

ANALISIS PERHITUNGAN PENGANGKATAN CUTTING PADA SUMUR “K” LAPANGAN “N” PT. PERTAMINA UTC

Kevin Editha Jodi, Mulia Ginting, Widya
Petroleum Dept. Trisakti University

Abstrak

Pada operasi pemboran sumur K lapangan N trayek 12 ¼”, nilai pengangkatan *cutting* tidak efektif. Hal ini dibuktikan dengan dilakukan perhitungan *cutting transport ratio* pada bagian *casing drillpipe* dan annulus *drillpipe*. Hasil perhitungan menunjukkan pada bagian tersebut nilai *cutting transport ratio* berada dibawah kondisi optimal. Lalu pada trayek 8 ½” nilai pengangkatan juga tidak efektif. Berdasarkan hasil perhitungan, jenis aliran yang terjadi pada annulus NMDC adalah aliran turbulen. Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada trayek 12 ¼” dan 8 ½”, diperkirakan kecepatan alir lumpur (V_a) sebagai parameter tidak optimal. Pada sumur K lapangan N digunakan dua metode untuk menganalisa efektifitas pengangkatan *cutting*, yaitu *cutting transport ratio* (CTR) dan *cutting concentration* (cc). Pada *cutting transport ratio*, pengangkatan *cutting* dikatakan baik jika nilainya diatas 90% dan pada *cutting concentration* pengangkatan *cutting* dikatakan baik jika nilainya dibawah 5%. Pada trayek 12 ¼”, setelah kecepatan alir ditingkatkan dengan cara meningkatkan *flow rate* menjadi 970 gpm. Maka nilai *cutting transport ratio* pada *casing drillpipe* menjadi 90,08% dan pada annulus *drillpipe* menjadi 90,58%. Lalu pada trayek 8 ½”, setelah kecepatan alir diturunkan dengan cara menurunkan *flow rate* menjadi 370 gpm, maka pada bagian annulus NMDC jenis aliran menjadi aliran laminar.

Kata Kunci: Serbuk Bor, Pembersihan Lubang, Pengangkatan Cutting, Pemboran

Pendahuluan

Operasi pemboran merupakan suatu cara untuk membuktikan bahwa pada suatu daerah terdapat energi fosil, yaitu minyak bumi. Dalam proses pembuktian tersebut, diharapkan operasi pemboran dapat berjalan dengan lancar. Jika diinginkan operasi pemboran berjalan dengan lancar, maka terdapat banyak faktor yang dapat dilakukan salah satunya adalah menggunakan lumpur untuk mengangkat *cutting* dari dasar lubang bor ke permukaan atau yang biasa disebut *hole cleaning*.

Akan tetapi dalam prakteknya sering dijumpai masalah yang dapat disebabkan karena efektifitas pengangkatan *cutting* yang buruk sehingga menyebabkan *cutting* mengendap di dasar permukaan. Ketika *cutting* mengendap di dasar lubang, akan timbul banyak masalah seperti penurunan laju penetrasi pemboran, meningkatnya nilai *drag* dan torsi hingga pipa terjepit. Atas dasar tersebut, *hole cleaning* masih merupakan permasalahan utama dalam operasi pemboran.

Efektifitas pengangkatan *cutting* yang buruk dapat berupa *cutting* tidak terangkat dengan baik atau terjadi aliran turbulen sehingga menyebabkan gugur formasi yang disebabkan karena kecepatan aliran lumpur tidak optimal. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini memiliki maksud yaitu mengoptimalkan parameter seperti kecepatan lumpur dengan cara merubah *flow rate* sehingga tujuan pada Tugas Akhir ini yaitu didapatkan lumpur dengan efektifitas pengangkatan *cutting* yang baik.

Pada penulisan Tugas Akhir ini hanya akan fokus menganalisa efektifitas lumpur dalam mengangkat *cutting* sehingga parameter seperti hidrolika lumpur diasumsikan sudah optimal. Karena diperkirakan masalah yang terjadi karena kecepatan lumpur yang tidak optimal dan jenis aliran yang tidak sesuai.

Sumur K lapangan N merupakan target yang akan dilakukan analisa mengenai efektifitas pengangkatan *cutting*. Sumur K lapangan N merupakan sumur berarah dengan inklinasi rendah (*low angle*) dengan titik KOP pada kedalaman 530 mMD yang dibor dari kedalaman 0 – 1407 mMD/ 1326 mTVD. Analisa pengangkatan *cutting* akan dilakukan pada trayek 12 ¼” dari kedalaman 60 mMD – 503 mMD dan pada trayek 8 ½” dari kedalaman 504 mMD – 1407 mMD. Karena pada trayek ini terdapat litologi batupasir dan batugamping yang rentan terhadap jenis aliran turbulen.

Pada sumur K lapangan N akan dilakukan analisa efektifitas pengangkatan *cutting* dengan dua metode, yaitu *cutting transport ratio* (CTR) dan *cutting concentration* (cc). Pada *cutting transport ratio*, pengangkatan *cutting* dikatakan baik jika nilainya diatas 90% dan pada *cutting concentration* pengangkatan *cutting* dikatakan baik jika nilainya dibawah 5%

Tinjauan Lapangan

Lapangan N termasuk dalam daerah cekungan Sumatra Selatan yang terletak pada *Corridor Block*. Minyak terdapat pada formasi Talang Akar, yang merupakan *transgesi marine* dan dipisahkan oleh formasi Lahat karena ketidakselarasan yang mewakili pengangkatan regional.



Gambar 2.1 Cekungan Sumatera Selatan

Lalu untuk stratigrafi daerah Cekungan Sumatera Selatan telah banyak dibahas oleh para ahli geologi terdahulu, khususnya yang bekerja di lingkungan perminyakan. Berikut merupakan urutan stratigrafi dari permukaan hingga dasar:

1. Formasi Kasai (KAF)

Pada formasi ini terdiri dari pasir tufaan, lempung dan batu bara tipis.

2. Formasi Muara Enim (MEF)

Pada formasi ini terdiri dari batu pasir, batu lempung dan batu bara.

3. Formasi Air Benakat (ABF)

Pada formasi ini terdiri dari batu lempung, batu pasir glaukonitas dan batu gamping.

4. Formasi Gumai (GUF)

Pada formasi ini terdiri dari batu lempung, batu gamping glukonitas tipis.

5. Formasi Baturaja (BRF)

Pada formasi ini terdiri dari batu gamping dan batu lempung

6. Formasi Baturaja (BRF)

Pada formasi ini terdiri dari batu gamping dan batu lempung

7. Formasi Talang Akar (TAF)

Pada formasi ini terdiri dari batu pasir, batu lanau, batu lempung dan batu bara.

8. Formasi Lahat (LAF)

Pada formasi ini terdiri dari batu lempung, batu lempung tufaan, batu lanau, batu bara tipis dan batu karbonat.

Teori Dasar

Fluida pemboran memiliki peranan penting agar operasi pemboran berjalan dengan sukses. Fungsi lumpur pemboran seperti pengangkatan *cutting* harus dimaksimalkan sehingga lubang sumur bersih dan mengurangi resiko terjadinya masalah pemboran. Untuk dapat mengetahui peranan lumpur sehingga operasi pemboran berjalan dengan lancar berikut merupakan fungsi-fungsi lumpur pemboran:

1. Membersihkan Dasar Lubang
2. Mengangkat Cutting (Serpil Bor)
3. Membantu Menahan Rangkaian Pipa Pemboran

4. Mendinginkan & Melumasi Pahat
5. Melindungi Formasi
6. Menjaga Dan Mengimbangi Tekanan Formasi
7. Menahan Cutting Saat Sirkulasi Dihentikan
8. Menghantarkan Daya Hidrolika Lumpur
9. Mencegah Dan Menghambat Laju Korosi
10. Membantu Dalam Mengevaluasi Formasi.

Fungsi utama lumpur adalah pengangkatan *cutting*. *Cutting* terproduksi hasil dari terkikisnya batuan oleh pahat. Batuan yang terkikis harus segera diangkat ke permukaan. Sehingga tidak menimbulkan masalah seperti menurunnya laju penetrasi, meningkatnya nilai *drag* dan torsi hingga pipa terjepit. Permasalahan tersebut dapat timbul karena parameter *hole cleaning* tidak optimal seperti kecepatan lumpur di annulus dan jenis aliran yang tidak sesuai. Untuk dapat diketahui apakah parameter tersebut optimal maka dapat dilihat dari persentase kecepatan pengangkatan (CTR) dan konsentrasi *cutting* saat di annulus (cc) atau bisa dijaga kondisi kecepatan lumpur di annulus antara 100 – 120 fpm¹². Berikut merupakan penjelasan mengenai *cutting transport ratio* (CTR) dan *cutting concentration* (cc):

A. Cutting Transport Ratio

Cutting Transport Ratio (CTR) merupakan rasio/persentase dari lumpur yang mengangkat *cutting*. Rasio ini didapat hasil dari kecepatan pengangkatan *cutting* dengan kecepatan alir lumpur saat di annulus. Pengangkatan *cutting* dikatakan baik jika CTR bernilai 100% dan buruk jika CTR bernilai 0%. Akan tetapi dalam prakteknya jika nilai CTR sudah berada pada angka 90%, maka pengangkatan *cutting* sudah dikatakan baik. Pada metode ini digunakan parameter kecepatan *transport* untuk dapat menentukan kemampuan pengangkatan *cutting*. Akan tetapi metode ini memiliki kelemahan yaitu tidak memperhitungkan laju penetrasi (ROP)

Karena seiring dengan meningkatnya laju penetrasi, maka *cutting* yang dihasilkan akan semakin banyak. Untuk dapat mencari nilai *cutting transport ratio*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mencari kecepatan *slip* (Vs) dan kecepatan *transport* (Vt). Berikut merupakan persamaan kecepatan *slip* (Vs):

Kecepatan Slip (Vs)

Kecepatan *slip* merupakan selisih antara kecepatan lumpur di annulus dengan kecepatan jatuh *cutting*. Untuk dapat dilakukan perhitungan mencari nilai kecepatan *slip*, terlebih dahulu dicari nilai “n”, “k” dan viskositas efektif. Berikut merupakan cara mencari nilai “n” dengan persamaan:

$$n=3.322 \times \log((2 \times PV) + YPPV + YP) \dots\dots\dots (1)$$

Setelah mencari nilai n, maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai k. Persamaannya adalah:

$$K = PV + YP511n \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya adalah perhitungan mengenai viskositas efektif. Berikut persamaan untuk menentukan viskositas efektif:

$$\mu e = [2.4 \times Va \times (2n + 1)(Dh - OD) \times 3n]n \times 200K(Dh - OD)V \dots\dots\dots (3)$$

Setelah mencari nilai n, langkah selanjutnya adalah mencari nilai kecepatan *slip* (Vs) untuk laminer yang dapat dicari dari persamaan:

$$Vs = 174.7 \times dp \times (\rho p - \rho f)0.667 \rho f0.333 \times \mu e0.333 \dots\dots\dots (4)$$

Lalu untuk kecepatan *slip* aliran turbulen dapat dicari dengan persamaan:

$$Vs = 92,6 \times ((\rho p - \rho f) \times dp)0.5 \rho f \dots\dots\dots (5)$$

Kecepatan *Transport* (V_t)

Kecepatan *transport* merupakan kecepatan murni *cutting* terangkat ke permukaan. Besarnya dapat dicari dari persamaan:

$$V_t = V_a - V_s \dots\dots\dots (6)$$

Setelah dicari nilai kecepatan lumpur (V_a) dan kecepatan *transport* (V_t), selanjutnya dicari nilai *cutting transport ratio* dengan persamaan:

***Cutting Transport Ratio* (CTR)**

$$CTR = \frac{V_t}{V_a} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

B. *Cutting Concentration*

Konsentrasi *cutting* merupakan kadar dari padatan yang terdapat di annulus. Besarnya konsentrasi *cutting* tidak boleh lebih dari 5%. Karena hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya masalah seperti penurunan laju penetrasi, meningkatnya *drag* dan torsi hingga pipa terjepit. Dalam menganalisa kemampuan lumpur saat mengangkat *cutting*, metode konsentrasi *cutting* sangat tepat digunakan karena pada metode ini memperhitungkan nilai laju penetrasi. Untuk menghitung nilai konsentrasi *cutting* dilakukan perhitungan dengan persamaan:

$$Ca = 160 \times ROP \times Dh^2 (V_a - V_s) \times (Dh^2 - OD^2) \dots\dots\dots (8)$$

Analisa Perhitungan

Pada trayek 12 ¼” yang dimulai dari Formasi Kasai (KAF) sampai Formasi Muara Enim (MEF) berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai cc sebesar 0,8501%. Angka tersebut berarti pengangkatan *cutting* pada *casing drillpipe* baik. Dimana nilai cc pada annulus harus kurang dari 5%

Akan tetapi jika dilihat dari *cutting transport ratio*, pada bagian *casing* dan annulus *drillpipe* nilainya kurang dari 90%. Walaupun jika dilihat dari nilai *cutting concentration* sudah baik dimana pada bagian annulus *drillpipe* nilainya sebesar 0,8501% namun pada penulisan Tugas Akhir ini setiap parameter harus berada pada kondisi yang optimal. Sehingga diharapkan *cutting* mampu mengangkat *cutting* dengan baik. Nilai dari *cutting transport ratio* tersebut tidak optimal maka akan dilakukan perubahan dengan meningkatkan kecepatan alir lumpur (V_a). Untuk selanjutnya akan dibahas pada bagian optimasi

Sebelum dilakukan optimasi, berikut merupakan tabel hasil analisa perhitungan dengan menggunakan metode *cutting transport ratio* dan *cutting concentration* di trayek 12 ¼” pada bagian *casing drillpipe*, annulus *drillpipe* dan annulus *drillcollar*.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Trayek 12 ¼” Jenis Aliran V_a V_s V_t CTR cc fpm fpm fpm % %

Casing-DP	Laminer	127.85	16.72	111.13	86.92	0.85	OH-DP
Laminer	137.13	17.03	120.10	87.58	0.80	OH-DC	Laminer
		199.27	19.54	179.73	90.19	0.77	

Section Trayek 12 1/4"

Berdasarkan hasil analisa perhitungan, diketahui bahwa dengan menggunakan metode *cutting transport ratio* didapatkan hasil yang tidak optimal. Yaitu pada bagian *casing drillpipe* yaitu sebesar 86,92% dan annulus *drillpipe* sebesar 87,58% dimana nilai optimal dari *cutting transport ratio* minimum adalah sebesar 90%. Walaupun jika dilihat dari nilai *cutting concentration* pada bagian tersebut sudah optimal, akan tetapi maksud dari penulisan Tugas

Akhir ini adalah mengoptimalkan parameter yang ada sehingga didapatkan lumpur dengan kemampuan pengangkutan *cutting* yang baik.

Berdasarkan hasil perhitungan, agar didapatkan nilai *cutting transport ratio* yang optimal pada bagian *casing drillpipe* dan annulus *drillpipe* maka digunakan *flow rate* yang lebih tinggi dari sebelumnya.

Nilai *flow rate* yang tinggi akan membuat kecepatan alir lumpur semakin meningkat. Semakin meningkat nilai kecepatan alir lumpur maka kecepatan *transport* juga akan meningkat. Jika sebelumnya dengan menggunakan *flow rate* sebesar 700 gpm nilai *cutting transport ratio* tidak optimal, maka dengan meningkatkan *flow rate* hingga 970 gpm maka *cutting transport ratio* menjadi optimal dimana nilai pada ketiga bagian sudah diatas 90%. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan ketika *flow rate* ditingkatkan hingga 970 gpm.

Tabel 4.2 Hasil Analisa Perhitungan Pengangkutan Cutting Setelah Optimasi Trayek 12 1/4" Jenis Aliran Va Vs Vt CTR cc fpm fpm fpm % % Casing-DP Laminer 177.17 17.57 159.60 90.08 0.59 OH-DP Laminer 190.02 17.89 172.13 90.58 0.56 OH-DC Laminer 276.14 20.54 255.60 92.56 0.54 Trayek 12 1/4" Section

Pada trayek 8 1/2" yang dimulai dari Formasi Muara Enim (MEF) sampai Formasi Talang Akar (TAF) berdasarkan hasil perhitungan pada *casing drillpipe*, diketahui dengan menggunakan 530 gpm didapat nilai *cutting transport ratio* sebesar 92,19% dan nilai *cutting concentration* sebesar 1,05%. Pada annulus *drillpipe* nilai *cutting transport ratio* sebesar 92,95% dan nilai *cutting concentration* sebesar 0,95% dan pada annulus NMDC nilai *cutting transport ratio* sebesar 99,03% dan nilai *cutting concentration* sebesar 0,89%. Berdasarkan kedua metode, fungsi lumpur sebagai pengangkutan *cutting* sudah baik. Akan tetapi setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil bahwa pada annulus NMDC jenis aliran yang terjadi adalah turbulen. Untuk dapat merubah jenis aliran dari turbulen menjadi laminer, nilai kecepatan alir lumpur harus diturunkan. Perubahan kecepatan alir lumpur ini dan efeknya akan dibahas pada bagian optimasi. Sebelum dilakukan optimasi, berikut merupakan tabel hasil analisa perhitungan dengan menggunakan metode *cutting transport ratio* dan *cutting concentration* di trayek 12 1/4" pada bagian ketiga bagian:

Tabel 4.3 Hasil Analisa Perhitungan Pengangkutan Cutting Trayek 8 1/2" Jenis Aliran Va Vs Vt CTR cc fpm fpm fpm % % Casing-DP Laminer 237.89 18.58 219.31 92.19 1.06 OH-DP Laminer 274.81 19.36 255.46 92.96 0.95 OH-DC Turbulen 1573.94 15.21 1558.73 99.03 0.89 Trayek 8 1/2" Section

Berdasarkan hasil analisa perhitungan, diketahui kemampuan pengangkutan *cutting* yang dapat dilihat nilai *cutting transport ratio* dan *cutting concentration* berada pada kondisi yang baik, namun tidak efektif. Setelah dilakukan perhitungan, kecepatan alir lumpur (*Va*) yang tinggi membuat jenis aliran yang terjadi pada annulus NMDC berupa turbulen. Jenis aliran turbulen harus dihindari pada trayek 8 1/2" karena terdapat litologi *sandstone* yang tidak kompak dan *limestone* yang rapuh. Sehingga jika jenis aliran turbulen diterapkan pada trayek ini, hal yang akan terjadi adalah gugur formasi. Untuk dapat menggunakan jenis aliran laminer, maka kecepatan alir lumpur (*Va*) harus diturunkan dengan cara mengurangi *flow rate*. Berikut merupakan hasil optimasi dengan merubah *flow rate* dari 530 gpm menjadi 370 gpm di trayek 8 1/2" pada ketiga bagian:

Tabel 4.4 Hasil Analisa Perhitungan Pengangkutan Cutting Setelah Optimasi Trayek 8 1/2" Jenis Aliran Va Vs Vt CTR cc fpm fpm fpm % % Casing-DP Laminer 166.07 17.54 148.53 89.44 1.56 OH-DP Laminer 191.85 18.28 173.57 90.47 1.40 OH-DC Laminer 1098.79 32.98 1065.80 97.00 1.31 Trayek 8 1/2" Section

Pembahasan

Pada trayek 12 1/4" berdasarkan hasil analisa perhitungan *cutting transport ratio*, pada bagian *casing drillpipe* sebesar 86,92%, pada annulus *drillpipe* sebesar 87,58% dan pada

annulus *drillcollar* sebesar 90,19%. Lalu nilai *cutting concentration* pada bagian *casing drillpipe* sebesar 0,85%, pada annulus *drillpipe* sebesar 0,80% dan pada annulus *drillcollar* sebesar 0,77%. Jika dilihat pada *cutting transport ratio*, pada bagian *casing drillpipe* dan annulus *drillpipe* berada pada kondisi yang baik, akan tetapi tidak optimal. Karena nilai minimal *cutting transport ratio* yang optimal adalah sebesar 90%. Walaupun jika dilihat berdasarkan hasil perhitungan *cutting concentration* nilainya sudah optimal, yaitu dibawah 5%. Akan tetapi maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah mencari nilai parameter yang optimal sehingga didapatkan lumpur dengan efektifitas pengangkatan *cutting* baik.

Lalu, agar didapatkan nilai *cutting transport ratio* minimal sebesar 90% maka nilai kecepatan alir lumpur harus ditingkatkan. Dengan merubah *flow rate* dari 700 gpm menjadi 970 gpm maka didapat hasil *cutting transport ratio* pada bagian *casing drillpipe* sebesar 90,08%, pada annulus *drillpipe* sebesar 90,58% dan pada annulus *drillcollar* sebesar 92,56%. Ketika *flow rate* ditingkatkan,, maka akan berdampak pada perhitungan *cutting concentration*. Berdasarkan hasil optimasi, pada bagian *casing drillpipe* sebesar 0,59%, pada annulus *drillpipe* sebesar 0,56% dan pada annulus *drillcollar* sebesar 0,54%. Lalu dengan meningkatkan *flow rate* menjadi 970 gpm, jenis aliran pada ketiga bagian tidak berubah, tetap laminar.

Pada trayek 8 ½” berdasarkan hasil perhitungan, diketahui kecepatan alir lumpur pada bagian *casing drillpipe* sebesar 237,89 fpm, pada annulus *drillpipe* sebesar 274,81 fpm dan pada annulus NMDC sebesar 1573,94 fpm. Jika dilihat dari hasil perhitungan, diketahui bahwa kecepatan alir lumpur untuk mengangkat *cutting* sudah optimal. Karena minimal kecepatan alir lumpur yang baik untuk pengangkatan *cutting* yaitu sekitar 100 – 120 fpm. Lalu berdasarkan hasil perhitungan, didapat kecepatan kritikal pada bagian *casing drillpipe* sebesar 493,37 fpm, pada annulus *drillpipe* sebesar 501,63 fpm dan pada annulus NMDC sebesar 1106,32 fpm. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan diketahui jenis aliran pada trayek ini adalah laminar pada *casing drillpipe* dan annulus *drillpipe*, lalu turbulen pada annulus NMDC. Jenis aliran turbulen harus dihindari, khususnya pada trayek 8 ½”. Karena pada trayek ini terdapat formasi Talang Akar yang litologi batuanannya adalah *sandstone*. Aliran turbulen tidak cocok diterapkan pada litologi *sandstone*. Karena karakteristik *sandstone* adalah batuan yang tidak kompak sehingga ketika digunakan aliran turbulen, maka batuan tersebut akan runtuh dan masuk ke dalam lubang bor. Atas dasar hal tersebut, untuk dapat merubah aliran turbulen menjadi laminar, maka hal yang harus dilakukan adalah menurunkan kecepatan alir lumpur dengan cara menurunkan *flow rate*. Sebelum dilakukan perubahan *flow rate*, akan dijelaskan terlebih dahulu hasil yang didapat sebelum dioptimasi.

Berdasarkan hasil analisa perhitungan *cutting transport ratio*, pada bagian *casing drillpipe* sebesar 92,19%, pada annulus *drillpipe* sebesar 92,96% dan pada annulus NMDC sebesar 99,03%. Lalu nilai *cutting concentration* pada bagian *casing drillpipe* sebesar 1,06%, pada annulus *drillpipe* sebesar 0,95% dan pada annulus NMDC sebesar 0,89%. Jika dilihat pada *cutting transport ratio*, pada ketiga bagian sudah sangat optimal bahkan pada annulus NMDC nilai *cutting transport ratio* hingga 99,03%. Lalu jika dilihat pada *cutting concentration*, ketiga bagian juga sudah sangat optimal. Akan tetapi pada bagian annulus NMDC jenis aliran yang terjadi adalah turbulen. Walaupun tingkat efektifitas pengangkatan *cutting* pada bagian ini sudah sangat optimal, akan tetapi nilai tersebut hanya berlaku jika tidak terjadi gugur formasi. Karena jika terjadi gugur formasi, batuan akan masuk kedalam lubang bor sehingga akan menyebabkan pipa terjepit.

Lalu agar efektifitas pengangkatan *cutting* pada trayek ini baik, maka yang harus dilakukan adalah dengan menurunkan kecepatan alir lumpur. Untuk dapat menurunkan kecepatan alir lumpur, maka nilai *flow rate* harus diturunkan. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui agar jenis aliran turbulen berubah menjadi laminar maka digunakan *flow rate* dari 530 gpm menjadi 370 gpm.

Setelah digunakan *flow rate* sebesar 370 gpm, maka kecepatan alir lumpur pada bagian *casing drillpipe* sebesar 166,07 fpm, pada annulus *drillpipe* sebesar 191,85 fpm dan pada

annulus NMDC sebesar 1098,79 fpm. Lalu kecepatan kritikal pada bagian *casing drillpipe* sebesar 493,37 fpm, pada annulus *drillpipe* sebesar 501,63 fpm dan pada annulus NMDC sebesar 1106,32 fpm. Berdasarkan hasil perhitungan, jenis aliran pada bagian annulus *drillcollar* telah menjadi laminar.

Lalu setelah dilakukan penurunan kecepatan alir lumpur, maka nilai efektifitas pengangkatan *cutting* dengan menggunakan *cutting transport ratio* pada bagian *casing drillpipe* sebesar 89,44%, pada annulus *drillpipe* sebesar 90,47% dan pada annulus NMDC sebesar 97,00%. Ketika digunakan metode *cutting concentration*, pada bagian *casing drillpipe* sebesar 1,56%, pada annulus *drillpipe* sebesar 1,40% dan pada annulus *drillcollar* sebesar 1,31%. Terlihat bahwa dengan menggunakan metode *cutting transport ratio*, pada bagian *casing drillpipe* didapat hasil 89,44% yang nilainya kurang optimal. Karena nilai minimum *cutting transport ratio* yang optimal adalah sebesar 90%. Akan tetapi nilai ini masih bisa diterima karena hanya berbeda 0,36%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Di trayek 12 ¼", dengan menggunakan 700 gpm didapat hasil efektifitas pengangkatan buruk. Yaitu berdasarkan metode *cutting transport ratio* pada bagian *casing drillpipe* dan annulus *drillpipe* nilainya dibawah 90%. Maka dilakukan optimasi dengan meningkatkan *flow rate* hingga 970 gpm.
2. Di trayek 12 ¼", dengan menggunakan 970 gpm nilai efektifitas pengangkatan *cutting* berdasarkan metode *cutting transport ratio* pada bagian *casing drillpipe* menjadi sebesar 90,08% dan pada annulus *drillpipe* menjadi sebesar 90,58%.
3. Di trayek 8 ½", dengan menggunakan 530 gpm didapat hasil efektifitas pengangkatan buruk. Yaitu jenis aliran yang terjadi pada annulus NMDC berupa turbulen. Maka dilakukan optimasi dengan menurunkan *flow rate* hingga 370 gpm.
4. Di Trayek 8 ½", dengan menggunakan 370 gpm berdasarkan hasil perhitungan pada annulus NMDC menjadi laminar. Akan tetapi berdasarkan metode *cutting transport ratio*, pada *casing drillpipe* didapat hasil sebesar 89,44% yang berarti tidak optimal. Namun, nilai *cutting transport ratio* tersebut sudah cukup optimal jika dibandingkan pada trayek ini terjadi aliran turbulen yang akan menyebabkan masalah seperti pipa terjepit.
5. Di trayek 12 ¼" dan 8 ½" jenis aliran yang terjadi setelah optimasi adalah laminar. Aliran laminar merupakan jenis aliran yang tepat untuk diterapkan. Karena pada trayek ini terdapat formasi *sandstone* dan *limestone* yang akan menyebabkan gugur formasi ketika diterapkan aliran turbulen.

Daftar Pustaka

Adam, Neal J., "Drilling Engineering, A Complete Well Planning Approach", Pen Well Publishing, Tulsa, Oklahoma 1985.

Amoco, "Drilling Fluid Manual", Amoco Production Company,

Bowes, Colin et al., "Drillers Stuck Pipe Handbook", Schlumberger, Ballater, Scotland 1997.

Baroid, "Baroid Fluids Handbook", Houston, Texas 1998.

Drilling Fluid Engineering Manual

DrillingFormulas, Cutting Settling In A Vertical Or Near Vertical Wellbore Causes Stuck Pipe, www.drillingformulas.com/cutting-settling-in-a-vertical-or-near-vertical-wellbore-causes-stuck-pipe, diakses tanggal 9 Agustus 2015.

DrillingFormulas, Cutting Slip Velocity Calculation Method 2, www.drillingformulas.com/cutting-slip-velocity-calculation-method-2/, diakses tanggal 25 April 2015.

Free Map, Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan, www.free-map.blogspot.com/stratigrafi-cekungan-sumatera-selatan.html/, diakses tanggal 28 Januari 2015.

Geofufa, Geologi Sumatera, www.geofufa.blogspot.com/2010/11/geologi-sumatera.html, diakses tanggal 29 Januari 2015.

IADC, "Drilling Manual", Technical Toolboxes, Houston, Texas 1991.

Petrowiki, Cuttings Transport, www.petrowiki.org/Cuttings_transport, diakses tanggal 28 Juni 2015

Rabia, Hussain, "Well Engineering & Construction", University of Newcastle Upon Tyne, Graham Trotman, 1985.