

PENENTUAN FORMASI BATUAN DENGAN PENGUJIAN LUMPUR SIRKULASI PEMBORAN

SULARDI

*Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas
Transad KM.08 No.76 RT.08 Kelurahan Karang Joang, Balikpapan, 76126, Indonesia*

E-mail: sulardikm61@yahoo.com

Abstract

This study aims to provide an overview of the drilling circulation mud testing method and the way of its interpretation in determining rock formations under the seabed. This research method uses a case study approach to the problem of the difficulty of determining the position of the end point bearing piling anchor flare stack offshore platform. From the results of the drilling mud circulation test, it can be seen that the types of feldspar and orthoclase rock formations at a depth of 1,785 feet below the seabed are considered suitable and suitable for anchor bearing end bearing piling offshore platforms. The results of this study also recommend that the mud circulation test method can be an alternative in determining rock formations for the installation of piling foundations for offshore platforms.

Key words: drilling mud circulation, rock formation.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang metode pengujian lumpur sirkulasi pemboran dan cara interpretasinya dalam penentuan formasi batuan dibawah dasar laut. Metode penelitian ini menggunakan metode pendekatan studi kasus masalah kesulitan penentuan kedudukan *end point bearing piling anchor flare stack offshore platform*. Dari hasil pengujian sirkulasi lumpur pemboran dapat diketahui jenis formasi batuan feldspar dan ortoklas pada kedalaman 1.785 feet dibawah dasar laut yang dipandang cocok dan sesuai untuk tumpuan end bearing anker piling *offshore platform*. Hasil penelitian ini juga merekomendasikan bahwa metode uji sirkulasi lumpur dapat menjadi alternative dalam penentuan formasi batuan untuk pemasangan pondasi piling bangunan lepas pantai.

Kata kunci: Sirkulasi lumpur pemboran, formasi batuan.
Artikel diterima 15 Januari 2022. Online 28 Februari 2022.

PENDAHULUAN

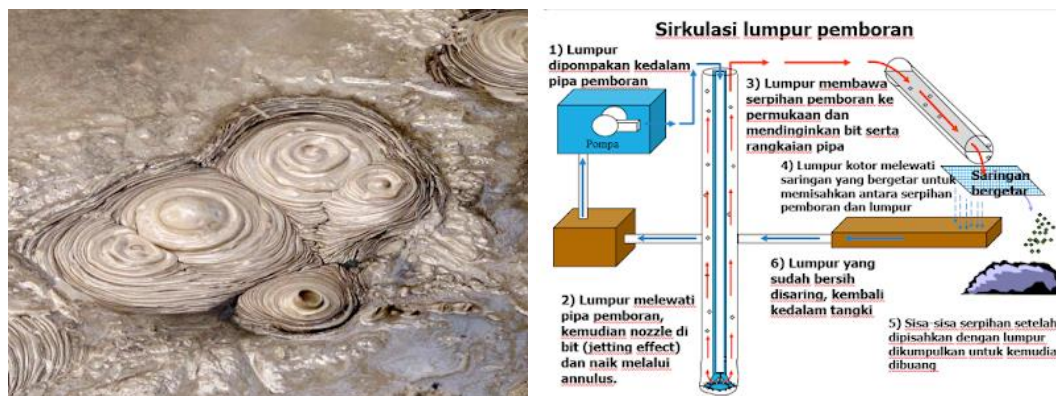
Latar Belakang

Salah satu bagian penting dalam pekerjaan pemboran adalah material lumpur pemboran. Lumpur pemboran memiliki peran penting dalam menunjang keberhasilan dan kelancaran pekerjaan pemboran (Adam T, 1986). Tuntutan kecepatan pemboran, ketepatan, keselamatan dan efisiensi biaya pemboran sangat dipengaruhi oleh lumpur pemboran. Lumpur pemboran memiliki fungsi penting dalam pelaksanaan pemboran (Rudi Rubiandini, 1998), diantaranya adalah mengangkat serpihan pemboran (*cutting*) ke permukaan, mendinginkan dan melumasi pahat bot (*bit*) dan rangkaian pipa pemboran (*drill string*), membentuk padatan yang melekat pada dinding lubang pemboran (*mud cake*) untuk melindungi lubang pemboran agar tidak runtuh, mengontrol tekanan formasi sumur pemboran, membawa *cutting* dan material-material pemberat pada suspensi pada saat lumpur pemboran terhenti, melepaskan pasir dan *cutting* dipermukaan, sebagai *buoyancy effect* untuk menahan sebagian berat *drill pipe* dan pipa casing selama pelaksanaan pemboran, mengurangi efek negative lain pada formasi lubang pemboran, mendapatkan informasi melalui *mud log* dan *sample log*, sebagai media pembantu dalam evaluasi dan interpretasi well logging. Pengujian lumpur pemboran ini adalah bagian tidak terpisahkan dari pekerjaan pemboran dasar laut dalam rangka pemasangan bangunan platform menara api dilepas pantai (*flare stack offshore platform*). Pemboran di lepas pantai diperlukan untuk pemasangan angker perkuatan pondasi tiang flare stack offshore platform sehingga dapat meningkatkan daya dukung dan stabilitas pondasi bangunan platform lepas pantai.

Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi dalam penentuan kedalaman pemasangan angker pondasi tiang pancang dilepas pantai adalah kesulitan memperoleh data posisi formasi batuan didasar laut yang memiliki kekerasan tinggi dan daya dukung besar dengan metode pemboran konvensional. Oleh karena itu diperlukan metode pemboran dalam sebagaimana pemboran yang dilakukan untuk pemboran minyak dan gas bumi. Permasalahan lain yang dihadapi adalah dalam penentuan jenis batuan dengan hasil serpihan pemboran. Untuk itu pulalah maka diperlukan interpretasi jenis batuan berdasarkan serpihan batuan yang terangkat bersama lumpur pemboran.

Dengan gambaran permasalahan diatas dan fungsi penting lumpur pemboran menunjang keberhasilan dan ketepatan didalam interpretasi formasi lapis batuan dan kedalaman formasi batuan. Dengan kajian permasalahan ini akan dapat diketahui bagaimana metode pengujian sifat fisik lumpur pemmboran cocok dan sesuai digunakan sesuai dengan spesifikasi *API 13A Section 9 (API 13 Sect. 9, 2014)* dan dapat memberikan formasi batuan melalui uji lumpur pemboran.



Gambar 1. Lumpur pemboran (kiri) dan Sirkulasi Lumpur Pemboran (kanan)

Rheology lumpur pemboran sangat penting untuk menunjang kelancaran proses pemboran dan pengangkatan serpihan hasil pemboran. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi kasus dalam rangka penanganan permasalahan pada perletakan *end bearing* pondasi tiang pipa baja platform lepas pantai. Komposisi campuran lumpur pemboran mengacu kepada spesifikasi *API 13A Section 9*, dengan tetap mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan sehingga pekerjaan pemboran lepas pantai dapat diselesaikan tepat waktu.

Tujuan Pengkajian

Tujuan yang hendak dicapai melalui kajian ini adalah:

- a. Memberikan gambaran metode pengujian lumpur sirkulasi pemboran
- b. Menentukan formasi batuan berdasarkan hasil uji lumpur pemboran.

Dengan hasil kajian sirkulasi lumpur pemboran ini diharapkan akan mendapatkan pemahaman secara mendalam dan ketepatan menentukan spesifikasi teknis lumpur pemboran dan bertambahnya pengalaman dalam interpretasi formasi batuan berdasarkan serpihan (*cutting*) batuan didalam lumpur pemboran.

Batasan Ruang lingkup penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus pada pemasangan struktur platform lepas pantai dengan fokus pada pemeriksaan serpihan batuan tertahan pada saringan lumpur pemboran dan pengujian sifat fisik (*rheology*) lumpur sirkulasi pemboran ke permukaan. Pengujian sifat fisik lumpur sirkulasi pemboran terbatas pada sifat *density* dan *sand content* saja karena erat kaitanya dengan interpretasi formasi lapisan batuan. Terkait dengan fokus penanganan permasalahan aktual di site, lingkup penelitian ini dibatasi pada:

- a. Spesifikasi teknis material lumpur pemboran berdasarkan spesifikasi *American Petroleum Institute (API) 13A Section 9*
- b. Metode pengujian densitas maupun *sand content* dilakukan dilaboratorium pengujian lumpur sirkulasi pemboran kontraktor pelaksanaan pekerjaan pemboran

c. Interpretasi formasi batuan digunakan sebagai dasar dalam penentuan kedalaman pemboran untuk pemasangan angker pondasi tiang pancang *flare stack offshore platform*.

Sifat densitas lumpur pemboran erat hubungannya dengan fungsi lumpur pemboran dalam mengimbangi tekanan formasi sumur pemboran. Sifat densitas lumpur pemboran yang terlalu besar akan mengakibatkan hilangnya lumpur pemboran kedalam formasi yang permeabel (*loss circulation*). Demikian pula sebaliknya jika densitas lumpur pemboran terlalu kecil akan mengakibatkan masuknya fluida formasi kedalam lubang bor (*well kick*).

Selain sifat densitas, hal lain yang mempengaruhi lumpur pemboran adalah kandungan pasir (*sand content*). Serpihan pasir dan batuan dapat mempengaruhi karakteristik lumpur pemboran. Salah satunya adalah bertambahnya densitas lumpur setelah digunakan dan setelah sirkulasi kembali ke permukaan. Serpihan pasir (*sand content*) yang dimaksudkan adalah partikel-partikel padatan yang ukuran gradasinya berdiameter lebih dari 74 mikron atau yang lolos dari saringan 200 Mesh.

METODA PENELITIAN

Dengan metode kerja pembuatan lumpur pemboran ini akan memberikan gambaran secara sistematik mengenal material dasar komponen pembentuk lumpur pemboran dan fungsi-fungsi utamanya, memahami dengan baik bagaimana penyiapan lumpur pemboran, menentukan densitas lumpur pemboran dan menentukan kandungan pasir (*sand content*) dalam lumpur pemboran.

Bahan-bahan

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan lumpur pemboran diantaranya adalah lumpur pemboran yang berasal dari sirkulasi pemboran. Bahan dasar lumpur pemboran ini dengan komposisi material *bentonite clay*, *barite*, air (*aquades*), *resinex*, kapur (CaCO_3), Na_2CO_3 , *tackle*, *poly plus*, *pozzolan* dan *spherlite*. Penentuan material lumpur pemboran ditentukan berdasarkan pada hasil pengamatan visual serpihan agregat batuan yang tidak lolos saringan (*mesh*) lumpur pemboran No. 40. Jenis mineral batuan yang dipilih adalah mineral batuan dengan sifat keras $>5,0$ (*apatit*, *felspar*, *ortoklas* dan sejenisnya).

Peralatan Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan lumpur pemboran diantaranya adalah:

- a. Mud balance
- b. Multi mixer
- c. Sand content set
- d. Gelas ukur 500 CC
- e. Rolling oven

- f. Bejana
- g. Saringan lumpur (mesh)
- h. Peralatan bantu kerja lain
- i. Alat-alat keselamatan kerja (AKK)
- j. Alat pelindung diri (APD).

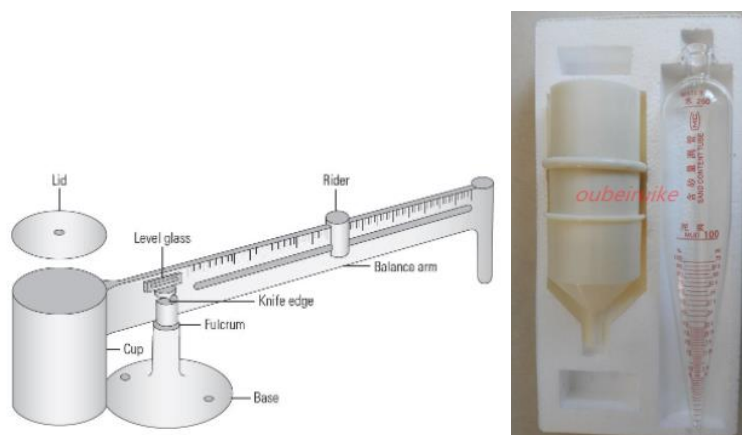
Cara Mengukur Density Lumpur Pemboran

Pengukuran sifat density lumpur pemboran dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Lakukan kalibrasi alat mud balance dengan langkah berikut:
 - 1) Bersihkan alat mud balance
 - 2) Isi mangkok (cup) dengan air sampai dengan penuh, tutup, bersihkan bagian luarnya dan keringkan dengan alat pengeringan (lap, tissue dan sejenisnya)
 - 3) Letakan mud balance pada kedudukan dengan stabil (tidak boleh goyang)
 - 4) Tempatkan skala pembacaan (rider) pada skala 8,33 ppg
 - 5) Cek dan periksa level glass, bila terjadi ketidak seimbangan, lakukan pengaturan dengan calibration screw sehingga kondisinya seimbang.
- b. Ambil dan isikan lumpur pemboran yang telah disiapkan dan isikan kedalam cup balance pada alat mud balance
- c. Tutuplah cup mud, bersihkan lumpur yang melekat dibagian luar dinding dan penutup cup
- d. Letakan balance arm pada kedudukannya, selanjutnya aturlah ride sehingga kondisi mud balance seimbang, lalu periksa dan bacalah angka densitas yang ditunjukkan pada skala pembacaan
- e. Catatlah hasil pembacaan skala density pada lembar pemeriksaan yang telah disiapkan
- f. Langkah (b,c dan d) diulang lagi untuk komposisi lumpur pemboran lainnya.



Gambar 2. Bentonite (kiri) dan Barite (kanan)



Gambar 3. Mud Balance (kiri) dan Sand Content Set (Kanan)

Pengujian Sand Content

Cara pengujian kandungan serpihan pasir (sand content) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pada pengujian ini dapat digunakan lumpur yang sama pada pemeriksaan densitas, namun juga dapat menggunakan sampel lumpur yang berasal dari sirkulasi lumpur dari dalam sumur pemboran
- Jika pengujian sand content menggunakan lumpur yang sama dengan bahan uji densitas maka lakukan pengadukan lumpur selama sekitar 5 menit dengan alat mixer pengaduk
- Isilah tabung gelas ukur dengan bahan lumpur sampai dengan batas yang ditentukan dan tambahkan air pada batas selanjutnya di atasnya
- Tuangkan campuran tersebut pada ke saringan (mesh) dan biarkan cairan mengalir keluar melalui saringan. Tambahkan air secukupnya kedalam tabung, kocok dan tuangkan kembali ke saringan. Ulangi langkah tersebut sehingga tabung menjadi bersih. Cuci pasir yang tersaring pada saringan untuk melepaskan dan buang sisa-sisa lumpur yang melekat pada serpihan pasir
- Pasang funnel pada sisi atas sieve, dengan perlahan-lahan baliklah rangkaian peralatan tersebut dan masukan ujung funnel kedalam gelas ukur. Lalu hanyutkan pasir kedalam tabung dengan menyemprotkan air melalui saringan sehingga semua pasir tertampung dalam gelas ukur dan biarkan pasir mengendap. Dari skala yang ada di tabung bacalah persen (%) volume endapan pasir didalam tabung
- Catatlah hasil pembacaan sand content lumpur dalam satuan persen volume (% Volume).

Pemeriksaan Serpihan Batuan

Pemeriksaan serpihan agregat kasar batuan dilakukan secara visual berdasarkan material padatan yang tidak lolos saringan No. 40, dengan langkah pemeriksaan sebagai berikut:

- Pada saat kedalaman pemboran telah mencapai kedalaman 600 feet (± 20 meter), lakukan pengamatan pada saringan No. 40
- Jika diatas saringan No. 40 terdapat tumpukan agregat halus seukuran pasir, segera ambil dan pisahkan tumpukan agregat, serta catat kedalaman pemboran yang telah dicapai
- Jika diatas saringan No. 40 terdapat tumpukan agregat kasar seukuran pecahan batuan, segera ambil dan pisahkan tumpukan agregat, serta catat kedalaman pemboran
- Bersihkan lumpur untuk mendapatkan serpihan pasir dan batuan, keringkan sampel pasir dan batuan sehingga terlihat jelas secara visual
- Lakukan interpretasi berdasarkan bentuk bidang kristalnya, belahannya, dan warnanya. Gunakan kaca pembesar untuk mempermudah pembacaan dan interpretasi jenis batuan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Sifat Batuan

Berdasarkan hasil penyaringan lumpur pemboran pada kedalaman 1.785 feet yang mengalami sirkulasi ke permukaan diketahui bahwa serpihan material padat terbawa lumpur pemboran adalah material agregat halus sejenis mineral kwarsa (SiO_2) dengan bentuk kristalnya khas. Sedangkan material agregat kasarnya adalah serpihan batuan berwarna putih abu-abu dan kemerah-merahan dengan bintik-bintik hitam (Gambar. 4). Diprediksi pada kedalaman 1.785 feet ini lapisan batuanya adalah batuan felspar, ortoklas dan sejenisnya dengan sifat kekerasan batuan 5-6. Dengan sifat keras batuan yang cukup keras ini maka pemboran dihentikan pada lapisan felspar dan ortoklas dengan asumsi bahwa batuan felspar dan ortoklas akan dapat menjadi tumpuan yang cukup kokoh dan stabil untuk *end bearing pile foundation* bangunan platform lepas pantai (*flare stack offshore platform*).



Gambar 4. Butiran agregat serpihan batuan ortoklas, felspar dan kwarsa

Spesifikasi Lumpur Pemboran

Tabel. 1 Komposisi Kimia Bentonite

Komposisi	% Min	% Maks
SiO ₂	58.0	64.0-21.0
Al ₂ O ₃	18.0	21
Fe ₂ O ₃	2.5	2.8
MgO	2.5	3.2
CaO	0.1	1.0
Na ₂ O	1.5	2.7
K ₂ O	0.2	0.4

Tabel 2 Hasil Uji Sifat Fisik Lumpur Pemboran

Sifat Fisik	Result	Unit	Specification
Density (weight mud)	12.7	Lb/ gal	11.5-13.5
Viscosity dial Reading. 1	35	rpm 600	30 min
Viscosity dial Reading. 2	28	rpm 300	-
Plastic Viscosity	10	CP	-
Yield Poind	17	lb/ 100ft ²	
Yield Point/ Plastic Viscosity Ratio	1.45	-	3.0 max
Fitrate Volume	13.6	ml	15.0 max
Residue Greater than 75 Micrometer	1.78	% by weight	4.0 max

Lumpur pemboran menurut spesifikasi Amarican Petroleum Instutute (API) adalah fluida sirkulasi dalam operasi pemboran yang memiliki banyak variasi fungsi dan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap optimalnya operasi pemboran. Oleh sebab itu sangat menentukan keberhasilan operasi pemboran.

Lumpur pemboran terdiri dari empat komponen (fasa), yang pertama yaitu fasa cair berupa air atau minyak dengan 75% lumpur pemboran menggunakan air. Lumpur pemboran oil based apabila menggunakan minyak lebih dari 95%. Yang kedua adalah *reactive solids*, yaitu solid atau padatan yang bereaksi dengan air membentuk koloid (*clay*), dalam hal ini clay air tawar seperti bentonite mengisap (*absorb*) air tawar dan membentuk lumpur. Yang ketiga adalah *inert solids*, berupa zat padat yang tak bereaksi, berupa Barite (BaSO₄ yang digunakan untuk menaikkan densitas lumpur. Selain itu, juga berasal dari formasi-formasi yang dibor dan terbawa lumpur, seperti chert, pasir

atau clay-clay non swelling, sehingga akan menyebabkan abrasi atau kerusakan pompa. Yang keempat adalah fasa kimia; merupakan bagian dari system yang digunakan untuk mengontrol sifat-sifat lumpur berupa menyebarkan partikel-partikel clay (*diperson*) atau pengumpulan partikel-partikel clay (*floculation*). Efeknya terutama tertuju pada pengkoloidan clay yang bersangkutan. Zat-zat kimia yang mendispersi atau menurunkan viskositas seperti *quebracho*, *phosphate*, *sodium tannate*, dan sejenisnya.

Spesifikasi bahan dasar lumpur pemboran menurut API 13A Section (Bentonite) adalah sebagaimana tersaji pada tabel. 1 dan tabel. 2.

Klasifikasi jenis lumpur pemboran berdasarkan fasa fluidanya meliputi lumpur air tawar (*fresh water muds*) berbahan spud, natural atau native, *bentonite-treated*, *phosphate-treated*, *organic colloid-treated*, *red atau alkaline-tannate treated*, *calcium muds*, *lime-treated*, *gypsum-treated* dan *calcium-treated*. Jenis lumpur air asin (*salt water muds*), berupa *unsaturated salt water*, *saturated salt water* dan *sodium silicate*. Jenis *oil in water emulsion*, berupa emulsi air tawar (*fresh Water emulsion*), dan emulsi air laut (*salt water emulsion*). Jenis *oil base* dan *oil base emulsion muds* dan jenis *gaseous drilling fluids*, berupa natural gas atau udara dan *aerated muds*.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat density (*weight mud*) terhadap lumpur pemboran yang baru dibuat adalah 12.7 Lbs/ gal. Hasil pengujian ini menunjukkan lumpur pemboran yang dibuat dalam batas ijin. Merujuk kepada referensi (Rudi Rubiandini, 1998), densitas lumpur pemboran yang terlalu besar akan cenderung hilang melalui celah formasi (*permeable lost circulation*). Sedangkan densitas lumpur pemboran yang terlalu kecil dapat mengakibatkan potensi masuknya fluida lumpur pemboran kedalam lubang bor (*well kick*). Berdasarkan hasil pengujian densitas lumpur pemboran tersebut maka lumpur pemboran akan dapat berfungsi dengan baik sebagai pengimbang tekanan formasi, menekan potensi *lost circulation* dan mencegah potensi *well kick*.

Hasil pengujian kandungan serpihan pasir (*sand content*) didalam lumpur pemboran yang baru dibuat menunjukkan angka sand content (*residue greater than 75 Micrometer*) adalah sebesar 1.78 % *by weight* (< 4.0 max), dalam batas aman. Tercampurnya serpihan-serpihan formasi (*cutting*) kedalam pemboran akan berpengaruh pada operasi pemboran. Serpihan-serpihan pemboran yang biasanya berupa pasir akan mempengaruhi karakteristik lumpur yang disirkulasikan (Rudi Rubiandini, 1998), dalam hal ini akan menambah densitas lumpur yang telah mengalami sirkulasi.

Dengan hasil pengujian tersebut maka lumpur sirkulasi pemboran masih dalam batas aman untuk disirkulasikan kembali. Sebelum disirkulasikan maka lumpur dilakukan proses pembersihan untuk

menghilangkan partikel-partikel yang masuk kedalam lumpur dengan alat-alat *conditioning equipment* yang terdiri dari *shale shaker*, *degasse*, *desander*, dan *desilter*. Apabila nilai densitas mengalami peningkatan dan melebihi spesifikasi maka dapat ditambahkan (make up) dengan lumpur pemboran yang baru dan dilakukan pengujian dan dipastikan didalam batas spesifikasi.

Hasil pemeriksaan serpihan batuan menunjukkan bahwa formasi batuan pada kedalaman 1.785 feet adalah jenis batuan felspar, ortoklas dan serpihan pasir kwarsa. Material felspar dan ortoklas tergolong dalam klasifikasi batuan dengan kekerasan tinggi (Sulardi, 2019) dan cocok digunakan sebagai tumpuan angker pondasi *flare stack offshore platform*. Kedalaman pemboran untuk angker pondasi struktur lepas pantai tersebut adalah 1.785 feet dibawah dasar piling foundation dengan diameter lubang bor minimum 30 Cm.

KESIMPULAN

- a. Pengujian sifat densitas lumpur pemboran dilakukan dengan peralatan utama mud balance, pengujian sand content dengan alat sand content set dan pemeriksaan serpihan batuan agregat kasar dan halus dilakukan pemeriksaan visual material agregat tidak lolos saringan No. 40 Mesh
- b. Formasi batuan felspar dan ortoklas pada kedalaman 1.785 feet adalah jenis batuan yang cocok dan sesuai untuk tumpuan end bearing angker flare stack offshore platform karena sifatnya yang keras, kekal bentuk dan stabil terhadap deformasi akibat pembebanan.

SARAN-SARAN

- a. Untuk memastikan lumpur pemboran yang akan disirkulasi kedalam sumur pemboran kondisinya aman, secara periodik dilakukan pengujian density dan sand content, terutama terhadap lumpur pemboran yang kembali ke permukaan setelah disirkulasikan untuk pemboran
- b. Interpretasi formasi batuan berdasarkan serpihan batuan pada lumpur sirkulasi pemboran dapat menjadi salah satu alternatif dan dapat direplikasi untuk menentukan kedalaman pondasi piling bangunan lepas pantai.

DAFTAR PUSATAKA

API Standard 13 Section, 2014, *Pressure-Relieving and Depressuring Systems*, Six Edition, Nuw York, USA

Adam T, Bourgoyne Jr, 1986, *Applied Drilling Engineering*, SPE Texbook Series Vol, Richardso, TX

Doherty A.T, Zaba J, 1977, *Practical Petroleum Engineers's Handbook*, Gulf Pub. Co

Roger WF, 1970, *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*, Gulf Pub.Co

More, Preston L, 1974, Drilling Practice Manual, The Petroleum Publishing Co, Tulsa

Rudi Rubiandini, 1998, Teknik Pemboran dan Praktikum, Penerbit ITB, Bandung

Sulardi, 2019, Rekayasa Geologi Untuk Teknik Sipil, Penerbit Nusa Litera Inspirasi, Kab.
Cirebon, Jawa Barat.