BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data *Sheet* Pipa Penyalur

Di bawah ini merupakan data *sheet* dari pipa penyalur.

Standar Desain	ASME B 31.4
Deskripsi	Pipa *Trunkline*
Lokasi jalur pipa	Dari Sumur CLU 04 ke SP CLU
Fluida	*Dual Phase*
Tahun pemasangan	1997
Tahun penggunaan	1997
Ukuran	4 Inch (OD) x 3,6 Inch (ID) x 2,434 km (L)
Tekanan desain	351.535 kg/m^2 (500 Psi) Asumsi
Temperatur desain/Operasi	-/130 ^{o}F
Tekanan kerja	260.135,9 kg/m^2 (370 Psi)
Material	*Carbon Steel*
Valve	2 Unit

Tabel 4.1 Data *Sheet* Pipa Penyalur

4.2 Hasil Perhitungan

4.2.1 Menghitung Viskositas Minyak Mentah (*Crude Oil*)

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari viskositas minyak mentah.

Diketahui : π = 3,14

r = 0,04531 m

t = 60 s

P = 260.135,9 kg/m^2

v = 9,54 m^3

L = 2.434 m

Keterangan : r = Jari-jari dalam pipa (m)

t = Waktu (s)

P = Tekanan (kg/m^2)

v = Volume fluida (m^3)

L = Panjang pipa (m)

$$\mu = \frac{3{,}14 \times 0{,}04531^2 \text{ m} \times 60 \text{ s} \times 260.135{,}9 \ {}^{\text{kg}}/_{\text{m}^2}}{8 \times 9{,}54 \text{ m}^3 \times 2.434 \text{ m}}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (2.1) di atas, didapatkan viskositas minyak mentah adalah 0,54 kg/ms.

4.2.2 Menghitung Debit Aliran Fluida

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari debit aliran fluida.

Diketahui : v = 60 *Barrel* = 9539,238 Liter = 9,54 m^3

t = 60 s

Keterangan : v = Volume (m^3)

t = Selang waktu (s)

1 *Barrel* = 158,9873 Liter

$$Q = \frac{9{,}54\ m^3}{60\ s}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (2.7) di atas, didapatkan debit aliran fluida adalah 0,159 m^3/s.

4.2.3 Menghitung Laju Aliran Fluida

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari laju aliran fluida.

Diketahui : Q = 0,159 m^3/s

D = 0,09062 m

Keterangan : Q = Debit aliran fluida (m^3/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

$$V = \frac{0{,}159\ m^3/s}{2{,}448 \times 0{,}09062\ m}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (2.4) di atas, didapatkan laju aliran fluida adalah 0,72 m/s.

4.2.4 Menghitung Bilangan Reynolds

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari bilangan Reynolds.

Diketahui : ρ = 870 kg/m^3

V = 0,72 m/s

D = 0,09062 m

μ = 0,54 kg/ms

Keterangan : ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

V = Laju aliran fluida (m/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

μ = Viskositas (kg/ms)

$$\text{Re} = \frac{870\ \text{kg/m}^3 \times 0{,}72\ \text{m/s} \times 0{,}09062\ \text{m}}{0{,}54\ \text{kg/ms}}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (2.3) di atas, didapatkan bilangan Reynolds adalah = 105,12. Jadi, berdasarkan jenis aliran fluida, nilai dari bilangan Reynolds tersebut termasuk jenis aliran laminer (Re < 2000).

4.2.5 Menghitung Kekasaran Pipa Relatif

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari kekasaran pipa relatif, material pipa yang digunakan yaitu *Carbon Steel*, *Chrome Stainless Steel*, *Galvanized Steel*, *Gray Cast Iron*, dan *Carbon Moly*. Kekasaran absolut (ε) dapat dilihat pada diagram Moody (Gambar 3.2).

Diketahui	:	ε	= 0,05	mm	(*Carbon Steel*)
			0,0015	mm	(*Chrome Stainless Steel*)
			0,15	mm	(*Galvanized Steel*)
			0,8	mm	(*Gray Cast Iron*)
			1	mm	(*Carbon Moly*)
		D	= 90,62	mm	

Keterangan	:	ε	= Kekasaran absolut (mm)
		D	= Diameter dalam pipa (mm)

$$\text{Kekasaran Pipa Relatif} = \frac{0{,}05\ \text{mm}}{90{,}62\ \text{mm}}$$

$$\frac{0{,}0015\ \text{mm}}{90{,}62\ \text{mm}}$$

$$\frac{0{,}15\ \text{mm}}{90{,}62\ \text{mm}}$$

$$\frac{0{,}8\ \text{mm}}{90{,}62\ \text{mm}}$$

$$\frac{1\ \text{mm}}{90{,}62\ \text{mm}}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (3.1) di atas, didapatkan kekasaran pipa relatif dari tiap material adalah sebagai berikut (Tabel 4.2):

Material	Kekasaran Pipa Relatif
Carbon Steel	$5{,}5 \times 10^{-4}$
Chrome Stainless Steel	$1{,}7 \times 10^{-5}$
Galvanized Steel	$1{,}7 \times 10^{-3}$
Gray Cast Iron	$8{,}8 \times 10^{-3}$
Carbon Moly	10^{-2}

4.2.6 Menentukan Faktor Gesekan (*Friction Factor*)

Faktor gesekan ditentukan menggunakan diagram Moody. Pada diagram Moody ditunjukkan bahwa sudut kanan atas adalah aliran turbulen dan bagian kiri atas adalah aliran laminer. Untuk menentukan faktor gesekan, nilai kekasaran relatif dari pipa dapat dilihat di sebelah kanan, kemudian bilangan Reynolds dapat dilihat di bagian bawah, tarik garis ke atas dan ke kiri hingga didapatkan titik temu antara nilai kekasaran relatif dan bilangan Reynolds, setelah itu tarik garis ke kiri untuk mendapatkan nilai faktor gesekan dan menentukan jenis alirannya apakah turbulen atau laminer.

Pada diagram Moody (Gambar 3.2), ditemukan nilai faktor gesekan dari tiap material pipa adalah sebagai berikut (Tabel 4.3):

Material	Faktor Gesekan
Carbon Steel	0,018
Chrome Stainless Steel	0,004
Galvanized Steel	0,021
Gray Cast Iron	0,024
Carbon Moly	0,039

4.2.7 Menghitung *Pressure Drop*

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari *pressure drop* dari material pipa yang digunakan yaitu *Carbon Steel*, *Chrome Stainless Steel*, *Galvanized Steel*, *Gray Cast Iron*, dan *Carbon Moly*. Faktor gesekan (*f*) dari tiap material didapatkan pada diagram Moody (Gambar 3.2) setelah menghitung bilangan Reynolds dan kekasaran pipa relatif, pada diagram Moody tarik garis ke atas untuk bilangan Reynolds dan ke kiri untuk kekasaran pipa relatif hingga dua garisnya bertemu, setelah itu tarik garis ke kiri maka akan mendapatkan faktor gesekan.

Diketahui : f = 0,018 (*Carbon Steel*)

0,004 (*Chrome Stainless Steel*)

0,021 (*Galvanized Steel*)

0,024 (*Gray Cast Iron*)

0,039 (*Carbon Moly*)

L = 2.434 m

V = 0,72 m/s

g = 9,8 m/s^2

D = 0,09062 m

Keterangan : f = Faktor gesekan

L = Panjang pipa (m)

V = Laju aliran fluida (m/s)

g = Gravitasi (m/s^2)

D = Diameter dalam pipa (m)

$$\Delta P = \frac{2 \times f \times 2.434 \text{ m} \times 0{,}72^2 \text{ m/s}}{9{,}8 \text{ m/s}^2 \times 0{,}09062 \text{ m}}$$

Dari perhitungan yang menggunakan rumus (2.5) di atas, didapatkan *head loss* dari tiap material adalah sebagai berikut (Tabel 4.4):

Material	***Pressure Drop***
Carbon Steel	51,14 m
Chrome Stainless Steel	11,37 m
Galvanized Steel	59,67 m
Gray Cast Iron	68,2 m
Carbon Moly	110,82 m

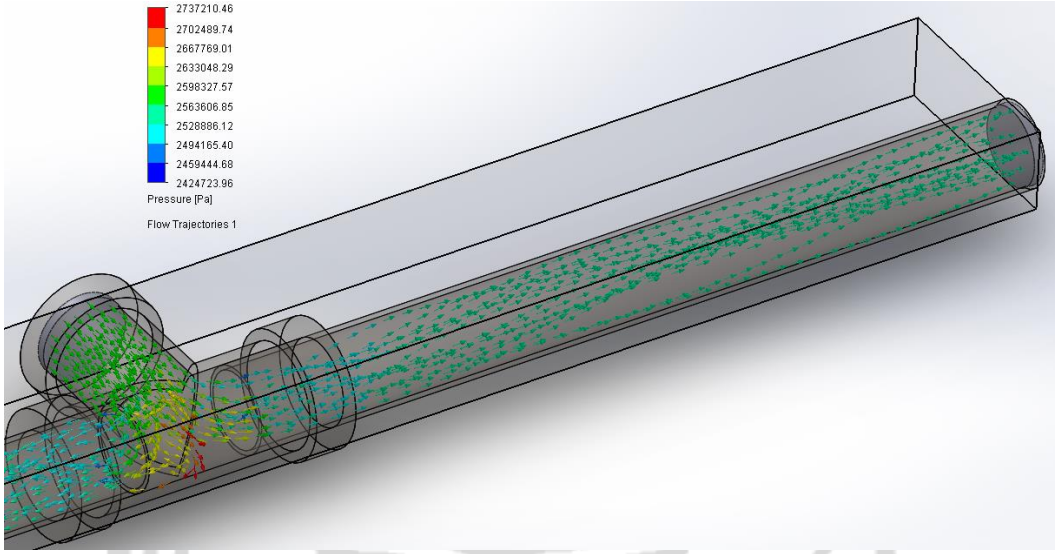
Jika satuan *pressure drop* diubah dari meter menjadi kPa maka akan menjadi seperti berikut (Tabel 4.6):

Material	***Pressure Drop***
Carbon Steel	501,4 kPa
Chrome Stainless Steel	111,5 kPa
Galvanized Steel	585 kPa
Gray Cast Iron	668,6 kPa
Carbon Moly	1.086,5 kPa

4.3 Hasil Simulasi

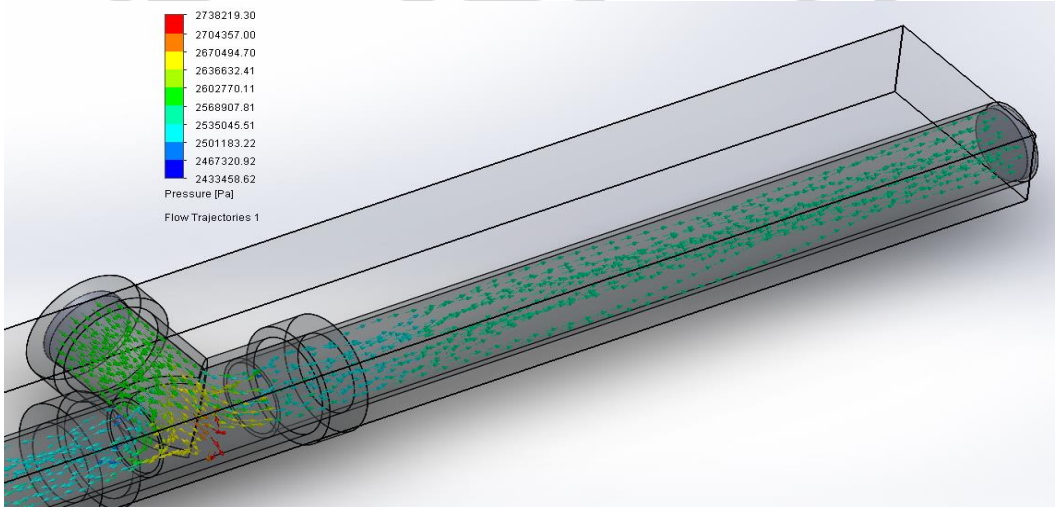
4.3.1 Simulasi Menggunakan *Software* Solidworks *Flow Simulation*

Hasil yang didapatkan dari simulasi adalah sebagai berikut:



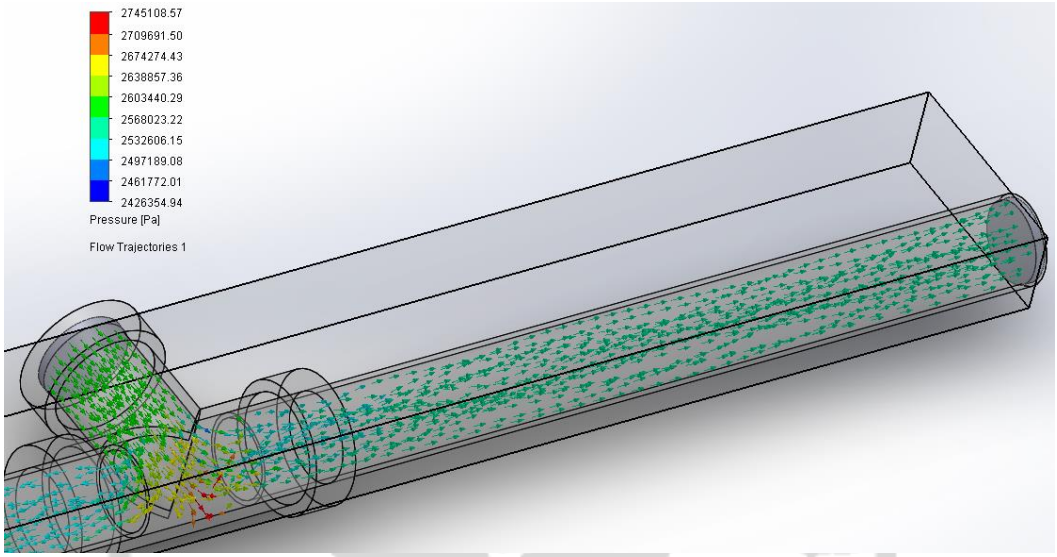
Gambar 4.1 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Carbon Steel*

Pada gambar 4.1, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.563.606,85 Pa sampai dengan 2.598.327,57 Pa, saat fluida melewati belokan (*T Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.528.886,12 Pa sampai dengan 2.563.606,85 Pa.



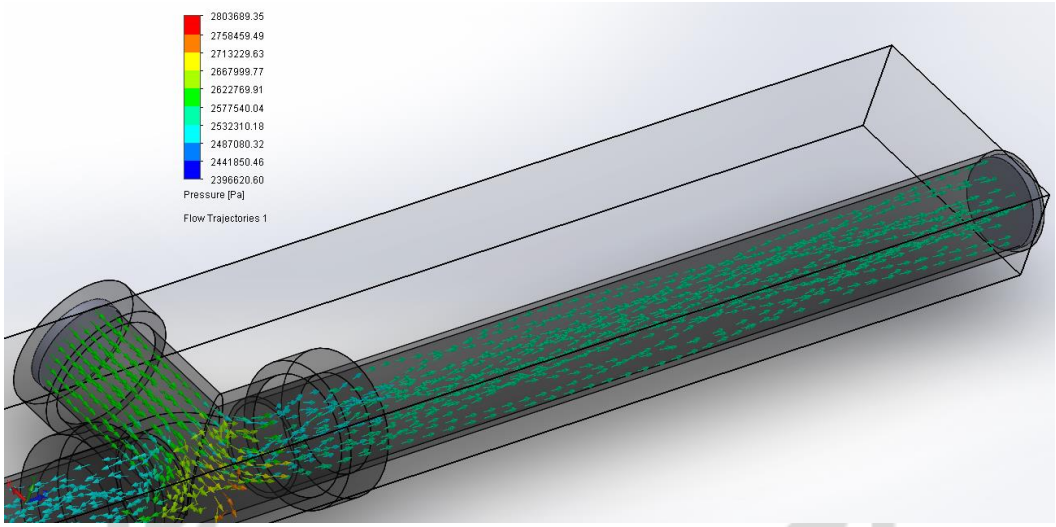
Gambar 4.2 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Chrome Stainless Steel*

Pada gambar 4.2, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.568.907,81 Pa sampai dengan 2.602.770,11 Pa, saat fluida melewati belokan (*T Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.535.045,51 Pa sampai dengan 2.568.907,81 Pa.



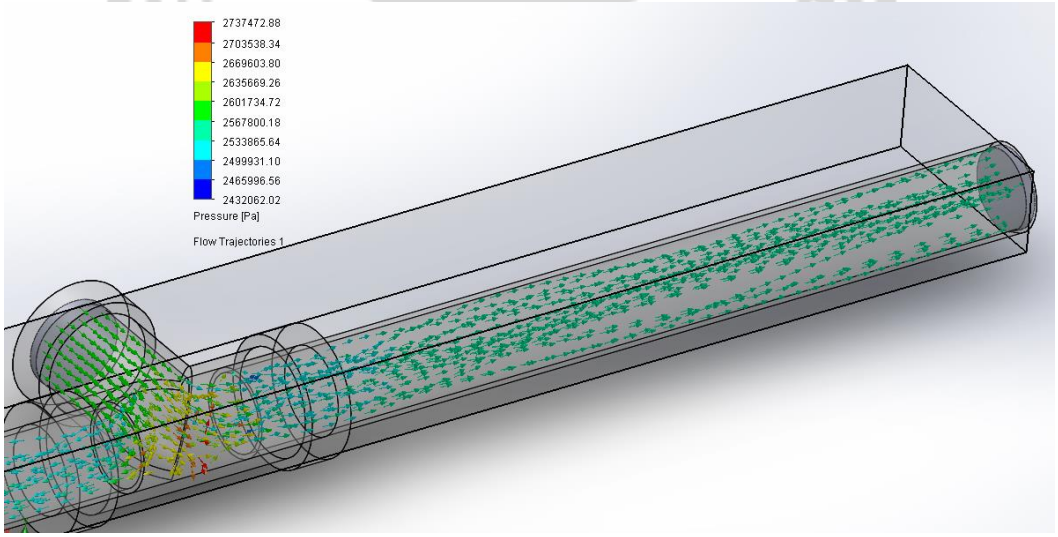
Gambar 4.3 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Galvanized Steel*

Pada gambar 4.3, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.568.023,22 Pa sampai dengan 2.603.440,29 Pa, saat fluida melewati belokan (*T Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.532.606,15 Pa sampai dengan 2.568.023,22 Pa.



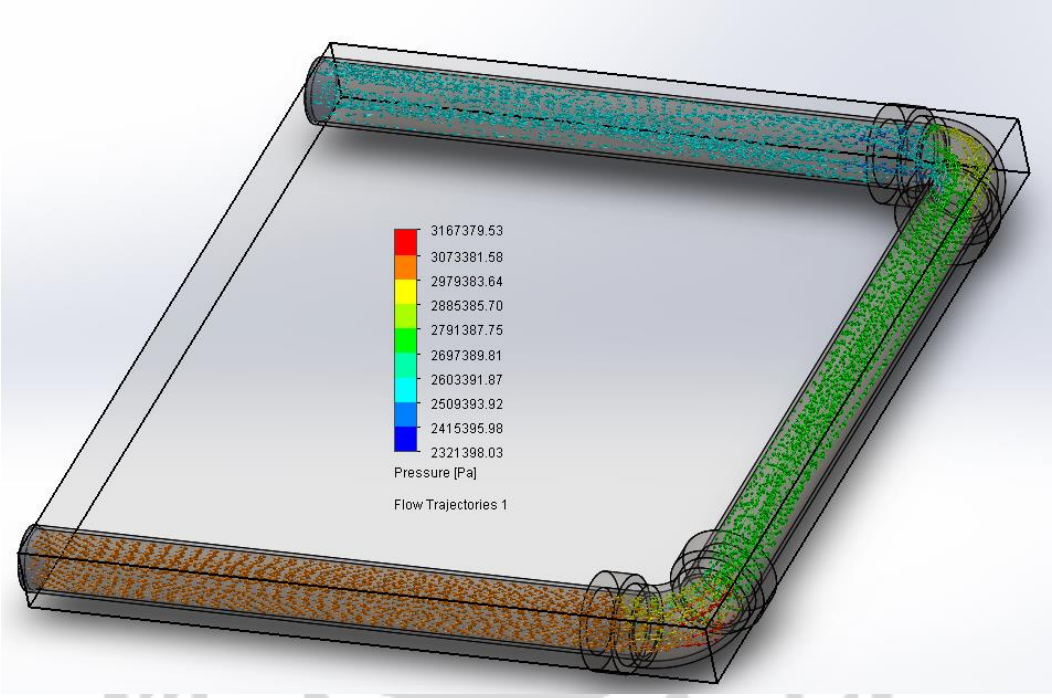
Gambar 4.4 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Gray Cast Iron*

Pada gambar 4.4, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.577.540,04 Pa sampai dengan 2.622.769,91 Pa, saat fluida melewati belokan (*T Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.532.310,18 Pa sampai dengan 2.577.540,04 Pa.



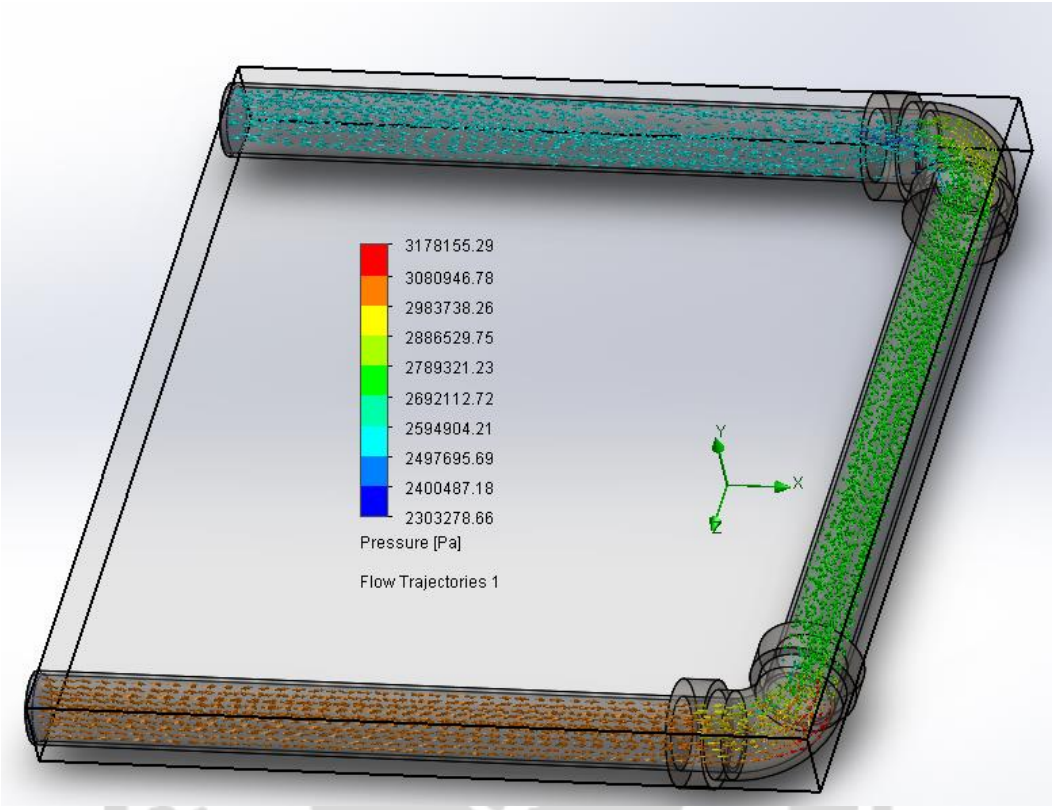
Gambar 4.5 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Carbon Moly*

Pada gambar 4.5, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.567.800,18 Pa sampai dengan 2.601.734,72 Pa, saat fluida melewati belokan (*T Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.533.865,64 Pa sampai dengan 2.567.800,18 Pa.



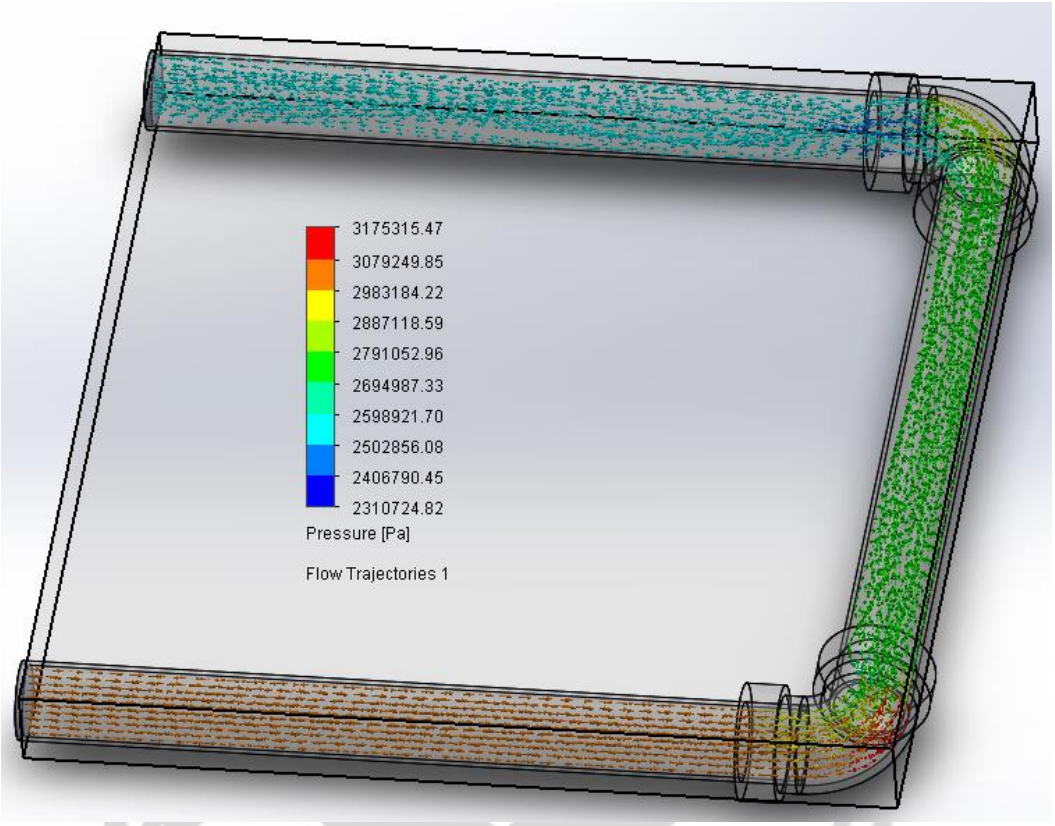
Gambar 4.6 *Pressure Drop of Elbow Pipe Carbon Steel*

Pada gambar 4.6, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.979.383,64 Pa sampai dengan 3.073.381,58 Pa, saat fluida melewati belokan (*Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.509.393,92 Pa sampai dengan 2.603.391,87 Pa.



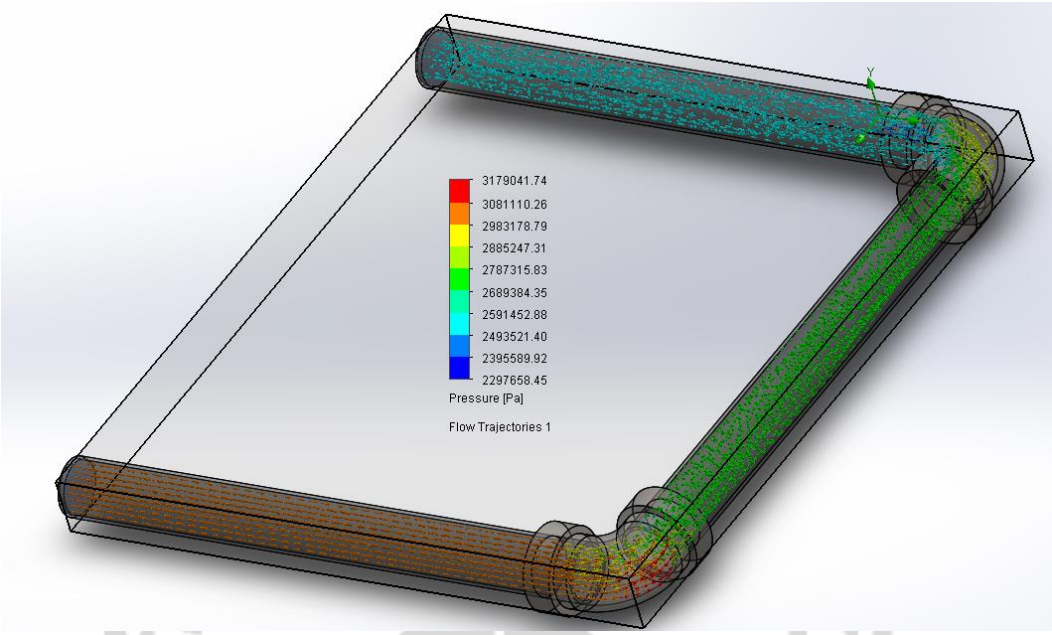
Gambar 4.7 *Pressure Drop of Elbow Pipe Chrome Stainless Steel*

Pada gambar 4.7, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.983.738,26 Pa sampai dengan 3.080.946,78 Pa, saat fluida melewati belokan (*Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.497.695,69 Pa sampai dengan 2.594.904,21 Pa.



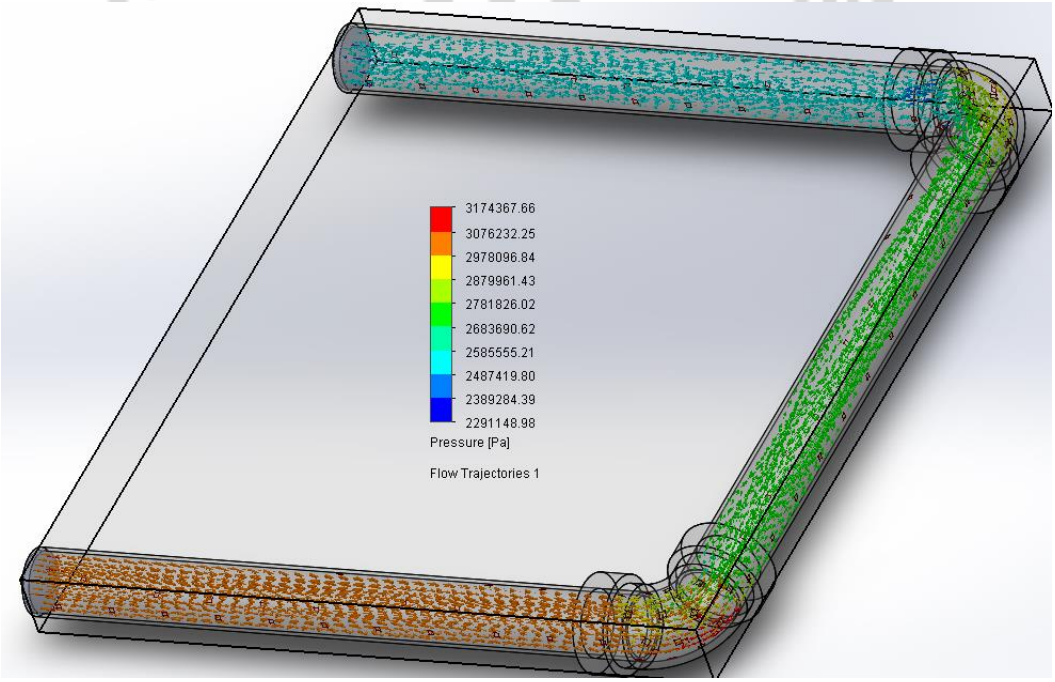
Gambar 4.8 *Pressure Drop of Elbow Pipe Galvanized Steel*

Pada gambar 4.8, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.983.184,22 Pa sampai dengan 3.079.249,85 Pa, saat fluida melewati belokan (*Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.502.856,08 Pa sampai dengan 2.598.921,70 Pa.



Gambar 4.9 *Pressure Drop of Elbow Pipe Gray Cast Iron*

Pada gambar 4.9, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.983.178,79 Pa sampai dengan 3.081.110,26 Pa, saat fluida melewati belokan (*Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.493.521,40 Pa sampai dengan 2.591.452,88 Pa.



Gambar 4.10 *Pressure Drop of Elbow Pipe Carbon Moly*

Pada gambar 4.10, besar tekanan pada aliran masuk sebesar 2.978.096,84 Pa sampai dengan 3.076.232,25 Pa, saat fluida melewati belokan (*Elbow*) tekanan menurun hingga mencapai aliran keluar sebesar 2.487.419,80 Pa sampai dengan 2.585.555,21 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	2585887.82	2585665.54	2585324.04	2586564.28	100	Yes	1240.24	2092.92
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.30	2551061.30	2551061.20	2551061.49	100	Yes	0.11	0.14
Pressure Drop	[Pa]	34826.52	34604.24	34262.74	35502.92	100	Yes	1240.18	2092.91

Gambar 4.11 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Carbon Steel*

Pada gambar 4.11, nilai dari *pressure drop* adalah 34.826,52 Pa, nilai rata-rata adalah 34.604,24 Pa, nilai minimum adalah 34.262,74 Pa, dan nilai maksimum adalah 35502,92 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	2586110.59	2586236.87	2585827.57	2587089.22	100	Yes	1261.65	1982.52
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.31	2551061.25	2551061.20	2551061.50	100	Yes	0.12	0.13
Pressure Drop	[Pa]	35049.29	35175.62	34766.31	36028.01	100	Yes	1261.70	1982.54

Gambar 4.12 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Chrome Stainless Steel*

Pada gambar 4.12, nilai dari *pressure drop* adalah 35.049,29 Pa, nilai rata-rata adalah 35.175,62 Pa, nilai minimum adalah 34.766,31 Pa, dan nilai maksimum adalah 36.028,01 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	2584340.47	2584521.07	2583835.76	2585353.72	100	Yes	1517.96	1890.78
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.39	2551061.27	2551061.20	2551061.39	100	Yes	0.09	0.11
Pressure Drop	[Pa]	33279.07	33459.79	32774.56	34292.43	100	Yes	1517.87	1890.82

Gambar 4.13 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Galvanized Steel*

Pada gambar 4.13, nilai dari *pressure drop* adalah 33.279,07 Pa, nilai rata-rata adalah 33.459,79 Pa, nilai minimum adalah 32.774,56 Pa, dan nilai maksimum adalah 34.292,43 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	2585514.47	2585955.07	2585514.47	2586555.87	100	Yes	1041.40	1720.68
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.34	2551061.26	2551061.20	2551061.35	100	Yes	0.08	0.11
Pressure Drop	[Pa]	34453.13	34893.81	34453.13	35494.55	100	Yes	1041.42	1720.68

Gambar 4.14 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Gray Cast Iron*

Pada gambar 4.14, nilai dari *pressure drop* adalah 34.453,13 Pa, nilai rata-rata adalah 34.893,81 Pa, nilai minimum adalah 34.453,13 Pa, dan nilai maksimum adalah 35.494,55 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	2586463.49	2586407.40	2586065.32	2587180.24	100	Yes	1114.92	2347.55
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.36	2551061.49	2551061.23	2551061.76	100	Yes	0.12	0.13
Pressure Drop	[Pa]	35402.14	35345.92	35003.74	36118.75	100	Yes	1115.01	2347.55

Gambar 4.15 *Pressure Drop of T Elbow Pipe Carbon Moly*

Pada gambar 4.15, nilai dari *pressure drop* adalah 35.402,14 Pa, nilai rata-rata adalah 35.345,92 Pa, nilai minimum adalah 35.003,74 Pa, dan nilai maksimum adalah 36.118,75 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	3007840.24	3007568.11	3001612.98	3013834.89	100	Yes	7125.75	7339.65
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.20	2551061.21	2551061.20	2551061.32	100	Yes	0.12	0.62
Pressure Drop	[Pa]	456779.04	456506.90	450551.78	462773.63	100	Yes	7125.56	7340.24

Gambar 4.16 *Pressure Drop of Elbow Pipe Carbon Steel*

Pada gambar 4.16, nilai dari *pressure drop* adalah 456.779,04 Pa, nilai rata-rata adalah 456.506,90 Pa, nilai minimum adalah 450.551,78 Pa, dan nilai maksimum adalah 462.773,63 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	3006979.73	3003775.56	3000386.87	3007533.15	100	Yes	7146.28	7248.61
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.20	2551061.21	2551061.20	2551061.50	100	Yes	0.30	0.61
Pressure Drop	[Pa]	455918.53	452714.34	449325.67	456471.95	100	Yes	7146.28	7249.03

Gambar 4.17 *Pressure Drop of Elbow Pipe Chrome Stainless Steel*

Pada gambar 4.17, nilai dari *pressure drop* adalah 455.918,53 Pa, nilai rata-rata adalah 452.714,34 Pa, nilai minimum adalah 449.325,67 Pa, dan nilai maksimum adalah 456.471,95 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	3007288.57	3013050.87	3006562.32	3018106.86	100	Yes	7492.70	7783.01
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.20	2551061.27	2551061.20	2551061.72	100	Yes	0.19	0.62
Pressure Drop	[Pa]	456227.37	461989.60	455501.12	467045.66	100	Yes	7492.51	7783.60

Gambar 4.18 *Pressure Drop of Elbow Pipe Galvanized Steel*

Pada gambar 4.18, nilai dari *pressure drop* adalah 456.227,37 Pa, nilai rata-rata adalah 461.989,60 Pa, nilai minimum adalah 455.501,12 Pa, dan nilai maksimum adalah 467.045,66 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	3009520.53	3005263.47	2995847.00	3010472.15	100	Yes	6550.15	7080.44
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.20	2551061.20	2551061.20	2551061.21	100	Yes	0.01	0.62
Pressure Drop	[Pa]	458459.33	454202.27	444785.80	459410.95	100	Yes	6550.14	7081.03

Gambar 4.19 *Pressure Drop of Elbow Pipe Gray Cast Iron*

Pada gambar 4.19, nilai dari *pressure drop* adalah 458.459,33 Pa, nilai rata-rata adalah 454.202,27 Pa, nilai minimum adalah 444.785,80 Pa, dan nilai maksimum adalah 459.410,95 Pa.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Static Pressure 1	[Pa]	3007064.22	3003251.61	2999493.95	3007518.41	100	Yes	6246.34	6810.08
SG Av Static Pressure 2	[Pa]	2551061.20	2551061.23	2551061.20	2551061.73	100	Yes	0.05	0.62
Pressure Drop	[Pa]	456003.02	452190.38	448432.57	456457.21	100	Yes	6246.32	6810.62

Gambar 4.20 *Pressure Drop of Elbow Pipe Carbon Moly*

Pada gambar 4.20, nilai dari *pressure drop* adalah 456.003,02 Pa, nilai rata-rata adalah 452.190,38 Pa, nilai minimum adalah 448.432,57 Pa, dan nilai maksimum adalah 456.457,21 Pa.

4.4 Analisis dan Pembahasan

Material	Nilai *Pressure Drop*	Nilai Rata-Rata	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Carbon Steel	491,6 kPa	491,1 kPa	484,8 kPa	498,3 kPa
Chrome Stainless Steel	490,96 kPa	487,89 kPa	484,1 kPa	492,5 kPa
Galvanized Steel	489,5 kPa	495,5 kPa	488,3 kPa	501,3 kPa
Gray Cast Iron	492,9 kPa	489,1 kPa	479,2 kPa	494,9 kPa
Carbon Moly	491,4 kPa	487,5 kPa	483,4 kPa	492,6 kPa

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai *Pressure Drop*

Pada tabel 4.7, material yang mempunyai nilai *pressure drop* tertinggi yaitu material *Gray Cast Iron* dengan nilai 492,9 kPa, sedangkan material yang mempunyai nilai *pressure drop* terendah yaitu material *Galvanized Steel* dengan nilai 489,5 kPa.