

ANALISA *PRESSURE DROP* DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF CAIRAN *COOLANT* PADA PIPA SILINDER MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN METODE EKSPERIMEN

¹Irwan Setiawan, ¹Nurrohman, ¹Hablinur Al Kindi

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun
Jl. KH Sholeh Iskandar, Kedung Badak, Tanah Sereal Bogor 16162, Telp. (0251) 8356884
Corresponding author : irwansetiawan720@gmail.com

ABSTRACT

The flow of fluid through the pipe creates fluid friction with pipe walls causing pressure drop and fluid flow velocity affecting the use of energy to drain it. Pressure drop can be affected by several factors such as friction or friction factor, pipe length, pipe diameter and fluid velocity. In this research, it will analyze pressure drop on piping system based on friction, fluid flow characteristics, and fluid velocity. The analysis was done by using two methods, namely experimental method and empirical calculation method. The stages of this study consist of problem analysis, literature study, calibration, data retrieval, empirical data processing and experiments, validation, analysis of results and conclusions. Based on the results of empirical and experimental research, the lowest pressure drop in the experiment and empirical was the 12 LPM discharge copper pipe and the water coolant ratio is 0: 100. This means that the best material pipes used were copper pipes rather than steel and galvanized pipes. The results of the tests and experiments have been tested for validation. The validation value of empirical and experimental data measurement is 91%.

Keyword : *coolant, pressure drop, piping system*

1. PENDAHULUAN

Pada dunia industri kualitas produk pipa dan efisiensinya sangat perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi biaya dan harga jual produk (Merle, P., & Wiggert, D. 2008). Salah satu teknologi yang berguna untuk meningkatkan efisiensi yang tinggi, yaitu penggunaan pipa dalam pendistribusian fluida cair untuk proses produksi. Pengaliran fluida melalui pipa menimbulkan adanya gesekan fluida dengan dinding – dinding pipa yang menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*) dan kecepatan aliran fluida yang berpengaruh pada penggunaan energi untuk mengalirkannya (Putra., M. 2012). Fluida yang dialirkan di dalam pipa membutuhkan usaha atau kerja untuk dapat mengalir. Semakin besar gaya gesek pipa atau semakin kasar permukaan pipa maka akan menghambat tekanan dan laju aliran fluida. Hal ini berakibat pada konsumsi energi yang lebih banyak dibanding biasanya.

Perhitungan dan analisa *pressure drop* digunakan untuk mengetahui berapa besar aliran dalam pipa. Hal tersebut menjadi sangat penting ketika fluida yang dialirkan adalah fluida yang sensitif dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Pengendalian tekanan dalam industri

sangat penting sekali agar tidak terjadi hal – hal yang tidak diinginkan. Karena apabila tekanan melebihi dari yang dibutuhkan, maka dapat menyebabkan kerusakan pada alat bahkan dapat juga menyebabkan ledakan. Semakin besar *pressure drop* yang ditimbulkan dalam sistem perpipaan akan berpengaruh pada banyaknya energi yang dibutuhkan.

Pressure drop dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor friksi atau gesekan, panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan fluida. Pada penelitian ini, akan dibahas percobaan pengurangan *pressure drop* pada aliran dalam pipa silinder dengan merekayasa fluida yang dialirkan, dengan cara menambahkan zat adiktif dengan komposisi tertentu. Analisa dan simulasi aliran – aliran fluida dalam pipa menggunakan 2 metode mekanika fluida yaitu: metode eksperimen dan metode perhitungan empiris.

Penelitian yang akan dilaksanakan memiliki beberapa tujuan, yaitu: Mengukur besarnya nilai *pressure drop* pada pipa silinder, dengan menambahkan zat aditif berupa cairan *coolant*. Mengukur besarnya nilai *pressure drop* berdasarkan friksi yang terjadi pada pipa silinder Membandingkan jatuh tekan (*pressure*

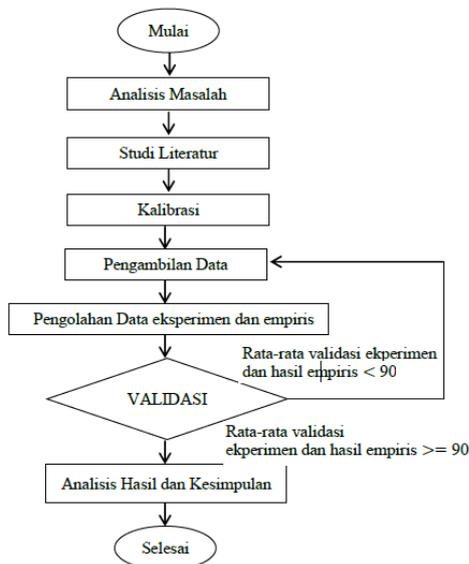
drop) yang terjadi antara air murni dengan air ditambahkan fluida *coolant* dengan komposisi tertentu. Membandingkan hasil analisa *pressure drop* yang terjadi dengan perhitungan empiris, dan eksperimen berdasarkan konsentrasi penambahan cairan *coolant*. Memvalidasi hasil pengukuran empiris dengan hasil eksperimen

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan tambahan perbendaharaan literatur, khususnya pengguna pada instalasi sistem perpipaan, sehingga dapat menjadi bahan acuan untuk mengadakan kajian dan penelitian selanjutnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, alat uji dibuat dengan skala laboratorium yaitu dengan menggunakan peralatan seperti *Pressure transducer*, pompa air, timbangan digital, *Stopwatch*, gelas ukur, tangki air, *data logger*, *flowmeter*, *ball valve*, pipa penghubung, gelas ukur, *switching power supply*, *viskometer ostwald*

Tahapan-tahapan dalam proses penelitian ini dalam bentuk *flow chart*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Flowchart penelitian

Metode Eksperimen

Pada penelitian ini bahan uji yang digunakan adalah air tawar murni dan cairan *coolant*. Variabel yang digunakan, yaitu variasi 3 pipa yaitu tembaga, galvanis iron dan *cast iron*, variasi perbandingan air dan campuran *coolant*, serta debit airnya. Alat uji ini dirancang sebagai alat uji skala laboratorium, yaitu penggunaan

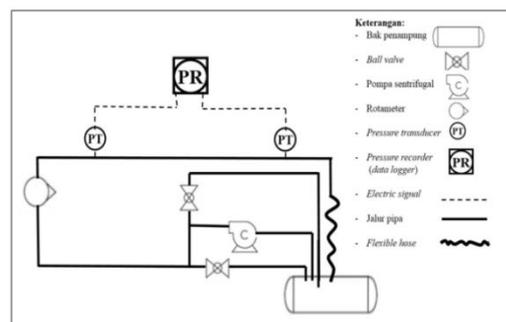
alat yang hanya ditujukan untuk penelitian dan pengambilan data sampel fluida (Tatto, B. (2010), Youssef, M. S. (2012)).

Alat uji yang dirangkai (Gambar 2), yaitu sebuah pipa dengan panjang 2,5 meter dan diameter dalam pipa 17 mm. Pipa tersebut dihubungkan dengan pompa dan dengan *ball valve*. *Ball valve* digunakan untuk mengatur debit aliran fluida, dan *flowmeter* untuk mengetahui besarnya debit aliran yang masuk ke pipa penelitian. Pada alat uji ini terdapat 2 buah *pressure transducer* yang jaraknya keduanya 2 meter dan *pressure transducer* 1 berjarak 0,2 meter dari masukan pipanya.



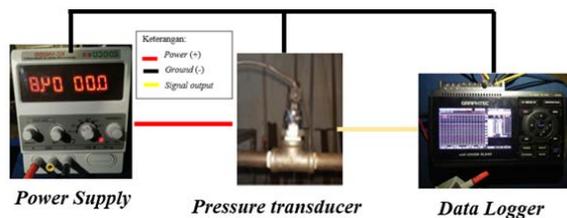
Gambar 2 Instalasi Alat Uji *Pressure Drop*

Skema aliran alat uji pipa, yaitu fluida mengalir dari tangki air, karena adanya hisapan dari pompa, dan diteruskan ke sistem pipa yang melalui 2 buah *ball valve* yang berfungsi untuk mengatur debit aliran yang masuk, lalu setelah debit fluida diatur fluida mengalir ke *flowmeter* (Satriyo, F. 2012). Pada *flowmeter* debit aliran yang masuk ke pipa eksperimen dapat dibaca dan diketahui dengan melihat angka yang ditunjukkan oleh pelampung pada *flowmeter*, selanjutnya fluida mengalir ke pipa eksperimen melalui pipa PVC. Skema aliran fluida pada penelitian ini dapat dijelaskan seperti Gambar 3.



Gambar 3 Skema Aliran Fluida Pada Instalasi Alat Uji

Selain sistem perpipaan yang digunakan, penelitian ini menggunakan sistem pengambilan data dengan sensor, yang memerlukan rangkaian elektronik untuk mendukungnya. Dalam hal ini integrasi antara *pressure transducer* sebagai sensor, *power supply* sebagai penyuplai tegangan stand by untuk sensor, dan data logger sebagai penyaji data harus dirangkai dengan benar dan tepat agar pengukuran dan pembacaan tekanan pada pipa eksperimen dapat dilakukan. Penggambaran sistem pengukuran dan pembacaan tekanan dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Wiring diagram pressure transducer

Metode Empiris

Untuk menghitung *pressure drop* dalam pipa maka kita harus melakukan langkah langkah sebagai berikut (Bruce R Munson, D. F. (2003), Fox, R. &. (1998), Merle, P., & Wiggert, D. (2008), Yunus A, Cengel, John , & Cimbal. (2006).):

Mencari kecepatan aliran dalam pipa sesuai debit

$$Q = V \cdot A$$

Q : Debit aliran (m³/s)
V : Kecepatan aliran (m/s)
A : Luas penampang (m²)
 $V = Q/A$

Mencari Massa Jenis Air (Density) Sesuai Campuran Fluida

Kita mengambil *volume* fluida 1 liter sebagai contoh Gambar 5 untuk mengukur massa campuran dari fluida, maka kita mendapatkan data dengan rumus (Ranald V. Giles, B. M. 1990).

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (Kg/M}^3\text{)}$$

m : Massa Fluida (Kg)
V : Volume Fluida (M³)



Gambar 5 Pengukuran massa jenis

Mencari Viskositas

Mencari viskositas masing-masing campuran fluida menggunakan Viskometer Ostwald (Gambar 6)



Gambar 6 Pengujian viskositas

Mencari Re aliran dalam pipa

Dari data yang di dapat maka kita bisa mencari bilangan Reynolds dengan rumus

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

V : kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)

ρ : adalah masa jenis fluida (kg/m³)

D : Diameter pipa (m)

μ : adalah viskositas dinamik fluida (kg/m.s) atau (N. Det/m²)

Mencari koefisien gesek

Untuk Laminer persamaan dengan rumus $16/Re$ Untuk Turbulen dengan persamaan Coolbrook White (Ptasinski, P.K., & - F.T.M. Nieuwstadt, B.H.A.A. (2011).)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4 \log \left(\frac{Ks}{3.71.d} + \frac{1.26}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Mencari *Pressure Drop*

Rumus *Pressure drop* untuk aliran laminar

$$= \frac{32\mu Lv\rho}{D^2}$$

Rumus *Pressure Drop* untuk aliran turbulen (Ptasinski, P.K., & F.T.M. Nieuwstadt,

B.H.A.A. (2011) = $\frac{fLv\rho v^2}{2D}$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen dan Empiris, dapat ditemukan bahwa:

- Nilai *pressure drop* paling tinggi pada debit 12 lpm, adalah pipa besi dengan perbandingan *coolant* dan air 50 : 50 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling tinggi pada debit 15 lpm, adalah pipa besi dengan perbandingan *coolant* dan air 50 : 50 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling tinggi pada debit 18 lpm, adalah pipa besi dengan perbandingan *coolant* dan air 50 : 50 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling tinggi pada debit 12 lpm, 15 lpm dan 18 lpm, adalah pipa besi 18 lpm dengan perbandingan *coolant* dan air 50 : 50 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling rendah pada debit 12 lpm, adalah pipa tembaga dengan perbandingan *coolant* dan air 0 : 100 (Tabel 1) Nilai *pressure drop* paling rendah pada debit 15 lpm, adalah pipa
- tembaga dengan perbandingan *coolant* dan air 0 : 100 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling rendah pada debit 18 lpm, adalah pipa tembaga dengan perbandingan *coolant* dan air 0 : 100 (Tabel 1)
- Nilai *pressure drop* paling rendah pada debit 12 lpm, 15 lpm dan 18 lpm, adalah pipa tembaga debit 12 lpm dengan perbandingan *coolant* dan air 0 : 100 (Tabel 1)

Tabel 1. Hasil Pengujian empiris dan eksperimen

Debit Aliran	Material	Campuran	Empiris	Eksperimen	Validasi	Normalisasi Validasi	Nilai Presentase	Nilai Rata Presentase Pada Pipa Per debit
12 LPM	Tembaga	50 % - 50 %	1654.26	1840.17	-0.1124	0.1124	89%	91%
		40 % - 60 %	1642.88	1813.29	-0.1037	0.1037	90%	
		30 % - 70 %	1598.93	1714.16	-0.0721	0.0721	93%	
		20 % - 80 %	1493.15	1617.97	-0.0836	0.0836	92%	
		10 % - 90 %	1373.72	1511.47	-0.1003	0.1003	90%	
		0 % - 100 %	1266.36	1158.82	0.0849	0.0849	92%	
	Galvanis	50 % - 50 %	2125.30	2391.07	-0.1251	0.1251	87%	91%
		40 % - 60 %	2115.94	2364.07	-0.1173	0.1173	88%	
		30 % - 70 %	2078.82	2347.36	-0.1292	0.1292	87%	
		20 % - 80 %	1996.34	2077.47	-0.0406	0.0406	96%	
		10 % - 90 %	1868.08	1785.95	0.0440	0.0440	96%	
		0 % - 100 %	1806.09	1675.70	0.0722	0.0722	93%	
	Besi	50 % - 50 %	2400.17	2679.10	-0.1162	0.1162	88%	91%
		40 % - 60 %	2391.24	2388.75	0.0010	0.0010	100%	
		30 % - 70 %	2355.25	2116.41	0.1014	0.1014	90%	
		20 % - 80 %	2277.52	1965.95	0.1368	0.1368	86%	
		10 % - 90 %	2139.34	1934.83	0.0956	0.0956	90%	
		0 % - 100 %	2087.63	1894.81	0.0924	0.0924	91%	
15 LPM	Tembaga	50 % - 50 %	2445.41	2751.33	-0.1251	0.1251	87%	91%
		40 % - 60 %	2429.08	2707.72	-0.1147	0.1147	89%	
		30 % - 70 %	2365.88	2612.51	-0.1042	0.1042	90%	
		20 % - 80 %	2214.21	2410.32	-0.0886	0.0886	91%	
		10 % - 90 %	2039.77	2178.72	-0.0681	0.0681	93%	
		0 % - 100 %	1887.27	1995.38	-0.0573	0.0573	94%	
	Galvanis	50 % - 50 %	3232.46	3009.47	0.0690	0.0690	93%	91%
		40 % - 60 %	3219.29	2952.27	0.0829	0.0829	92%	
		30 % - 70 %	3166.71	2876.40	0.0917	0.0917	91%	
		20 % - 80 %	3051.32	2712.78	0.1109	0.1109	89%	
		10 % - 90 %	2860.57	2634.12	0.0792	0.0792	92%	
		0 % - 100 %	2778.14	2504.67	0.0984	0.0984	90%	
	Besi	50 % - 50 %	3677.73	3523.32	0.0420	0.0420	96%	91%
		40 % - 60 %	3665.09	3456.20	0.0570	0.0570	94%	
		30 % - 70 %	3613.69	3272.09	0.0945	0.0945	91%	
		20 % - 80 %	3504.15	3117.08	0.1105	0.1105	89%	
		10 % - 90 %	3296.40	2864.07	0.1312	0.1312	87%	
		0 % - 100 %	3227.87	2833.33	0.1222	0.1222	88%	
18 LPM	Tembaga	50 % - 50 %	3371.11	3228.65	0.0423	0.0423	96%	91%
		40 % - 60 %	3349.16	3116.30	0.0695	0.0695	93%	

Debit Aliran	Material	Campuran	Empiris	Eksperimen	Validasi	Normalisasi Validasi	Nilai Presentase	Nilai Rata Presentase Pada Pipa Per debit
		30 % - 70 %	3264.07	3007.17	0.0787	0.0787	92%	
		20 % - 80 %	3060.40	2712.69	0.1136	0.1136	89%	
		10 % - 90 %	2822.39	2507.39	0.1116	0.1116	89%	
		0 % - 100 %	2619.47	2294.56	0.1240	0.1240	88%	
	Galvanis	50 % - 50 %	4565.60	4291.88	0.0600	0.0600	94%	91%
		40 % - 60 %	4548.17	4248.89	0.0658	0.0658	93%	
		30 % - 70 %	4478.08	4039.60	0.0979	0.0979	90%	
		20 % - 80 %	4325.86	3800.58	0.1214	0.1214	88%	
		10 % - 90 %	4061.03	3689.60	0.0915	0.0915	91%	
		0 % - 100 %	3957.10	3503.66	0.1146	0.1146	89%	
	Besi	50 % - 50 %	5223.90	4856.13	0.0704	0.0704	93%	91%
		40 % - 60 %	5207.03	4736.83	0.0903	0.0903	91%	
		30 % - 70 %	5137.94	4578.42	0.1089	0.1089	89%	
		20 % - 80 %	4992.22	4548.70	0.0888	0.0888	91%	
		10 % - 90 %	4701.24	4248.89	0.0962	0.0962	90%	
		0 % - 100 %	4614.81	4194.34	0.0911	0.0911	91%	

Berdasarkan hasil penelitian, nilai *pressure drop* yang paling rendah pada eksperimen dan empiris adalah pada pipa tembaga debit 12 LPM serta perbandingan cairan *coolant* dengan air adalah sebesar 0:100. Rendahnya nilai *pressure drop* dapat menambah nilai tekanan fluida pada pipa sehingga daya pompa semakin kecil. Daya pompa yang semakin kecil dapat menurunkan biaya produksi pada perusahaan. Hal ini berarti bahwa pipa material yang baik digunakan adalah pipa tembaga dibandingkan pipa besi dan galvanis. Adapun debit pada pipa tembaga yang paling baik digunakan adalah pada debit 12 lpm, hal ini dikarenakan nilai debit diatas 12 lpm dapat menjadikan *pressure drop* semakin naik.

Pencampuran zat aditif *coolant* dan air sebaiknya tidak dilakukan pada bahan material pipa besi karena berdasarkan penelitian nilai *pressure drop* tertinggi pada besi dengan perbandingan cairan *coolant* dengan air 50:50. Hasil penelitian ini didukung dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nuryanto (2015), yaitu *Ethylene glycol* pada *coolant* akan menyebabkan *pressure drop* di sisi *coolant* meningkat (Nuryanto, 2015) [5]. Hal ini dikarenakan zat fisik aditif *coolant* yang merupakan cairan hasil campuran ethylene atau propylene glycol dan air (Putra M. 2012)[7] .

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata validasi eksperimen dan empiris dari data yang tertera pada Tabel 1 maka dihasilkan nilai validasi sebesar 91%. Hal ini berarti eksperimen dikatakan berhasil karena melebihi batas nilai validasi diatas 90% sehingga dapat dikatakan bahwa nilai eksperimen tidak berbeda jauh dengan nilai empiris atau hasil pengukuran eksperimen valid. Adapun nilai validasi tertinggi pada pengujian eksperimen dan empiris yaitu hampir 100% adalah pada pengujian eksperimen pada besi 12 lpm dengan perbandingan *coolant* dan air adalah 40: 60

4. SIMPULAN DAN SARAN

• Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengujian empiris dan eksperimen, nilai *pressure drop* yang paling rendah pada eksperimen dan empiris adalah pada pipa tembaga debit 12

LPM serta perbandingan cairan *coolant* dengan air adalah sebesar 0:100. Rendahnya nilai *pressure drop* dapat menambah nilai tekanan fluida pada pipa sehingga daya pompa semakin kecil. Daya pompa yang semakin kecil dapat menurunkan biaya produksi pada perusahaan. Hal ini berarti bahwa pipa material yang baik digunakan adalah pipa tembaga dibandingkan pipa besi dan galvanis. Pencampuran zat aditif *coolant* dan air sebaiknya tidak dilakukan pada material pipa besi karena berdasarkan penelitian nilai *pressure drop* tertinggi pada besi dengan perbandingan cairan *coolant* dengan air 50:50.

Hasil penelitian pada pengujian dan eksperimen telah diuji validasi. Validasi pengukuran antara pengukuran empiris dan eksperimen dapat disimpulkan bahwa hasilnya tidak berbeda jauh atau valid. Nilai validasi pengukuran data empiris dan eksperimen adalah 91%.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya terpusat pada pengukuran *pressure drop* saja. Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan perhitungan variasi suhu di tiap campuran dan debit pada masing – masing pipa.
2. Debit yang diatur dalam penelitian ini, terbatas mulai dari 12, 15 dan 18 LPM. Untuk pengembangan selanjutnya bisa dikembangkan dengan variasi debit aliran yang lebih beragam lagi.
3. Penggunaan aditif alternatif lain dapat dikembangkan, dengan menggunakan bahan – bahan alami maupun kimia.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bruce R Munson, D. F. (2003). *Mekanika Fluida edisi ke empat jilid 2* . Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- [2] Fox, R. &. (1998). *Introduction to Fluid Mechanics*. 5th edition, John Wiley and Son, Inc, .
- [3] Merle, P., & Wiggert, D. (2008). *Fluid Mechanics*. Schaum's Outlines. McGRAW-Hill.

- [4] Negara, W. P. (2009). PERBANDINGAN ANALISIS PRESSURE DROP PADA PIPA LENGKUNG 900.
- [5] Nuryanto, B. N. (2015). *Pengaruh laju aliran coolant campuran air dengan ethylene glycol terhadap laju perpindahan panas dan penurunan tekanan radiator otomotif*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [6] Ptasinski, P.K., & F.T.M. Nieuwstadt, B.H.A.A. (2011). Experiments in Turbulent Pipe Flow With Polymer Additives at Maximum Drag Reduction. *Springer Link*, 159–182.
- [7] Putra., M. (2012). *Pengurangan Pressure drop Dengan Menggunakan Serat Abaca Pada Tangki Air Ballast Kapal*. Depok: Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [8] Ranald V. Giles, B. M. (1990). *Mekanika Fluida dan Hidraulika* . Seri Buku Schaum, Erlangga.
- [9] Satriyo, F. (2012). *Pengurangan Nilai Jatuh Tekan (Pressure Drop) Aliran Di Dalam Pipa Dengan Penambahan Aditif Polyvinyl Alcohol 100, 250, dan 400 PPM Pada Fluida Kerja Air*. Depok: Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [10] Tatto, B. (2010). Perancangan Alat Ukur Tekanan Pressure Transmitter Tipe Piezoelectric.
- [11] Youssef, M. S. (2012). Computing the Pressure Drop of Nanofluid Turbulent Flows in a Pipe Using an Artificial Neural Network Model. *Engineering Scientific Journal*, 130-136.
- [12] Yunus A, Cengel, John , & Cimbala. (2006). *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*. Mc Graw Hill