

10. (Muhammad, 2018) Analisa  
dan Optimasi Penurunan  
Tekanan (Pressure Drop)  
[PROSEDING], SNTK  
Lhokseumawe.pdf  
*by*

---

**Submission date:** 15-Mar-2021 02:54AM (UTC-0700)

**Submission ID:** 1533480568

**File name:** 10. (Muhammad, 2018) Analisa dan Optimasi Penurunan Tekanan (Pressure Drop) [PROSEDING], SNTK Lhokseumawe.pdf (459.18K)

**Word count:** 3032

**Character count:** 17960

## Analisa dan Optimasi Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*) pada Pipa U Bersambung Menggunakan Metode Simulasi CFD

4 **Muhammad<sup>\*</sup>, Nasrul ZA, Leni Maulinda**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe  
<sup>\*</sup>Email : [mhd\\_14542@yahoo.com](mailto:mhd_14542@yahoo.com)

### Abstrak

4 Untuk memindahkan fluida cair, gas dan campuran cair-gas digunakan sistem perpipaan. Pipa terdiri dari macam-macam ukuran dan bentuk penampang. Macam-macam jenis cabang 4 pipa banyak digunakan di industri pertambangan, pendistribusian air minum. Penurunan tekanan aliran di dalam pipa penting diketahui dalam perancangan sistem perpipaan. Pressure drop dipengaruhi oleh panjang pipa, jenis fluida, kecepatan dan bentuk aliran serta diameter pipa. Untuk mengetahui penyebab penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa u bersambung maka penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah Autodesk Inventor, Autodesk Simulation CFD, dan Design Expert.

**Kata kunci :** *Pressure Drop, pipa u bersambung, Computational Fluid Dynamics (CFD)*

### Abstract

To move the liquid fluid, gas and liquid-gas mixture a piping system is used. Pipes consist of various sizes and cross section shapes. Various types of pipe branches are widely used in the mining industry, the distribution of drinking water. Decrease in flow pressure inside the pipe is important to know in the piping system design. Pressure drop is influenced by the length of the pipe, the type of fluid, the speed and shape of the flow and the diameter of the pipe. To find out the cause of the pressure drop in the continuous pipe, this research was carried out using the Computational Fluid Dynamics (CFD) application. The software used in this study is Autodesk Inventor, Autodesk Simulation CFD, and Design Expert.

**Keywords :** *Pressure Drop, pipa u bersambung, Computational Fluid Dynamics (CFD)*

## 1. PENDAHULUAN

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah cabang dinamika fluida dengan menggunakan algoritma dan metode numerik dalam pemecahan analisis masalah yang melibatkan aliran fluida. Untuk melakukan jutaan perhitungan dalam simulasi interaksi antara cairan, gas dan bahan padat digunakan komputer. Persamaan Navier-Stokes adalah dasar fundamental semua masalah CFD. Jaringan perpipaan dalam bidang keteknikan menghubungkan semua aliran satu dengan yang lain. Penurunan tekanan (*pressure drop*) hal yang sangat penting dalam perancangan sistem perpipaan.

Panjang pipa, kekasaran permukaan bagian dalam, diameter pipa merupakan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *pressure drop*. *Pressure drop* sangat penting dipahami dalam merancang sistem perpipaan.

Khairul Muhajir (2011) melakukan penelitian dengan menggunakan aplikasi Ansys Fluent 13.0 terhadap aliran fluida gas-cair yang melalui pipa vertikal. Hasil penelitiannya berupa penurunan tekanan aliran gas-cair yang diukur pada debit cairan konstan serta debit udara yang berubah-ubah. Jika debit udara aliran ditingkatkan, maka akan mempengaruhi beda tekanan. Debit Udara berbading lurus dengan beda tekanan, *pressure drop* menurun dengan naiknya debit aliran udara. Kuadrat kecepatan hampir sebanding dengan penurunan tekanan Ahmad Indra (2007). Untuk mendapatkan hasil ini, Ahmad Indra meneliti pada pipa spiral dengan dengan memvariasikan diameter pipa.

Thoriq (2011) melakukan penelitian tentang analisis aliran fluida pada sambungan pipa elbow dan sambungan pipa tee dengan computational fluid dynamics (CFD) dengan hasil analisa yang dilakukan pada pipa elbow 90° dengan metode empiris penurunan tekanannya yaitu 0,1536 pascal dan hasil simulasi yang dilakukan pada pipa elbow 90° dengan metode empiris penurunan tekanannya yaitu 0,3 pascal. Analisa yang dilakukan pada pipa tee dengan metode empiris penurunan tekanannya yaitu 0,1792 Pascal, sedangkan hasil simulasi yang dilakukan pada pipa tee dengan metode empiris penurunan tekanannya yaitu 1,3 pascal. Hasil simulasi yang dilakukan pada pipa elbow 90° dan pipa tee dengan asumsi diameter dan panjang pipa sama maka penurunan tekanan pada pipa tee lebih besar dibandingkan dengan pipa elbow 90° begitu pula sebaliknya.

Penelitian terhadap rugi-rugi aliran diameter pipa menggunakan program Fluent 6.0 telah dilakukan oleh Sepitrah dan Yose Rizal (2013). Objek dalam penelitian ini adalah sebuah rangkaian pemipaan dengan menggunakan macam-macam komponen pemipaan. Penelitian dilakukan secara aktual menghasilkan pompa tanpa pembebanan, bila terhubung dengan pipe line 1 maksimal 29 l/min dengan putaran pompa 2812 rpm dan bila terhubung dengan pipe line 2 debit aliran 35 l/min dengan putaran pompa 2849 rpm.

Melany (2014) melakukan penelitian tentang analisa penurunan tekanan pada pipa cabang 3 dengan variasi diameter dengan menggunakan metode CFD dengan hasil analisa semakin besar diameter pipa maka penurunan tekanannya semakin kecil.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Aliran Fluida Dalam Saluran Tertutup (Pipa)

Fluida yang mengalir dalam saluran tertutup dengan penampang biasanya berbentuk lingkaran dengan tampang aliran penuh disebut aliran fluida dalam saluran tertutup (Triatmojo 1996). Jenis fluida yang dialirkan dalam saluran tertutup bisa berupa zat cair atau gas dimana tekanannya bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Fluida yang mengalir dalam pipa tertutup namun tidak penuh sehingga ada rongga yang berisi udara. Jika karakteristik alirannya sama fluida yang mengalir dalam pipa saluran terbuka.

Partikel zat cair yang berdampan dengan dinding batas akan diam (kecepatan nol) sedang yang terletak pada suatu jarak tertentu dari dinding akan bergerak. Fungsi jarak dari dinding batas adalah perubahan kecepatan. Aliran viskos disebut juga aliran zat cair riil. Aliran zat cair yang mempunyai kekentalan disebut aliran viskos. Viskositas terjadi pada temperature tertentu. Tabel 1.1. memberikan sifat air (viskositas kinematik) pada berbagai tekanan atmosfer dan temperature.

Kekentalan adalah sifat zat cair yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Dengan bertambahnya kecepatan karena berkurangnya pengaruh kekentalan, maka aliran berubah dari laminar menjadi turbulen. Partikel zat cair akan bergerak secara tidak teratur pada aliran turbulen.

Untuk memindahkan fluida cair, gas ataupun campuran gas dan cair digunakan sistem perpipaan. Sistem perpipaan terdiri dari, pipa, sambungan-sambungan (fittings), dan peralatan pipa (pompa). Macam-macam sambungan cabang (*branch connection*) dapat dibagi atas: sambungan langsung (*stub in*), sambungan dengan menggunakan fittings (alat penyambung), sambungan dengan menggunakan flanges (flens-flens) (Franzini, 2002).

Tabel 1.1 Sifat air (Viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer

Suhu °C	Viskositas Kinematik (v) m <sup>2</sup> /dt	Suhu °C	Viskositas Kinematik (v) m <sup>2</sup> /dt
0.0	1.795 × 10 <sup>-6</sup>	50.0	0.556 × 10 <sup>-6</sup>
5.0	1.519 × 10 <sup>-6</sup>	60.0	0.477 × 10 <sup>-6</sup>
10.0	1.308 × 10 <sup>-6</sup>	70.0	0.415 × 10 <sup>-6</sup>
20.0	1.007 × 10 <sup>-6</sup>	80.0	0.367 × 10 <sup>-6</sup>
30.0	0.804 × 10 <sup>-6</sup>	90.0	0.328 × 10 <sup>-6</sup>
40.0	0.661 × 10 <sup>-6</sup>	100.0	0.296 × 10 <sup>-6</sup>

Sumber : Bambang triatmojo 1996

Sebelum merancang tipe sambungan dapat ditentukan spesifikasinya berdasarkan perhitungan kekuatan, kebutuhan tanpa melupakan faktor efektivitasnya Berdasarkan kebutuhan dan perhitungan kekuatan, dapat ditentukan sambungan antar pipa, sambungan antar header dengan cabang lain. (Raswari, 2007).

## 2.2 Penurunan Tekanan (Pressure Drop)

Istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik ke titik yang lain dalam aliran pipa adalah pressure drop. Penurunan tekanan disebabkan oleh gaya gesek fluida yang mengalir melalui tabung. Resistensi aliran memberikan gaya gesek. Kecepatan fluida merupakan faktor utama untuk mempengaruhi resistensi terhadap aliran. Reynold number mempengaruhi pressure drop yang merupakan fungsi dari viskositas, diameter pipa dan densitas fluida (Arip, 2004).

Pressure Drop pada pipa horizontal adalah sebagai berikut yaitu penurunan tekanan yang disebabkan oleh friksi dan sambungan-sambungan. Pengendalian tekanan dalam industri sangat penting sekali agar tidak terjadi hal hal yang tidak di inginkan. Hal-hal yang mempengaruhi Pressure Drop antara lain adalah: Faktor friksi, Panjang pipa, Kecepatan alir fluida, diameter pipa. Secara matematis Pressure Drop pada pipa horizontal adalah ditunjukkan dalam persamaan 1.1 berikut:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana:  $\Delta p$ = Pressure Drop (N/m<sup>2</sup>),  $\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>),  $g$  = gravitasi (m/s<sup>2</sup>),  $\Delta h$ = selisih ketinggian pada manometer(m) Untuk menghitung perbedaan tekanan antara sisi masuk pipa dan sisi keluar pipa sering kali menggunakan rumus Bernoulli seperti persamaan 1.2 berikut ini:

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_a^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + Z_B + f \frac{L}{D} + \frac{v_b^2}{2g} \dots\dots\dots(1.2)$$

Dalam rumus di atas, tekanan di sisi masuk pipa disimbolkan dengan subscript A dan tekanan di sisi keluar pipa disimbolkan dengan subscript B. Berikut adalah penjelasan penurunan tekanan aliran untuk berbagai kondisi aliran: Tidak terdapat perbedaan ketinggian pada aliran dalam pipa yang berdiameter seragam. Dalam kondisi ini, karena diameter pipa seragam maka kecepatan aliran masuk dan keluar pipa sama sehingga  $V_A = V_B$ . Kemudian, karena tidak terdapat beda ketinggian antara sisi masuk dan sisi keluar pipa maka  $z_A = z_B$  atau  $\Delta z = 0$ . Dengan demikian, beda tekanan (pressure loss) dapat dilihat dalam persamaan 1.3 berikut:

$$P_A - P_B = f \frac{L}{D} + \frac{\rho v b^2}{2} \dots\dots\dots(1.3)$$

(Miller, 1978)

## 2.3 Metoda Tanggap Permukaan dan Optimasi

Metode tanggap permukaan atau dikenal dengan respon surface methodology (RSM) merupakan sekumpulan teknik statistik dan matematika yang bermanfaat untuk mengembangkan, meningkatkan dan mengoptimasi suatu proses (Myers dan Montgomery, 2002). Penerapan metode tanggap permukaan terutama dilakukan pada situasi dimana terdapat beberapa variabel yang potensial mempengaruhi kinerja atau karakteristik kualitas suatu proses atau produk yang disebut dengan variabel tanggap (respon). Variabel masukan (bebas) kadang-kadang disebut dengan variabel independen, yang sepenuhnya dikendalikan oleh peneliti. Myers dan Montgomery (2002) menjelaskan bahwa implementasi metode tanggap permukaan (MTP) dilakukan melalui tiga tahapan sebagai berikut:

Tahapan pertama, melakukan seleksi terhadap variabel-variabel masukan yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel tanggap. Tahapan ke dua, pemodelan matematis untuk menggambarkan masing-masing hubungan antara variabel independen dengan variabel tanggap yang ditinjau. Dalam pemodelan biasanya digunakan model polinomial orde-dua. Persamaan (1.4) menunjukkan model polinomial orde-dua untuk minimal tiga variabel independen yang digunakan.

$$Y_k = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon_j \dots\dots\dots(1.4)$$

Dimana,  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ , dan  $\beta_{ij}$  merupakan koefisien regresi, yang nilainya dapat diestimasi dengan metoda kuadrat terkecil dan telah diuraikan di banyak literatur statistik (Lazic, 2004). Persamaan 2.5 hanya memberikan gambaran hubungan antara variabel independen dengan masing-masing variabel tanggap.

Untuk keperluan optimasi suatu proses perlu ditetapkan kriteria atas dasar fungsi keinginan (Desirability Function, DF). Nilai (tingkat) tanggap minimum dan maksimum harus ditentukan atas dasar teknis dan ekonomis. Optimasi variabel respon secara simultan dilakukan dengan menggunakan pendekatan fungsi keinginan (desirability function), seperti yang diusulkan oleh Derringer dan Suich (1980). Fungsi keinginan, untuk setiap

respon dikonversikan menjadi fungsi keinginan masing-masing,  $d_k = h(\hat{Y}_k)$ , nilai  $d_k$  berkisar antara 0 dan 1, dimana  $d_k = 0$ , berarti respon berada dalam rentang yang tidak dapat diterima, sedangkan  $d_k = 1$  berarti respon berada pada kondisi optimum sehingga nilai  $d_k$  berada pada  $0 < d_k < 1$ .

### 3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap simulasi dan tahap optimasi. Tahap simulasi menggunakan software Autodesk Simulation CFD sedangkan tahap optimasi menggunakan Design Expert.

Kalkulasi numerik digunakan software Autodesk Simulation CFD, sebelumnya diawali dengan penggambaran geometri pipa u bersambung menggunakan software Autodesk Inventor.

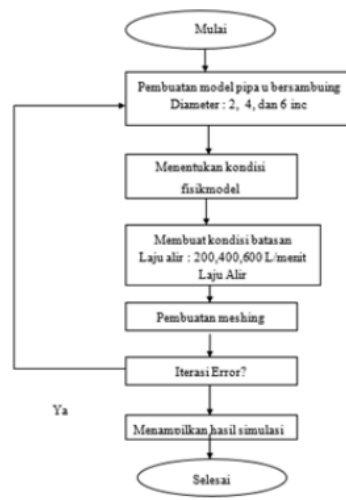
Tabel 2.1 Variabel-variabel Penelitian

Variabel tetap	Variabel berubah	Variabel terikat
- Fluida (air Sumur)	Diameter pipa: 2, 4 dan 6 inc	- Penurunan tekanan
- Panjang Pipa Poly Vynil Chloride (PVC): 12 m	Laju alir : 200, 400, 600 L/menit	- Bilangan Reynold

4

#### 3.1 Prosedur Kerja

Secara keseluruhan proses simulasi untuk penelitian ini ada 6 langkah yang sebelumnya dimulai dari pembentukan geometri dapat dilihat pada diagram alir prosedur simulasi dan dilanjutkan dengan simulasi pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Flowchart proses penelitian

#### 3.2 Rancangan Penelitian Metoda Tanggap Permukaan

Tahapan awal rancangan penelitian metoda tanggap permukaan adalah melakukan seleksi terhadap variabel-variabel independen yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel tanggap. Pelaksanaan eksperimen menggunakan rancangan percobaan yang sesuai, dalam penelitian ini digunakan rancangan Central



Composite Design, 2002), yang terdiri dari 14 perlakuan dan dalam pelaksanaannya perlakuan dijalankan secara acak, sementara factor level seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Faktor dan level yang digunakan pada rancangan *Central Composite Design***

Faktor	Level	
	-alpha	+alpha
Laju Alir Fluida (L/min)	200	600
Diameter pipa (inch)	2	6

### 3.3 Target dan Indikator Kinerja

Sejumlah target yang diharapkan akan dapat dicapai, ditampilkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Target dan Indikator kinerja**

Deskripsi	Target	Indikator Kinerja
Studi bentuk pipa U	Penggambaran geometri	Perhitungan penurunan tekanan Prediksi Medan Alir secara simulasi.
	Simulasi Proses aliran fluida dalam pipa CFD	Melihat pengaruh variable berubah yang signifikan terhadap variable terikat

### 3.4 Persiapan Geometri dan Solver

Rancangan percobaan dalam penelitian ini didisain menggunakan aplikasi Design Expert dengan metode Central Composite Design (CCD). Rancangan design eksperimen nya sebagai berikut:

Name	Unit	-1 Level	+1 Level	-alpha	+alpha
A: Diameter	Inc	2.58579	5.41421	2	6
B: Laju Alir	l/min	258.579	541.421	200	600

Penggambaran bentuk geometri pipa berbentuk U yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2. Bentuk geometri pipa u bersambung.**

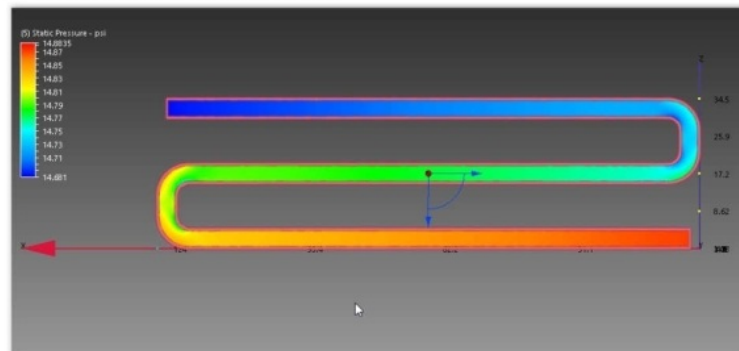
Berikut ini adalah bentuk geometri dari pipa berbentuk U pada Model setelah diberi *mesh* gambar 2.3.



Gambar 2.3. Model setelah diberi *mesh*.

#### 4. HASIL PENELITIAN

Setelah percobaan dilakukan dengan memvariasikan laju alir dan diameter pipa U bersambung, diperoleh profile tekanan pada pipa seperti gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Distribusi Tekanan Pada Pipa U Bersambung.

Pada gambar 3.1, dapat dilihat perubahan warna dari orange ke biru menunjukkan perubahan tekanan pada inlet yang lebih besar dibandingkan pada outlet yang lebih kecil, disini terlihat terjadi perubahan tekanan atau pressure drop. Respon yang diperoleh dari percobaan dengan variasi berbagai laju alir dan diameter pipa sesuai dengan yang ditentukan oleh tabel rancangan Respon Surface Methode sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Respon yang diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan.**

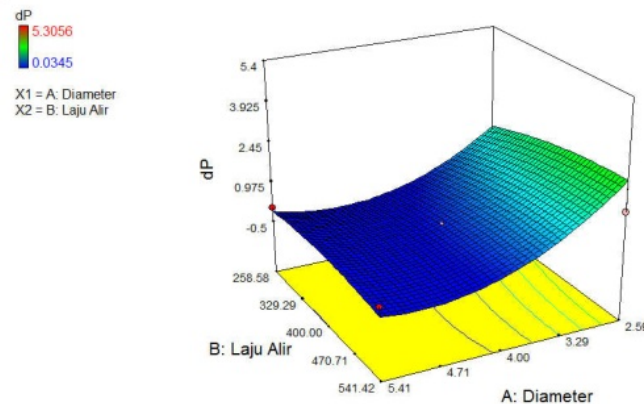
Std	Run	Block	Factor 1A: Diameter (Inch)	Factor 2B:Laju Alir (liter / menit)	Pressure Drop (atm)	Reynold Number
9	1	Block 1	4	400	0.053	35110
7	2	Block 1	4	200	0.1877	70223.5
12	3	Block 1	4	400	0.0345	38147.8
6	4	Block 1	6	400	0.3988	105337
3	5	Block 1	2.59	541.42	0.1533	79878.6
13	6	Block 1	4	400	0.274	47066.5
1	7	Block 1	2.59	258.58	5.3056	144303
11	8	Block 1	4	400	0.1877	70223.5
10	9	Block 1	4	400	0.1877	70223.5
4	10	Block 1	5.41	541.42	0.0571	49123.1
5	11	Block 1	2	400	0.1877	70223.5
2	12	Block 1	5.41	258.58	1.4958	131924
8	13	Block 1	4	600	0.877	70223.5

#### 4.1 Analisa pada Respon Surface Pressure Drop.

Model F- dengan nilai 4,23 menyiratkan model signifikan. Ada kemungkinan nilai "Model F-Value" sebesar 4,31% ini terjadi karena kebisingan. Nilai "Prob> F" kurang dari 0,0500 menunjukkan model signifikan. "Pred R-Squared" negatif menyiratkan bahwa keseluruhan rata-rata adalah prediktor yang lebih baik dari respons model saat ini. "Adeq Precision" mengukur rasio *signal to noise*. Rasio lebih besar dari 4 yang diinginkan. Nilai rasio 6,828 menunjukkan sinyal yang memadai. Model ini dapat digunakan untuk menavigasi ruang desain. Persamaan yang terbentuk untuk respon *Pressure Drop* adalah :

$$dP = +6.78890 - 4.26747 * \text{Diameter} + 0.016010 * \text{Laju Alir} - 1.37875E-003 * \text{Diameter} * \text{Laju Alir} + 0.50288 * \text{Diameter}^2 - 1.10978E-005 * \text{Laju Alir}^2$$

Grafik tiga dimensi pada Gambar 3.2 menunjukkan adanya pengaruh perubahan diameter dan laju alir terhadap *pressure drop*.

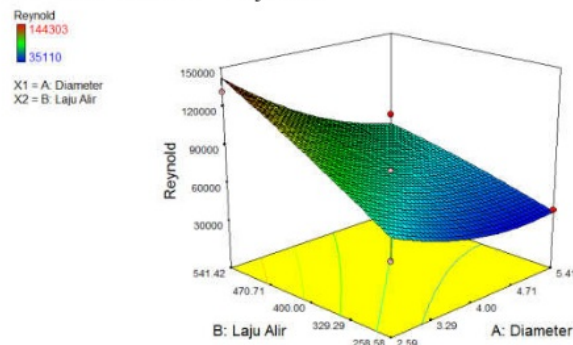


Gambar 3.2. Grafik Respon *Pressure Drop* terhadap variasi laju alir dan diameter.

#### 4.2 Analisa pada Respon Surface Pressure Reynold Number.

Model F-nilai 18,69 menyiratkan bahwa model itu signifikan. Ada kemungkinan sebesar "Model F-Value" ,06% terjadi karena kebisingan. Nilai "Prob> F" kurang dari 0,05 menunjukkan persyaratan model signifikan. "Adeq Precision" mengukur rasio *signal to noise*. Rasio 14,812 menunjukkan sinyal yang memadai. Model ini dapat digunakan untuk menavigasi ruang desain. Model matematika untuk respon dari Reynold Number ini diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Reynold} = +42346.89159 - 39487.70356 * \text{Diameter} + 507.44706 * \text{Laju Alir} - 53.90838 * \text{Diameter} * \text{Laju Alir} + 5470.63125 * \text{Diameter}^2 - 0.11518 * \text{Laju Alir}^2$$



Gambar 3.3. Grafik Respon Reynold Number terhadap variasi laju alir dan diameter.

Grafik tiga dimensi pada Gambar 3.3. menunjukkan adanya pengaruh perubahan laju alir dan diameter pipa terhadap bilangan Reynold.



## 5. SIMPULAN DAN SARAN.

### 5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perubahan diameter pipa U bersambung dan perubahan laju alir memberikan pengaruh yang signifikan pada *Pressure Drop* dan bilangan reynold. Nilai F yang diperoleh pada respon *Pressure Drop* sebesar 4.31% dan pada respon reynold number sebesar 0.02%. Standar deviasi pada respon *Pressure Drop* sebesar 0.94 dan standar deviasi pada reynold number sebesar 11592.09854, hal ini menunjukkan keragaman data pada respon reynold number sangat tinggi dibandingkan pada respon *Pressure Drop*.

### 5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengubah bentuk geometri dari pipa dan memvariasikan pada laju alir dan diameter pipanya.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh yang sudah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Arip Dwiyantoro, B., 2004, "Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Protituding (Tonjolan) pada Pipa lurus Bercabang 45° dan 60° terhadap distribusi kecepatan dan Tekanan Aliran, ITS, Surabaya.
- Franzini Joseph B, Finnemore E. John. 2002. Fluid Mechanics. The McGrawHill Companies, Inc, New York
- Indra, Ahmad, 2007. Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Spiral Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD), Universitas Gunadarma, Depok.
- Khairul Muhajir. 2011 Pengaruh Viskositas terhadap Aliran Fluida Gas-Cair melalui Pipa Vertikal dengan Perangkat Lunak Ansys Fluent 13.0, Jurnal Kompetensi Teknik, Vol 3 No 1.
- Miller, D.S. 1978. Internal Flow Systems. BHRA Fluid Engineering, Cranfield, England.
- Montgomery, D. C. ,1997. *Design and Analysis of Experiments*, 4th edition, John Wiley & Sons, New York.
- Sepfitrah dan Yose Rizal. 2013, Analisa *Pressure Drop* pada Instalasi Pipa Alat uji Rugi-rugi Aliran Menggunakan *CFD fluent 6.*, *JURNAL APTEK Vol. 5 No. 2*
- Thoriq. 2011. Pengaruh Eksperimental Menggunakan Vnotch Weir 60° Dengan Sambungan T (tee) Untuk Posisi Frontal Dan Searah Terhadap Kapasitas Dan *Pressure Drop* Pada Sistem Perpipaan. Tugas akhir tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Mesin FT-UNESA
- Triatmojo, Bambang. 1996. Hidrolika I. Yogyakarta: Beta Offset

10. (Muhammad, 2018) Analisa dan Optimasi Penurunan Tekanan (Pressure Drop) [PROSEDING], SNTK Lhokseumawe.pdf

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	6%
2	Submitted to iGroup Student Paper	2%
3	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://ojs.unimal.ac.id">ojs.unimal.ac.id</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://papers.gunadarma.ac.id">papers.gunadarma.ac.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://unsri.portalgaruda.org">unsri.portalgaruda.org</a> Internet Source	1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off