

## EVALUASI *HOLE CLEANING* PENGANGKATAN *CUTTING* DI ZONA PROBLEMATIK SUMUR PANASBUMI - STUDI KASUS

Bambang Yudho Suranta<sup>1\*</sup>, Rio Yanuarta<sup>1</sup>, Maickhel Ayeu Sabarlele<sup>1</sup>, Arif Rahutama<sup>1</sup>, Sasya Nurul Alfie Chabibah<sup>1</sup>, Muhammad Furqan Adhim Muhadir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Produksi Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora, 58315

\*E-mail: [yudhosuranta@gmail.com](mailto:yudhosuranta@gmail.com)

### ABSTRAK

Kegiatan pemboran panas bumi memerlukan perhatian khusus, terutama dalam proses pengangkatan serbuk bor atau cutting ke permukaan. Apabila serbuk bor ini tidak terangkat dengan sempurna, maka proses pembersihan lubang bor (*hole cleaning*) pada sumur tidak akan berjalan dengan baik, dan hal ini dapat menimbulkan berbagai masalah yang signifikan. Beberapa di antaranya termasuk risiko terjadinya washout, bit balling, hingga terjadinya *stuck pipe* yang bisa menghambat operasi. Untuk mencegah timbulnya masalah-masalah tersebut, sangat penting untuk melakukan analisis yang mendalam terhadap proses pengangkatan serbuk bor guna memastikan kelancaran proses pemboran dan menghindari kerugian lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan metode yang paling efektif untuk mengangkut puing pengeboran di zona bermasalah. Untuk tujuan ini, tiga metode dianalisis dan dievaluasi berdasarkan *cutting transport ratio* artinya *cutting* pemboran yang dapat terangkat ke permukaan harus lebih dari 90% memenuhi syarat parameter, *particle bed index* merupakan nilai index pengendapan pada *cutting* yang mana memenuhi syarat parameter yaitu lebih dari 1 dan *cutting concentration* membahas tentang kapasitas *cutting* yang terdapat di annulus harus kurang dari 5%. Analisa dan perhitungan dengan menggunakan ke tiga metode dikatakan baik maka indikator parameter nya pengangkatan serbuk bor ke permukaan adalah baik.

**Kata kunci:** *Cutting Transport Ratio, Particle Bed Index, Cutting Concentration*

### 1. PENDAHULUAN

Energi panas bumi berasal dari panas di bawah permukaan bumi, yang kemudian disalurkan ke permukaan melalui proses konduksi dan konveksi. Energi tersebut disimpan dalam batuan yang terdapat di kerak bumi, terutama di retakan atau pori-pori dalam struktur batuan. Batuan ini berfungsi sebagai reservoir bagi cairan panas, yang bermigrasi ke permukaan bumi, membawa serta energi panas yang dikandungnya. Energi panas bumi merupakan sumber energi berkelanjutan, karena berasal dari proses alami yang terus terjadi di dalam bumi. Tanda-tanda awal adanya energi panas bumi berupa manifestasi (tanda-tanda) yang merupakan petunjuk awal adanya aktivitas dari dalam bumi. Tanda-tanda (manifestasi) yang terdapat dipermukaan ialah *geyser, ground warm, hot spring, fumarole*. Dimana munculnya manifestasi diatas dapat disimpulkan bahwa terdapat energi panas bumi dibawahnya. Pengembangan lapangan panas bumi yaitu dengan cara melakukann pengeboran, yaitu operasi yang penting dilaksanakan untuk eksplorasi agar dapat menciptakan lubang sumur panas bumi, apabila hasil pengeboran eksplorasi terindikasi adanya reservoir maka perlu diproduksi agar tujuan untuk mendapatkan *reservoir* berupa uap (*steam*) dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Operasi pemboran pada lapangan panas bumi, sering kali terjadi problem yang dapat memperlambat dan bisa mengakibatkan proses kegiatan pemboran itu berhenti. [1] Casing adalah pipa yang terbuat dari bahan baja, memiliki peran penting dalam suatu pemboran sumur panasbumi. Fungsi utama casing adalah untuk melindungi sumur dan mampu menahan tekanan-tekanan

yang bekerja dari dalam dan luar casing dengan baik selama pengeboran dan produksi berlangsung. Dan dengan hal tersebut sifat fisik lumpur pemboran memberikan pengaruh yang mendalam pada kinerja dan dengan demikian, padalintasan 26 inci dan pada trayek 17,5 inci, sangat penting untuk melakukan kewaspadaan khusus dalam memantau dan mengatur sifat-sifat ini, dengan tujuan menjamin fungsionalitas lumpur pengeboran yang optimal.

## 2. METODE

Penulis melakukan analisa pengangkutan serpih pemboran dengan menggunakan 3 metode yang disajikan dibawah ini yaitu;

- *Cutting Transport Ratio* (Rasio transport serpih pemboran)
- *Particle Bed Index* (Index pengendapan serpih pemboran)
- *Cutting Concentration* (Kapasitas cutting di annulus)

Ketiga metode ini masing-masing mempunyai parameter yang bervariasi tetapi ketiga metode ini saling berhubungan. Maka dari itu untuk mencapai hasil pengangkutan serpih pemboran yang bagus maka ketiga metode yang dapat digunakan harus berada kondisi yang optimal.

### A. *Cutting Transport Ratio*

Metode ini menjelaskan bahwa serpihan yang dihasilkan oleh operasi pengeboran bergerak pada kecepatan yang lebih lambat atau lebih rendah daripada aliran lumpur pengeboran. Perbedaan ini disebabkan oleh fenomena yang dikenal sebagai kecepatan slip, yang merupakan perbedaan kecepatan antara serpihan pengeboran dan fluida yang mengalir [2]. Akibatnya, serpihan tidak diangkut pada kecepatan yang sama dengan lumpur pengeboran. Adapun persamaan dari metode ini yaitu:

$$Ft \frac{v_a - v_s}{v_a} \times 100\% \quad (1)$$

Dimungkinkan untuk mengangkat serbuk bor ke permukaan secara optimal ketika nilai kecepatan slip mencapai nol. Ini menunjukkan bahwa kecepatan slip dianggap sama dengan satu. Namun, peningkatan nilai kecepatan slip akan menghasilkan hubungan terbalik dengan rasio transportasi. [3].

Pengenalan kapasitas pemompaan tambahan memungkinkan pengamatan perubahan pola aliran lumpur pengeboran di dalam annulus. Sangat penting untuk memastikan bahwa kecepatan aliran lumpur dipertahankan pada level yang tidak melebihi batas kritisnya. Jika kecepatan terlampaui, aliran laminar dapat berubah menjadi keadaan turbulen, yang berpotensi menimbulkan komplikasi seperti pencucian. Salah satu faktor signifikan yang memengaruhi rasio pengangkutan adalah laju penetrasi. Meskipun terjadi peningkatan laju penetrasi, rasio pengangkutan jarang mencapai nilai 100%. Sangat penting untuk menjaga keseimbangan antara laju penetrasi dan volume serbuk bor yang diproduksi, karena peningkatan laju penetrasi pasti akan menghasilkan peningkatan yang sepadan pada laju penetrasi. Rasio pengangkutan yang optimal untuk tujuan operasional adalah 90%, karena rasio ini dianggap paling efisien untuk pengangkutan serbuk bor selama proses pengeboran.

### B. *Particle Bed Index*

Analisis pengangkutan serbuk bor mempertimbangkan kemiringan lintasan sehubungan dengan arah gravitasi, yang berpotensi memengaruhi kecepatan serbuk bor (serbuk) menuju dinding lubang sumur. Hal ini dapat mengakibatkan pengendapan serbuk bor di dasar sumur, yang menyebabkan terbentuknya endapan [4]. Kecepatan slip memengaruhi dua arah kecepatan serbuk bor: satu kecepatan, yang disebut  $V_{sa}$ , searah dengan lintasan sumur, dan kecepatan

lainnya,  $V_{sr}$ , tegak lurus (30 derajat) terhadap lintasan sumur. Biasanya, kecepatan  $V_{sr}$  ini mengakibatkan pengendapan serbuk bor di dinding lubang sumur. [3] Jika serbuk bor tidak dapat diangkat ke permukaan, hal ini dapat mengakibatkan pipa tersangkut di dalam rangkaian pipa bor. Untuk memperoleh pemahaman lebih mendalam tentang potensi risiko yang terkait dengan deposisi ini, adalah mungkin untuk menghitung rasio antara waktu deposisi dan waktu tempuh lintasan menggunakan persamaan khusus, yang kemudian dapat digunakan sebagai indeks deposisi sebagai berikut ini:

$$PBI = \frac{\frac{1}{2} \times (D_h - D_p) \times (V_a - V_{sa})}{L_c \times V_{sr}} \quad (2)$$

Setelah data pengukuran lapangan diperoleh, perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan *particle bed index* (PBI) untuk menganalisis risiko cutting pengeboran yang mengendap. Parameter *particle bed index* (PBI) memberikan gambaran umum tentang kecenderungan *cutting* untuk mengendap atau tetap terangkat. seperti dibawah ini;

PBI > 1 Maka tidak terjadi pengendapan serpih pemboran (*cutting*)

PBI = 1 Maka serpih pemboran (*cutting*) dalam kondisi hampir mengendap

PBI < 1 Maka serpih pemboran (*cutting*) mulai mengendap

Bagian tersebut menyajikan interpretasi hasil PBI. Nilai PBI yang melebihi 1 (PBI > 1) menunjukkan bahwa *cutting* pengeboran tidak mengendap dan dapat diangkat secara efektif. Namun demikian, jika nilai PBI sama dengan 1 (PBI = 1), *cutting* pengeboran berada dalam keadaan hampir mengendap, yang menunjukkan risiko pengendapan yang minimal. Sebaliknya, jika nilai PBI kurang dari 1 (PBI < 1), *cutting* pengeboran berada dalam keadaan hampir mengendap, yang dapat menyebabkan masalah dalam proses transportasi dan meningkatkan risiko hambatan di lubang bor.

### C. *Cutting Concentration*

*Cutting concentration* membahas mengenai kapasitas dari serpihan pemboran (*cutting*) yang terdapat di annulus, dimana metode ini cukup penting untuk menentukan keadaan dari dalam lubang sumur pemboran. [3] Perlu diketahui bahwa dalam kondisi kegiatan operasi dilapangan pemboran jika kapasitas konsentrasi serpihan pemboran mendapatkan nilai di atas 5% di annulus maka yang terjadi ialah timbulnya problem yang meliputi tingginya torsi yang didapat serta penurunan laju penembusan pemboran (*rate of penetration*) bagian ini terjadi dikarenakan (penggerusan kembali) serpihan pemboran atau biasanya dikatakan dengan regrinding dan terjepitnya pipa pemboran (*stuck pipe*) akibat terakumulasinya serpih pemboran didasar lubang yang tidak dapat terangkat sempurna. Maka dari itu pada metode *cutting concentration* memiliki angka atau nilai sebesar maksimal 5% serbuk pemboran yang berada pada annulus. [4] Untuk menghitung konsentrasi serpihan pemboran yang terdapat di annulus bisa menggunakan persamaan dibawah ini:

Dimana:

$$Ca = \left( \frac{ROP \times D^2}{14,7 \times Ft \times Q} \right) \times 100\% \quad (3)$$

## 3. PEMBAHASAN

### A. *Analisa Hole Cleaning Pada Trayek 26 Inch*

Sifat fisik lumpur pengeboran memberikan pengaruh yang mendalam pada kinerja dan fungsinya dalam konteks proses pengeboran. Dengan demikian, pada lintasan 26 inci, sangat penting untuk melakukan kewaspadaan khusus dalam memantau dan mengatur sifat-sifat ini, dengan tujuan untuk menjamin fungsionalitas lumpur pengeboran yang optimal. [5] [6].

**Tabel 1. Data Fluida Trayek 26 inch**

Cutting Density	PV	GEL	YP	Mud Density		Viscositas	Cutting Diameter	Flow Rate	ROP	Inclinasi
Ppg	lb/100 ft	Lb/100 ft <sup>2</sup>	lb/100ft	Ppg	SG	cp	inch	GPM	m/h	°
14,55	9	12/14	25	8,6	1,03	50	0,18	892	11,76	0,1
13,31	10	10/12	26	8,8	1,05	55	0,13	883	8,45	0,1
14,70	10	12/18	28	8,9	1,06	56	0,12	896	7,71	0,1

Untuk menganalisa hole cleaning pada trayek 26 inch dalam pengangkatan *cutting* ke permukaan maka perlu kita ketahui bahwa data apa saja yang kita butuhkan dan kumpulkan untuk menganalisa serta mengamati secara actual dilapangan kemudian penulis mengkorelasikan dengan hasil perhitungan. Untuk mempermudah menganalisa hole cleaning dalam pengangkatan *cutting* maka dibagi dalam beberapa spot kedalaman yakni 3 (sampel) yaitu:

**Tabel 2. Pola aliran**

Flow Rate GPM	Annular Velocity (Va) Fps	Critical Velocity (Vc) Fps	Pola Aliran	
892	0,55927	5,66955	Va < Vc	Laminer
833	0,55362	5,78076	Va < Vc	Laminer
896	0,56177	5,92937	Va < Vc	Laminer

Dari hasil perhitungan secara manual atau matematis maka pola aliran yang terjadi dari semua sampel pada trayek 26 inch ialah pola aliran laminar seperti yang penulis harapkan di tabel 2, dikarenakan pola aliran laminar sejajar dan teratur. Penggunaan aliran turbulen sebenarnya lebih bagus dalam penangkatan *cutting* ke permukaan tetapi pola aliran turbulen dapat terjadi abrasif atau pengikisan *mud cake* pada dinding lubang sumur dan mengakibatkan lubang bor runtuh (*washout*) pada formasi yang kurang kompak (*unconsolidated*). Dan dari hasil perhitungan dapat dianalisa dan mengacu pada syarat dari metode-metode yang digunakan *Cutting Transport Ratio*, *Cutting Concentration*, dan *Particle Bed Index* seperti terlihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Hasil perhitungan dengan ketiga Metode**

Sampel Depth M	Flow Rate GPM	Cutting Concentration Max 5%	Cutting Transport Ratio Min 90%	Particle Bed Index <1
65	892	0,00207	91,58	0,999999611
305	883	0,00199	96,57	1,000094321
470	896	0,00132	96,12	1,000001185

Dari hasil perhitungan dengan semua sampel menggunakan ketiga metode mendapatkan hasil yang cukup baik yang mana pada metode *cutting concentration* bernilai dibawah 1% dengan nilai maksimum 5%, jika hasil perhitungan mendapatkan nilai konsentrasi kurang dari 1% artinya hasilnya bagus yang mana nilai maksimumnya 5%. Sedangkan hasil perhitungan dari metode *cutting transport ratio* dalam ini untuk pengangkatan *cutting* mendapatkan hasil 91,58% yang mana parameter minimumnya 90%. Dari hasil metode *cutting transport ratio*

tidak mendapatkan nilai 100% dikarenakan kegiatan operasi pemboran terus berjalan maka *cutting* yang didapatkan pun terus bertambah. Untuk metode *Particle Bed Index* mendapatkan hasil secara matematis ialah bernilai kurang dari 1, yang mana *cutting* mulai mengendap, terlihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Parameter metode Paricle Bed Index**

PBI > 1	PBI=1	PBI<1
Tidak Terjadi Pengendapan Cutting	Cutting Hampir Mengendap	Cutting Mulai Mengendap

Berdasarkan hasil perhitungan dan parameter metode *particle bed index* penulis dapat menganalisa bahwa hasil perhitungan dari metode ini dengan sampel yang pertama tidak memenuhi syarat yaitu PBI kurang dari 1 (mulai terjadi pengendapan *cutting*) maka dari itu perlu kita menaikkan gpm pompa dengan rate pemompaan minimum 950 gpm sehingga dapat memenuhi syarat parameter dan memberi jarak yang jauh antara hasil matematis dan parameter dengan nilai 1,000005411.

Analisis dari ketiga metode yang diterapkan pada lintasan sepanjang 26 inci secara keseluruhan menunjukkan hasil yang baik dan selaras dengan standar yang ditetapkan oleh ketiga parameter yang digunakan dalam studi ini. Hasil analisis yang baik tersebut selanjutnya didukung oleh data perhitungan, yang menunjukkan bahwa nilai kecepatan angkat ( $V_a$ ) lebih besar daripada kecepatan slip ( $V_s$ ), sebagaimana dibuktikan dalam Tabel 5. Data tersebut mendukung pernyataan bahwa sistem pengangkatan serpih pengeboran bekerja secara optimal pada lintasan tersebut, memenuhi standar yang diperlukan untuk operasi pengeboran.

**Tabel 5. Hasil matematis kecepatan aliran Annulus dan kecepatan Slip**

Annulus Velocity ( $V_a$ ) Fps	Slip Velocity ( $V_s$ ) Fps	Hasil
0,55927	0,04554	$V_a > V_s$
0,55362	0,01894	$V_a > V_s$
0,56177	0,02178	$V_a > V_s$

Tidak adanya pengendapan pada serpih pengeboran dapat dijelaskan lebih lanjut dengan mengacu pada tabel tersebut di atas, yang menunjukkan bahwa kecepatan aliran yang terjadi di annulus ( $V_a$ ) harus melebihi kecepatan slip *cutting* pengeboran ( $V_s$ ). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada lintasan 26 inci, nilai  $V_a$  lebih besar dari nilai  $V_s$ , yang menunjukkan bahwa serpih pengeboran berhasil diangkat ke permukaan. Lebih jauh, kondisi ini juga memengaruhi dimensi dan kepadatan serpih yang dihasilkan, yang berkorelasi erat dengan laju pemompaan (gpm) yang digunakan selama proses tersebut. Dengan kata lain, keberhasilan mengangkat *cutting* pengeboran ke permukaan bergantung pada tidak hanya rasio kecepatan, tetapi juga faktor-faktor lain seperti ukuran serpih dan *cutting density* yang terlibat.

## B. Analisa Hole Cleaning Pada trayek 17.5 Inch

Penulis menganalisa pada trayek 17.5 inch dengan kedalaman 500 – 1300 meter dibagi menjadi 3 kedalaman sampel untuk mengetahui kualitas *hole cleaning* yang terjadi pada trayek 17,5 inch. Dibawah ini ada data yang dibutuhkan penulis untuk menganalisa sebagai berikut. *Performance* lumpur pada trayek 17.5 inch dikatakan bagus dikarenakan nilai YP lebih besar dari pada PV sehingga dalam pengangkatan *cutting* dapat berjalan sesuai rencana.

**Tabel 6. Data fluida Pada Trayek 17.5 Inch**

<i>Cutting Density</i>	<i>PV</i>	<i>GEL</i>	<i>YP</i>	<i>Mud Density</i>		<i>Visco</i>	<i>Cutting Diameter</i>	<i>Flow Rate</i>	<i>ROP</i>	<i>Incline</i>
Ppg	lb/100 ft	Lb/100 ft <sup>2</sup>	lb/100 ft	Ppg	SG	cp	inch	GPM	m/h	°
16,9	12	8/10	24	8.9	1,06	60	0,2	888	8,2	35
15,5	14	10/12	28	9	1,08	62	0,18	1010	13,9	35
16,8	15	10/16	30	9,2	1,10	65	0,2	931	10,81	35

Untuk hasil perhitungan matematis dilakukan sama dengan langkah perhitungan pada trayek 26 inch yang mana dapat ditampilkan dengan table 7. Berikut ada hasil analisa perhitungan dan matematis dari trayek 17,5inch dengan menggunakan ketiga metode.

**Table 7. Pola Aliran Trayek 17,5 Inch**

<b>Flow Rate</b>	<b>Annular Velocity</b>	<b>Critical Velocity</b>	<b>Pola Aliran</b>	
<b>GPM</b>	<b>Fps</b>	<b>Fps</b>		
888	1,288707	5,526237	Va < Vc	Laminer
1010	1,46576	5,945244	Va < Vc	Laminer
931	1,351111	5,6090003	Va < Vc	Laminer

Dari hasil perhitungan secara matematis maka pola aliran yang terjadi dari semua sampel pada trayek 17,5 inch ialah pola aliran laminar seperti yang penulis harapkan, dikarenakan pola aliran laminar sejajar dan teratur. Penggunaan aliran turbulen sebenarnya lebih bagus dalam penangkatan *cutting* ke permukaan tetapi pola aliran turbulen bisa dapat terjadi abrasif atau pengikisan *mud cake* pada dinding lubang sumur dan terjadi *washout* pada formasi yang kurang kompak. Dari hasil perhitungan dapat kita analisa dan mengacu pada syarat dari metode -metode yang digunakan *Cutting Transport Ratio*, *Cutting Concentration*, dan *Particle Bed Index*, tabel 8.

**Tabel 8. Hasil Perhitungan Dengan 3 Metode Pada Secton 17,5 Inch**

<i>Flow Rate</i> <i>GPM</i>	<i>Cutting Concentration</i> <i>Max 5 %</i>	<i>Cutting Transport Ratio</i> <i>Min 90%</i>	<i>Particle Bed Index</i>
888	0,001826	98,24	1,000000054
1010	0,002276	98,79	1,000042062
931	0,002258	98,74	1,000000024

Dari hasil perhitungan dengan semua sampel menggunakan ketiga metode mendapatkan hasil yang cukup baik yang mana pada metode *cutting concentration* bernilai dibawah 1% dengan nilai maksimum 5%, jika hasil perhitungan mendapatkan nilai konsentrasi kurang dari 1% artinya hasilnya bagus yang mana nilai maksimumnya 5%. Sedangkan hasil perhitungan dari metode *cutting transport ratio* dalam ini untuk pengangkatan *cutting* mendapatkan hasil 98,24% yang mana parameter minimumnya 90%. Dari hasil metode *cutting transport ratio* tidak mendapatkan nilai 100% dikarenakan kegiatan operasi pemboran terus berjalan maka *cutting* yang didapatkan pun terus bertambah. Untuk metode *Particle Bed Index* mendapatkan

hasil secara matematis ialah bernilai lebih dari 1, yang mana *cutting* tidak mengendap.

**Tabel 9. Parameter metode Paricle Bed Index**

PBI > 1	PBI=1	PBI<1
Tidak Terjadi Pengendapan Cutting	Cutting Hampir Mengendap	Cutting Mulai Mengendap

Berdasarkan hasil perhitungan dan parameter metode *particle bed index* penulis dapat menganalisa bahwa hasil perhitungan dari metode ini dengan 3 sampel memenuhi syarat yaitu PBI lebih besar dari 1 (Tidak terjadi pengendapan *cutting*). Meskipun demikian, perbedaan dalam nilai yang diperoleh tidak terlalu besar. Oleh karena itu, direkomendasikan agar laju pemompaan ditingkatkan hingga minimal 950 gpm. Diharapkan bahwa langkah ini akan memenuhi standar yang ditetapkan dan memberikan margin pemisahan yang memadai antara hasil matematika dan parameter yang dianalisis.

Analisis yang dilakukan pada tiga metode yang digunakan pada rute 17,5 inci menghasilkan hasil yang memuaskan, memenuhi kriteria yang ditetapkan berdasarkan tiga parameter yang digunakan oleh penulis. Kemanjuran analisis ini dapat dibuktikan dengan data yang disajikan pada Tabel 10, yang menunjukkan bahwa nilai  $V_a$  lebih besar daripada nilai  $V_s$ . Temuan ini menunjukkan bahwa metode yang diterapkan tidak hanya efektif, tetapi juga andal dalam mencapai hasil optimal dalam konteks pengeboran serpih.

**Tabel 10. Hasil matematis kecepatan aliran Annulus dan kecepatan Slip**

Annulus Velocity ( $V_a$ ) Fps	Slip Velocity ( $V_s$ ) Fps	Hasil
0,55927	0,04554	$V_a > V_s$
0,55362	0,01894	$V_a > V_s$
0,56177	0,02178	$V_a > V_s$

Tidak terjadinya pengendapanpun dapat diperjelas dari table diatas menyatakan bahwa kecepatan aliran yang terjadi yang terjadi pada annulus ( $V_a$ ) harus lebih besar dibandingkan kecepatan slip *cutting* ( $V_s$ ). Yang mana dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada trayek 17,5 inch mendapatkan hasil  $V_a$  lebih besar dari  $V_s$  yang artinya *cutting* terangkat dengan baik ke permukaan. Hal ini juga berpengaruh pada *Size* dan *cutting density* dengan rate pemompaan (gpm).

#### 4. SIMPULAN

1. Pola aliran yang terjadi diannulus pada section 26 inch dan 17,5 inch ialah jenis pola aliran laminar yang mana ( $V_a$  lebih kecil  $V_c$ ).
2. Dari hasil analisa *hole cleaning* dengan menggunakan metode *cutting concentration*, *cutting transport ratio* dan *particle bed index* pada trayek 26 Inch dinyatakan memenuhi syarat, metode yang digunakan yaitu *cutting transport ratio* 91,85% (lebih besar 90%), *cutting concentration* 0,00207% (lebih kecil dari 5%), namun pada *particle particle bed index* 0,99999961 (lebih besar dari satu ) Yang artinya *cutting* mulai mengendap.
3. Sangat penting untuk meningkatkan laju pemompaan hingga melebihi 900 gpm guna menjamin kelancaran proses pembersihan lubang dan mencegah penumpukan serpihan di saluran sepanjang 26 inci. Diperkirakan peningkatan ini akan mengakibatkan perbedaan

mencolok antara nilai PBI yang dihitung dan parameter yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga menjamin keberhasilan proses pembersihan.

4. Untuk hasil analisa dengan metode *cutting concentration*, *cutting transport ratio* dan *particle bed index* pada trayek 17,5 Inch dinyatakan memenuhi syarat metode yang digunakan yaitu *cutting transport ratio* 98,24% (lebih besar dari 90%) *cutting concentration* 0,001826% (lebih kecil dari 5%), dan pada *particle bed index* 1,00000054 (lebih besar dari satu) Yang artinya pengangkatan *cutting* dan *hole cleaning* dikatakan baik dan memenuhi syarat parameter yang berarti *hole cleaning* bagus pada section 17,5 inch.
5. Untuk memberikan selisih agak jauh antara hasil perhitungan matematis dengan metode *Particle Bed Index* pada section 17,5 inch maka perlu menaikkan rate pemompaan minimum 1000 gpm.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M Alawami, M Bassam, S Gharbi and M Al Rubaii. "A real-time indicator for the evaluation of hole cleaning efficiency". *Society of Petroleum Engineers - SPE/IATMI Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2019, APOG 2019, October, 29–31*.
- [2] K.E Jodi, and M Ginting. "Analisis Perhitungan Pengangkatan Cutting Pada Sumur "K" Lapangan "N" PT Pertamina UTC". *Seminar Nasional Cendekiawan, 3, 204–211*(2015).
- [3] G.V Chilingarian, and P Vorabutr. "*Drilling and Drilling Fluids*". Elsevier 1981.
- [4] E Berg, S Sedberg, H Kaarigstad, T.H Omland and Svanes. "Displacement of drilling fluids and cased-hole cleaning" What is sufficient cleaning? [*SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings, 853–859. 2006*].
- [5] N Novrianti, M Umar. "Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir". *Journal of Earth Energy Engineering, 4(2), 15–28* 2015.
- [6] T Subraja, L Lestari, R Husla. "Analisa Pengangkatan Cutting Menggunakan Metode Cci, Ctr Dan Cca Pada Sumur T Trayek 12 ¼". [Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti 2022].
- [7] F Ponggohong, M Ginting, D Akbar. "Evaluasi Hidrolika Lumpur Pemboran Pada Pengangkatan Cutting Dalam Trayek 16 Inch Sumur "F-03" Lapangan X". *Jurnal Petro* 2022.
- [8] T Handoyo. "Dasar-Dasar Pengakatan Cutting". MPR. 2010.
- [9] W Aboekasan, G Dewanti. "Analisa Masalah Hole Cleaning Pada Extended Reach Drilling Sumur X-11 Lapangan Y". *Jurnal Petro* 2017.
- [10] Bleier, R. (1990). Selecting a Drilling Fluid. *Journal of Petroleum Technology, 42(July), 832–834*. <https://doi.org/10.2118/20986-PA>

### Daftar Simbol

Dh	= Diameter lubang, inch
Lc	= Jarak yang dapat ditempuh serpih bor, ft
Va	= Kecepatan dari lumpur di annulus, fps
Vsa	= Kecepatan slip searah lintasan sumur, fps
Vs	= Kecepatan dari slip serpih pemboran, fps
Ft	= Rasio transport serpih pemboran, %
Ca	= Cutting Concentration, %
ROP	= Rate of Penetration, m/h
D	= Diameter cutiing, Inch
Q	= Laju alir pompa, gpm
Yp	= Yield point