

# BAB IV

## PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

### 4.1 PERHITUNGAN DATA

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan pipa spiral dan pipa bulat ½ in, didapatkan data mentah berupa perbedaan tekanan manometer ( $\Delta h$ ), debit aliran dari variasi pembukaan katup utama dan konsentrasi campuran antara padatan dengan pelarut. Massa jenis campuran diketahui dengan cara mengukur berat dari fluida tersebut berdasarkan jumlah volume dari fluida tersebut, sedangkan kecepatan aliran didapat dari debit aliran di bagi dengan luas penampang pipa, debit sendiri didapat dengan menampung fluida yang keluar dari pipa uji dengan gelas ukur dibagi dengan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume tertentu.

Dalam pengambilan data terdapat beberapa variasi konsentrasi kepadatan ( $C_w$ ) adapun persamaan untuk menentukan konsentrasi kepadatan adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_v \rho_s}{C_v \rho_s + (100 - C)} = \frac{C_v \rho_s}{\rho_m} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

- $C_w$  =persentasi berat padatan
- $C_v$  = persentasi volume padatan
- $\rho_s$  = densitas padatan
- $\rho_m$  = densitas campuran

apabila massa jenis dari padatan tidak diketahui maka dapat digunakan perbandingan volume dari fluida yang akan digunakan

$$\frac{\text{volume Lumpur}}{\text{vol.lumpur} + \text{vol.air}} \times 100\% \quad (4.2)$$

percobaan pada penelitian ini menggunakan tiga variasi padatan yaitu 20%, 30% dan 45 %

untuk mendapatkan padatan 20%, campuran yang digunakan adalah 10 liter Lumpur ditambahkan 40 liter pelarut, dari perhitungan yang ada maka didapatkan konsentrasi padatan (Cw) 20%

$$\frac{10}{10 + 40} \times 100\% = 20\%$$

Sedangkan untuk mendapatkan konsentrasi 35%, campuran yang dipergunakan adalah 15 liter Lumpur ditambahkan 35 liter air sebagai pelarut maka dari perhitungan

$$\frac{15}{15 + 35} \times 100\% = 30\%$$

Untuk konsentrasi 45% maka jumlah lumpur yang digunakan agak banyak, tujuannya agar volume campuran di bak penampung melebihi saluran isap pompa Maka perhitungan yang digunakan apada konsentrasi ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{30}{30 + 35} \times 100\% = 45\%$$

#### 4.1.1 Pada pipa ½ in dengan konsentrasi padatan 45%

Penelitian pertama dilakukan dengan konsentrasi padatan 45% Lumpur dan 55% air sebagai pelarut.

Tabel 4.1 Data hasil penelitian konsentrasi 45%

Bukaan Valve (0-90)	h1 (mm)	h2 (mm)	Δh (mm)	t (second)
30	22	9	13	17,6
35	81	66	15	15,2
40	51	33	18	14,6
45	49	30	19	14,2
50	54	33	21	13,6
55	71	48	23	11,6
60	44	18	26	10,3
65	70	38	32	8,6
70	71	36	35	8,2
75	59	21	38	7,6

80	86	45	41	6,3
85	90	47	43	5,9
90	74	29	45	5,4

Data diatas merupakan data dari hasil percobaan di laboratorium, besarnya debit aliran dibuat konstan yaitu 2 liter atau  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ , untuk mendapatkan debit alirannya maka  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  di bagi dengan waktu untuk memenuhi volume tersebut. Dari debit aliran ini akan di dapatkan kecepatan fluida yang keluar dari pipa uji. Massa jenis campuran fluida ini dapat di hitung dengan menimbang massa dari campuran fluida ini dengan satuan volume tertentu. Pada konsentrasi ini di dapat massa jenis dari campuran ini adalah  $1449 \text{ kg/m}^3$ . nilai  $\Delta P$  didapat dari perbedaan head pada manometer, setelah diolah maka data didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan debit,  $\Delta P$ , luas penampang dan kecepatan

Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$\Delta P$ (Pa)	A ( $\text{m}^2$ )	V (m/s)
0,000114	184,79097	0,000126613	0,897512
0,000132	213,22035	0,000126613	1,039224
0,000137	255,86442	0,000126613	1,081932
0,000141	270,07911	0,000126613	1,112409
0,000147	298,50849	0,000126613	1,161486
0,000172	326,93787	0,000126613	1,361742
0,000194	369,58194	0,000126613	1,533613
0,000233	454,87008	0,000126613	1,836769
0,000244	497,51415	0,000126613	1,926367
0,000263	540,15822	0,000126613	2,078449
0,000317	582,80229	0,000126613	2,507335
0,000339	611,23167	0,000126613	2,677324
0,00037	639,66105	0,000126613	2,925224

Dari data diatas terlihat debit aliran bertambah besar seiring dengan semakin besarnya pembukaan katup utama, oleh karena itu kecepatan aliran juga bertambah besar. Dari data yang tersedia dengan rumus-rumus yang terdapat pada landasan teori dapat di cari tegangan geser serta gradient kecepatan dari konsentrasi fluida ini.

Nilai dari tegangan geser di dapatkan dari persamaan 2.6 dimana nilai yang diperlukan adalah  $\Delta P$  dan jarak antara manometer pertama dan manometer kedua sebagai contoh : pada pembukan  $30^\circ$  didapat  $\Delta P$  adalah 184,79097 Pa dan jarak manometer 800 mm atau 0,8m maka :

$$\tau = \frac{(12.7 \times 10^{-3}) \times 184,79097}{4 \times 0,8} = 0,733389 \text{ Pa}$$

Demikian seterusnya sehingga semua nilai tegangan geser didapatkan, selanjutnya dicari nilai shear rate atau gradient kecepatannya dengan menggunakan persamaan 2.7 dimana nilai yang dibutuhkan untuk menghitung gradient kecepatan adalah kecepatan aliran fluida yang keluar dari pipa uji, sebagai contoh pada pembukaan katup  $30^\circ$  didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{8 \times 0,897512}{12.7 \times 10^{-3}} = 565,3618 [1/s]$$

Perhitungan tersebut ditampilkan pada table di bawah ini :

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Tegangan geser dan Gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 30%

du/dx [1/s] 8V/D	log du/dx	$\tau$ [Pa] D $\Delta$ P/4L	log $\tau$
681,5321	2,83348631	1,015462	0,006664
700,7302	2,84555082	1,071876	0,030145
731,6447	2,86430025	1,184706	0,07361
857,7904	2,93338117	1,297535	0,113119
966,0552	2,98500194	1,466778	0,166364
1157,02	3,06334071	1,805266	0,256541
1213,46	3,08402531	1,974509	0,295459
1309,259	3,11702557	2,143753	0,331175
1579,424	3,19849861	2,312997	0,364175
1686,503	3,22698715	2,425826	0,38486
1842,661	3,2654454	2,538655	0,404604

Jika nilai tegangan geser dan gradient kecepatan didapatkan maka nilai tegangan geser dan gradient kecepatan dari air perlu diketahui untuk dimasukkan dalam plot grafik

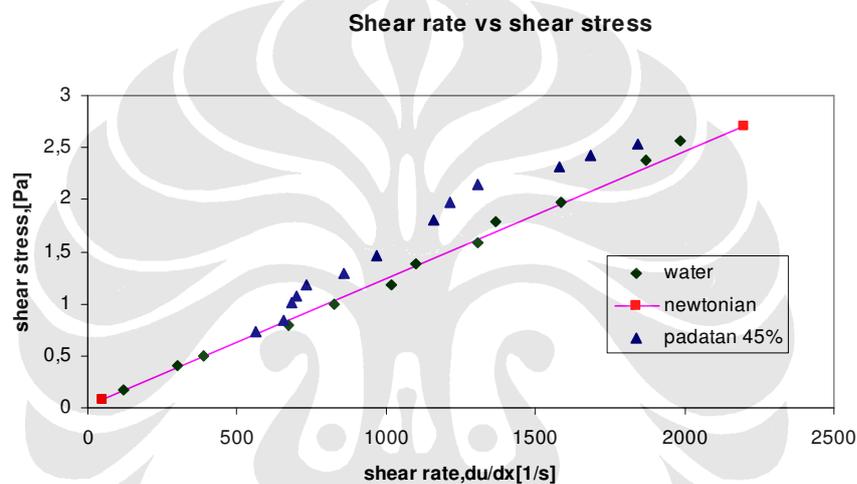
Tabel 4.4 Tegangan geser dan Gradient kecepatan standar air

du/dx [1/s]	$\tau$ [Pa]	du/dx [1/s]	$\tau$ [Pa]
120	0.17278	50	0.081
303.5745	0.4	2200	2.7
387.9708	0.5		
672.6506	0.79121		
825.0677	0.98902		
1019.053	1.18682		
1100.93	1.38462		
1307.512	1.58243		
1365.456	1.78023		
1587.153	1.97803		
1869.314	2.37364		

1987.72

2.57144

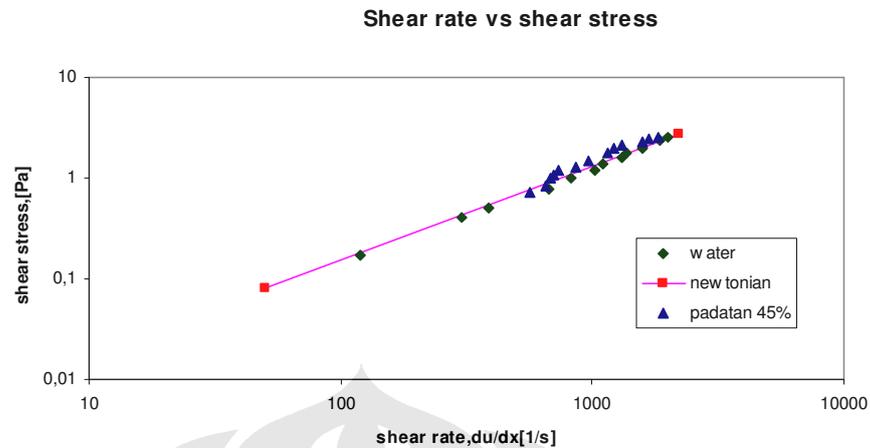
Setelah semua nilai didapatkan maka semua nilai tadi yaitu nilai tegangan geser dan gradient kecepatan untuk campuran Lumpur dan air (konsentrasi 45%), tegangan geser dan gradient kecepatan serta fluida Newtonian diplot dalam grafik hubungan shear stress dan shear rate.



Gambar 4.1 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 45%

Nilai power law index didapat dengan cara menampilkan data dalam format log. Sehingga dapat di tarik garis perpotongan pada shear stress. Selain cara tadi dapat pula di gunakan persamaan yang terdapat pada dasar teori, dengan persamaan 2.8 maka di dapatkan power law index dari fluida ini.

Nilai power law index ini adalah nilai kemantapan aliran. Dari power law index ini dapat diketahui karakteristik fluida yang sedang diuji. Jika nilai power law index  $n=1$  maka dapat dipastikan fluida tersebut Newtonian, jika power law index  $n > 1$  maka fluida tersebut dipastikan dilatant sedangkan jika nilai power law index  $n < 1$  maka fluida tersebut tergolong plastic semu (pseudoplastis)



Gambar 4.2 Kurva aliran dengan konsentrasi padatan 45% pada grafik log-log

Pada umumnya kekentalan dari fluida Non-Newtonian sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran, tetapi jika aliran kecepatan lambat maka konsentrasi padatan akan menentukan seberapa besar kekentalan (viscosity) dari fluida tersebut, dari nilai yang sudah diketahui diatas maka kekentalan sesaat (apparent viscosity) dari fluida ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$\mu = K \dot{\gamma}^{n-1} \quad (4.3)$$

Dengan membandingkan nilai apparent viscosity antara konsentrasi padatan dan apparent viscosity air maka dapat diketahui apa fluida ini merupakan *shear thickening (Rheopectic)* atau *Shear thinning (Thixotropic)*.

Tabel 4.5 Apparent Viscosity Air

du/dx [1/s]	$\mu$ [Pa.s]
444.2554	0.00094
554.244	0.00094
877.3704	0.00094
1100.09	0.00094
1329.2	0.00094
1547.564	0.00094
1743.349	0.00094
250.4482	0.00094
180	0.00094

Tabel diatas merupakan tabel standar dari air yang akan digunakan sebagai data pembanding dari apperent viscosity dari campuran, sedangkan tabel dibawah ini

merupakan tabel apparent viscosity dari campuran antara Lumpur dan air sebagai pelarut

Tabel 4.6 Apparent Viscosity padatan 45%

air		padatan 45%	
du/dx [1/s]	$\mu$ [Pa.s]	du/dx [1/s]	$\mu$ [k*8^(n-1)]
444,2554	0,00094	565,3618	0,0037
554,244	0,00094	681,5321	0,0028
877,3704	0,00094	778,6447	0,0024
1100,09	0,00094	1053,447	0,00204
1329,2	0,00094	1323,46	0,0018
1547,564	0,00094	1579,424	0,00168
1743,349	0,00094	1842,661	0,00165
250,4484	0,00094		
180	0,00094		

#### 4.1.2 Pada pipa 1/2 in dengan konsentrasi padatan 30%

Penelitian selanjutnya dengan pipa yang sam 1/2 in konsentrasi padatan 30%, dimana komposisi yang digunakan adalah 15 liter Lumpur dan 35 liter pelarut, setelah komposisi yang dibuat tepat sirkulasikan campuran tersebut sesuai dengan prosedur pengujian.

Data yang didapat sama seperti data pada konsentrasi 30% yaitu perbedaan ketinggian head pada manometer, debit aliran dan massa jenis dari konsentrasi padatan 30%.

Tabel 4.7 Hasil penelitian konsentrasi padatan 30%

Bukaan Valve (0-90)	h1 (mm)	h2 (mm)	$\Delta h$ (mm)	t (second)
40	35	24	11	12,4
45	47	31	16	8,4
50	53	36	17	8
55	64	42	22	7,6

60	67	43	24	7,4
65	59	29	30	6,5
70	65	32	33	6,2
75	75	41	34	5,7
80	78	40	38	5,2
85	82	42	40	4,9
90	86	43	43	4,3

Dari data diatas dapat dilakukan penghitungan debit aliran, kecepatan aliran dan pressure drop ( $\Delta P$ ) dari aliran untuk massa jenis dari konsentrasi ini di dapatkan  $1350\text{kg/m}^3$ . setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan dasar teori yang telah ada maka di dapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil perhitungan debit,  $\Delta P$ , luas penampang dan kecepatan untuk padatan 30%

Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$\Delta P$ (Pa)	A ( $\text{m}^2$ )	V (m/s)
6,25E-05	145	126,61E-06	0,493632
9,39E-05	212	126,61E-06	0,741316
0,000118	225	126,61E-06	0,929449
0,000137	291	126,61E-06	1,079671
0,00017	318	126,61E-06	1,341888
0,000215	397	126,61E-06	1,694144
0,00023	437	126,61E-06	1,815537
0,00024	450	126,61E-06	1,893966
0,000268	503	126,61E-06	2,113059
0,000287	530	126,61E-06	2,262807
0,000291	569	126,61E-06	2,299928

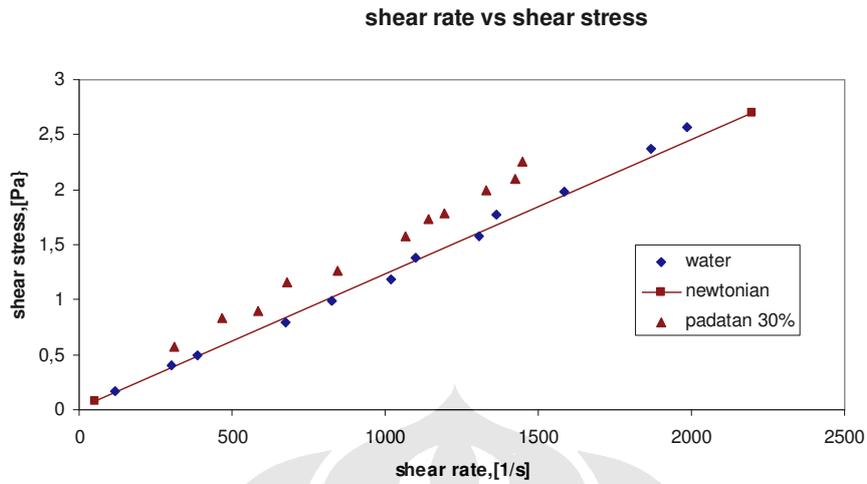
Pada data diatas terlihat debit aliran bertambah besar sesuai dengan pembukaan katup demikian juga dengan kecepatan aliran, kerugian tekanan pada pipa uji juga mengalami pertambahan seiring dengan bertambah besarnya pembukaan

katup. selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan geser dalam pipa uji dan gradient kecepatan pada pipa uji sesuai dengan persamaan yang terdapat pada dasar teori

Tabel 4.9 Hasil perhitungan Tegangan geser dan Gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 30%

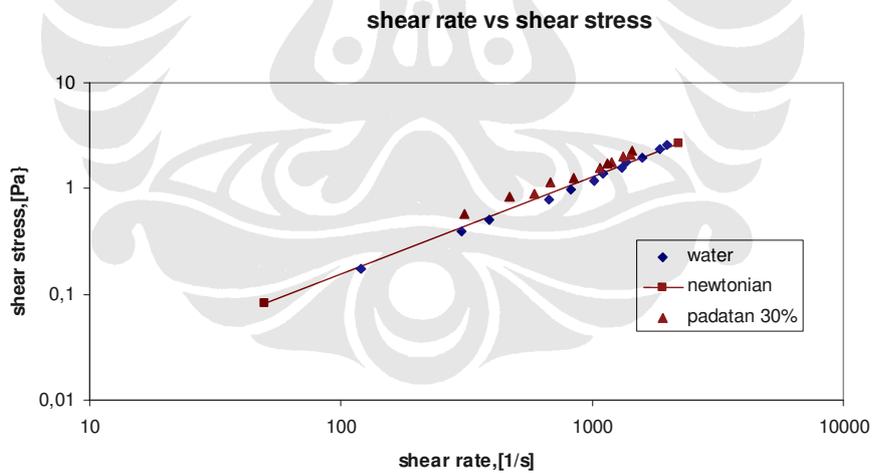
$du/dx$ [1/s] 8V/D	$\log du/dx$	$\tau$ [Pa] D $\Delta$ P/4L
310,949	2,49268918	0,578162
466,9708	2,66928972	0,840962
585,4797	2,76751183	0,893522
680,1077	2,83257768	1,156323
845,2838	2,92700255	1,261443
1067,177	3,02823646	1,576804
1143,646	3,05829146	1,734485
1193,049	3,07665835	1,787045
1331,061	3,12419789	1,997285
1425,39	3,15393379	2,102406
1448,774	3,16100054	2,260086

Nilai aliran untuk air terdapat pada tabel 4.4 maka untuk kurva aliran untuk konsentrasi padatan 30 % adalah sebagai berikut, nilai tegangan geser dimasukkan pada sumbu axis dan nilai gradient kecepatan di plot pada sumbu ordinat untuk mendapatkan hasil grafik yang lebih baik maka sebaiknya nilai gradient kecepatan pada grafik dimulai dari skala 300/s sampai dengan 1550 /s. sedangkan untuk nilai tegangan geser dimulai dari 0.5 pa sampai dengan 2.5 Pa sehingga didapatkan grafik yang profesional



Gambar 4.3 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 30%

Grafik selanjutnya dibuat dalam skala log yang tujuannya mempermudah mengetahui kemantapan aliran (power law index) untuk konsentrasi padatan 30%. Grafik kurva alirannya akan menjadi seperti berikut ini :



Gambar 4.4 Kurva aliran dengan konsentrasi padatan 30% pada grafik log-log

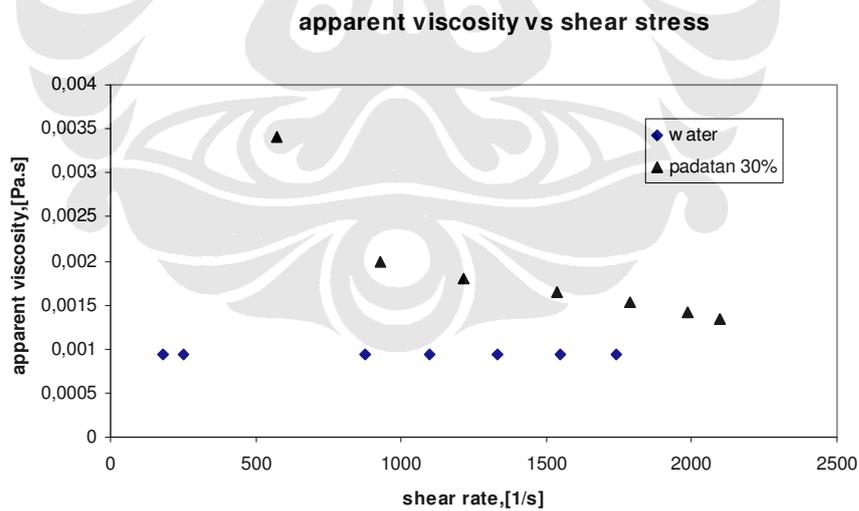
Pada kedua grafik diatas terlihat semua data berada diatas garis Newton hal ini menunjukkan kemungkinan fluida dengan konsentrasi padatan 30% adalah fluida *Non-Newtonian* dengan karakteristik *pseudoplastic* atau plastis semu, untuk mengetahui hubungan antara apparent viskositas dan gradient kecepatan. Dengan

persamaan yang ada maka berikut ini akan ditampilkan grafik hubungan antara viskositas sesaat dan gradient kecepatannya.

Tabel 4.10 Hubungan apparent viscosity dan gradient kecepatan untuk air dan padatan 30%

air		padatan 30%	
du/dx [1/s]	$\mu$ [Pa.s]	du/dx [1/s]	$\mu$ [k*8^(n-1)]
877,3704	0,00094	572,21	0,0034
1100,09	0,00094	930,78	0,001987
1329,2	0,00094	1213,46	0,0017896
1547,564	0,00094	1534,424	0,001643
1743,349	0,00094	1785,67	0,001525
250,4484	0,00094	1985,56	0,001412
180	0,00094	2098	0,001341

Dari data diatas dapat dibuat grafik hubungan antara apparent viscosity dengan gradient kecepatan antara air dengan padatan 30% sebagai berikut :



Gambar 4.5 Hubungan antara apparent viscosity dan shear rate pada konsentrasi padatan 30%

pada grafik diatas terlihat dengan bertambahnya gradient kecepatan maka apparent viscosity (kekentalan sesaat) pada konsentrasi 30% semakin menurun dan mendekati viskositas dari fluida Newtonian (air)

Hubungan antara koefisien gesek dengan bilangan Reynolds(generatif Reynolds) dapat ditampilkan pada grafik 4.6 berikut ini

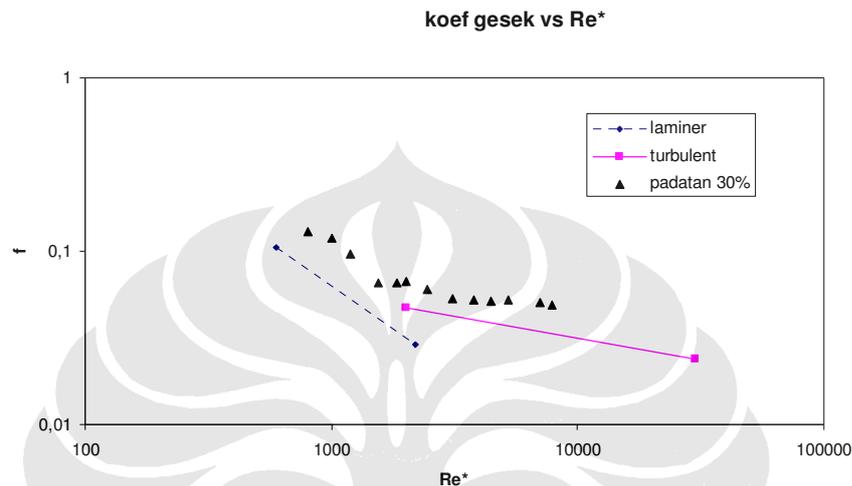
Tabel 4.11 Hubungan faktor gesekan terhadap bilangan Reynolds pada konsentrasi padatan 30%

laminer		Turbulent		Water		padatan 30%	
Re	f	Re	f	Re	f	Re	f
600	0,106	2000	0,0473	954,2633	0,06766	1554	0,06635
2200	0,02908	30000	0,02404	1212,679	0,05612	1853	0,06543
				1337,983	0,0487	2011	0,0672
				1577,469	0,04158	2452	0,06054
				1813,816	0,0371	3101	0,05374
				1854,978	0,03581	3803	0,05267
				2309,132	0,04578	4454	0,05177
				2391,08	0,0427	5225	0,05267
				2715,473	0,04414	7053	0,05047
				3329,123	0,04195	7912	0,04857
				4513,37	0,03995	811	0,13
				6035,937	0,037	1204	0,096
				6985,161	0,034	1015	0,12
				4524,102	0,033		
				10500,57	0,03283		
				15000	0,0278		
				17000	0,02708		
				20000	0,0265		

Pada tabel diatas ditampilkan hubungan antara factor gesekan dan bilangan Reynolds, perhitungan untuk tabel diatas berdasarkan pada persmaan 2.9 dan 2.10 pada dasar teori. Factor gesekan mengikuti persamaan fanning

$$f = \frac{\tau}{\frac{1}{2} \rho_m V^2}$$

Sedangkan untuk bilangan Reynold menggunakan regeneratif Reynolds karena niali bilangan Reynolds tidak dapat dihitung secara pasti, hal ini disebabkan karena data yang dihasilkan merupakan apparent viscosity.



Gambar 4.6 Hubungan factor gesekan terhadap generatif bilangan Reynolds pada konsentrasi padatan 30%

#### 4.1.3 Pada Pipa 1/2 in dengan Konsentrasi Padatan 20%

Penelitian selanjutnya pipa 1/2 in dengan konsentrasi padatan 20%, dimana komposisi yang digunakan adalah 10 liter Lumpur dan 40 liter pelarut, setelah komposisi yang dibuat tepat sirkulasikan campuran tersebut sesuai dengan prosedur pengujian.

Data yang didapat sama seperti data pada konsentrasi 30% yaitu perbedaan ketinggian head pada manometer, debit aliran dan massa jenis dari konsentrasi padatan 20%.

Tabel 4.12 Hasil penelitian konsentrasi padatan 20%

Bukaan Valve (0-90)	h1 (mm)	h2 (mm)	$\Delta h$ (mm)	t (second)
30	79	66	13	13,4
35	78	64	14	12,5
40	76	56	20	12,3

45	84	56	28	12,1
50	76	42	34	11,6
55	64	62	2	11,4
60	71	66	5	11,3
65	76	66	10	11
70	79	57	22	10,8
75	84	64	20	10,7
80	80	56	24	10,6
85	82	50	32	9,8
90	84	46	38	8,7

Setelah didapatkan data seperti diatas maka dilakukan perhitngan kecepatan aliran, debit aliran, luas penampang pipa uji dan  $\Delta P$  untuk konsentrasi padatan 40% sesuai dengan persamaan yang ada.

Tabel 4.13 hasil perhitungan debit,  $\Delta P$ , luas penampang dan kecepatan untuk padatan 20%

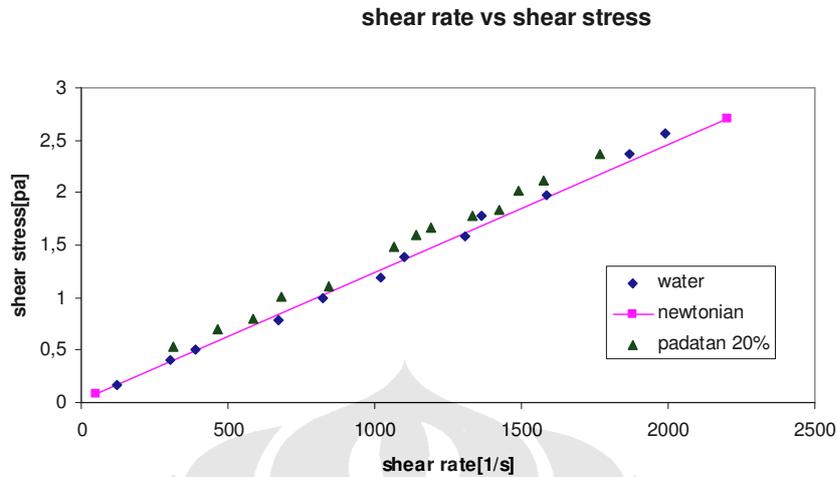
Q (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta P$ (Pa)	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)
0,000149	167	126,61E-06	1,178822
0,00016	180	126,61E-06	1,263697
6,25E-05	257	126,61E-06	0,493632
9,39E-05	360	126,61E-06	0,741316
0,000118	437	126,61E-06	0,929449
0,000137	257	126,61E-06	1,079671
0,00017	642	126,61E-06	1,341888
0,000215	128	126,61E-06	1,694144
0,00023	283	126,61E-06	1,815537
0,00024	257	126,61E-06	1,893966
0,000268	308	126,61E-06	2,113059
0,000287	411	126,61E-06	2,262807
0,000291	488	126,61E-06	2,299928

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai tegangan geser dan gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 240%, dengan menggunakan persamaan yang ada maka didapat hasil penghitungan sebagai berikut:

Tabel 4.14 Hasil perhitungan Tegangan geser dan Gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 20%

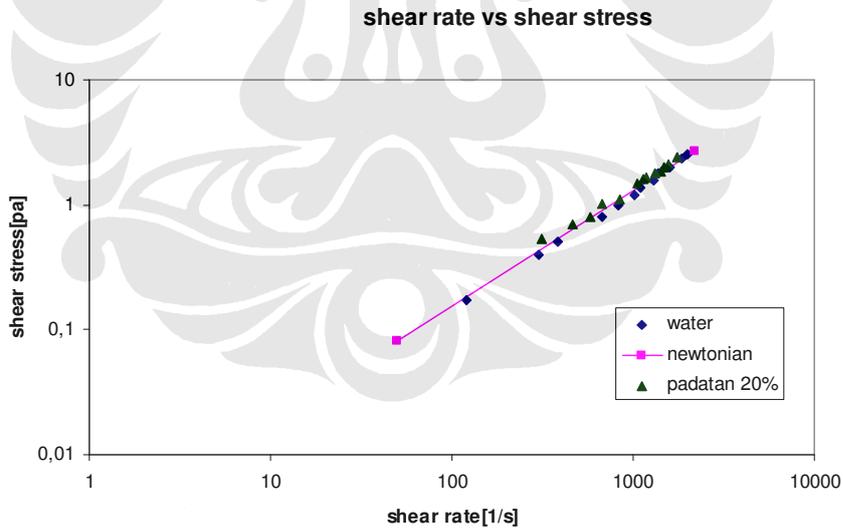
$du/dx$ [1/s] 8V/D	$\log du/dx$	$\tau$ [Pa] D $\Delta$ P/4L
310,949	2,49268918	0,528162
466,9708	2,66928972	0,694096
585,4797	2,76751183	0,793522
680,1077	2,83257768	1,006632
845,2838	2,92700255	1,101443
1067,177	3,02823646	1,48768
1143,646	3,05829146	1,594485
1193,049	3,07665835	1,667045
1331,061	3,12419789	1,787285
1425,39	3,15393379	1,842406
1488,774	3,17282867	2,020086
1575	3,19728056	2,112
1769	3,24772783	2,375

Setelah tegangan geser dan gradient kecepatan di dapatkan maka kurva aliran dapat dibuat, kurva aliran untuk konsentrasi padatan 20% adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 20%

untuk mengetahui kemantapan aliran (power law index) pada konsentrasi padatan maka kurva aliran harus terlebih dahulu di log, maka grafik untuk konsentrasi padatan 20% adalah sebagai berikut :



Gambar 4.8 kurva aliran dengan konsentrasi padatan 20% pada grafik log-log

#### 4.1.4 Pada Pipa Spiral P/Di = 4,3 dengan Konsentrasi Padatan 45%

Sama halnya dengan pipa ½ in ini komposisi Lumpur dan pelarut sama hanya pipa aliran yang dipakai adalah dengan pipa spiral P/Di = 4,3 in.

Tabel 4.15 Data hasil penelitian konsentrasi 30%(Pipa Spiral P/Di = 4,3)

Bukaan Valve	h1	h2	$\Delta h$	t
(0-90)	(mm)	(mm)	(mm)	(second)
5	7	6,5	0,5	57,45901
10	16	9,5	6,5	43,19668
15	32	18,5	13,5	27,42155
20	50	26,5	23,5	18,91998
25	60	30,5	29,5	16,24799
30	76	40	36	13,63978
35	92	43	49	11,57275
40	153	74	79	8,659918
45	183	82	101	7,444958
50	195	91,5	103,5	7,076116
55	261	103	158	5,565551
60	265	112,5	152,5	5,585413
65	338	113,5	224,5	4,465164
70	422	124,5	297,5	3,817626
75	493	133	360	3,412986
80	535	142,5	392,5	3,15335
85	562	147	415	2,991179
90	675	155	520	2,613012

Dari data percobaan di laboratorium diatas besarnya debit aliran dibuat konstan sama dengan untuk pipa ½ in yaitu 2 liter atau  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ , sama dengan perhitungan sebelumnya dengan didapatkan debit aliran, kecepatan aliran dan pressure drop, maka didapatkan pula massa jenis untuk konsentrasi ini sama dengan yang ½ in  $1449 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.16 Hasil perhitungan debit,  $\Delta P$ , luas penampang dan kecepatan untuk pada Padatan 45 % (pipa spiral  $P/D_i=4,3$ )

Q ( $m^3/s$ )	$\Delta P$ (Pa)	A ( $m^2$ )	V (m/s)
3,48074E-05	68	50,3E-05	0,07
4,62999E-05	96	50,3E-05	0,09
7,29353E-05	192	50,3E-05	0,14
0,000105708	330	50,3E-05	0,21
0,000123092	418	50,3E-05	0,24
0,00014663	511	50,3E-05	0,29
0,00017282	696	50,3E-05	0,34
0,000230949	1121	50,3E-05	0,46
0,000268638	1431	50,3E-05	0,53
0,000282641	1465	50,3E-05	0,56
0,000359353	2240	50,3E-05	0,71
0,000358076	2161	50,3E-05	0,71
0,000447912	3182	50,3E-05	0,89
0,000523886	4218	50,3E-05	1,04
0,000585997	5107	50,3E-05	1,16
0,000634246	5563	50,3E-05	1,26
0,000668633	5879	50,3E-05	1,33
0,0007654	7376	50,3E-05	1,52

Pada data diatas terlihat debit aliran juga semakin bertambah sesuai dengan bukaan katup demikian juga dengan kecepatan aliran,kerugian tekanan pada ngalami pertambahan seiring deberta pembuka katup. Selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan geser dan gradient kecepatan sesuai dengan persamaan pada dasar teori.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Tegangan geser dan Gradient kecepatan pada Konsentrasi padatan 45%(pipa spiral  $P/D_i = 4,3$ )

$du/dx$ $8V/D$	$\log du/dx$	$\tau$ [Pa] $D\Delta P/4L$
211,8903	2,326111	0,877489
298,2724	2,474613	1,169985
345,4989	2,538447	1,462481
401,2245	2,603387	1,57948
444,2129	2,647591	1,930476
478,3831	2,679776	1,988975

518,2484	2,714538	2,281471
----------	----------	----------

dan mendekati viskositas dari fluida Newtonian (air)

Hubungan antara koefisien gesek dengan bilangan Reynolds (generatif Reynolds) dapat ditampilkan pada grafik 4.18 berikut ini

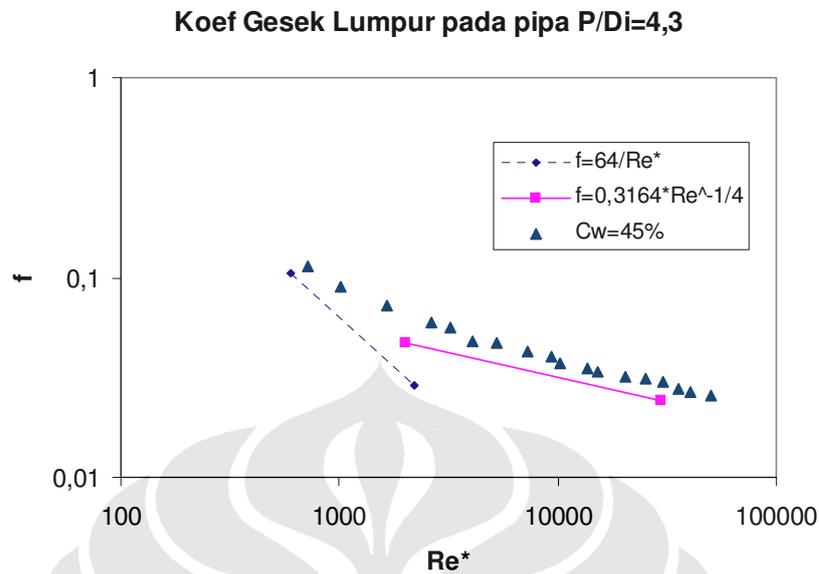
Tabel 4.18 Hubungan faktor gesekan terhadap bilangan Reynolds pada konsentrasi padatan 45%

laminar		Turbulent		Water		padatan 45%	
Re	f	Re	f	Re	f	Re	f
600	0,106	2000	0,0473	954,2633	0,06766	723	0,113
2200	0,02908	30000	0,02404	1212,679	0,05612	1020	0,09
				1337,983	0,0487	1657	0,073
				1577,469	0,04158	2650	0,05961
				1813,816	0,0371	3196	0,0557
				1854,978	0,03581	4100	0,048
				2309,132	0,04578	5235	0,047
				2391,08	0,0427	7300	0,0424
				2715,473	0,04414	9300	0,04
				3329,123	0,04195	10274	0,037
				4513,37	0,03995	13750	0,035
				6035,937	0,037	15313	0,034
				6985,161	0,034	20352	0,032
				4524,102	0,033	25391	0,031
				10500,57	0,03283	30430	0,03
				15000	0,0278	35469	0,0279
				17000	0,02708	40508	0,02653
				20000	0,0265	50586	0,0254

Pada tabel diatas ditampilkan hubungan antara factor gesekan dan bilangan Reynolds, perhitungan untuk tabel diatas berdasarkan pada persamaan 2.9 dan 2.10 pada dasar teori. Factor gesekan mengikuti persamaan fanning

$$f = \frac{\tau}{\frac{1}{2} \rho_m V^2}$$

Sedangkan untuk bilangan Reynold menggunakan regeneratif Reynolds karena niali bilangan Reynolds tidak dapat dihitung secara pasti, hal ini disebabkan karena data yang dihasilkan merupakan apparent viscosity.



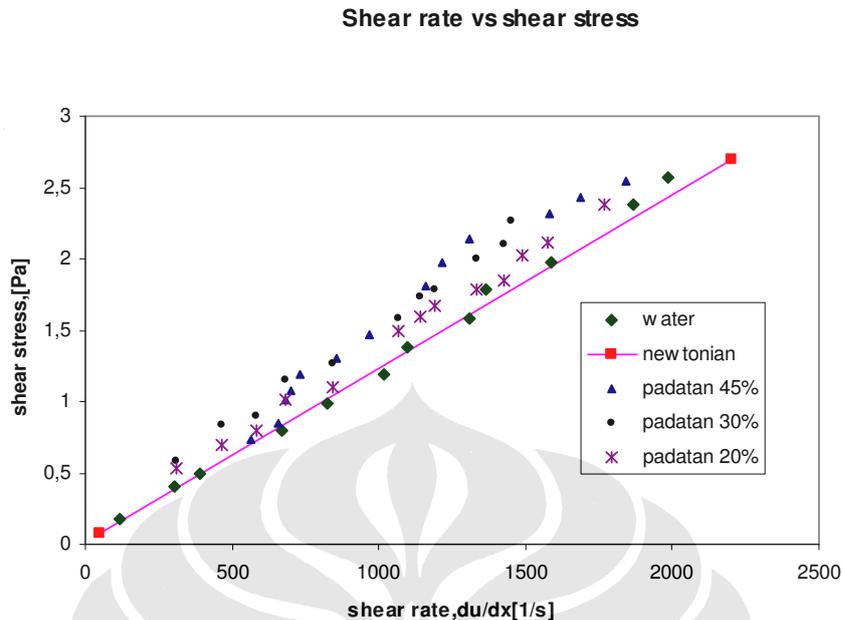
Gambar 4.9 Hubungan factor gesekan terhadap bilangan Renold Generatif  
Pada konsentrasi padatan 45%

#### 4.2 ANALISA DATA

Dari beberapa kali percobaan baik dengan menggunakan pipa 1/2 in ataupun pipa spiral P/Di = 4,3 dan dengan berbagai konsentrasi padatan maka didapatkan beberapa data beserta grafik dengan analisa sebagai berikut :

Pada konsentrasi padatan 20% pada pipa 1/2 in

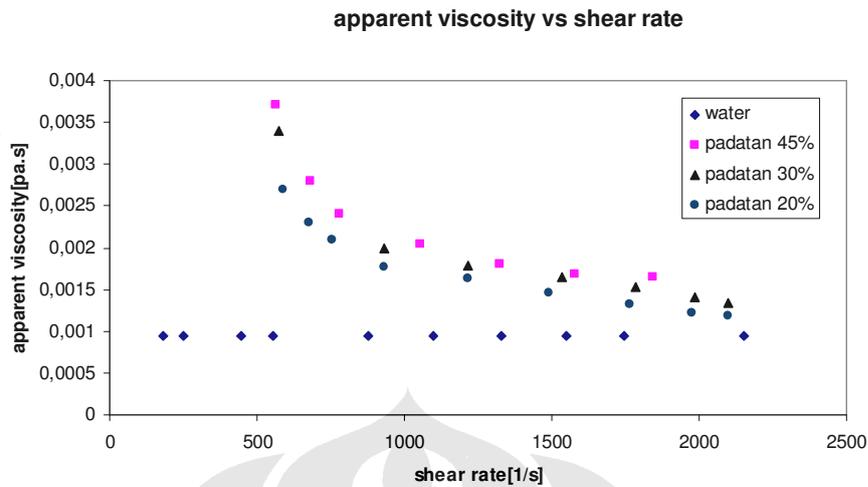
Kurva aliran mendekati garis Newton ini berarti bahwa dengan campuran pelarut sebanyak 80% sifat dari konsentrasi larutan lebih kepada fluida Newtonian, hal ini menunjukkan kekentalan pada konsentrasi ini sangat dipengaruhi oleh pelarut dalam hal ini air sehingga pada grafik hubungan antara apparent viscosity dengan gradient kecepatan cenderung mendekati kekentalan daripada air.



Gambar 4.10 Kurva aliran berbagai variasi konsentrasi padatan pada pipa ½ in

Pada konsentrasi 30% dan 45%

Pada konsentrasi ini terlihat pada kurva alirannya berada diatas garis Newton hal ini membuktikan bahwa pada konsentrasi ini campuran antara air dan Lumpur merupakan jenis fluida Non-Newtonian dengan sifat Pseudoplastis atau plastis semu. Dilihat dari kurva aliran dalam skala log-log maka pada konsentrasi ini nilai kemantapan aliran (power law index) berada antara 0.93 sampai 0.98. dari penjelasan sebelumnya jika nilai kemantapan aliran (power law index)  $n = 1$  maka fluida tersebut adalah Newtonian sedangkan jika diatas 1 ( $n > 1$ ) maka fluida tersebut digolongkan kedalam jenis dilatant, apabila nilai kemantapan aliran (power law index)  $n < 1$  maka fluida tersebut merupakan jenis pseudoplastis. Jadi untuk konsentrasi kepadatan 30% fluida ini masih memiliki kecendrungan ke jenis Newtonian akan tetapi dengan konsentrasi 45% keatas fluida ini sudah tergolong jenis *Non-Newtonian Pseudoplastis*.



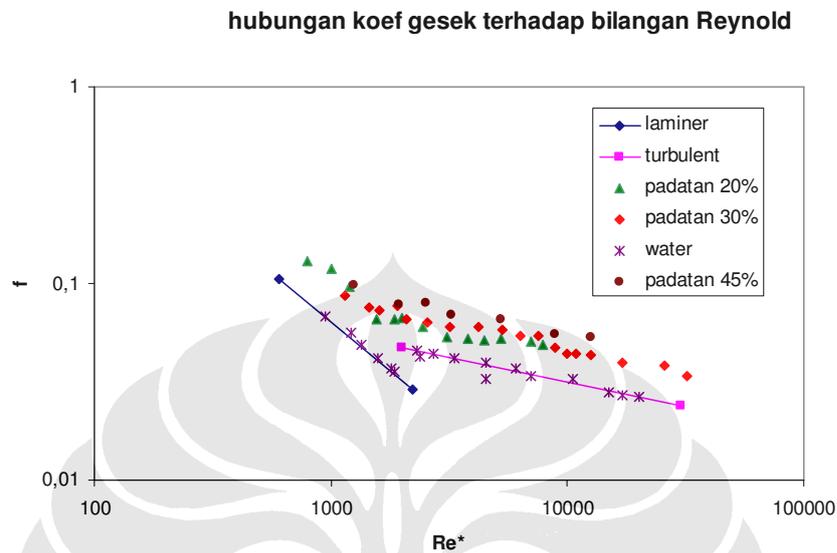
Gambar 4.11 Kurva apparent viscosity dan shear rate Pada berbagai variasi konsentrasi padatan pada pipa ½ in

Hubungan antara *apparent viscosity* (kekentalan sesaat) dengan *shear rate* (gradient kecepatan) pada konsentrasi padatan 20% kekentalan sesaatnya hampir mendekati air akan tetapi jika gradient kecepatannya bertambah maka *apparent viscosity* akan berimpit dengan air dan kemungkinan akan di bawah air sedangkan untuk *apparent viscosity* untuk 30% memiliki kekentalan lebih tinggi dari air, walaupun gradient kecepatannya bertambah kekentalan sesaatnya tetap berada di atas air. Jadi untuk konsentrasi padatan 30% masih mendekati sifat *Newtonian* tetapi pada saat konsentrasi padatan diatas 45% fluida ini memiliki sifat *Thixotropic (shear thinning)* yaitu fluida yang viscositasnya seolah-olah makin lama viscositasnya semakin menurun.

Pada konsentrasi padatan diatas 45% gesekan fluida terhadap dinding pipa uji lebih besar di bandingkan pada padatan dibawah 20%. Untuk padatan dibawah 30% factor gesekan antara fluida dengan dinding pipa masih mendekati factor gesekan pada air murni.

Hubungan antara generatif Reynolds dan factor gesekan pada konsentrasi padatan 30% dan 20% daperlihatkan pada grafik di bawah ini diasumsikan untuk konsentrasi padatan 30% hampir sama dengan konsentrasi padatan 45%

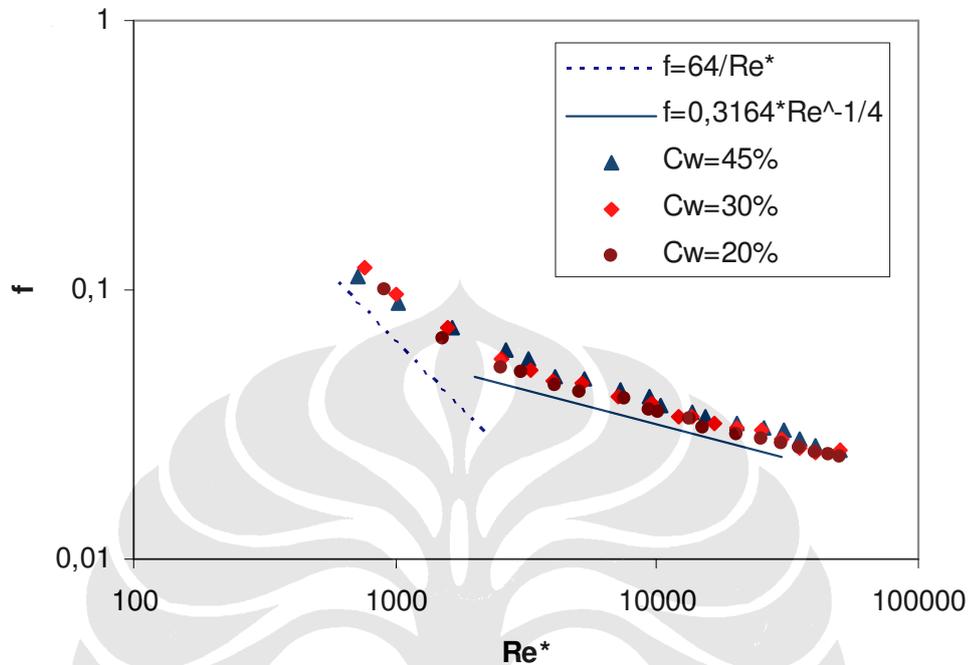
sedangkan untuk padatan di bawah 20% memiliki sifat hampir sama dengan padatan 20% karena padatan ini memiliki kecenderungan ke sifat air.



Gambar 4.12 Kurva friction factor dan bilangan Reynolds Pada berbagai variasi konsentrasi padatan pada pipa ½ in

Pada grafik diatas terlihat nilai factor gesekan untuk padatan 30% keatas berada diatas faktor gesekan untuk konsentrasi padatan 20% dimana konsentrasi padatan 20% memiliki sifat yang hampir sama dengan sifat air.

### Koef Gesek Lumpur pada pipa P/Di=4,3



Gambar 4.13 Hubungan koef gesek dan reynold number pada pipa spiral dengan P/Di = 4,3 pada konsentrasi 20%, 30 % dan 45%

Dari grafik diatas dapat kita lihat dengan konsentrasi yang sama antara pipa spiral P/Di = 4,3 menunjukkan dengan semakin tinggi konsentrasinya pada Cw 45% menunjukkan nilai koef gesek pipa spiral lebih tinggi dari koef gesek air murni . jadi. Jadi pada percobaan dengan pipa spiral efek dari kepadatan Lumpur tidak berpengaruh terhadap nilai koef gesek, jadi dapat disimpulkan dari percobaan aliran pada pipa bulat dan spiral untuk pipa spiral nilai pitch (panjang langkah 1 x putaran)sangat mempengaruhi koef gesek paada pipa spiral tersebut.