

Optimasi Hidrolika Lumpur Pengeboran Pada Sumur Berarah “Z” Lapangan “L” Trayek 12 ¼

*)Eko Budirianto, Listriyanto

Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta Indonesia

*)Corresponding Author: ekobudi@up45.ac.id

Abstrak

Sistem hidrolika lumpur pengeboran mempunyai peran yang sangat penting dalam operasi pengeboran. Perencanaan dan pengontrolan yang baik dapat mempercepat operasi pengeboran dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya selama operasi pengeboran. Peranan utama dalam sistem hidrolika lumpur pengeboran yaitu untuk membersihkan lubang bor dengan mengangkat serbuk bor (cutting) sampai permukaan melalui annulus. Jika serbuk bor (cutting) yang mengendap tidak segera diangkat dapat menyebabkan beberapa masalah pengeboran antara lain penggerusan serbuk bor berulang kali oleh pahat (regridding), tersangkutnya serbuk bor di sela-sela gigi pahat (bit balling), bahkan bisa menyebabkan pipa terjepit (pipe sticking), dan juga hidrolika pahat yang tidak optimum dapat menjadi salah satu penyebab turunnya laju penembusan (ROP). Metode yang digunakan pada sumur “Z” lapangan “L” yaitu menggunakan metode BHI (Bit Hydraulic Impact) dikarenakan sumur berarah. Prinsip dasar pada metode ini, menganggap bahwa semakin besar tumbukannya (tumbukan sesaat) yang diterima batuan formasi dari lumpur yang dipancarkan dari bit, maka semakin besar pula efek pembersihannya, sehingga metode ini berusaha untuk mengoptimalkan impact pada bit. Evaluasi perhitungan hidrolika pada pahat yaitu Hal pertama yang dianalisa adalah BHI/HP pada optimasi hidrolika pada bit agar kita tahu apakah nilainya sudah optimal atau belum, nilai BHI/HPs optimum jika BHI/HPs > 48% kemudian menghitung nilai Ca yang optimum jika Ca < 5%, Ft yang optimum jika Ft ≥ 90% dan PBI yang optimum jika PBI ≥ 1.

Kata Kunci: Hidrolika Pengeboran, BHI, Pengangkatan Cutting.

Abstract

The drilling mud hydraulic system has a very important role in drilling operations. Good planning and control can speed up drilling operations and overall save costs during drilling operations. The main role in the drilling mud hydraulic system is to clean the drill hole by lifting drill cuttings (cutting) to the surface through the annulus. If the settled cutting cuttings are not removed immediately, it can cause several drilling problems, including repeated grinding of the drill cuttings by the chisel (regridding), getting the drill bits stuck between the chisel teeth (bit balling), and can even cause the pipe to become stuck (pipe) sticking), and also non-optimal tool hydraulics can be one of the causes rate of penetration (ROP). The method used in the "Z" well in the "L" field is the BHI (Bit Hydraulic Impact) method because the well is directional. The basic principle of this method assumes that the greater the impact (instantaneous impact) that the formation rock receives from the mud emitted from the bit, the greater the cleaning effect, so this method tries to optimize the impact on the bit. Evaluation of the hydraulic calculations on the chisel, namely the first thing to analyze is the BHI/HP in the optimization of the hydraulics on the bit so that we know whether the value is optimal or not, the optimal BHI/HPs value if BHI/HPs > 48% then calculate the optimum Ca value if Ca < 5%, optimum Ft if Ft ≥ 90% and optimum PBI if PBI ≥ 1.

Keywords: Drilling Hydraulics, BHI, Cutting Lift.

I. Pendahuluan

Fluida pengeboran didefinisikan sebagai suatu campuran dari solid (padatan) berupa bentonite dan fluida (gas, minyak, dan air). Fungsi utama fluida pengeboran adalah mengontrol tekanan formasi. Jenis lumpur bor antara lain *fresh water muds, salt water mud, oil-in-water emulsion muds, oil base dan oil base emulsion mud dan gaseous drilling fluid*. Komposisi fluida pengeboran terdiri dari Fasa Cair, Reactive Solids, Inert Solid dan Fasa Kimia (additif). Additif adalah zat kimia yang digunakan untuk mengontrol sifat-sifat lumpur agar dapat dipakai untuk operasi pengeboran. Pengeboran berarah (*directional drilling*) adalah suatu seni membelokkan lubang

sumur untuk kemudian diarahkan ke suatu sasaran tertentu di dalam formasi yang tidak terletak vertikal dibawah mulut sumur. Terdapat tiga tipe sumur pengeboran berarah yaitu : *shallow deviation type, deep deviation type, dan return to vertical type*. Dalam kasus ini tipe pengeboran yang digunakan adalah *directional drilling* tipe belok ditempat dangkal (*shallow deviation type*) yaitu titik belok (*kick of point*) terletak dikedalamn yang tidak terlalu jauh dari permukaan tanah. Dalam pengeboran dikenal istilah *trajectory* (lintasan), yaitu lintasan yang dibuat sesuai dengan ukuran diameter bit yang digunakan. Tipe *trajectory* pengeboran berarah umumnya dibagi menjadi tiga tipe, yaitu *continous build, build and hold, build-and drop*. Faktor yang berkaitan

Optimasi Hidrolika Lumpur Pengeboran Pada Sumur Berarah "Z" Lapangan "L" Trayek 12 ¼

dengan pengangkatan dan pembersihan serbuk bor dari dasar lubang adalah dengan pengoptimalisasian hidrolika lumpur yang tepat. Tujuan optimasi hidrolika yaitu agar diperoleh efek pembersihan lubang bor yang baik, pengangkatan serbuk bor baik, tidak terjadi penggerusan ulang (*regrinding*), *bit balling* dan pipa terjepit sehingga laju penembusan cepat, serta target

Penelitian oleh **Apriandi Rizkina Rangga Wastu dkk**, terdapat beberapa faktor seperti laju alir lumpur, densitas lumpur, *rheology* lumpur akan sangat memengaruhi hidrolika pemboran. Tekanan yang diberikan oleh pompa yang disalurkan hingga ke bit harus tepat untuk meminimalisir kehilangan tekanan yang mungkin terjadi, serta tekanan yang digunakan akan berpengaruh pada laju alir optimum lumpur didalam lubang sumur sebagai salah satu media yang digunakan dalam pengangkatan serbuk bor.

II. Metodologi

2.1. Perhitungan Kehilangan Tekanan Sepanjang Sistem Sirkulasi Aktual

Perhitungan kehilangan tekanan sepanjang sistem sirkulasi pada kedalaman 880 m sebagai berikut :

Data yang diperlukan:

- E = 5.3×10^{-5}
- ID DP = 4.28 in
- ID DC = 3 in
- OD DP = 5 in
- OD DC = 8 in
- Ldp = 3544.10 ft
- Ldc = 269.99 ft

2.2. Perhitungan Kehilangan Tekanan Pada Surface Connection (Psc)

Menggunakan Data tipe *surface equipment* #3, kehilangan tekanan pada *surface connection* dihitung sebagai berikut :

$$P_{sc} = E \cdot \rho m^{0.8} \cdot Q^{1.8} \cdot PV^{0.2}$$

$$P_{sc} = (5.3 \times 10^{-5}) \times 10,8^{0.8} \times 867^{1.8} \cdot 24^{0.2}$$

$$P_{sc} = 130.46 \text{ psi}$$

2.3. Perhitungan Kehilangan Tekanan pada Inside Pipe (Drill Pipe & Drill Collar)

Kehilangan Tekanan pada Inside Pipe Drill Pipe (P_{DP})

A. Menghitung kecepatan alir fluida dalam pipa

$$v = \frac{24.5 \times Q}{(ID_{dp})^2}$$

$$v = 1159.57 \text{ fpm}$$

a. Menghitung kecepatan kritis fluida

$$v_c = \frac{97PV + \sqrt{PV^2 + 8.2\rho m (ID_{dp})^2 YP}}{\rho m \cdot ID_{dp}}$$

$$v_c = 55.24 \text{ fpm}$$

Karena $v > v_c$, maka tipe alirannya adalah aliran *Turbulet*, sehingga kehilangan tekan pada *drill pipe* dihitung sebagai berikut :

$$P_{DP} = \frac{8.91 \times 10^{-5} \times \rho m^{0.8} \times Q^{1.8} \times PV^{0.2} \times L}{ID_{dp}^{4.8}}$$

$$P^{DP} = 723.89 \text{ psi}$$

Kehilangan Tekanan pada Inside Pipe Drill Collar (P_{DC})

a. Menghitung kecepatan alir fluida dalam pipa

$$v = \frac{24.5 \times Q}{(ID_{dc})^2}$$

$$v = 2360.17 \text{ fpm}$$

b. Menghitung kecepatan kritis fluida

$$v_c = \frac{97PV + \sqrt{PV^2 + 8.2\rho m \cdot (ID_{dc})^2 YP}}{\rho D}$$

$$v_c = 76.76 \text{ fpm}$$

Karena $v > v_c$, maka tipe alirannya adalah aliran *Turbulent*, sehingga kehilangan tekan pada *drill collar* dihitung sebagai berikut :

$$P_{DC} = \frac{8.91 \times 10^{-5} \times \rho m^{0.8} \times Q^{1.8} \times PV^{0.2} \times L}{ID_{dc}^{4.8}}$$

$$P^{DC} = 303.57 \text{ psi}$$

2.4. Perhitungan Kehilangan Tekanan pada Annulus (Drill Pipe & Drill Collar)

Kehilangan Tekanan pada Annulus Drill Pipe (P_{DP})

Menghitung kecepatan alir fluida dalam annulus

$$v = \frac{24.5 \times Q}{D_h^2 - OD_{DP}^2} \quad v = 449.56 \text{ fpm}$$

Kehilangan tekanan pada annulus drill pipe dihitung sebagai berikut :

$$P_{annDP} = \frac{L \times PV \times v}{60000 \times (D_h - OD_{DP})^2} + \frac{L \times YP}{200 \times (D_h - OD_{DP})}$$

$$P_{annDP} = 208.98 \text{ psi}$$

Kehilangan Tekanan pada Annulus Drill Collar (P_{DC})

Menghitung kecepatan alir fluida dalam annulus

$$v = \frac{24.5 \times Q}{D_h^2 - OD_{DC}^2}$$

$$v = \frac{24.5 \times 867}{8.5^2 - 8^2}$$

$$v = 2574.73 \text{ fpm}$$

Kehilangan tekan pada annulus drill collar dihitung sebagai berikut :

$$P_{annDC} = \frac{L \times PV \times v}{60000 \times (D_h - OD_{DC})^2} + \frac{L \times YP}{200 \times (D_h - OD_{DC})}$$

$$P_{annDC} = 1195.95 \text{ psi}$$

2.5. Perhitungan Kehilangan Tekanan Total pada Sistem Aliran Selain pada Motor dan Bit

$$P_p = (P_{SC} + P_{DP} + P_{DC} + P_{anDP} + P_{anDC})$$

$$= 2562.86 \text{ psi}$$

Hasil perhitungan parasitic pressure loss pada section 12 ¼" Sumur A Lapangan M dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Parasitic Pressure Loss aktual pada Hole Section 12 ¼" Sumur A Lapangan M

Depth	Psc	Pdp	Pdc	P ann Dp	P ann Dc	Pp	
(m)	(ft)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	
380	1246,72	110,08	328,22	256,15	70,05	781,68	1546,19
455	1492,78	110,11	370,88	256,21	84,50	865,10	1686,80
536	1758,53	124,94	472,86	290,71	122,12	977,81	1988,43
627	2057,09	121,07	514,34	281,72	122,61	785,11	1824,85
692	2270,34	119,77	549,33	278,69	171,12	1048,40	2167,32
780	2559,06	108,37	545,88	252,17	179,67	642,79	1728,89
880	2887,14	130,46	723,89	303,57	208,98	1195,95	2562,86

2.6. Evaluasi Hidrolika Pahat Aktual

Evaluasi perhitungan hidrolika pahat aktual pada Tugas Akhir ini menggunakan Metode BHI dengan membandingkan prosentase antara hydraulic horse power pada pahat dengan hydraulic horse power pompa di permukaan (HHPb/sysHHP) x 100 % dan Bit Impact Force (BIF) pada kedalaman 880 m.

Perhitungan Kehilangan Tekanan Pada Bit (P_B) :

Untuk menghitung kehilangan tekanan pada bit, terlebih dahulu dihitung luas nozzle sebagai berikut :

$$A_n = \frac{(N)^2 + (N)^2 + (N)^2 + (N)^2}{1303,8}$$

$$A_n = \frac{(14)^2 + (14)^2 + (15)^2 + (15)^2}{1303,8}$$

$$A_n = 0,646 \text{ sqin}$$

**Optimasi Hidrolika Lumpur Pengeboran Pada Sumur Berarah “Z”
Lapangan “L” Trayek 12 ¼**

Kemudian dihitung kehilangan tekanan pada bit
dihitung sebagai berikut :

$$P_B = \frac{(Q)^2 (\rho_m)}{1085(A_n)^2}$$

$$P^B = 1792.71 \text{ psi}$$

Perhitungan Besar Daya Pahat yang digunakan
untuk Membersihkan Dasar Lubang Sumur :

a. Menghitung HPs:

HPs =

$$\frac{P_{\text{aktual}} \times Q_{\text{aktual}}}{1714}$$

$$HPs = \frac{3857 \times 867}{1714}$$

$$HPs = 1951,00 \text{ hp}$$

b. Menghitung BHI pada bit :

$$BHI = \frac{Q_{\text{aktual}} \times P_b}{1714}$$

$$BHI = \frac{867 \times 1792,71}{1714}$$

$$BHI = 906.81 \text{ hp}$$

Perhitungan seberapa besar daya pada pahat
yang digunakan untuk membersihkan dasar lubang
sumur selama pengeboran berlangsung, yaitu

dengan membandingkan antara harga BHI dengan
besar HPs yaitu:

$$\frac{BHI}{HPs} \times 100 \% = \frac{906,81}{1951,00} \times 100\%$$

$$= 46.48 \%$$

c. Perhitungan *Jet Velocity* (v_n)

$$v_n = \frac{417,2 \times Q_{\text{aktual}}}{(N)^2 + (N)^2 + (N)^2 + (N)^2}$$

$$v_n = \frac{417,2 \times 867}{(14)^2 + (14)^2 + (15)^2 + (15)^2}$$

$$v_n = 429,59 \text{ ft/min}$$

d. Perhitungan *Bit Impact Force* (BIF) :

$$BIF_{\text{aktual}} = \frac{Q_{\text{aktual}} \times \rho_m \times v_n}{1930}$$

$$BIF_{\text{aktual}} = \frac{867 \times 10,8 \times 429,59}{1930}$$

$$BIF^{\text{aktual}} = 2084.19 \text{ lbf}$$

Hasil dari perhitungan Hidrolika pahat
aktual (sebelum dilakukan optimasi) dengan
menggunakan metode BHI setiap kedalaman dapat
dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Hidrolika Pahat Aktual Dengan Metode BHI
pada Hole Section 12 ¼” Sumur Z Lapangan L

Depth	An	Pp	Pb	HPs	BHI	BHI/HPs	vn	BIF	
(m) (ft)	(in ²)	(psi)	(psi)	(HP)	(HP)	(%)	(ft/min)	(lbf)	
380	1246,72	0,646	1546,19	1610,51	1334,81	802,44	60,12	423,15	1872,37
455	1492,78	0,646	1686,80	1569,29	1465,66	771,83	52,66	417,70	1824,44
536	1758,53	0,646	1988,43	1788,15	1736,25	929,54	53,54	441,48	2078,89
627	2057,09	0,646	1824,85	1821,93	1856,84	951,36	51,24	443,46	2118,16
692	2270,34	0,646	2167,32	1670,50	1827,50	835,25	45,70	424,63	1942,11
780	2559,06	0,646	1728,89	1694,60	1920,97	849,28	44,21	425,62	1970,13
880	2887,14	0,646	2562,86	1792,71	1951,00	906,81	46,48	429,59	2084,19

2.7. Hidrolika Pengangkatan Cutting

Langkah-langkah perhitungan yang
digunakan untuk mengevaluasi pengangkatan
cutting oleh lumpur pengeboran dengan
menggunakan metode *Cutting Transport Ratio* (Ft)
dan *Cutting Concentration* (Ca). Dalam penulisan

ini dicontohkan perhitungan pada kedalaman 880
m pada lubang 12 ¼” Sumur Z Lapangan L.
Berikut langkah-langkah perhitungan dalam
mengevaluasi :

- a. Berdasarkan sifat fisik lumpur pengeboran yang digunakan, *power law index* dihitung sebagai berikut:

$$n = 3.32 \log \left(\frac{2PV + YP}{PV + YP} \right)$$

$$n = 3.32 \log \log \left(\frac{2 \times 24 + 31}{24 + 31} \right)$$

$$n = 0.052$$

- b. Indeks Konsistensi dihitung sebagai berikut:

$$K = \frac{510(PV + YP)}{511^n}$$

$$K = \frac{510(24 + 31)}{511^{0.052}}$$

$$K = 1080.98$$

- c. Viscositas efektif (μ_{ef}) dihitung sebagai berikut :

$$\mu_{ef} = \frac{K}{144} \left(\frac{DH - ODDP}{Van} \right)^{1-n} \left(\frac{2 + \frac{1}{n}}{0.0208} \right)^n$$

$$\mu_{ef} = \frac{1080.98}{144} \left(\frac{8.5 - 5}{7.49} \right)^{1-0.052} \left(\frac{2 + \frac{1}{0.052}}{0.0208} \right)^{0.052}$$

$$\mu_{ef} = 80.38 \text{ cp}$$

- d. Berdasarkan laju alir lumpur dan diameter lubang dan pipa bor, kecepatan aliran lumpur di anulus dapat dihitung sebagai berikut:

$$v_{ann} = \frac{24.5 \times Q}{(Dh^2 - ODp^2)}$$

$$v_{annDP} = \frac{24.5 \times 867}{8.5^2 - 5^2} = 449.56 \text{ fpm}$$

$$v_{annDC} = \frac{24.5 \times 867}{8.5^2 - 8^2} = 2574.73 \text{ fpm}$$

- e. Bilangan Reynold Partikel sebagai berikut:

$$N_{RE} DP = 928 \frac{\rho_m V_{dp} ID_{DP}}{\mu}$$

$$Np = 928 \frac{10.8 \times 449.55 \times 4.28}{60}$$

$$Np = 5356.69$$

Dengan harga $Np > 4000$, maka pola aliran fluida disekitar partikel adalah *turbulen*.

- f. Menghitung kecepatan slip *cutting* (v_s) untuk aliran *turbulen* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$v_s = 92.6 \times \sqrt{(\rho_{cut} - \rho_m) \times d_{cut}}$$

$$v_s = 92.6 \times \sqrt{\frac{\rho_m}{(20.86 - 10.8) \times 0.12}}$$

$$v_s = 9.35 \text{ fp}$$

- g. Rasio Transport *cutting* dapat dihitung dengan sebagai berikut:

$$Ft = \frac{Va - Vs}{Va} \times 100\% = 97.92\%$$

$$Ft_{DP} = \frac{449.56 - 9.35}{449.5} \times 100\% = 99.64\%$$

$$Ft_{DC} = \frac{2574.73 - 9.35}{2574.73}$$

Dengan besarnya harga Ft_{DP} sebesar 97.92 % dan Ft_{DC} sebesar 99.64 % lebih besar dari 90% maka ini menandakan *cutting transport ratio* yang sudah optimum.

- h. Konsentrasi *cutting* dihitung sebagai berikut:

$$Ca = \frac{1}{60} \times \frac{ROP \times D_h^2}{(v_a - v_s) \times (D_h^2 - OD_p^2)} = 0.12\%$$

Dengan besarnya harga Ca_{DP} sebesar 0.12% dan Ca_{DC} sebesar 0.12% kurang dari 5% dari kondisi optimum, maka besarnya harga Ca sudah pada kondisi optimum.

- i. Kecepatan slip searah lintasan sumur (V_{sa}) dan Kecepatan slip radial (V_{sr}) dapat dihitung sebagai berikut:

- Kecepatan slip searah lintasan sumur (V_{sa}):

**Optimasi Hidrolika Lumpur Pengeboran Pada Sumur Berarah "Z"
Lapangan "L" Trayek 12 ¼**

$$V_{sa} = \frac{1}{60} \times V_s \cos \phi, \text{ fps}$$

$$V_{sa} = \frac{1}{60} \times 9,35 \cos 15 = 0,09 \text{ fps}$$

- Kecepatan slip radial (V_{sr})

$$V_{sr} = \frac{1}{60} \times V_s \sin \phi, \text{ fps}$$

$$V_{sr} = \frac{1}{60} \times 9,35 \sin 15 = 0,04 \text{ fps}$$

j. Dengan adanya v_{sr} , maka cutting akan mengendap dalam waktu T_s , yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$T_{sDP} = \frac{\frac{1}{12}(D_h - OD_{DP})}{v_{sr}} = \frac{\frac{1}{12}(8,5 - 5)}{2,39} = 0,12 \text{ min}$$

$$T_{sDC} = \frac{\frac{1}{12}(D_h - OD_{DC})}{v_{sr}} = \frac{\frac{1}{12}(8,5 - 8)}{2,39} = 0,02 \text{ min}$$

k. Sedangkan jarak yang ditempuh sebelum cutting mengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$Lc = (V_a - V_{sa})T_s = 44,84 \text{ ft}$$

l. Setelah didapat besarnya V_{sa} dan V_{sr} , maka dapat dihitung indeks pengendapan cutting sebagai berikut:

$$PBI = \frac{1}{60} \frac{\frac{1}{12}(D_h - OD) \times (V_a - V_{sa})}{Lc \times V_{sr}} = 1$$

$$PBI_{DP} = \frac{1}{60} \frac{\frac{1}{12}(8,5 - 5) \times (449,56 - 0,09)}{(54,80) \times (0,04)} = 1$$

$$PBI_{DC} = \frac{1}{60} \frac{\frac{1}{12}(8,5 - 8) \times (2574,73 - 0,09)}{(44,84) \times (0,04)}$$

Dengan besarnya harga PBI sebesar 1 dari kondisi optimum sebesar 1 maka pengangkatan cutting dapat dinyatakan tidak terjadi pengendapan cutting.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengangkatan cutting di annulus akan mencapai kondisi yang optimum apabila *Cutting Transport Ratio* (Ft) mendekati harga lebih besar dari 90%, *Cutting Concentration* (Ca) lebih kecil dari 5% dan *Partikel Bed indeks* (PBI) di atas 1 (tidak terjadi pengendapan cutting) dan untuk aliran laminar dengan sudut di bawah 45°, PBI sama dengan 1 sudah optimum.

Evaluasi pengangkatan cutting aktual pada trayek 12 ¼" Sumur Z Lapangan L pada kedalaman 880 m menunjukkan sudah optimu, hal ini ditunjukkan oleh harga *Cutting Transport Ratio* (Ft) sebesar 97.92 % pada *drill pipe* yang sudah melebihi batas minimum *Cutting Transport Ratio* sebesar 90 %, hal ini berarti cutting sudah terangkat dengan baik ke permukaan. Konsentrasi cutting di annulus (Ca) sebesar 0.12 % di bawah 5%, menunjukkan konsentrasi cutting yang ada di annulus dengan jumlah yang sangat kecil, dan indeks pengendapan cutting (PBI) sebesar 1, berarti cutting dalam kondisi tidak terjadi pengendapan.

Dalam optimasi pengangkatan cutting di annulus dengan menggunakan laju sirkulasi 734.74 gpm lebih kecil dari batas minimum motor dan dibawah batas maksimum motor, terjadi perubahan dalam pengangkatan cutting yaitu *Cutting Transport Ratio* (Ft) mengalami kenaikan dari 97.92% menjadi 99.27% pada *drill pipe*, *Cutting Concentration* (Ca) mengalami perubahan dari 0.12 % menjadi 0.02 % pada *drill pipe*, ini berarti setelah dilakukan optimasi *Cutting Transport Ratio* (Ft) dan *Cutting Concentration* (Ca) mengalami perubahan yang lebih baik dan indeks pengendapan serbuk bor (PBI) tetap 1 yang berarti cutting terangkat untuk inklinasi kurang dari 45°.

IV. Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat Optimalisasi hidrolika pahat pada kondisi aktual kedalaman 880 m dengan laju alir 867 gpm memperoleh nilai prosentase BHI/HPs sebesar 46.48 %, belum optimum karena nilai prosentase BHI/HPs < 48%.
2. Optimalisasi hidrolika pahat dengan konsep tekanan maksimum pada kedalaman 880 m dengan laju alir sebesar 734.74 gpm memperoleh prosentase BHI/HPs sebesar 48 %, yang menunjukkan sudah optimum.
3. Optimalisasi pengangkatan cutting pada kondisi aktual kedalaman 880 m dengan laju sirkulasi

867 gpm memperoleh hasil sebagai berikut : *Cutting rasio Transport* (Ft) sebesar 97.92%, sudah optimum karena nilai Ft > 90%; *Cutting Concentration* (Ca) sebesar 0.12%, sudah optimum karena nilai Ca < 5%.

V. Daftar Pustaka

- Adam T. Bourgouyne Jr. 1986 : “*Applied Drilling Engineering*”, SPE, Richardson TX.
- Adams, N.J., 1985. “*Drilling Engineering – A Complete Well Planning Approach*”, Penn Well Books Company., Tulsa, Oklahoma.
- Amyx, J.W.Jr. Bass, M.D., Whiting, RI, 1960. “*Petroleum Reservoir Engineering*”, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Annis, M.R., 1967: “*High Temperature Flow Properties of Water Base Drilling Fluids*”, Journal of Petroleum Technology.
- Bourgouyne, A.T., 1986. “*Applied Drilling Engineering*”, First Printing, Society of Petroleum Engineering, Richardson, Texas,.
- Clark, Norman, .J ; 1969. “*Element Of Petroleum Reservoir*”, Revision Edition, American Institute of Mining, Metalurgical and Petroleum Engineering, Dallas-Texas,.
- Craft, B, C., Hawkins, M, F. 1972. ”*Applied Reservoir Engineering*”, Prentice Hall Inc., Englewood Clifts, New Jersey,.
- Darley, HCH, & Gray, GR., 1988. *Komposisi dan Sifat Cairan Pengeboran dan Penyelesaian*. Penerbitan Profesional Teluk.
- Diansyah, F., 2019. “Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Pada Sumur Berarah “X” Lapangan “Y” Trayek 12 ¼ “PT PERTAMINA EP FIELD JATIBARANG” Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta.
- Gatlin, Carl. 1960. *Petroleum Engineering Drilling and Well Completion*. Prentice-Hall Inc., United States of America.
- Hakim, Arif Rachman., 2011. “ *Evaluasi Hidrolika Lumpur Pemboran dan Aerated Drilling pada Sumur X-3 Star Energy Geothermal Wayang Windu* ”, Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta.
- Koesoemadinata, R.P.; 1980. “Geologi Minyak dan Gas Bumi”, Jilid 1 dan 2, ITB, Bandung.
- Lyons, William C., Plisga, Garry J., 1997. “*Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering*”, Gas Research Institute, Chicago, Illinois,
- Mc. Cain. M.D., 1973. ”*The Properties Petroleum Fluids*”, Penn-Well Publishing Co., New Work.
- Moore. P.L., 1974. “*Drilling Practice Manual*”, Pennwell Publishing Co, Tulsa.
- Muskat, M., 1946. *The Flow Of Homogeneous Fluids Through Porous Media*, Pittsburgh, Gulf Research and Development Company,
- Patton, C., C., ; 1981. “*Oilfield Water System*”, Campbell Petroleum Series, Norman, Oklahoma.
- Pettijohn. F. J., 1958. “*Sedimentary Rock*”, Second Edition, Harper and Brother Publishing, New York.
- Rabia, H., 1985. “*Oil Well Drilling Engineering, Principles and Practice*”, Universty of Newcastle Upon Tyne, Graham and Trotman Ltd, London.
- Rudi Rubiandini, R.S, 2010. “*Optimasi Pemboran dan Problem Solver*”, FTM, Institut Teknologi Bandung.
- Rukmana, D., Kristanto, D. 2012. *Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Pohon Cahaya.
- Riszal, Muhammad., 2019. “valuasi Hidrolika Pemboran Sumur Xelow ST Lapangan Y “, Yogyakarta: Universitas Proklamasi 45.
- Sauman. M., Herianto., and Subiatmono P., IATMI Paper. 2001. : “*Optimasi Hidrolika Pada Penggunaan Down Hole Mud Motor dengan Konsep Minimum Annular Velocity untuk Pemboran Sumur Berarah*”, Simposium Nasional IATMI 2001, Yogyakarta.
- Samuel, G., & Samuel, P., 1995. *Teknik Fluida Pengeboran*. Buku PennWell.
- Tiab, Djebbar and C. Donaldson, Erle, “*Petrophysics*”. Second Edition, Gulf Professional Publishing, Houston, Texas. 2004.
- Wang, FS, & Larese, RE (2003). *Sistem Sirkulasi Pengeboran Terapan: Hidraulik, Perhitungan dan Model*. Penerbitan Profesional Teluk.