

Pengaruh Konsentrasi Completion Fluid Terhadap Laju Swelling Clay Pada Sumur Produksi Minyak Bumi

Bramansyah Riswanda¹⁾, Bahruddin²⁾, Irdoni HS²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Telp. (0761) 63266 Fax. (0761) 63279, 65593

Email : anda86_email@yahoo.com

ABSTRACT

In the process of oil production wells maintenance, sometimes it has to face containing mud (clay) formations and this situation can detain the process of well maintenance and damage downhole equipment, especially pumps because of clay swelling. This study intends to determine the concentration effect of completion fluid to clay swelling and determine the optimum completion fluid concentration. In this study, KCl and XCD polymer has been chosen as the inhibiting compound of clay swelling. Concentration used is 2%, 4% and 6% for KCl, 2, 3 and 4 ppm for XCD polymer with a ratio between the solution with the clay is 1:8, 1:9 and 1:10. The temperature used is room temperature of 25° C. The results showed that the rate of swelling occurs most rapidly at 2% KCl ratio of 1:8. The phenomenon of swelling clay to a solution of XCD polymer is very small so it can be considered no swelling that occurs, either in 2, 3 or 4 ppm solution of polymer XCD

Keywords: clay, swelling, oil producer well, KCl, XCD polymer

1. PENDAHULUAN

Formasi suatu sumur mempunyai sifat permeabilitas sedangkan *completion fluids* memiliki sifat *filtration loss*, maka kedua hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya invasi mud filtrat, dimana fasa cair dari lumpur akan tersaring masuk ke dalam formasi yang permeabel di sekitar lubang sumur, sedangkan padatan lumpur (*mud solids*) tertinggal dan akan membentuk *mud cake* pada dinding lubang sumur bor. Apabila mud filtratnya adalah air (*water base*) dan formasinya mengandung *clay* yang menghidrasi (formasi shale), maka akan terjadi hidrasi dan *swelling* (pembengkakan) dari partikel *clay*

tersebut sehingga menyebabkan berkurangnya ruang pori-pori mula-mula dari batuan *reservoir*. Dengan mengecilnya pori-pori batuan maka akan mengakibatkan berkurangnya porositas batuan tersebut sehingga menyebabkan terhambatnya aliran fluida dari formasi ke lubang sumur (Syed Ali, 1999)

Sebagaimana diketahui bahwa permeabilitas suatu batuan *reservoir* adalah merupakan ukuran kemampuan batuan untuk mengalirkan fluida melalui media berpori yang saling berhubungan di dalamnya. Pengaruh porositas terhadap aliran fluida di dalam media berpori tidak

langsung, tetapi porositas akan mempengaruhi harga permeabilitas. Adanya material *clay* yang *expandable* dalam batuan *reservoir* dapat memperkecil porositas batuan tersebut. Dari hubungan di atas dapat dilihat bahwa dengan mengecilnya porositas maka permeabilitas akan mengalami penurunan juga, dan hal ini tidak dikehendaki, sebab dengan mengecilnya permeabilitas maka produktivitas minyak akan menurun juga.

Terjadinya *clay swelling* juga akan mempengaruhi tekanan kapiler, dimana pembengkakan partikel *clay*, yang memperkecil ruang berpori, mengakibatkan turunnya permeabilitas. Dengan demikian tekanan kapiler akan meningkat, karena hubungan tekanan kapiler adalah berbanding terbalik dengan jari-jari ruang berpori sehingga akan menghambat pergerakan fluida yang terkandung di dalam media berpori tersebut (Ditto Adiansyah, 2011).

Pemilihan *completion fluid* di dalam pengerjaan sumur minyak harus diperhatikan agar fenomena *clay swelling* dapat diminimalkan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian reaksi *clay* dengan *completion fluid* sebelum pengerjaan sumur minyak dimulai.

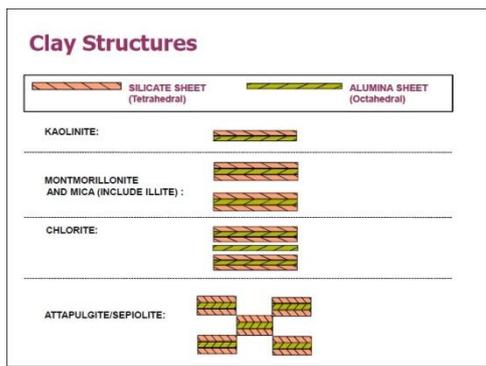
Mineral *clay*/lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks. Mineral ini terdiri dari dua lempung kristal pembentuk kristal dasar, yaitu silica tetrahedra dan aluminium oktahedra (Das. Braja M, 1988).

Mineral *clay*/lempung merupakan koloid dengan ukuran sangat kecil (kurang dari 1 mikron). Masing-masing koloid terlihat seperti lempengan-lempengan kecil yang terdiri dari lembaran-lembaran kristal yang memiliki struktur atom yang berulang. Mineral *clay* (lempung) adalah

mineral sekunder yang terbentuk karena proses pengerusakan atau pemecahan dikarenakan iklim dan alterasi air (hidrous alteration) pada suatu batuan induk dan mineral yang terkandung dalam batuan itu (Das. Braja M, 1988).

Das. Braja M (1988) menerangkan bahwa tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan sub-mikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay mineral*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung sangat keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Namun pada kadar air yang lebih tinggi lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Kohesif menunjukkan kenyataan bahwa partikel-partikel itu melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Dalam terminologi ilmiah, lempung adalah mineral asli yang mempunyai sifat plastis saat basah, dengan ukuran butir yang sangat halus dan mempunyai komposisi berupa hydrous aluminium dan magnesium silikat dalam jumlah yang besar. Batas atas ukuran butir untuk lempung umumnya adalah kurang dari 2 μm ($1\mu\text{m} = 0,000001\text{m}$), meskipun ada klasifikasi yang menyatakan bahwa batas atas lempung adalah 0,005 m (ASTM) (Das Braja M, 1988).



Gambar 1. Clay Structure

Clay Mineral	Silicate Sheet (Tetrahedral)	Alumina Sheet (Octahedral)	Cation	Charge	Water
Kaolinite	1 sheet	1 sheet	H^+	0	None
Montmorillonite and Mica (include Illite)	2 sheets	1 sheet	Ca^{2+}	-2	Water
Chlorite	3 sheets	2 sheets	K^+	0	None
Attapulgite/Sepiolite	2 sheets	1 sheet	K^+	0	None

Gambar 2. Sel Jenis-jenis Clay.

Air sangat mempengaruhi sifat tanah lempung, karena butiran dari tanah lempung sangat halus, sehingga luas permukaan spesifikasinya menjadi lebih besar. Dalam suatu partikel lempung yang ideal, muatan positif dan negatif berada dalam posisi seimbang, selanjutnya terjadi substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya, sehingga terjadi muatan negatif pada permukaan partikel kristal lempung. Salah satu cara untuk mengimbangi muatan negatif, partikel tanah lempung menarik muatan positif (kation) dari garam yang ada di dalam air porinya. Hal ini disebut dengan pertukaran ion-ion.

Pertemuan antar molekul air dan partikel lempung akan menimbulkan lekatan yang sangat kuat, sebab air akan tertarik secara elektrik dan air akan berada disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda, yaitu air yang berada pada lapisan air resapan. Lapisan air inilah yang menimbulkan gaya tarik menarik antar partikel lempung yang disebut unhindered moisture film.

Molekul bersifat dipolar, yang berarti memiliki muatan positif dan negatif pada ujung yang berlawanan, sehingga dapat tertarik oleh permukaan lempung secara elektrik dalam 3 kasus, yaitu :

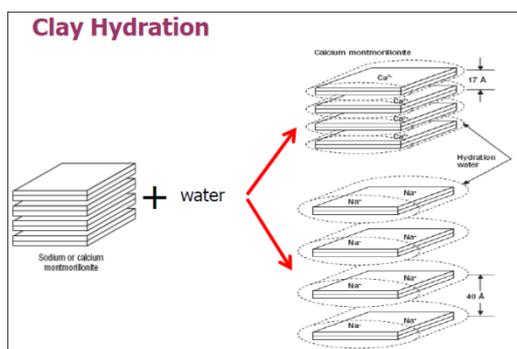
1. Tarikan antar permukaan negatif dan partikel lempung dengan ujung positif dipolar,
2. Tarikan antara kation-kation dalam lapisan ganda dengan muatan negatif dari ujung dipolar. Kation-kation ini tertarik oleh permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif,
3. Andil atom-atom hidrogen dalam molekul air, yaitu ikatan hidrogen antara atom oksigen dalam molekul-molekul air.

Jadi jelaslah bahwa semakin luas permukaan spesifik tanah lempung, air yang tertarik secara elektrik disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda jumlahnya akan semakin besar. Air lapisan ganda inilah yang menyebabkan sifat plastis pada tanah lempung (Hardiyatmo, 1992).

Konsentrasi air resapan dalam mineral lempung memberi bentuk dasar dari susunan tanahnya sebagai berikut, tiap partikelnya terikat satu sama lain lewat lapisan air serapannya. Selain itu jarak antara partikel juga akan mempengaruhi hubungan tarik menarik atau tolak menolak antar partikel tanah lempung yang diakibatkan oleh pengaruh ikatan hidrogen, gaya Van der Waals serta macam ikatan kimia dan organiknya. Bertambahnya jarak akan mengurangi gaya antar partikel.

Jadi jelaslah bahwa ikatan antar partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangi muatannya. Gaya elektrostatis (gaya tarik menarik antar partikel aluminium) yang terjadi pada permukaan lempung (bermuatan negatif) dengan kation-kation yang berada diantaranya, berpengaruh terhadap penyusutan ketebalan lapisan ganda karena jumlah air yang terhidrasi menjadi berkurang.

Lempung akan bersifat labil (kembang susutnya besar) bila kation-kation yang berada diantara partikel lempung adalah kation-kation yang lemah, atau dapat dengan mudah digantikan oleh kation-kation yang lain atau tergeser oleh molekul-molekul air yang konsentrasinya tinggi. Kation yang lemah adalah kation-kation yang berasal dari garam-garam mineral yang terdapat di alam (misalnya Na^+). Sehingga akan dihasilkan gaya elektrostatis yang lemah serta jari-jari antar partikel besar, sehingga akan didapatkan lempung yang mengembang disaat banyak air dan menyusut pada saat air keluar dari lempung dengan perbedaan kembang susut yang besar



Gambar 3. Clay Hydration

Completion fluid adalah cairan yang digunakan untuk melakukan *workover* dan/atau operasi penyelesaian (*completion*) sumur. Pemilihan *completion fluid* (cairan) harus didasarkan pada pertimbangan karakteristik formasi untuk sumur tertentu. *Completion fluid* (cairan) harus dapat mengontrol tekanan lubang sumur, serta tidak merusak interval produksi. Karena kondisi *overbalanced* sering diterapkan di sebagian sumur selama pekerjaan *completion* dan *workover*, pemilihan fluida sangat penting untuk meminimalkan kerusakan formasi. *Non-damaging* fluida dapat berupa *solids free*, *clay free*, *acid soluble*, *water soluble* atau *oil soluble* dan digunakan untuk pekerjaan seperti pengeboran (*drilling*), perforasi, pembersihan sumur berpasir, *gravel packing*, fluida untuk *packer*, *under-reaming* dan *well control*. Dikarenakan biaya untuk fluida ini awalnya tinggi, maka secara ekonomi harus dilakukan pemilihan fluida yang sesuai dengan formasi. (Team O&TC, 2005).

Kerusakan formasi, baik kimia atau fisik, akan mengurangi produktivitas sumur. Penyebab dasar dari kerusakan formasi adalah:

- Hidrasi lempung (*clay*) di dalam formasi.
- Perubahan *wettability*.
- Perbedaan tekanan.
- *Water blocking*.
- *Emulsi blocking*.
- Penyumbatan parafin atau aspal.
- Pembentukan *precipitants*.
- Migrasi / dispersi lempung formasi.

Untuk mengevaluasi potensi suatu sumur, sensitivitas suatu sumur harus dilakukan. Untuk mengetahui tekanan suatu sumur, *sample core* konvensional, *sample core sidewall*, atau sisa pemboran

harus digunakan untuk melakukan evaluasi dan sensitivitas dari:

- Tekanan Formasi
- Pembentukan Tanah Liat Bengkak
- Minyak pembasah of Reservoir Batu

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang harus dilakukan di dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Timbang berat KCl yang dibutuhkan sesuai dengan persentase yang diharapkan (2 gr KCl untuk larutan KCl 2%, 4 gr KCl untuk larutan KCl 4%, 6 gr KCl untuk larutan KCl 6%).
2. Campurkan KCl dengan air yang diambil dari 5U *stand pipe* dan aduk (98 gram air untuk larutan 2% KCl, 96 gram air untuk larutan 4% KCl, 94 gram air untuk larutan 6% KCl).
3. Siapkan sample *clay* dengan cara menimbang berat clay.
4. Campurkan *sample clay* dengan larutan KCl sesuai dengan ratio yang digunakan 1:8, 1:9 dan 1:10 (1 bagian *clay* dicampur dengan 8, 9 atau 10 bagian air).
5. Lakukan pengamatan dan gambar dilakukan dengan interval waktu 15 menit, 30 menit, 1 jam, 2 jam 3 jam dan 5 jam.

Untuk pengujian dengan menggunakan larutan XCD *polymer* 2, 3 dan 4 ppm, langkah yang harus dilakukan tidak jauh berbeda dengan langkah pengujian dengan

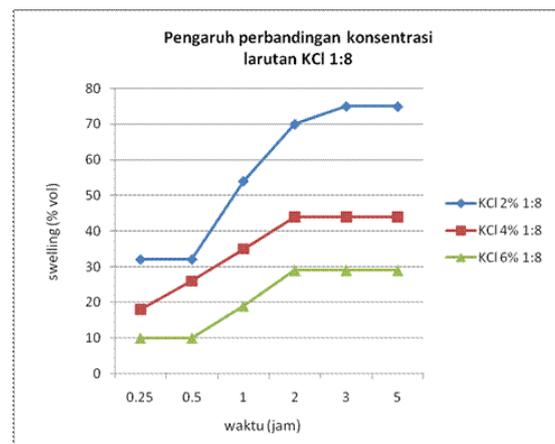
menggunakan larutan KCl, namun untuk jumlah air yang dicampurkan adalah sebanyak 350 ml dari 5U *Stand Pipe*.

Variabel tetap adalah suhu yang digunakan yaitu 25° C dan variable tidak tetap adalah

1. Konsentrasi larutan KCl (2, 4, dan 6 % berat)
2. Konsentrasi larutan polimer XCD (2, 3 dan 4 ppm)
3. Ratio pencampuran (1:8, 1:9 dan 1:10)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang berupa pengamatan reaksi clay dengan larutan KCl 2, 4 dan 6% yang ada di lampiran A, maka terlihat jelas bahwa semakin rendah konsentrasi KCl, maka semakin cepat laju swelling dari clay. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi larutan KCl terhadap laju clay swelling

Pada Gambar 4 terlihat bahwa KCl 2% menunjukkan tingkat laju swelling clay yang lebih cepat, volume persen pembengkakan terjadi adalah 75% dari

volume awal, sedangkan pada KCl 4% pembengkakan setelah 5 jam adalah 44% dari volume awal dan untuk KCl 6% adalah 29% dari volume awal.

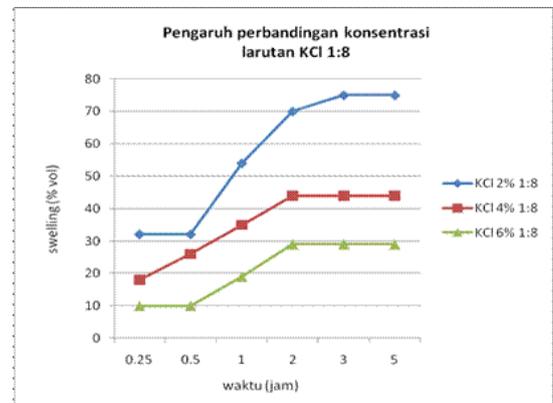
KCl dalam air akan terurai menjadi ion K^+ dan Cl^- . Dalam menstabilkan mineral *clay*, ion-ion K^+ akan menggantikan kedudukan ion Na^+ . Sehingga di dalam lempeng *clay* ion K^+ akan terikat jauh lebih kuat dibandingkan antara ion Na^+ dengan lempeng *clay* (*clay* dengan air), sehingga daya tolak-menolak antara partikel lempeng *clay* di dalam air akan berkurang. Semakin kuat daya tarik menarik antar *clay* maka akan semakin banyak air yang terbebas ke luar sistem.

Jumlah KCl yang dibutuhkan tergantung dari tipe *clay* yaitu termasuk reaktif atau tidak reaktif terhadap air. Semakin reaktif maka konsentrasi dari KCl harus dinaikkan.

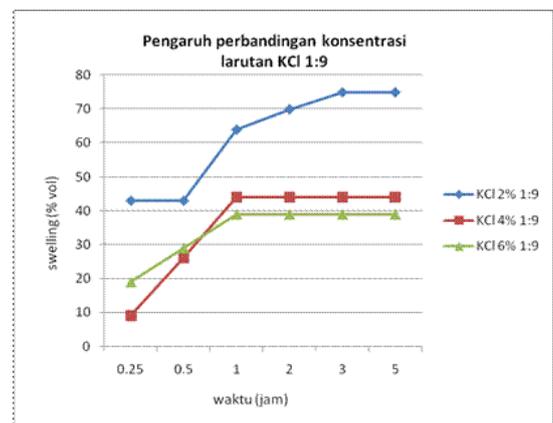
Bila dilihat dari segi waktu, *clay* mengalami pembengkakan seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini terlihat pada gambar 4 bahwa *clay* mengalami pembengkakan dari menit ke 15 dan cenderung mengalami penambahan pembengkakan seiring bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan oleh dengan seiring lamanya waktu reaksi (pencampuran), maka molekul air mulai masuk di antara lempeng *clay* juga bertambah dan menyebabkan terjadinya hidrasi pada lempeng *clay* sehingga menghasilkan *clay* yang membengkak (*swelling*).

Namun dari Gambar 4 terlihat setelah 2 jam reaksi, *clay* mengalami kecenderungan untuk tidak mengalami pembengkakan atau *clay* mengalami kondisi jenuh.

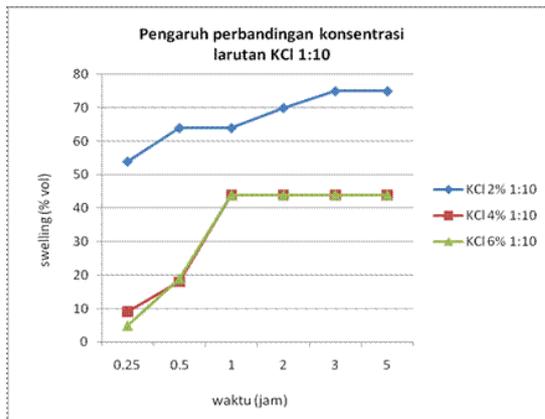
Untuk pengaruh dari perbandingan larutan KCl dengan *clay* bisa dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7 berikut ini



Gambar 5. Pengaruh perbandingan larutan KCl dengan *clay* perbandingan 1:8



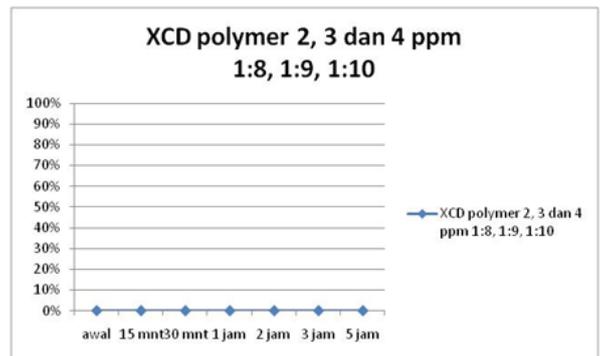
Gambar 6. Pengaruh perbandingan larutan KCl dengan *clay* perbandingan 1:9



Gambar 7. Pengaruh perbandingan larutan KCl dengan clay perbandingan 1:10

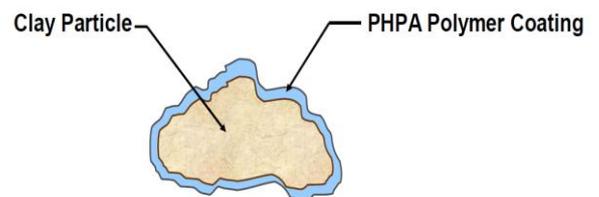
Dari gambar, terlihat bahwa terjadi tingkat laju *swelling* yang lebih besar seiring dengan bertambahnya perbandingan antara larutan KCl dan *clay* untuk larutan KCl 2%, terlihat dari menit ke 15 yaitu 32%, 43% dan 54% volume dari volume awal. Ini disebabkan oleh adanya pertambahan jumlah massa air yang lebih banyak dan menghidrasi *clay* lebih cepat sehingga *clay* mengalami pembengkakan lebih cepat. Namun untuk larutan KCl 4% dan 6% tidak mengalami hal yang sama atau cenderung memiliki nilai yang sama di menit ke 15. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi larutan KCl yang lebih besar pada kedua larutan ini.

Untuk percobaan dengan menggunakan larutan *XCD polymer*. Terlihat pada larutan *XCD polymer* 2, 3 dan 4 ppm mengalami pembengkakan yang sangat kecil sehingga dianggap tidak terjadi pembengkakan *clay*.



Gambar 8. Pengaruh perbandingan larutan XCD Polymer dengan clay

Hal ini disebabkan karena *polymer* memberikan perlindungan terhadap mineral *clay* yang berupa selubung mantel sehingga dapat menghambat/mengurangi air untuk masuk dalamnya dan menghambat/mengurangi terjadinya proses hidrasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa fenomena pembengkakan *clay* pada larutan *XCD polymer* adalah minimum (dianggap tidak terjadi pembengkakan). Hal ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Mekanisme mantel polimer

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Semakin rendah konsentrasi KCl, maka semakin cepat pula kecepatan laju *swelling* dari *clay*.

2. Clay mengalami pembengkakan yang sangat kecil di dalam larutan XCD polymer 2, 3 dan 4 ppm, sehingga dapat dianggap tidak terjadi pembengkakan
3. Konsentrasi yang terbaik untuk larutan XCD polymer adalah XCD polymer 2 ppm dengan perbandingan 1:10, karena lebih ekonomis dibandingkan dengan pilihan larutan XCD polymer lainnya\

Untuk mengetahui laju *swelling* dari clay dalam suatu pengerjaan sumur produksi, perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan *sample clay* dari sumur produksi yang berbeda dan bahan aditif lainnya dengan beragam konsentrasi dan lama waktu pencampuran yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Syed. (1999). *Best Practice for the Removal Carbonate Scale in DSF*. PT. Caltex Pacific Indonesia.
- Bradley, H.B. (1987). *Petroleum Engineering Handbook: Third Printing*. Society of Petroleum Engineers. Dallas: Tex.
- Braja M, Das. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Donald G, Hill. (1982). *Clay Stabilization*. Society of Petroleum Engineers of AIME. Dallas: Tex.
- Ditto, Adiansyah. 2011. *Studi Laboratorium Mengenai Efek Penggunaan Water Base Mud Terhadap Kerusakan Formasi Batu Pasir Lempungan Pada Berbagai Konsentrasi Lempung Dengan Lama Penjenuhan 5 Menit, 15 Menit dan 30 Menit*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknologi Mineral, UPN, Yogyakarta
- Edward, H. (1952). *Problems Of Clay And Laterite Genesis* Robie. AIME. New York.
- Global Research and Technology Centre-Training Departement. (2009). *Clay Chemistry*. [Pamphlet]. Scomi.
- H. C, McLaugh, Elphinstone & Jobby, Hall. (1976). Halliburton Service. *Aqueous Polymers for Treath Clays in Ml and Gas*. SPE 6008-AIME.
- H. C. McLaugh, E. A. Elphinstone & Jobby, Hall. (1976). American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, inc.. *Aqueous Polymers for Treating Clays in Oil and Gas*.
- Harmanto, Ramadhan Primantara. 2007. Penggantian ESP di Daerah Operasi Bekasap-Duri. Laporan Kerja Praktek, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jakarta
- Hill, Donald G. (1982). Halliburton Service. *Clay Stabilization: Criteria for Best Perfomance*. SPE10656-AIME Inc., Petroleum. 2003. Oil & Gas Fundamentals. <http://www.mpgpetroleum.com/fundamentals.html>, diakses pada 24 September 2014, Pkl. 17:25
- J, Michael., Ehlig, Christine, Hill, & A. Daniel, Ding., 2012. The Zone Near the Well, the Sandface, and the Well Completion. <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1950635&seqNum=2>, diakses pada 23 Oktober 2014, Pkl. 15:23
- Service, Drilling. 2015. <http://www.drilling-services.co.uk/oilfield-roduncts.asp?Image=tubing-casing-roller>, diakses pada 24 Oktober 2014, Pkl. 20:12

- Team O&TC- Leadership and Development. (2005). *Production Operation*. Duri: PT.CPI.
- Team O&TC- Leadership and Development. (2005). *Wellwork Operation*. Duri: PT.CPI.
- USGS. 2001. Individual Clay Minerals. <http://pubs.usgs.gov/of/2001/of01-041/htmldocs/clays/kaogr.htm>, diakses pada 15 September 2014, Pkl. 16:37
- Von Braun, Margrit., & Lilya, Deena. 1999. Injection Well. <http://www.pollutionissues.com/Ho-Li/Injection-Well.html>, diakses pada 13 September 2014, Pkl. 10:15
- Windiarto, Boedi. *Well Completion & Workover*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45. Yogyakarta.