

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 PERHITUNGAN DATA

Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan data berupa ketinggian permukaan fluida uji (h), debit aliran dari ketinggian permukaan fluida 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 dibagi dengan luas penampang pipa uji, 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 :

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

Dimana :

- C_w = persentasi berat padatan
- C_v = persentasi volume padatan
- ρ_s = densitas padatan
- ρ_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 30%, 40% dan 50 %

untuk mendapatkan padatan 30%, campuran yang digunakan adalah 900 ml lumpur ditambahkan 2100 ml pelarut, dari perhitungan yang ada maka didapatkan konsentrasi padatan (Cw) 30 %

$$\frac{900}{900 + 2100} \times 100\% = 30\%$$

Sedangkan untuk mendapatkan konsentrasi 40%, campuran yang dipergunakan adalah 800 ml lumpur ditambahkan 1200 ml air sebagai pelarut maka dari perhitungan

$$\frac{800}{800 + 1200} \times 100\% = 40\%$$

Untuk konsentrasi 50% campuran yang dipergunakan adalah 1000 ml lumpur ditambahkan 1000 ml air sebagai pelarut maka dari perhitungan

Maka perhitungan yang digunakan apada konsentrasi ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{1000}{1000 + 1000} \times 100\% = 50\%$$

4.1.1 Konsentrasi Padatan 50%

Penelitian pertama dilakukan dengan konsentrasi padatan 50% Lumpur dan 50% air sebagai pelarut.

Tabel 4.1 Data hasil penelitian konsentrasi 50%

vol (ml)	t (second)	h (cm)	h (m)
200	278	3.0	0.03
200	177	4.0	0.04
200	138	5.0	0.05
200	114	6.0	0.06
200	89	7.0	0.07
200	76	8.0	0.08
200	67	9.0	0.09
200	61	10.0	0.1
200	54	11.0	0.11
200	51	11.5	0.115

Data di atas merupakan data dari hasil percobaan, besarnya volume lumpur yang ditampung dibuat konstan yaitu 200 ml atau $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, untuk mendapatkan debit alirannya maka $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ dibagi dengan waktu untuk memenuhi volume

tersebut. Dari debit aliran ini akan didapatkan 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 didapat massa jenis dari campuran ini adalah 1441 kg/m^3 , nilai ΔP didapat dari ketinggian permukaan fluida, setelah diolah maka data didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan debit, ΔP , luas penampang dan kecepatan

Q (m ³ /s)	ΔP (Pa)	V (m/s)	A (m ²)
7.19424E-07	424.0863	0.101829365	0.000007065
1.12994E-06	565.4484	0.159935386	0.000007065
1.44928E-06	706.8105	0.205134517	0.000007065
1.75439E-06	848.1726	0.248320731	0.000007065
2.24719E-06	989.5347	0.318073745	0.000007065
2.63158E-06	1130.8968	0.372481097	0.000007065
2.98507E-06	1272.2589	0.422515871	0.000007065
3.27869E-06	1413.621	0.464074809	0.000007065
3.7037E-06	1554.9831	0.524232654	0.000007065
3.92157E-06	1625.66415	0.555069869	0.000007065

Dari data di atas terlihat debit aliran bertambah besar seiring dengan bertambah tingginya permukaan fluida pada alat uji, oleh karena itu kecepatan aliran juga bertambah besar. Dari data yang tersedia dengan rumus-rumus yang terdapat pada landasan teori dapat dicari tegangan geser serta gradient kecepatan dari konsentrasi fluida ini.

Nilai dari tegangan geser didapatkan dari persamaan 2.6 dimana nilai yang diperlukan adalah ΔP sebagai contoh : ketinggian permukaan fluida (h) = 10 cm didapat ΔP adalah 1413.621 Pa dengan panjang pipa uji adalah 55 cm atau 0.55 m dan diameter pipa uji adalah 3 mm atau 3×10^{-3} maka :

$$\tau = \frac{(3 \times 10^{-3}) \times 1413.621}{4 \times 0.55} = 1.927665 \text{ Pa}$$

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 ketinggian permukaan fluida (h) = 10cm didapatkan perhitungan

$$\gamma = 8 \times 0.464075 / 3 \times 10^{-3} = 1237.532824 \text{ [1/s]}$$

Perhitungan tersebut ditampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3 Hasil perhitungan tegangan geser dan gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 50%

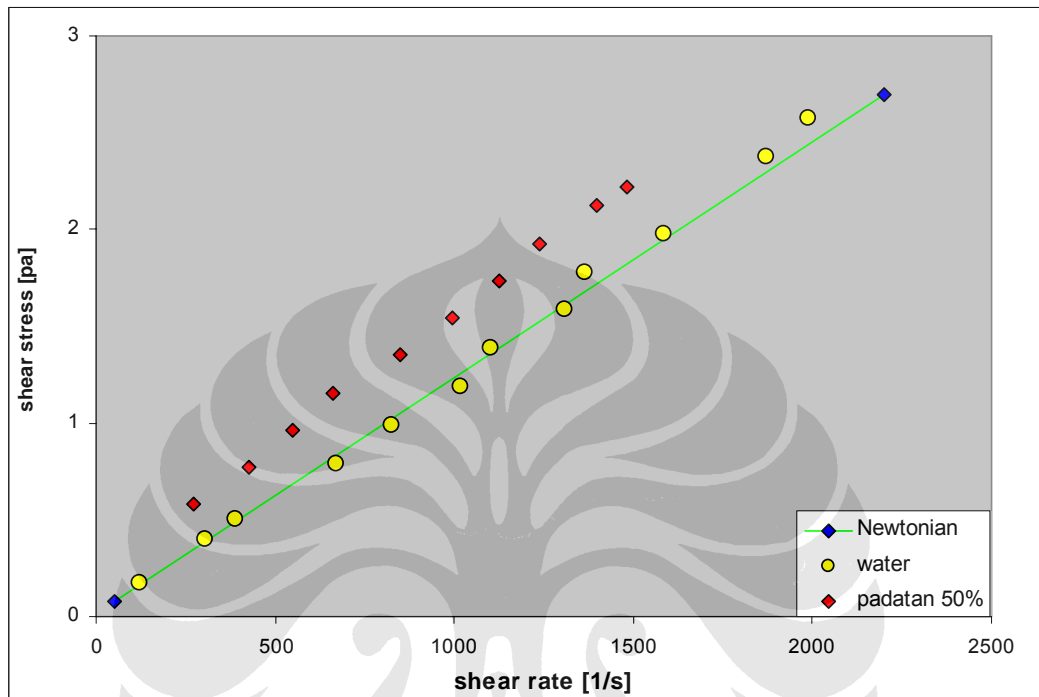
du/dx (8V/D)	τ (D Δ P/4L)
271.5449721	0.5782995
426.4943629	0.771066
547.0253786	0.9638325
662.1886161	1.156599
848.1966544	1.3493655
993.2829242	1.542132
1126.708989	1.7348985
1237.532824	1.927665
1397.953745	2.1204315
1480.186318	2.21681475

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	τ	du/dx	τ
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		

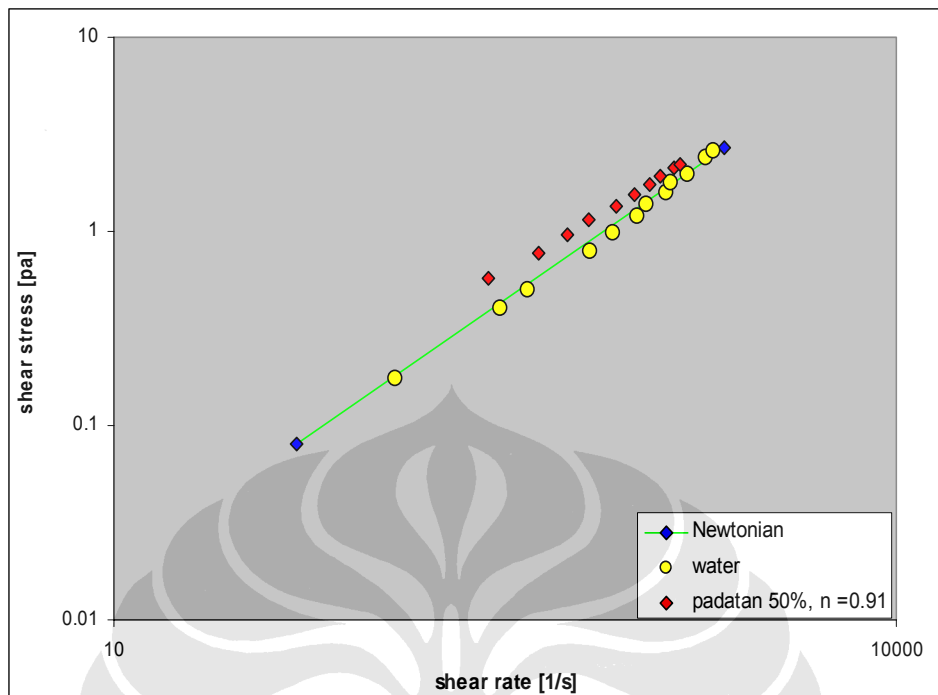
Setelah semua nilai didapatkan maka semua nilai tadi yaitu nilai tegangan geser dan gradient kecepatan untuk campuran lumpur dan air (konsentrasi 50%) serta fluida Newtonian diplot dalam grafik hubungan *shear stress* dan *shear rate*.



Gambar 4.1 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 50%

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 didapatkan *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 50% 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 :

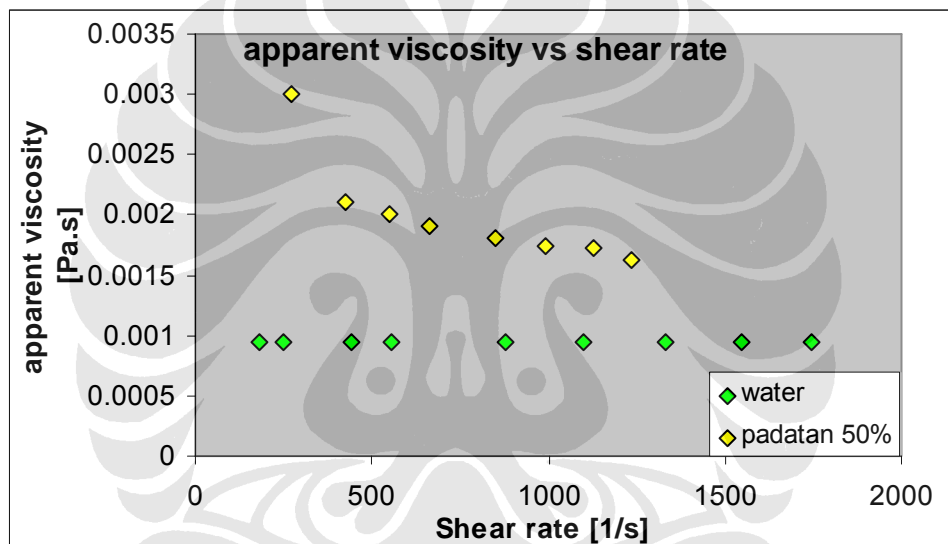
$$\mu = K\dot{\gamma}^{n-1} \quad (4.3)$$

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

Setelah karakteristik dari fluida uji diketahui maka selanjutnya untuk membuktikan karakteristik tersebut maka data yang didapat dimasukkan ke dalam persamaan *apparent viscosity* sehingga terlihat jelas karakteristik dari fluida uji dibandingkan dengan karakteristik dari air murni.

Tabel 4.5 Apparent Viscosity padatan 50%

Padatan 50%			Water	
du/dx	$K = \mu / \dot{\gamma}^{(n-1)}$	$\mu = K \cdot \dot{\gamma}^{(n-1)}$	du/dx	$\mu = k \cdot \dot{\gamma}^{(n-1)}$
271.5449721	0.003617423	0.00300	120.000000	0.00094
426.4943629	0.002532196	0.00210	303.574530	0.00094
547.0253786	0.002411616	0.00200	387.970770	0.00094
662.1886161	0.002291035	0.00190	672.650620	0.00094
848.1966544	0.002170454	0.00180	825.067710	0.00094
993.2829242	0.002110164	0.00175	1019.05310	0.00094
1126.708989	0.002073989	0.00172	1100.93005	0.00094
1237.532824	0.001965467	0.00163	1307.51189	0.00094



Gambar 4.3 hubungan apparent viscosity dengan shear rate pada Konsentrasi padatan 50%

4.1.2 Konsentrasi Padatan 40%

Penelitian selanjutnya dengan konsentrasi padatan 40%, dimana komposisi yang digunakan adalah 800ml lumpur ditambahkan 1200ml air, setelah komposisi yang dibuat tepat sirkulasikan campuran tersebut sesuai dengan prosedur pengujian.

Data yang didapat sama seperti data pada konsentrasi 50% yaitu perbedaan ketinggian permukaan fluida, debit aliran dan massa jenis dari konsentrasi padatan 40%.

Tabel 4.6 Hasil penelitian konsentrasi padatan 40%

vol (ml)	t (second)	h (cm)	h (m)
200	212	3	0.03
200	161	4	0.04
200	129	5	0.05
200	113	5.5	0.06
200	96	6	0.06
200	85	7	0.07
200	72	8	0.08
200	64	9	0.09
200	56	10	0.10
200	52	11	0.11
200	46	12	0.12

Dari data di atas dapat dilakukan perhitungan debit aliran, kecepatan aliran dan ketinggian permukaan fluida (h) dari aliran, untuk massa jenis dari konsentrasi ini di dapatkan 1351 kg/m^3 . Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan dasar teori yang telah ada maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil perhitungan debit, ΔP , luas penampang dan kecepatan untuk padatan 40 %

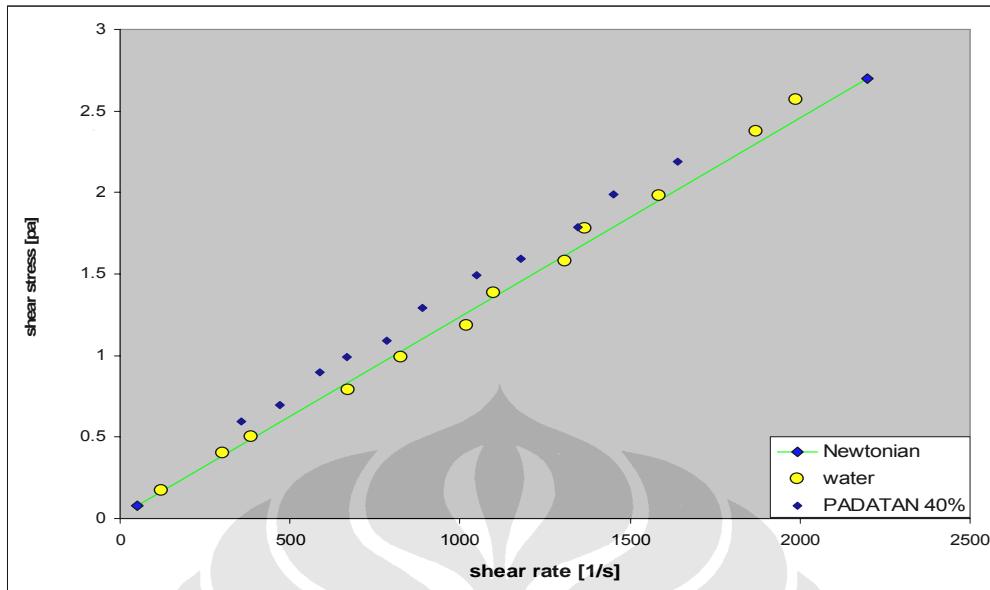
Q (m^3/s)	ΔP (Pa)	A (m^2)	V (m/s)
9.43396E-07	437.35923	0.000007065	0.13353096
1.24224E-06	510.252435	0.000007065	0.17582959
1.55039E-06	656.038845	0.000007065	0.21944623
1.76991E-06	728.93205	0.000007065	0.25051826
2.08333E-06	801.825255	0.000007065	0.29488087
2.35294E-06	947.611665	0.000007065	0.33304192
2.77778E-06	1093.398075	0.000007065	0.39317449
0.000003125	1166.29128	0.000007065	0.4423213
3.57143E-06	1312.07769	0.000007065	0.50551006
3.84615E-06	1457.8641	0.000007065	0.54439545
4.34783E-06	1603.65051	0.000007065	0.61540355

Pada data di atas terlihat debit aliran bertambah besar sesuai dengan kenaikan ketinggian permukaan fluida demikian juga dengan kecepatan aliran, selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan geser dalam pipa uji dan gradient kecepatan pada pipa uji sesuai dengan persamaan yang terdapat pada dasar teori.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan Tegangan geser dan Gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 40%

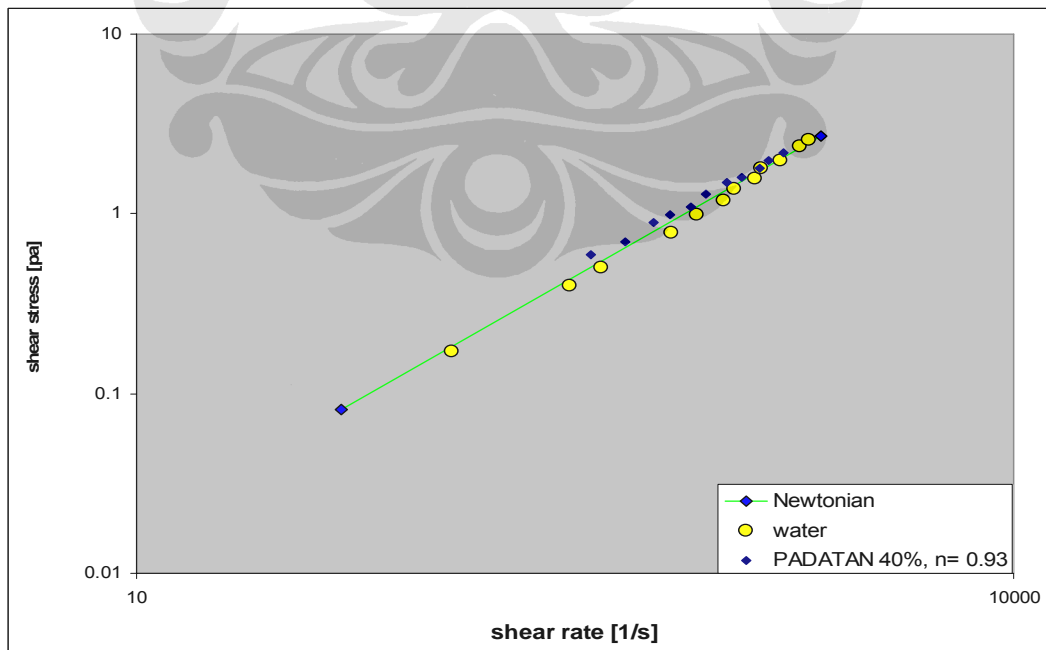
du/dx (8V/D)	τ (D Δ P/4L)
356.0825577	0.59639895
468.8788959	0.695798775
585.1899399	0.894598425
668.0486924	0.99399825
786.3489817	1.093398075
888.1117911	1.292197725
1048.465309	1.490997375
1179.523473	1.5903972
1348.026826	1.78919685
1451.721197	1.9879965
1641.076136	2.18679615

Nilai aliran untuk air terdapat pada tabel 4.4, maka untuk kurva aliran untuk konsentrasi padatan 40% adalah sebagai berikut, nilai tegangan geser dimasukkan pada sumbu ordinat dan nilai gradient kecepatan diplot pada sumbu axis untuk mendapatkan hasil grafik yang lebih baik maka sebaiknya nilai gradient kecepatan pada grafik dimulai dari skala 0/s sampai dengan 2500/s. sedangkan untuk nilai tegangan geser dimulai dari 0 pa sampai dengan 3 Pa sehingga didapatkan grafik yang proporsional.



Gambar 4.4 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 40%

Grafik selanjutnya dibuat dalam skala log yang tujuannya untuk mempermudah mengetahui kemantapan aliran (*Power Law Index*) untuk konsentrasi padatan 40 %. Grafik kurva alirannya akan menjadi seperti berikut ini :



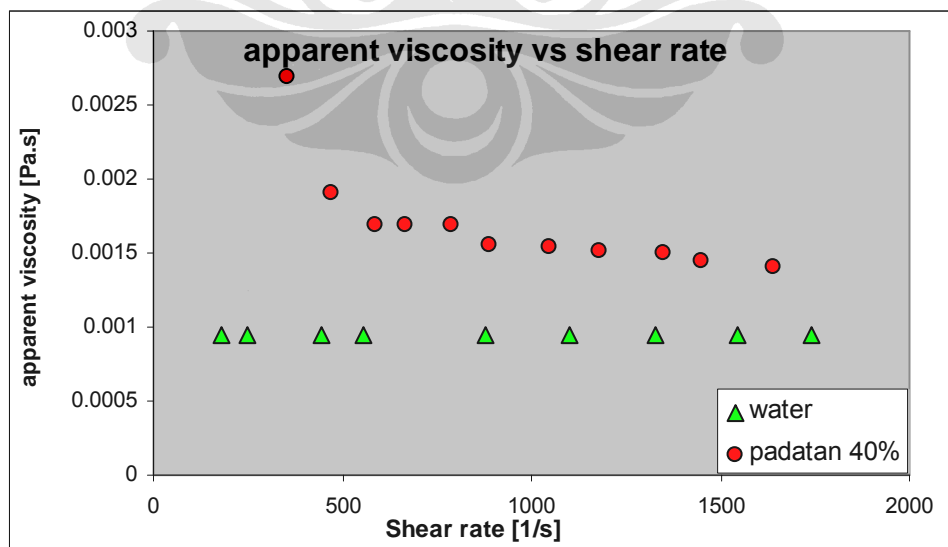
Gambar 4.5 Kurva aliran dengan konsentrasi padatan 40% pada grafik log-log

Pada kedua grafik di atas terlihat semua data berada di atas garis *Newton* hal ini menunjukkan kemungkinan fluida dengan konsentrasi padatan 40% adalah fluida *Non-Newtonian* dengan karakteristik *pseudoplastic* atau plastis semu, untuk mengetahui hubungan antara *apparent viscosity* dan gradient kecepatan. Dengan persamaan yang ada maka berikut ini akan ditampilkan grafik hubungan antara viskositas sesaat dan gradient kecepatannya.

Tabel 4.9 Hubungan *apparent viscosity* dan gradient kecepatan untuk air dan padatan 40 %

du/dx	K	$\mu (k \cdot \dot{\gamma}^{n-1})$	water du/dx	$\mu (k \cdot \dot{\gamma}^{n-1})$
356.0826	0.003111491	0.002690	444.2554	0.00094
468.8789	0.002209274	0.001910	554.2440	0.00094
585.1899	0.001954803	0.001690	877.3704	0.00094
668.0487	0.001954803	0.001690	1100.0903	0.00094
786.349	0.001954803	0.001690	1329.1997	0.00094
888.1118	0.001792867	0.001550	1547.5643	0.00094
1048.465	0.001781300	0.001540	1743.3492	0.00094
1179.523	0.001758166	0.001520	250.4482	0.00094
1348.027	0.001735032	0.001500	180.0000	0.00094
1451.721	0.001677198	0.001450		
1641.076	0.001619363	0.001400		

Dari data di atas dapat dibuat grafik hubungan antara *apparent viscosity* dengan gradient kecepatan antara air dengan padatan 40% sebagai berikut :



Gambar 4.6 Hubungan antara *apparent viscosity* dan *shear rate* pada konsentrasi padatan 40%

Pada grafik di atas terlihat dengan bertambahnya gradient kecepatan maka *apparent viscosity* (kekentalan sesaat) pada konsentrasi 40% semakin menurun dan mendekati viskositas dari fluida *Newtonian* (air).

4.1.3 Konsentrasi Padatan 30%

Penelitian selanjutnya dengan konsentrasi padatan 30%, dimana komposisi yang digunakan adalah 900 ml lumpur ditambahkan 2100 ml pelarut, setelah komposisi yang dibuat tepat sirkulasikan campuran tersebut sesuai dengan prosedur pengujian.

Data yang didapat sama seperti data pada konsentrasi 50% yaitu ketinggian permukaan fluida uji, waktu aliran dan volume dari konsentrasi padatan 30%.

Tabel 4.10 Hasil penelitian konsentrasi padatan 30%

vol (ml)	t (second)	h (cm)	h (m)
200	301	2.5	0.025
200	234	3.0	0.030
200	179	3.5	0.035
200	166	4.0	0.040
200	128	5.0	0.050
200	118	5.5	0.055
200	99	6.0	0.060
200	93	6.5	0.065
200	80	7.5	0.075
200	78	8.0	0.080
200	69	8.5	0.085

Setelah didapatkan data seperti di atas maka dilakukan perhitungan kecepatan aliran, debit aliran, luas penampang pipa uji dan ΔP untuk konsentrasi padatan 30% sesuai dengan persamaan yang ada.

Tabel 4.11 hasil perhitungan debit, ΔP , luas penampang dan kecepatan untuk padatan 30%

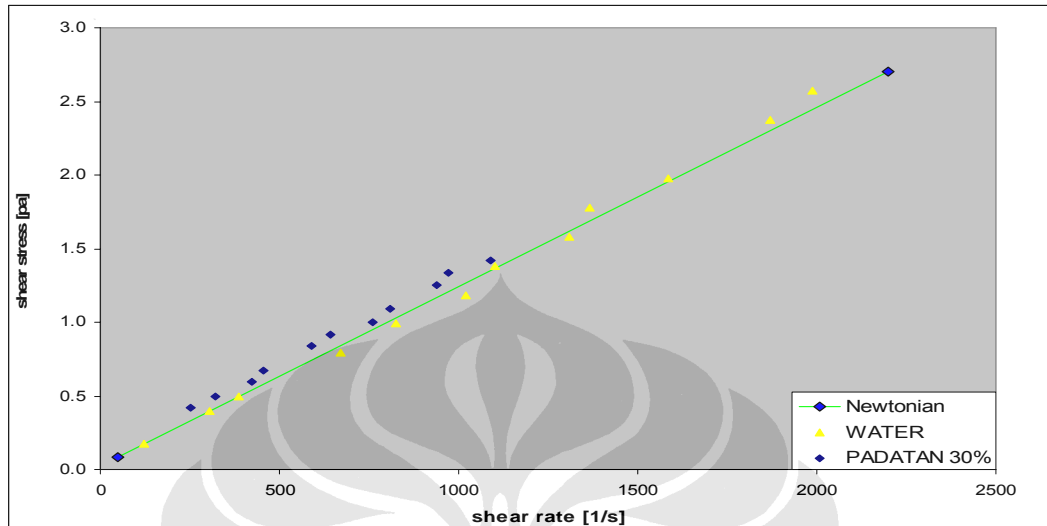
Q (m ³ /s)	ΔP (Pa)	A (m ²)	V (m/s)
6.64015E-07	306.5625	7.065E-06	0.093987
8.54342E-07	362.64067	7.065E-06	0.120926
1.11910E-06	435.16733	7.065E-06	0.158400
1.20142E-06	490.5000	7.065E-06	0.170052
1.56518E-06	613.1250	7.065E-06	0.221540
1.70201E-06	674.4375	7.065E-06	0.240907
2.01571E-06	735.7500	7.065E-06	0.285310
2.14253E-06	797.8080	7.065E-06	0.303260
2.48627E-06	919.6875	7.065E-06	0.351913
2.57304E-06	981.0000	7.065E-06	0.364195
2.88841E-06	1042.3125	7.065E-06	0.408834

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai tegangan geser dan gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 30%, dengan menggunakan persamaan yang ada maka didapat hasil penghitungan sebagai berikut :

Tabel 4.12 Hasil perhitungan tegangan geser dan gradient kecepatan pada konsentrasi padatan 30%

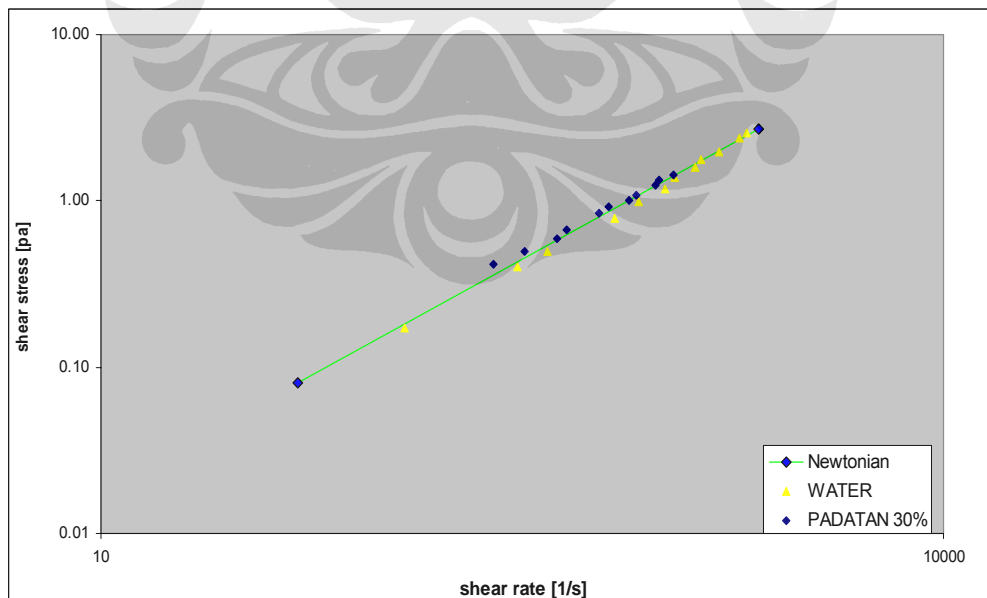
du/dx (8V/D)	τ (D ΔP /4L)
250.63085	0.418039773
322.46921	0.494510000
422.40108	0.593410000
453.47233	0.668863636
590.77367	0.836079545
642.41913	0.919687500
760.82580	1.003295455
808.69232	1.087920000
938.43579	1.254119318
971.18657	1.337727273
1090.22306	1.421335227

Setelah tegangan geser dan gradient kecepatan didapatkan maka kurva aliran dapat dibuat, kurva aliran untuk konsentrasi padatan 30% adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Hubungan antara shear stress dan shear rate pada konsentrasi padatan 30%

untuk mengetahui kemantapan aliran (*Power Law Index*) pada konsentrasi padatan maka kurva aliran harus terlebih dahulu dilog, maka grafik untuk konsentrasi padatan 30% adalah sebagai berikut :

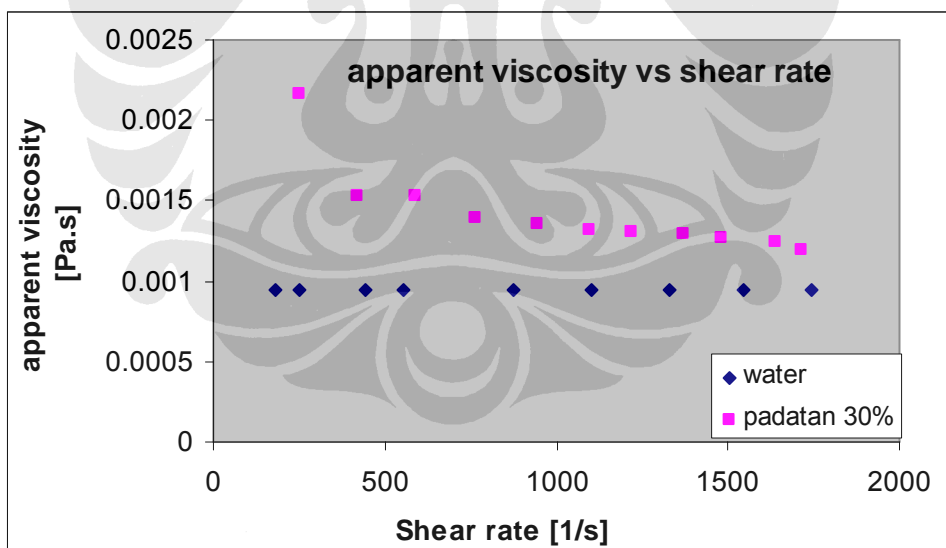


Gambar 4.8 kurva aliran dengan konsentrasi padatan 30% pada grafik log-log

Tabel 4.13 Hubungan *apparent viscosity* dan gradient kecepatan untuk air dan padatan 30%

du/dx	K	$\mu (k \cdot 8^{(n-1)})$	water du/dx	$\mu (k \cdot 8^{(n-1)})$
250.7957	0.002396670	0.002160	444.2554	0.00094
421.7291	0.001697641	0.001530	554.2440	0.00094
589.7617	0.001697641	0.001530	877.3704	0.00094
762.5202	0.001542302	0.001390	1100.0903	0.00094
943.6188	0.001497919	0.001350	1329.1997	0.00094
1094.051	0.001464632	0.001320	1547.5643	0.00094
1217.573	0.001453536	0.001310	1743.3492	0.00094
1372.536	0.001431345	0.001290	250.44817	0.00094
1480.186	0.001409153	0.001270	180.00000	0.00094
1641.076	0.001375866	0.001240		
1715.671	0.001331483	0.001200		

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



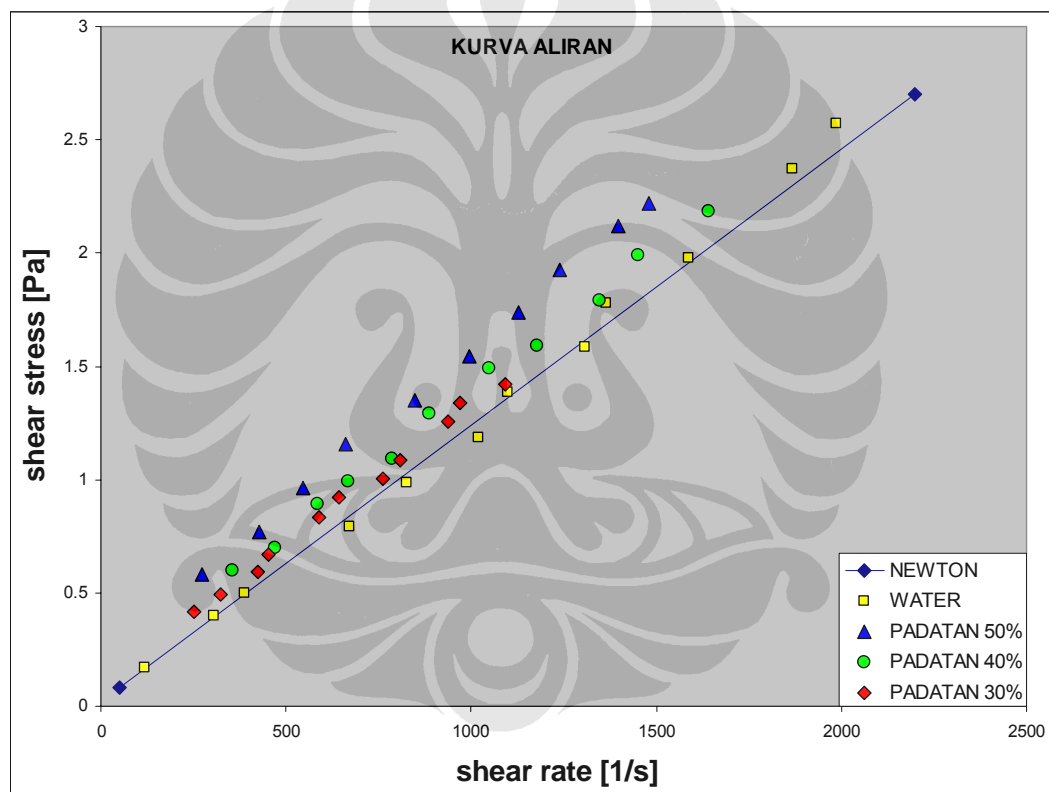
Gambar 4.9 Hubungan antara *apparent viscosity* dan shear rate pada konsentrasi padatan 30%

4.2 ANALISA DATA

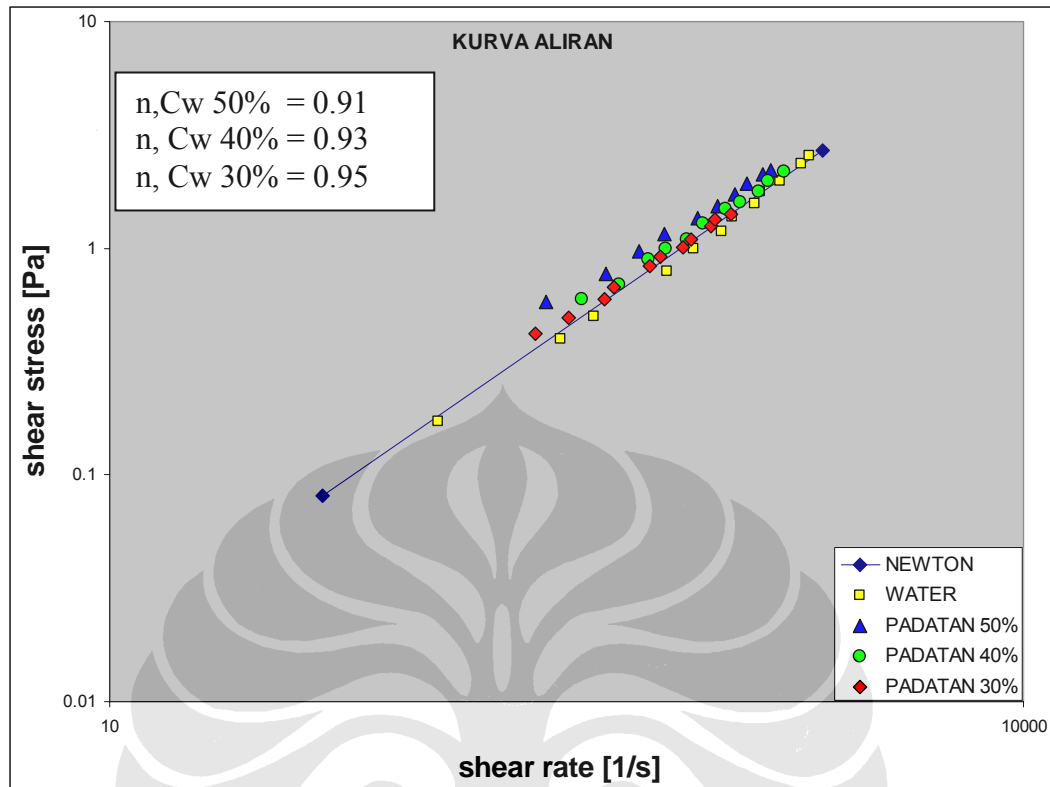
Dari beberapa kali percobaan dengan berbagai konsentrasi padatan maka didapatkan beberapa data beserta grafik dengan analisa sebagai berikut :

Pada konsentrasi padatan 30%

Kurva aliran mendekati garis Newton ini berarti bahwa dengan campuran pelarut sebanyak 70% 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.



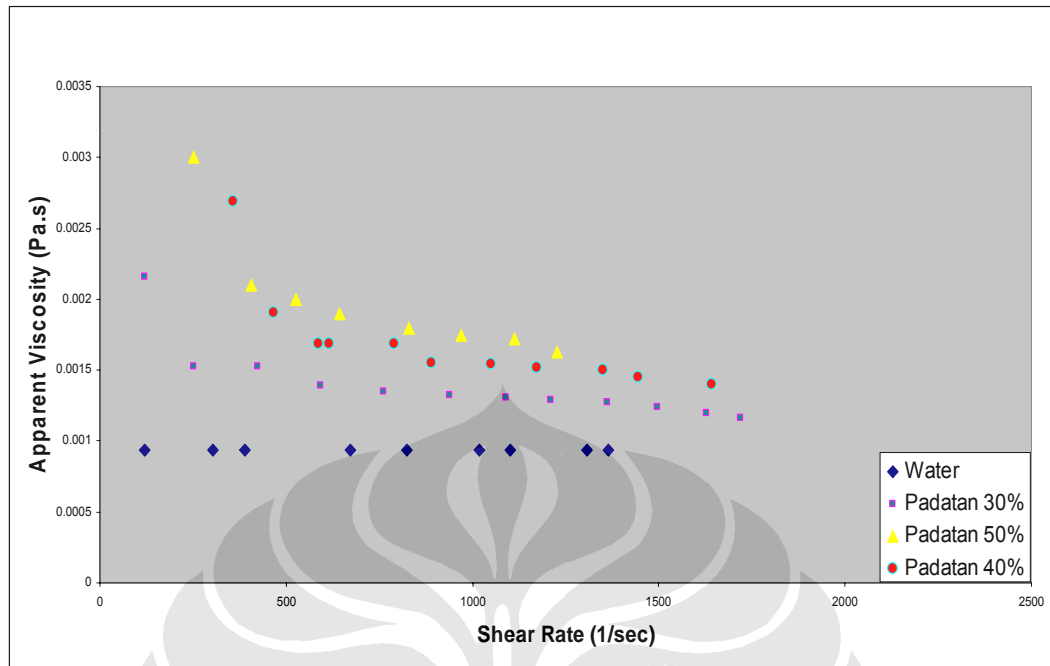
Gambar 4.10 Kurva aliran berbagai variasi konsentrasi padatan



Gambar 4.11 Kurva aliran berbagai variasi konsentrasi padatan pada skala log

Pada konsentrasi 40% dan 50%

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 0.91 sampai 0.93. dari penjelasan sebelumnya jika nilai kemantapan aliran (*Power Law Index*) $n = 1$ maka fluida tersebut adalah *Newtonian* sedangkan jika di atas 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% dan 40% fluida ini masih memiliki kecenderungan ke jenis *Newtonian* akan tetapi dengan konsentrasi 50% keatas fluida ini sudah tergolong jenis *Non-Newtonian Pseudoplastis*.



Gambar 4.12 Kurva *apparent viscosity* dan *shear rate* pada berbagai variasi konsentrasi padatan

Hubungan antara *apparent viscosity* (kekentalan sesaat) dengan *shear rate* (gradient kecepatan) pada konsentrasi padatan 30% kekentalan sesaatnya hampir mendekati air akan tetapi jika gradient kecepataannya bertambah maka *apparent viscosity* akan berimpit dengan air dan kemungkinan akan di bawah air sedangkan untuk *apparent viscosity* untuk 40% memiliki kekentalan lebih tinggi dari air, walaupun gradient kecepataannya bertambah kekentalan sesaatnya tetap berada di atas air. Jadi untuk konsentrasi padatan 30% masih mendekati sifat *Newtonian* tetapi pada saat konsentrasi padatan di atas 40% fluida ini memiliki sifat *Thixotropic (shear thinning)* yaitu fluida yang viscositasnya seolah-olah makin lama viscositasnya semakin menurun.