 1/2"

Pembuatan lubang pada trayek ini diperuntukan untuk casing intermediate ukuran 4 1/2" dengan interval yang ditembus yaitu 500 meter dan dimulai pada kedalaman 100 – 600 meter, pada trayek ini lapisan yang akan ditembus yaitu batu pasir karbonat yang diduga sebagai bagian dari formasi Cimanceuri, Lapisan ini telah mengalami proses deformasi sehingga kemungkinan terbentuknya rekahan/ *fracture* lebih intensif dan sebagai lapisan penudung (*Caprock*). jenis lumpur yang diminta untuk pemboran pada trayek 5 1/2" adalah lumpur KCL Polymer 3 – 5 %. Berikut adalah properties lumpur untuk trayek 5 1/2" :

Tabel 3 Mud Properties Trayek 8 1/2"

Property		Specification
Mud Weight,	Ppg	8,4 - 9,0
Funnel Viscosity,	sec/qt	40 – 60
Plastic Viscosity,	Cps	<20
Yield Point,	lb/100ft2	18 – 24
Gel Strength, 10'/10"	lb/100ft2	4 – 7/7 - 15
API Fluid loss,	cc / 30 minutes	< 10
LGS	% vol	< 6
pH	-	10.0 - 11.0
KCI	(%)	3 – 5
MBT,	Ppb	10 – 15

Sumber : KAK Jasa Mud Material dan Engineering, Lemigas. 2021

Pada trayek 4 7/8" kategori lumpur yang digunakan yaitu 3 – 5 % KCL Polymer tergolong pada jenis lumpur water base mud. Dengan penggunaan air pada trayek ini yaitu sebanyak 326,44 ppb. ditambahkan bentonite sebanyak 10,00 ppb, potassium hydroxide sebanyak 1,00 ppb, XCD Polymer 1,20 ppb, Pac LV sebanyak 3,50 ppb, potassium chloride (KCL) sebanyak 17,50 ppb, ditambahkan juga 1 % polyamine sebagai shale inhibitor sebanyak 3,50 ppb, soltex shale stabilizer sebanyak 1,00 ppb, CaCO₃ Fine sebagai penambah berat jenis sebanyak 5,00 ppb, Corrosion inhibitor sebagai pencegah korosi terhadap peralatan yang digunakan akibat temperature yang mulai tinggi, sebanyak 1,00 ppb, Biocide sebanyak 0,25 ppb, Drilling detergent sebanyak 0,50 ppb, dan lubricant sebanyak 1,00 ppb.

3.4 Trayek 3 7/8"

Pada trayek 3 7/8" Panjang interval yang akan ditembus yaitu 600 meter yang dimulai pada kedalaman 600 m sampai di kedalaman 1200 m. lubang 3 7/8" dibuat untuk pemasangan casing ukuran 3 1/2". Dengan jenis lumpur yang diminta yaitu 3% KCL Polymer polyamine dengan properties sebagai berikut :

Tabel 3 Mud Properties Trayek 8 ½"

Property		Specification
Mud Weight,	ppg	8,4 - 9,0
Funnel Viscosity,	sec/qt	45 – 65
Plastic Viscosity,	cps	<22
Yield Point,	lb/100ft ²	20 – 24
Gel Strength, 10'/10"	lb/100ft ²	4 – 7/7 - 15
API Fluid loss,	cc / 30 minutes	< 10
LGS	% vol	< 6
pH	-	10.0 - 11.0
KCl	(%)	3
MBT,	ppb	10 – 15

Sumber : KAK Jasa Mud Material dan Engineering, Lemigas. 2021

Formulasi pada trayek 3 7/8", additive lumpur yang digunakan tidak jauh berbeda dengan desain formulasi lumpur pada trayek sebelumnya karena 200 m formasi yang akan ditembus pada trayek ini merupakan lapisan batu pasir karbonat dan merupakan bagian dari formasi Cimanceuri. Namun, walaupun additive yang digunakan itu relative sama. Tetapi dalam segi kuantitas pada setiap additive berbeda dan juga ada beberapa tambahan additive berbeda yang digunakan.

Desain formulasi untuk jenis lumpur 3% KCL Polymer Polyamine diantaranya yaitu bentonite 10,00 ppb, potassium hydroxide 1,50 pp, XCD Polymer 1,60 ppb, Pac LV 4,20 ppb, potassium chloride 10,50 ppb, Soltex 2,00 ppb, CaCO₃ Fine 5,00 ppb, CaCO₃ Medium 5,00 ppb, corrosion inhibitor 1,00 ppb, 7% Polyamine 7,00 ppb, Biocide 0,40 ppb, HT stab penyetabil lumpur agar properties yang sudah terbuat tidak berubah pada saat temperature tinggi 1,00 ppb, Lubricant 3,50 ppb, dan air 324,14 ppb.

3.5 Trayek 2,98"

Merupakan lubang terakhir pada pemboran sumur GG-01 yang mana lubang ini merupakan perforated liner. Interval yang akan ditembus pada trayek 2,98" yaitu sepanjang 800 meter dan dimulai pada kedalaman 1200 m sampai kedalaman 2000 m. jenis lumpur yang diinginkan pada trayek ini yaitu jenis free solid polimer sehingga yang mana additive yang digunakan antara lain KOH, Sodium bicarbonate, XCD Polymer, lubricant dan Corrosion inhibitor.

4. Kesimpulan

Lithologi formasi yang akan ditembus pada pemboran panasbumi sumur GG – 01 diantaranya pada lapisan dengan batuan piroklastik lepas, lapuk dan terubah lemah, lapisan batuan vulkanik muda dengan komposisi batuan Andesit-Basalt, formasi cimanceuri dan formasi cikotok. Dengan lumpur yang digunakan yaitu jenis lumpur KCL Polymer. Yang mana desain lumpur pemboran untuk pemboran panasbumi sumur GG – 01 memiliki properties mud weight antara 8,0 – 9,0 ppg, pH 10,0 – 11, 0, dan API Fluid loss yaitu < 10. Namun, pada trayek 2,98", lumpur yang digunakan yaitu jenis Free solid polymer dan apabila terjadi total loss maka yang dipompakan hanyalah air dengan tambahan polimer lubricant dan corrosion inhibitor.

Daftar Pustaka

- Ayuningtyas, M. Harianto. Safari, A. (2019). "Pengembangan Strategi pada Aktifitas Rantai Nilai Panas Bumi (Studi Pada PT. Geo Dipa Energi (Persero))". *Jurnal Bisnis*, Volume 28 (1), 56 – 78.
- Badu, K. (1998). "Lumpur Pemboran" jilid 1, Cepu.
- Drilling Program. (2021) "Pemboran Eksplorasi *Slim Hole* di Desa Sirnarasa Kecamatan Cikaka Kabupaten Sukabumi". Jakarta : Lemigas.
- Erita. (2018). "Designing the Drilling Fluid". Aipu Mud Equipment.
- Finger, J. Blankenship, D.(2010) "Handbook of best practies for Geothermal Drilling". Sandia National Laboratories, Mexico.
- Junianto, A. Rosyidan, C. Satyawira, B. (2017). "Perencanaan Lumpur Pemboran berbahan dasar air pada sumur X lapangan Y. *Jurnal Petro*". Volume VI (4), 116 – 124. Kerangka Acuan Kerja.(2021) "Jasa Mud Material dan *Engineering*". Jakarta : Lemigas.
- Mitchell, R. F. & Miska, S. Z. (2011) "*Fundamentals of Drilling Engineering*". USA : SPE.
- Rubiandini, Rudi, Ria, S. (2012). "Teknik Operasi Pemboran Edisi I". Bandung : ITB.
- Riany, B. Hamid, A. Satiawati, L. (2015). "Evaluasi Penggunaan *Oil Base Mud Smooth Fluid* (SF 05) Terhadap Formasi Shale Pada Sumur B Lapangan R". Seminar Nasional Cendekiawan 2015. 265 – 270.