

ANALISA *PRESSURE DROP* DALAM INSTALASI PIPA PT.PERTAMINA DRILLING SERVICES INDONESIA DENGAN PENDEKATAN *BINGHAM PLASTIC*

*Eflita Yohana, Imron Aryadi Saputra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
 *Email:efnan2003@gmail.com

ABSTRAK

Dalam membantu mengangkat *cutting* dari dasar sumur pengeboran diperlukan suatu media pembantu yaitu lumpur (*mud*). Lumpur (*mud*) ini dialirkan melalui suatu instalasi pipa hingga mencapai sumur pengeboran. Instalasi pipa pengeboran terdiri dari pipa lurus dan juga beberapa *fitting* seperti *elbow*, cabang (*tee*), dan *valve*. Saat lumpur (*mud*) ini dialirkan melalui instalasi pipa terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) dari suatu titik ke titik yang lain. Lumpur (*mud*) merupakan jenis fluida non-newtonian sehingga perhitungan *pressure drop* dilakukan dengan model pendekatan *bingham plastic*. Perhitungan hilang tekan (*pressure drop*) dilakukan dengan menentukan jenis aliran fluidanya terlebih dahulu. Jenis aliran fluida ditentukan dengan membandingkan kecepatan aliran fluida dan kecepatan kritisnya. Aliran lumpur (*mud*) yang melewati *pipeline* memiliki kecepatan fluida (V) sebesar 5.39 ft/s dan kecepatan kritisnya (V_c) sebesar 10.59 ft/s. Aliran lumpur tersebut dapat diklasifikasikan sebagai aliran laminar karena besarnya kecepatan fluida (V) lebih kecil dibandingkan kecepatan kritisnya (V_c). Setelah dilakukan perhitungan *pressure drop* dengan pendekatan *bingham plastic* didapat besarnya *pressure drop major* sebesar 73.12 Psi dan *pressure drop minor* sebesar 29.82 Psi, sehingga besarnya *pressure drop total* pada *pipeline* tersebut yaitu 102.94 Psi. Hilang tekan (*pressure drop*) yang terjadi pada instalasi pipa PT.Pertamina Drilling Services Indonesia disebabkan adanya beberapa *fitting* pipa seperti *elbow*, cabang (*tee*), dan *valve*.

Kata kunci: *Pressure drop*, *Non-newtonian*, *Bingham plastic*

NOMENKLATUR

τ_y	<i>Yield point</i>	lb/100ft ²
$\partial u/\partial y$	Gradien Kecepatan	s ⁻¹
μ_p	Viskositas plastic	lb/ft.s
Q	Kapasitas aliran	ft ³ /s
d	Diameter dalam pipa	ft
ρ	Nilai kerapatan massa fluida	lbm/ft ³
g	Kecepatan gravitasi	ft/s ²
V	Kecepatan rata-rata linier fluida	ft/s
μ	Viskositas dinamik fluida	lb/ft.s
f	Faktor friksi	Tak berdimensi
Re	Bilangan Reynolds	Tak berdimensi
He	Bilangan Hedstrom	Tak berdimensi
K	<i>Resistance coefficient</i> pengganti <i>friction factor</i>	Tak berdimensi

1. PENDAHULUAN

PT.Pertamina Drilling Services Indonesia merupakan anak perusahaan pertamina yang bergerak di bidang perminyakan khususnya dalam bidang pengeboran. Ketika melakukan pengeboran, sumur pengeboran akan dipenuhi serpihan-serpihan atau biasa disebut *cutting*. Untuk mengangkat *cutting* diperlukan fluida yang dialiri menuju dasar sumur pengeboran. Fluida yang dipakai pada proses pengeboran adalah lumpur (*mud*). Lumpur pemboran (*mud*) mengalir keluar dari pompa lumpur (*mud pump*) dengan besar tekanan tertentu, lumpur (*mud*) tersebut akan melewati suatu sistem perpipaan (*discharge line & stand pipe*) sebelum akhirnya sampai ke pipa bor (*drill pipe*) [1].

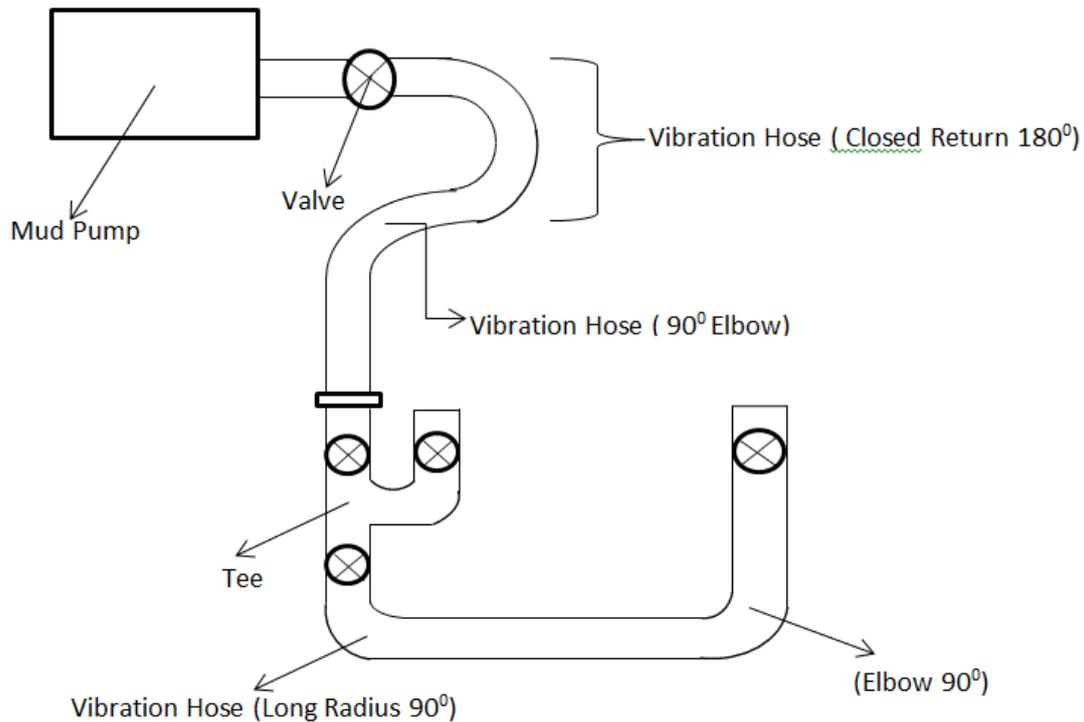
Saat lumpur (*mud*) yang memiliki besar tekanan tertentu melewati sistem perpipaan tersebut terjadi penurunan tekanan dari suatu titik ke titik yang lain dalam sistem perpipaan yang disebut hilang tekanan (*pressure drop*) [2]. *Pressure drop* terjadi karena beberapa faktor yaitu kekasaran pipa dan juga adanya komponen-komponen sistem perpipaan (*fitting*).

Analisa *pressure drop* ini menggunakan model pendekatan *bingham plastic*. *Bingham plastic* merupakan model pendekatan untuk jenis fluida non-newtonian. Analisa *pressure drop* dilakukan pada sistem perpipaannya yaitu saat lumpur pemboran melewati *discharge line* dan *stand pipe*. Tujuan analisa ini adalah mengetahui besarnya *pressure drop* pada instalasi pipa PT.Pertamina Drilling Services Indonesia dan juga penyebab terjadinya hal tersebut.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Instalasi Pipa

Instalasi pipa pada analisa ini memiliki panjang total sebesar 34.5 m atau 113.18 ft. Pipa yang digunakan memiliki besar diameter luar sebesar 4.65 inch atau 0.26 ft dengan schedule pipa *double extra strong (XXS)*. Sistem perpipaan ini memiliki beberapa fitting antara lain: *valve* (4 buah), belokan atau *elbow* (4 buah) dan 1 buah percabangan (*tee*). Proses analisa akan dibagi menjadi dua yaitu analisa *pressure drop mayor* pada pipa tanpa *fitting* dengan panjang 19.08 m atau 62.66 ft dan *pressure drop minor* pada fitting-*fitting* pipa dengan panjang total 15.42 m atau 50.59 ft. Gambar instalasi pipa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Instalasi pipa

Perhitungan *pressure drop* dilakukan menggunakan model pendekatan *bingham plastic* karena dalam hal ini ketika fluida pengeboran mengalir harus ada minimum *shear stress* yang melebihi suatu harga minimum τ_y , yang disebut “*yield piont*”. Setelah *yield point* dilampaui, maka penambahan *shear stress* lebih lanjut akan menghasilkan *shear rate* yang sebanding dengan μ , disebut “*plastic viscosity*” [3]. Model persamaan *bingham plastic* ditunjukkan oleh persamaan 1[4].

$$\tau = \tau_y + \mu_p \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

2.2. Tahap mencari nilai kecepatan

Nilai kecepatan yang dicari yaitu kecepatan dari aliran lumpur dan kecepatan kritisnya. Tujuan dari langkah ini agar kita mengetahui jenis aliran lumpur dengan membandingkan nilai kecepatan fluida dan kecepatan kritisnya.

Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran lumpur adalah jarak yang ditempuh oleh Lumpur pemboran dalam waktu tertentu. Pada fluida *Bingham Plastic* kecepatan aliran secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan 2 [5].

$$v = \frac{Q}{2,448 d^2} \quad (2)$$

Jenis lain dari kecepatan aliran pada pemodelan *Bingham Plastic* adalah kecepatan kritis. Kecepatan kritis merupakan kecepatan pada saat tertentu di dalam pipa dapat dicari menggunakan persamaan 3 [5]:

$$V_c = \frac{1,078\mu_p + 1,078(\mu_p^2 + 12,34di^2\tau_y\rho)^{0,5}}{d \times \rho} \quad (3)$$

Dengan demikian untuk menentukan sifat aliran fluida pemboran dengan konsep kecepatan kritis digunakan ketentuan sebagai berikut :

- $V > V_c$ = aliran fluida bersifat turbulen
- $V < V_c$ = aliran fluida bersifat laminar [5].

2.3. Tahap mencari hilang tekan (*pressure drop*)

Setelah mengetahui jenis aliran yang terjadi maka kita dapat mencari *pressure drop* mayor dan minornya. Dalam menghitung *pressure drop* mayor sebelumnya kita mencari nilai dari bilangan Reynold dan bilangan Hedstrom karena kedua bilangan ini mempengaruhi nilai dari factor friksi pipa.

1) Bilangan Reynold

Bilangan Reynold dapat dicari menggunakan persamaan 4 [2]:

$$R_e = \frac{\rho V d}{\mu} \quad (4)$$

2) Bilangan Hedstrom

Bilangan hedstrom merupakan bilangan tak berdimensi yang menyusun persamaan dari koefisien friksi untuk fluida plastis. Bilangan hedstrom dapat dicari menggunakan persamaan 5[6]:

$$H_e = \frac{\rho D^2 \tau_y}{\mu_p} \quad (5)$$

3) *Pressure Drop*

Pressure Drop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik dalam pipa atau tabung ke hilir titik. *Pressure drop* merupakan hasil dari gaya gesek pada fluida ketika mengalir melalui tabung yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Penentu utama resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida [2].

Perhitungan *pressure drop* dibagi menjadi dua yaitu *pressure drop mayor* dan *pressure drop minor*. *Pressure drop mayor* merupakan perhitungan *pressure drop* pada pipa tanpa *fitting* sedangkan *pressure drop minor* merupakan perhitungan *pressure drop* pada *fitting-fitting* pipa itu sendiri. Pada permodelan *bingham plastic*, *pressure drop* aliran *turbulent* pada pipa dapat dihitung menggunakan persamaan 6 [5]:

$$\Delta P = \frac{\rho^{0,75} v^{1,75} \mu_p \Delta L}{1800 d^{1,25}} \quad (6)$$

Atau bisa juga menggunakan persamaan 7 sebagai berikut [5]:

$$\Delta P = \frac{f \rho v^2}{25,8 d} \quad (7)$$

Adapun untuk mencari *pressure drop* aliran *laminar* pada pipa dapat dihitung menggunakan persamaan 8 [6]:

$$\Delta P = \frac{2 f L V^2}{g \times d} \quad (8)$$

faktor friksi yang digunakan pada perhitungan ini adalah faktor friksi untuk fluida *bingham plastic* yang ditunjukkan pada persamaan Swamee-Aggarwal sebagai berikut [6]:

$$f = \frac{64}{R_e} + \frac{64}{R_e} \left(\frac{H_e}{6,2218 R_e} \right)^{0,958} \quad (9)$$

Dan untuk mencari *pressure drop minor* digunakan persamaan 10 sebagai berikut [2]:

$$\Delta P = K \frac{v^2}{2g} \tag{10}$$

3. DATA DAN PERHITUNGAN

Data yang dipakai pada perhitungan didapat dari data harian dan data pengeboran PT.Pertamina Drilling Services Indonesia. Data perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data-data perhitungan

No.	Item	Besar
1.	Kapasitas aliran	0.89
2.	Diameter	0.26
3.	Viskositas plastis	0.1
4.	Massa jenis fluida	63.67
5.	Yield point	22
6.	Kecepatan fluida	5.39

Tabel 2. Friction Loss pada Fittings [7]

Fitting	LD	Nominal Pipe Size												
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K Value												
Angle Valve	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66	
Angle Valve	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80	
Ball Valve	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
Butterfly Valve							0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30	
Gate Valve	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	
Globe Valve	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Plug Valve Branch Flow	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Plug Valve Straightaway	18	0.48	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-Way Thru-Flow	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Standard Elbow	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Close Return Bend	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60	
Standard Tee	Thru-Flow	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	Thru-	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
90 Bends, Pipe Bends, Flanged Elbows, Butt-Welded Elbows	r/d=1	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	r/d=2	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=3	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=4	14	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
	r/d=6	17	0.46	0.43	0.39	0.37	0.36	0.32	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	r/d=8	24	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50	0.46	0.43	0.41	0.36	0.34	0.31	0.29
	r/d=10	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	r/d=12	34	0.92	0.85	0.78	0.75	0.71	0.65	0.61	0.58	0.51	0.48	0.44	0.41
	r/d=14	38	1.03	0.95	0.87	0.84	0.80	0.72	0.68	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46
	r/d=16	42	1.13	1.05	0.97	0.92	0.88	0.80	0.76	0.71	0.63	0.59	0.55	0.50
r/d=18	45	1.24	1.15	1.06	1.01	0.97	0.87	0.83	0.78	0.69	0.64	0.60	0.55	

3.1. Perhitungan nilai kecepatan

Perhitungan kecepatan aliran fluida dan kecepatan kritis menggunakan persamaan 2 dan 3. Aliran lumpur (*mud*) memiliki kecepatan fluida (*V*) sebesar 5.39 ft/s dan kecepatan kritisnya (*V_c*) sebesar 10.59 ft/s. Aliran lumpur tersebut dapat diklasifikasikan sebagai aliran laminar karena besarnya kecepatan fluida (*V*) lebih kecil dibandingkan kecepatan kritisnya (*V_c*).

3.2. Perhitungan Pressure Drop Mayor

Perhitungan pressure drop menggunakan rumus untuk aliran laminar karena *V < V_c*. Perhitungan dimulai dengan mencari besarnya bilangan Hedstrom dan Reynold selanjutnya akan didapat nilai factor friksi dan besarnya pressure drop mayor. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan *pressure drop* mayor

No.	Item	Besar
1.	Bilangan Hedstrom	3.04×10^4
2.	Bilangan Reynold	892.27
3.	Faktor Friksi	0.42
4.	Pressure Drop Mayor	51.42 Psi

3.3. Perhitungan *Pressure Drop Minor*

Perhitungan *pressure drop* minor pada instalasi pipa ini menggunakan persamaan 10 dan besarnya factor friksi masing-masing fitting pipa diambil dari Tabel 2. Hasil perhitungan *pressure drop* minor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan *pressure drop* minor

No.	Item	Besar
1.	Valve	0.12 Psi
2.	Vibration hose (closed return bend 180 ^o)	0.17 Psi
3.	Vibration hose (90 ^o elbow)	0.10 Psi
4.	90 ^o elbow	0.10 Psi
5.	Vibration hose (Long radius 90 ^o elbow)	0.06 Psi
6.	Manifold (Standard Tee-through flow)	0.07 Psi
	Total	0.62 Psi

4. KESIMPULAN

Analisa *pressure drop* yang dilakukan pada sistem perpipaan Rig H40 D/29 menunjukkan bahwa aliran yang melewati *pipeline* merupakan aliran laminar yang disebabkan besarnya kecepatan fluida (V) lebih kecil jika dibandingkan dengan kecepatan kritisnya (V_c). Setelah dilakukan perhitungan *pressure drop* dengan pendekatan *bingham plastic* didapat besarnya *pressure drop mayor* sebesar 51.42 Psi dan *pressure drop minor* sebesar 0.62 Psi, sehingga besarnya *pressure drop* total pada *pipeline* tersebut yaitu 52.04 Psi. Adanya hilang tekan (*pressure drop*) pada instalasi pipa Rig H40 D/29 disebabkan adanya beberapa fitting pipa seperti *elbow*, cabang (*tee*), dan *valve*.

REFERENSI

- [1] Mudofir, A. *Pengetahuan Dasar Peralatan Sirkulasi*. Modul Floorman dan Derrickman. Jakarta, 2002.
- [2] Fox, W.R. *Fluid Mechanic: Introduction to Fluid Mechanic*. Jhon Willey and Sons, 2004
- [3] Mohinder, L., Nayyar, P. E. Piping Fundamentals ASME fellow, *Piping Handbook 7th Edition*, McGraw-Hill, 2000
- [4] Malkin, A.Y. *Rheology Fundamentals*. ChemTec Publishing, 1994.
- [5] Jr, Adam Bourgoyne. *Applied Drilling Engineering*. Society of Petroleum Engineers Textbook Series, 1991
- [6] Chhabra, R.P., Richardson, J.F. *Non-Newtonian Flow in The Industries*. University of Wales, 1999
- [7] Metro Pumps. *Friction Loss*. www.metropumps.com/ResourcesFrictionLossData.pdf, diakses: 14 Oktober 2015