

PERENCANAAN PROGRAM HIDROLIKA PADA SUMUR EKSPLORASI F DI LAPANGAN M

Firman Nashir Ahmad, Abdul Hamid, Samsol
Program Studi Teknik Perminyakan – Universitas Trisakti

Abstrak

Salah satu tantangan dalam pemboran *deepwater* biaya sewa *rig* yang sangat tinggi, sehingga kegiatan pemboran diperlukan secepat mungkin untuk menghemat biaya. Sumur eksplorasi F merupakan sumur yang terletak di Lapangan M dengan target kedalaman 14,030 ft pada struktur Ngimbang Karbonat. Dari studi G&G dan berdasarkan sumur *offset* dapat diketahui bahwa lapisan yang akan ditembus adalah Lidah Shale hingga kedalaman 4,650 ft, kemudian Paciran hingga kedalaman 5,660 ft, lalu Cepu Shale hingga kedalaman 10,030 ft, dan yang terakhir adalah Ngimbang Karbonat hingga kedalaman 14,030 ft. Terlihat bahwa ada banyak kemungkinan masalah terkait *hole cleaning* dikarenakan lapisan shale yang panjang dan ditambah dengan masalah *mud window* yang tipis. Untuk mengatasi masalah *hole cleaning* dan *mud window* yang tipis, pada trayek 26" dilakukan pemompaan 2200 GPM dengan konsentrasi *cutting* yang dijaga sebesar 10% dan ROP yang mampu dicapai adalah 291 fph. Kemudian pada trayek 17-1/2" dilakukan pemompaan 1600 GPM dengan konsentrasi *cutting* yang dijaga sebesar 3% dan ROP yang mampu dicapai adalah 170 fph. Lalu pada trayek 14-3/4" dilakukan pemompaan 1300 GPM dengan konsentrasi *cutting* yang dijaga sebesar 3% dan ROP yang dapat dicapai sebesar 208 fph. Selanjutnya adalah pada trayek 12-1/4" dilakukan pemompaan 1200 GPM dengan konsentrasi *cutting* yang dijaga sebesar 3% dan ROP yang mampu dicapai sebesar 306 fph. Lalu pada trayek 10-7/8" dilakukan pemompaan sebesar 832 GPM dengan konsentrasi *cutting* yang dijaga sebesar 3% dan ROP yang dapat dicapai sebesar 285 fph. Dan trayek yang terakhir adalah 8-1/2" dimana dilakukan pemompaan sebesar 768GPM dimana dijaga agar konsentrasi *cutting* sebesar 3% dengan ROP yang mampu dicapai adalah 433 fph. Penentuan laju pemompaan pada masing-masing trayek dilakukan berdasarkan beberapa parameter yang menjadi acuan laju pemompaan maksimum diantaranya adalah *flow regime* di annulus, ECD dan spesifikasi peralatan bawah permukaan khususnya BHA.

Kata kunci: Hole cleaning, deepwater, drilling hydraulics, rate of penetration, Equivalent Circulating Density, Flow Regime

Pendahuluan

Pada operasi pemboran khususnya *deepwater drilling*, waktu merupakan variabel yang sangat berharga, dimana waktu sangat erat kaitannya dengan biaya yang akan dikeluarkan. Seperti yang diketahui bersama biaya sewa sebuah *rig* dapat mencapai angka yang fantastis, ditambah dengan menurunnya harga minyak dunia tentu menjadi tantangan yang harus dihadapi seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan bakar fosil.

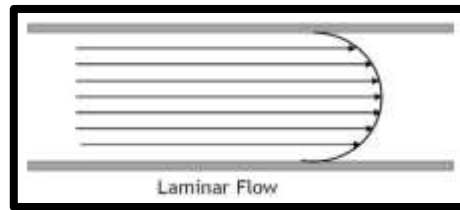
- Aliran Laminar

Dalam aliran laminar, cairan berperilaku sebagai serangkaian lapisan parallel yang bergerak pada kecepatan seragam atau mendekati seragam. Lapisan fluida terdekat pusat pipa atau anulus umumnya bergerak lebih cepat dari lapisan yang berdekatan dengan dinding lubang.

Kecepatan operasi pemboran erat kaitannya dengan laju penetrasi. Namun terdapat beberapa parameter yang membatasi laju penetrasi yang mana jika tidak memperhitungkan parameter-parameter tersebut, maka dapat menimbulkan masalah-masalah pemboran seperti pipa terjepit yang justru akan semakin memperlambat operasi pemboran itu sendiri.

Seiring bertambahnya laju penetrasi, tentu *cutting* yang dihasilkan akan semakin meningkat, sehingga perlu transportasi *cutting* dan *hole cleaning* yang baik untuk dapat mengakomodir laju penetrasi yang diinginkan.

- Aliran Transisi



Gambar 1 Pola Aliran Laminer

Sehingga perlu dianalisa parameter-parameter yang berpengaruh terhadap laju penetrasi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan laju penetrasi, diantaranya adalah konsentrasi *cutting* di annulus, kapasitas pompa lumpur di permukaan, serta batasan dari ECD (*equivalent circulating density*) dan batasan operasional peralatan bawah permukaan khususnya BHA.

Oleh karena itu, tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mengetahui pengaruh diameter *nozzle* terhadap *bottom hole cleaning* dan laju penetrasi. Dimana dari penelitian yang penulis lakukan, didapatkan nilai diameter *nozzle* dan laju pemompaan yang optimal. Sehingga dari penelitian yang penulis lakukan akan didapatkan hubungan antara beberapa parameter diatas, dimana dari hubungan tersebut akan didapatkan kombinasi beberapa parameter yang tepat untuk mengakomodir laju penetrasi, sehingga akan mempercepat waktu pemboran dan menghemat biaya pemboran itu sendiri.

Problem Statement

Permasalahan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah menentukan *flow rate* pompa yang optimum untuk memaksimalkan ROP berdasarkan parameter ECD, *Flow Regime* Dan Spesifikasi BHA yang digunakan.

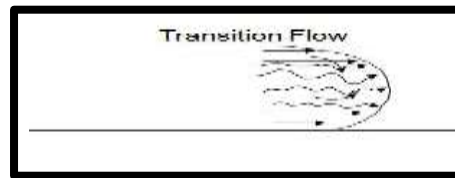
Teori Dasar

Sistem Hidrolika pemboran merupakan sistem aliran lumpur yang ada pada operasi pemboran. Sistem ini memegang peranan yang penting selama berlangsungnya operasi pemboran. Hidrolika dirancang sedemikian rupa agar dapat menghasilkan operasi pemboran yang *cost-efficient*, cepat, efektif, serta aman.

Lumpur pemboran, ataupun fluida pemboran, merupakan semua jenis fluida yang digunakan untuk memperlancar operasi pemboran. Salah satu fungsi utamanya ialah berkontribusi dalam pembersihan lubang bor dari serbuk bor (*cutting*), dan mengangkatnya ke permukaan. Dalam operasi pemboran, lumpur yang digunakan harus sesuai dengan kondisi formasi dan kebutuhan, agar dapat terlaksana operasi pemboran yang baik.

Pola aliran atau *flow regime* merupakan *model* atau jenis aliran dari suatu fluida. Dimana pola aliran ada 3 jenis, diantaranya adalah laminar, turbulen, dan transisi.

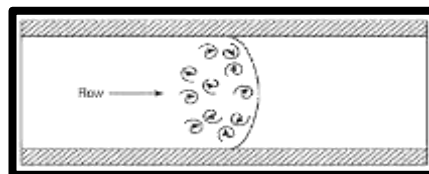
Aliran transisi menunjukkan karakteristik dari kedua pola aliran, yaitu laminar dan turbulen. Hal ini menyulitkan untuk menentukan daerah mana aliran yang tidak sepenuhnya laminar atau seluruhnya bergolak.



Gambar 2 Pola Aliran Transisi

- Aliran Turbulen

Aliran turbulen ditandai dengan fluktuasi kecepatan antara partikel aliran fluida, baik paralel dan aksial ke aliran arus. Fluktuasi ini memecah batas-batas antara lapisan cairan, sehingga pola aliran menjadi kacau dan tidak beraturan.



Gambar 3 Pola Aliran Turbulen

Untuk menentukan aliran tersebut turbulen atau laminar digunakan Reynold Number yaitu persamaan 1:

$$NRe = 928$$

Dari percobaan diketahui bahwa untuk $NRe > 3000$ adalah turbulen dan $NRe < 2000$ adalah laminar, dan di antaranya adalah transisi.

Fluida pemboran dapat dibagi menjadi dua kelas, yaitu fluida Newtonian dan fluida non-newtonian. Fluida non-newtonian terdiri dari *Bingham Plastic*, *Powerlaw*, dan *Powerlaw* dengan *YieldStress*.

- Fluida Newtonian

Newtonian fluid atau fluida newtonian adalah fluida dimana viskositasnya hanya dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur, misalnya air, gas, dan minyak yang encer.

- Fluida Non-Newtonian

Fluida Non-Newtonian adalah fluida yang tidak memiliki perbandingan tetap antara *shearstress* dan *shearrate*. Fluida Non-Newtonian antara lain *Bingham Plastic*, *Power Law*, dan *Power Law* fluid dengan *yieldstress*.

Pompa sirkulasi merupakan pompa yang berfungsi untuk memberikan tekanan supaya terjadi sirkulasi lumpur yang sedemikian rupa, sehingga dapat mengalir dengan volume dan kecepatan yang diinginkan. Perlu diketahui bahwa konsumsi energi untuk pompa dalam suatu pekerjaan pemboran berkisar antara 70% - 80% dari seluruh tenaga yang tersedia. Sehingga dalam operasi pemboran digunakan pompa lumpur dengan mesin penggerak sendiri.

Unit pompa dikenal ada dua jenis, dilihat dari mekanisme pemindahan dan pendorongan lumpur pemboran, yaitu pompa sentrifugal dan pompa piston. Pompa piston lebih sering digunakan dalam operasi pemboran, karena mempunyai beberapa kelebihan dari pompa sentrifugal. Hal ini disebabkan karena pompa piston dapat dilalui oleh

fluida pemboran yang mempunyai kadar solid tinggi dan abrasive. Di samping itu juga pemeliharaan dan sistem kerjanya tidak terlalu rumit, serta ukuran linernya dapat diganti-ganti atau dapat dipakai lebih dari satu macam liner, sehingga dapat mengatur laju alir dan tekanan pompa yang diinginkan.

Dilihat dari jumlah pistonnya, pompa dapat dibagi menjadi tiga, yaitu simplex (1 piston), duplex (2 piston), dan triplex (3 piston). Begitu pula dengan arah kerjanya, pompa dapat dibagi menjadi dua, yaitu single acting dan double acting.

Kemampuan pompa dibatasi oleh horse power maksimumnya, sehingga tekanan dan kecepatan alirnya dapat berubah-ubah seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2:

Kecepatan aliran lumpur pemboran sangat mempengaruhi efisiensi pemboran, karena bila kecepatan aliran terlalu kecil akan terjadi pipe sticking, dan bila aliran terlalu cepat, akan terjadi pola aliran turbulen di annulus, sehingga terjadi pengikisan oleh lumpur pemboran terhadap *mud cake* yang telah terbentuk. Kecepatan aliran lumpur pemboran dibatasi oleh kecepatan aliran kritis dan pola aliran, serta pendekatan *model* aliran yang dipakai, yaitu *Bingham Plastic* atau *Power Law*.

- *Bingham Plastic Model*

Kecepatan aliran fluida di dalam pipa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3:

Kecepatan kritis aliran fluida di dalam pipa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 4:

$$\sqrt{\frac{\text{_____}}{\text{_____}}}$$

- *Power Law Model*

Kecepatan aliran fluida untuk *model power law* dihitung dengan persamaan seperti *model Bingham Plastic*, sedangkan untuk menentukan kecepatan kritisnya digunakan persamaan 5:

Untuk mencari harga n dan k digunakan persamaan 6 sebagai berikut:

Salah satu fungsi utama dari fluida pemboran adalah untuk membawa serbuk pemboran menuju ke permukaan. Pembersihan lubang yang tidak mencukupi dapat menyebabkan berbagai masalah. Kemampuan fluida pemboran untuk mengangkat *cutting* dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, diantaranya dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 1. Parameter Yang Mempengaruhi *Hole Cleaning*

PROFIL DAN GEOMETRI SUMUR	<ul style="list-style-type: none"> • Kemingan Lubang • <i>Casing</i> / lubang bor dan diameter pipa • Eksentritas Drill String
KARAKTERISTIK <i>CUTTING</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Specific gravity • Ukuran dan bentuk <i>cutting</i> • Kereaktifan terhadap fluida pemboran
KARAKTERISTIK ALIRAN	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan annulus • Profil aliran annulus • Pola aliran di annulus
PROPERTI FLUIDA PEMBORAN	<ul style="list-style-type: none"> • Densitas lumpur • Viskositas lumpur • <i>Gel strength</i>
PARAMETER PEMBORAN	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis <i>bit</i> • ROP • Putaran pipa • Perbedaan tekanan

Hasil dan Pembahasan

Program hidrolika pada Sumur Eksplorasi F bertujuan untuk memastikan tercukupinya *hole cleaning*, meminimalisir *hole enlargement* dan memaksimalkan *rate of penetration*. Hal tersebut dapat tercapai dengan desain hidrolika yang baik, yaitu dengan menentukan *annular velocity* dan *flow rate* minimum, *annular velocity* dan *flow rate* maksimum, kebutuhan daya pompa dan criteria hidrolika pada *bit* seperti HHP (*Hydraulic horse Power*), JV (*Jet Velocity*) dan IF (*Impact Force*).

- Asumsi Dasar Sumur Eksplorasi F

Berikut adalah data asumsi sumur eksplorasi yang mencakup data sumur, data lumpur, data *cutting* dan data *bit*.

Tabel 2. Data Sumur F

Hole Data	Unit	Amount
ROP (Minimum)	fph	100
Hole Diameter	in	12.25
Casing ID	in	12.415
Drill Pipe OD	in	5.5
Drill Pipe ID	in	4.5
Drill Pipe Length	ft	8200
Drill Collar OD	in	8
Drill Collar ID	in	6
Drill Collar Length	ft	300
Casing Shoe	ft	7000
Interval	ft	8500

Selanjutnya adalah data rheologi lumpur yang digunakan pada sumur eksplorasi F.

Tabel 3 Data Rheologi Lumpur Sumur F

Mud Data	Unit	Amount
Mud Weight	ppg	11.7
PV	cp	25
YP	lbs/100 ft ²	20
Dial Reading 600	RPM	70
Dial Reading 300	RPM	45
AV	cp	35
N		0.637
K		0.000
Mud Pump	HP	1800

Kemudian data dari *cutting* yang didapatkan dari sumur *offset* yang digunakan untuk pemboran sumur eksplorasi F.

Tabel 4 Data *Cutting* Sumur *Offset* Sumur Eksplorasi F

Cutting Data	Unit	Amount
Cutting Diameter	in	0.25
Cutting Concentration (max)	%	3%
Cutting Density	ppg	21

Data-data mengenai *cutting* didapatkan dari analisis laboratorium oleh perusahaan jasa yang menyediakan lumpur untuk kegiatan pemboran di sumur eksplorasi F. Dari hasil tes dan analisis didapatkan diameter *cutting* terbesar adalah 0,25 inci dengan diameter *cutting* terkecil adalah sebesar 0,1 inci. Sehingga digunakan diameter *cutting* terbesar untuk perhitungan.

- Hasil Perhitungan *Annular Velocity* Dan *Flow Rate* Minimum

Untuk membuat desain hidrolika, pada awalnya harus menentukan *annular velocity* dan *flow rate* minimum sebagai dasar *hole cleaning* minimum yang dibutuhkan.

- Perhitungan *Cutting Slip Velocity*

Pertama-tama dilakukan perhitungan terhadap laju pengendapan *cutting* atau *cutting slip velocity* (V_s) dari masing- masing jenis batuan.

Tabel 5 Tabel Kecepatan Jatuh *Cutting* Setiap Formasi

Formasi	Trayek (in)	Densitas Batuan (ppg)	MW (ppg)	Kcepatan Slip Cutting (fpm)
Lidah	26	15	8.6	30.92
Paciran	17.5	18.5	9.7	36.73
Cepu	14.75	19.5	10.8	34.80
	12.25	19.5	11.9	30.92
	10.875	19.5	12.6	28.57
Prupuh	8.5	21	13	30.57

- Hasil Perhitungan *Transport Velocity* Dan *Flow Rate* Minimum

Setelah didapatkan laju peluncuran *cutting* atau *cutting slip velocity* (V_s), maka selanjutnya dilakukan perhitungan *transport velocity* minimum, *Annular Velocity* minimum dan *flow rate* minimum dengan menggunakan asumsi dasar *rate of penetration* minimum yang diharapkan adalah 100 fph, sehingga *transport velocity* minimum dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.41 dan dilanjutkan dengan perhitungan *annular velocity* minimum dan *flow rate* minimum.

Tabel 6 *Transport Velocity*, *Annular Velocity* Dan *Flow Rate* Minimum Setiap Trayek

Trayek (in)	Transport Velocity (min) (fpm)	Annular Velocity (min) (fpm)	Flow Rate (min) (GPM)
26	17.31	49.67	1320
17.5	60.49	97.23	1116
14.75	62.77	97.56	767
12.25	66.66	97.58	498
10.875	71.36	99.93	358
8.5	84.95	115.52	223

- Hasil Perhitungan *Equivalent Circulating Density* Pada *Flow Rate* Minimum

Perhitungan untuk mengetahui *equivalent circulating density* (ECD) dilakukan pada setiap trayek lubang bor untuk mengetahui besar ECD pada pemompaan minimum.

Tabel 7 ECD Pada Setiap *Flow Rate* Minimum Masing-masing Trayek

Trayek (in)	MW (ppg)	Annular Velocity (min) (fpm)	Flow Rate (min) (GPM)	ECD (ppg)
26	8.6	49.67	1320	9.26
17.5	9.7	97.23	1116	9.99
14.75	10.8	97.56	767	11.1

- Hasil Perhitungan *Annular Velocity* dan *Flow Rate* Maksimum

Untuk menentukan *annular velocity* dan *flow rate* maksimum dapat mengacu kepada batas maksimum ECD (*Equivalent Circulating Density*) yang diperbolehkan, pola aliran yang terjadi antara annulus dan DC dimana harus dijaga tetap laminar agar tidak menyebabkan *hole erosion*.

- Hasil Perhitungan *Annular Velocity* dan *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan ECD

Dalam hal ini ECD adalah MW maksimum yang diperbolehkan dalam pemoran sumur eksplorasi berdasarkan grafik PP vs FP. Yang mana grafik tersebut telah dirangkum dalam bentuk tabel. Sehingga dapat diketahui *flow rate* maksimum berdasarkan ECD.

Tabel 8 *Annular Velocity* Dan *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan ECD

Trayek (in)	Tekanan Rekah Batuan (ppg)	MW (ppg)	Annular Velocity (max) (fpm)	Flow Rate (max) (GPM)	ECD (ppg)
26	9.5	8.6	378.50	10057	9.49
17.5	10.0	9.7	651.67	7366	10.0
14.75	11.15	10.8	499.28	3382	11.15
12.25	12.3	11.9	430.89	2199	12.3
10.875	12.9	12.6	231.94	832	12.9
8.5	13.9	13	398.41	798	13.9

- Hasil Perhitungan *Annular Velocity* dan *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan Pola Aliran Laminer di Annulus DC dan *Open Hole*

Kemudian setelah diketahui batas maksimum *flow rate* dan *annular velocity* berdasarkan ECD, maka dicari batas maksimum berdasarkan pola aliran, dimana pola aliran dijaga tetap laminar, sehingga kecepatan di antara *open hole* dan DC harus di bawah kecepatan kritis.

Tabel 9 *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan Pola Aliran

Trayek (in)	Critical Velocity (fpm)	Flow Rate (max) (GPM)
26	384.25	9597
17.5	374.13	4295
14.75	363.62	2856
12.25	364.72	1862
10.875	386.32	1386
8.5	424.57	819

Dari tabel di atas diketahui bahwa *flow rate* maksimum berdasarkan pola aliran didasarkan pada *critical velocity* di antara annulus dan DC pada setiap trayeknya. Jika *flow rate* tersebut dilampaui pada praktiknya maka aliran yang terjadi di antara annulus dan DC adalah turbulen dan bisa menyebabkan *hole erosion*.

□ Penentuan *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan Spesifikasi *Bottom Hole Assembly*

Dalam menentukan *flow rate* maksimum perlu untuk melihat batas maksimum operasional dari peralatan yang digunakan khususnya BHA, karena jika hal ini tidak diperhatikan maka akan menyebabkan kerusakan pada alat yang nantinya akan berdampak buruk bagi kegiatan pemboran.

Tabel 10 *Flow Rate* Maksimum Berdasarkan Spesifikasi BHA Di Setiap Trayek

Trayek (in)	BHA	Flow Rate (max) (GPM)
26	Drill Bit 26"	2200
17.5	Telescope 950	1600
14.75	Telescope 825	1200
12.25	Sonic Vision 825	1200
10.875	Sonic Vision 825	1200
8.5	Telescope 675	800

- Penentuan *Flow Rate* Maksimum Pada Setiap Trayek

Setelah dilakukan analisis terhadap batasan-batasan *flow rate* yang diantaranya adalah ECD, pola aliran dan spesifikasi peralatan maka didapatkan *flow rate* maksimum yang dapat diaplikasikan pada operasi pemboran sumur eksplorasi F.

Tabel 11 *Flow Rate* Maksimum Pada Setiap Trayek

Trayek (in)	Batasan	Flow Rate (max) (GPM)
26	BHA	2200
17.5	BHA	1600
14.75	BHA	1200
12.25	BHA	1200
10.875	ECD	832
8.5	ECD	768

- Perhitungan HP Maksimum ada Trayek Lubang Lainnya

Selain trayek 12.25 inci, juga dilakukan perhitungan pada trayek lain yang mana akan ditampilkan dalam bentuk tabel.

Tabel 12 Kebutuhan Daya Pompa Setiap Trayek

Trayek (in)	Critical Velocity (fpm)	Flow Rate (max) (GPM)
26	384.25	9597
17.5	374.13	4295
14.75	363.62	2856
12.25	364.72	1862
10.875	386.32	1386
8.5	424.57	819

Terlihat dari tabel di atas, bahwa kebutuhan pompa terbesar adalah pada trayek lubang 26", sehingga akan dijadikan acuan minimum dalam menentukan tenaga pompa yang akan digunakan pada pemboran sumur eksplorasi F. Hal tersebut juga mempengaruhi skenario pompa yang akan diaplikasikan pada pemboran sumur eksplorasi F untuk dapat memadai semua program pemboran dari setiap trayeknya.

- Perhitungan HSI, JV Dan IF

Perhitungan HSI, JV dan IF dilakukan untuk melihat kualitas dari program pemompaan terhadap parameter hidrolika.

Perhitungan HSI, JV dan IF dilakukan dengan bermacam-macam ukuran *nozzle* diantaranya 16 inci, 18 inci, 20 inci, 22 inci dan 24 inci.

Tabel 13 Hasil Perhitungan HSI, JV dan IF

Trayek	Ukuran Nozzle	TFA (in ²)	H.S.I (HP/in ²)	JV (fps)	IF (lbf)
26 inci	16	0,982	4694	682	6665
	18	1,243	2315	539	5266
	20	1,534	1230	436	4266
	22	1,856	695	361	3525
	24	2,209	412	303	2962
17.5 inci	16	0,982	2037	496	3977
	18	1,243	1005	392	3142
	20	1,534	534	317	2545
	22	1,856	301	262	2103
	24	2,209	179	220	1767
14.75 inci	16	0,982	1215	403	2921
	18	1,243	599	318	2308
	20	1,534	319	257	1869
	22	1,856	180	213	1545
	24	2,209	107	179	1298
12.25 inch	16	0,982	1053	372	2743
	18	1,243	520	294	2167
	20	1,534	276	238	1755
	22	1,856	156	197	1451
	24	2,209	92	165	1219
10.625 inc	16	0,982	372	258	1397
	18	1,243	183	204	1104
	20	1,534	98	165	894
	22	1,856	55	136	739
	24	2,209	33	115	621
8.5 inch	16	0,982	302	238	1229
	18	1,243	149	188	971
	20	1,534	79	152	786
	22	1,856	45	126	650
	24	2,209	27	106	546

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran *nozzle* akan semakin baik nilai HSI, JV dan IF nya. Namun semakin kecil ukuran *nozzle* yang digunakan, daya pompa yang dibutuhkan untuk menghasilkan *flow rate* yang sama semakin besar.

- Perhitungan Laju Penetrasi (ROP) Optimum Berdasarkan AV dan Q Maksimum

Setelah didapatkan AV dan Q maksimum maka dengan perhitungan dapat diketahui laju transportasi *cutting* di *annulus*. Dengan diketahuinya laju pengangkatan atau transportasi *cutting* maka *rate of penetration* dapat ditentukan

Tabel 14
Hasil Perhitungan ROP Pada Setiap Flow Rate Di Masing-

Trayek (in)	Flow Rate (GPM)	ROP	
		(fph)	(fpm)
26	2200	291	4,9
17.5	1600	170	2,8
14.75	1300	208	3,5
12.25	1200	306	5,1
10.875	832	235	3,9
8.5	768	433	7,2

Ini merupakan ROP maksimum yang dapat dicapai dengan menerapkan *flow rate* pompa yang tercantum pada setiap trayek, hal ini dilihat antara hubungan laju penetrasi dan *cutting* yang tercipta dengan laju transportasi *cutting*.

- Penentuan Skenario Pompa Dan Pemilihan Rig Untuk Pemboran Sumur Eksplorasi F Berdasarkan Skenario Pompa

Selanjutnya akan ditampilkan skenario penggunaan pompa yang akan digunakan pada pemboran sumur eksplorasi F. Terdapat 5 skenario yang akan digunakan pada pemboran sumur eksplorasi F. Di bawah ini merupakan skenario pompa yang akan digunakan pada pemboran sumur eksplorasi F:

Tabel 15
Skenario Penggunaan Pompa

Skenario	Jumlah & Daya Pompa	Keterangan
1	3x2200 HP	2 Operasional, 1 Back Up
2	4x2000 HP	3 Operasional, 1 Back Up
3	3x2000 HP	2 Operasional, 1 Back Up
4	4x2200 HP	3 Operasional, 1 Back Up
5	4x2200 HP	2 Operasional, 2 Back Up

Dari skenario di atas, maka dipilih skenario 4 pada pemboran trayek 26 inci karena membutuhkan daya pompa sebesar 6238 HP, sedangkan pada pemboran di trayek-

trayek selanjutnya menggunakan skenario 5. Dibawah ini merupakan tabel ketersediaan pompa pada kandidat *rig* yang akan digunakan:

Tabel 4.16
Tabel Ketersediaan Pompa Di Setiap Kandidat Rig

Nama RIG	Pompa	Jumlah	Status RIG
TM	Continental Emsco 2000 HP	3	Drilling
DD	Continental Emsco 2200 HP	4	Ready Stacked
GSF-JR	National Oilwell 2000 HP	4	Cold Stacked
WE	Wirth TPK 2200 HP	4	Drilling
N-9	Continental Emsco 1600 HP	3	Drilling

Dari tabel di atas, maka *rig* yang memenuhi syarat adalah *rig* DD dan *rig* WE, namun *rig* yang dianjurkan adalah *rig* DD dikarenakan kondisinya *ready stacked*. Sehingga bisa segera digunakan saat dibutuhkan.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan perhitungan dan analisis, Program hidrolika pada sumur eksplorasi F dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kebutuhan daya pompa tertinggi adalah di bagian lubang 26 inch yaitu sebesar 6238 HP . Jadi setidaknya 3 pompa dengan 2200 HP diperlukan .
2. Pada sumur eksplorasi F, konsentrasi *cutting* dijaga tetap di bawah 3 % untuk mengontrol ECD , karena sumur eksplorasi F memiliki *mud window* yang tipis, kecuali pada trayek 26" konsentrasi *cutting* hanya dijaga dibawah 10%.
3. Seiring kenaikan ROP, maka diperlukan peningkatan laju pemompaan. Jika tidak maka konsentrasi *cutting* yang terbentuk akan semakin meningkat, hal ini tentu dapat menyebabkan masalah seperti *stuck pipe*.
4. Pada trayek lubang 26 inci, 17-¾ inci, 14-¾ inci dan 12,25 inci , laju alir pompa maksimum dibatasi oleh spesifikasi peralatan bawah permukaan. Dimana laju alir maksimum trayek 26" adalah 2200 GPM, 17-½" adalah 1600 GPM, 14-¾" adalah 1200 GPM dan 12-¼" adalah 1200 GPM.
5. Pada trayek lubang 10-7/8" dan 8-½" laju pemompaan maksimum dibatasi oleh ECD, dimana pada trayek 10-7/8" laju pemompaan maksimum sebesar 832 GPM sedangkan pada 8-½" adalah 768 GPM.
6. Skenario pompa yang direkomendasikan adalah dengan menggunakan 4 pompa 2200 HP. Dimana pada trayek 26" digunakan 3 pompa untuk operasional dan 1 pompa sebagai cadangan, sedangkan pada trayek- trayek selanjutnya cukup menggunakan 2 pompa untuk operasional .
7. Berdasarkan evaluasi dari setiap program hidrolika , semua program cukup baik kecuali pada trayek 8.5 inci yang JV, HSI dan IF pada laju pemompaan minimum masih berada dibawah standar yang direkomendasikan.
8. *Rig* yang direkomendasikan untuk digunakan berdasarkan ketersediaan pompa adalah *rig* DD karena satu-satunya kandidat *rig* yang memiliki 4 pompa 2200 HP dengan status *ready stacked*.

Daftar Simbol

ρ_c = Densitas *cutting*, ppg

ΔP = *Pressure loss*, psi

τ = gaya *shear* per unit luas (*shearstress*), lb/100ft²

A	= Luas penampang <i>nozzle</i> , inch ²
Cc	= Konsentrasi <i>cutting</i> di annulus, %
Db	= Diameter <i>bit</i> , inch
Dc	= Diameter <i>cutting</i> terbesar, inch
Dh	= Diameter lubang bor, inch
d _{lin}	= Diameter liner, inch
d _{pist}	= Diameter rangkai piston, inch
dVr/dr	= <i>shear rate</i> , 1/sec
e	= Efisiensi volumetrik
ECD	= <i>Equivalent circulating density</i> , ppg
gc	= conversion constant
HP	= Horse power yang diterima pompa,
HP ID	= Inside diameter pipa, inch
L	= Panjang pipa (DP atau DC), ft
OD	= Diameter luar pipa, inch
P	= Tekanan Pemompaan, psi
P1	= <i>Pressure loss surface equipment</i> , psi
P2	= <i>Pressure loss</i> pada drill pipe, psi
P3	= <i>Pressure loss</i> pada drill collar, psi
P4	= <i>Pressure loss</i> pada annulus drill pipe, psi
P5	= <i>Pressure loss</i> pada annulus drill collar, psi
P6	= <i>Pressure loss</i> Antara <i>Casing</i> Dan <i>Drill Pipe</i>), psi
Pb	= Kehilangan tekanan pada <i>bit</i> , psi
PV	= <i>Plastic viscosity</i> , cp
Q	= <i>Rate</i> pemompaan, GPM
ROP	= Laju penetrasi, fpm
S	= Panjang stroke, inch
TVD	= <i>True Vertical Depth</i> , ft
V'	= Kecepatan aliran rata-rata, fpm
Vc	= Kecepatan kritis, fpm
Vm	= Kecepatan lumpur di annulus, ft/menit
Vs	= Kecepatan slip <i>cutting</i> , ft/menit
Vt	= Kecepatan transportasi <i>cutting</i> , ft/menit
YP	= <i>Yield Point</i> , lb/100ft ²

Daftar Pustaka

Bai, Yong and Qiang Bai, "*Subsea Engineering Handbook*", Elsevier, Houston, 2010.

Bourgoyne, Adam T. And Keith K. Millhem, "*Applied Drilling Engineering*", SPE, Texas, 1986.

Davenport, Byron, "*Handbook Of Drilling Practices*", Gulf Publishing Company, Houston, 1984.

Gabolde, G. and J.P Nguyen, "*Drilling Data Handbook*", Editions Technip, Paris, 1999.
Holden Craft and Graves, "*Well Design Drilling & Production*", Prentice Hall, New Jersey, 1962.

Kendall, H.A and W.C. Goins Jr, "*Design And Operation Of Jet-Bit Programs For Maximum Hydraulic Horsepower, Impact Force Or Jet Velocity*", Gulf Research And Development co., Pittsburgh, 2000.

Lapeyrouse, Norton J., "*Formulas And Calculations For Drilling, Production And Workover*", Gulf Profesional Publisher, USA, 2002.

Nas, Steve," *Deepwater Managed Pressure Drilling Application*", SPE, Houston, 2010.
Norton, Jay and John Altermann, "*Drilling Manual*", Technical Toolboxes, Houston, 1995.
Pekarek, J.L and D.K. Lowe, "*Hydraulic Jetting-Some Theoretical And Experimental Result*", Gulf Research And Development co., Pittsburgh, 2000.

Ramsey, Mark S., "*Improved Method Of OHCOTM Hydraulics Optimization Including Long Bit Run Predictive Considerations*", Teras Drilling Associates, Houston, 2007.
Rubiandini, Rubi, "*Teknik Operasi Pemboran*", ITB, Bandung, 2012.

Whittaker, Alun, "*Theory And Application Of Drilling Fluid Hydraulics*", EXLOG, Boston, 1985.