BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian berikut ini didapatkan dari pengukuran temperatur air pada saluran masuk dan keluar pipa, serta temperatur dinding/permukaan dengan lekukan. Pengukuran ini telah dilakukan pada perangkat uji dengan memvariasikan debit aliran dan diameter dalam pipa. Debit aliran dimulai dari 20 l/h sampai dengan 160 l/h dan panas dari listrik diatur dengan tegangan AC sebesar 110 V dan 113 V pada masing-masing pipa dengan lekukan dan permukaan datar.

Pada pengujian pipa diameter 7,6 mm tegangan dan arus yang terjadi sebesar 113 V dan 4,1 A. Data hasil pengujian pada pipa diameter 7,6 mm dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian pada pipa tanpa lekukan (V=113 V, I=4,1 A)

Debit	**Temperatur**							
	Air		**Permukaan Luar Pipa Permukaan Datar**					
	Masuk	**Keluar**						
Qo(l/h)	**Ti (°C)**	**To(°C)**	**T_1 (°C)**	**T_2 (°C)**	**T_3 (°C)**	**T_4 (°C)**	**T_5 (°C)**	**T_6 (°C)**
20	27,5	35,3	57,9	62,1	65,2	71,2	76,4	79,4
40	27,3	34,6	57,5	61,7	64,4	69,4	74,4	77,4
60	27,1	33,5	55,3	60,8	62,6	67,8	71,8	73,7
80	27,1	32,9	54,8	59,6	61,7	66,3	69,5	72,8
100	27,4	31,7	52,3	58,1	60,6	65,8	69,2	71,9
120	27,2	30,4	51,9	57,4	59,5	64,1	68,4	69,4
140	27,3	30,1	50,6	56,6	57,2	63,3	67,3	68,2
160	27,2	29,7	49,5	55,2	56,9	62,8	66,9	67,7

Selanjutnya data hasil pengujian ketiga pada pipa dengan lekukan diperoleh tegangan dan arus masing-masing sebesar 110 V dan 3,7 A. Data hasil pengujian ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Data hasil pengujian pada pipa dengan lekukan (V=110V,I=3,7A)

Debit	**Temperatur**							
	Air		**Permukaan Luar Pipa Dengan Lekukan**					
	Masuk	**Keluar**						
Qo(l/h)	**Ti (°C)**	**To(°C)**	**T_1 (°C)**	**T_2 (°C)**	**T_3 (°C)**	**T_4 (°C)**	**T_5 (°C)**	**T_6 (°C)**
20	27,8	32,7	78,1	75,4	74,2	71,8	60,4	77,9
40	28,3	31,9	76,1	73,2	71,9	70,8	57,6	76,4
60	28,6	31,5	73,6	71,9	66,2	67,7	60,1	75,8
80	29,1	31,4	70,4	67,4	65,9	59,4	53,8	75,5
100	28,9	31,3	67,1	54,9	63,3	49,2	53,2	75,3
120	29,2	31,1	64,7	47,8	60,5	48,2	49,9	74,8
140	29	30,6	52,6	47,4	61,9	48,8	49,3	74,4
160	27,8	29,4	49,4	45,9	59,3	47,2	44,9	74,1

4.2 Analisis Perhitungan Data Uji

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah didapat, dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai-nilai yang akan menunjukkan performansi perpindahan panas pada pipa. Sebagai contoh pada perhitungan ini diambil data pada pipa diameter 7,6 mm dengan debit aliran 60 l/h.

4.2.1 Luas Penampang Pipa

Luas penampang pipa dihitung berdasarkan diameter dalam pipa yang diukur dengan jangka sorong, didapatkan nilai sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (7{,}6 \times 10^{-3}\ m)^2 = 4{,}53416 \times 10^{-5}\ m^2$$

4.2.2 Debit Aliran

Debit aliran didapatkan dengan mengatur *voltage* regulator pada pompa sentrifugal. Flowrate rotameter akan menampilkan nilai debit aliran yang diinginkan dalam l/h sehingga satuan perlu diubah ke dalam Satuan Internasional (SI) sebagai berikut:

$$Q_o = 60\ l/h = \frac{60\ dm^3}{3600\ s} = \frac{(60 \times 10^{-3})\ m^3}{3600\ s} = 1{,}667 \times 10^{-5}\ m^3/s$$

4.2.3 Temperatur Air Rata-Rata

Temperatur air rata-rata atau bulk temperature didapatkan dari nilai rata-rata temperatur air pada saluran masuk dan keluar, yaitu sebagai berikut:

$$Trf_1 = \frac{Ti + To}{2} = \frac{(28{,}6 + 36{,}8)\ °C}{2} = \frac{65{,}4\ °C}{2} = 32{,}70\ °C$$

atau

$$Trf_1 = 32{,}70°C + 273 = 305{,}70\ K$$

4.2.4 Beda Temperatur Air

Beda temperatur air adalah selisih antara temperatur air pada saluran masuk dan saluran keluar pada pengujian perpindahan panas secara konveksi paksa pada pipa dengan lekukan sebagai berikut:

$$\Delta T = To - Ti = (36{,}8 - 28{,}6)\ °C = 8{,}2\ °C$$

4.2.5 Massa Jenis Air

Fluida yang digunakan adalah air biasa, sehingga densitas atau massa jenis air didapatkan dengan melakukan interpolasi massa jenis air pada temperatur air rata-rata sebagai berikut:

$$\frac{(32{,}70-30)\,°C}{(35-30)\,°C}=\frac{(\rho-996)\,kg/m^3}{(994-996)\,kg/m^3}$$

$$\frac{2{,}70\,°C}{5\,°C}=\frac{(\rho-996)\,kg/m^3}{(-2)\,kg/m^3}$$

$$0{,}54\times(-2)\,kg/m^3=(\rho-996)\,kg/m^3$$

$$(-1{,}08)\,kg/m^3=(\rho-996)\,kg/m^3$$

$$\rho=(-1{,}08+996)\,kg/m^3$$

$$\rho=994{,}920\,kg/m^3$$

Interpolasi dilakukan berdasarkan tabel properties of saturated water yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.2.6 Kalor Spesifik Air

Kalor spesifik air juga dihitung dengan interpolasi berdasaran tabel properties of saturated water yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Nilai kalor spesifik air pada temperatur air rata-rata adalah sebagai berikut:

$$\frac{(32{,}70-30)\,°C}{(35-30)\,°C}=\frac{\left(c_p-4178\right)J/kg.°C}{(4178-4178)\,J/kg.°C}$$

$$\frac{2{,}70\,°C}{5\,°C}=\frac{\left(c_p-4178\right)J/kg.°C}{0\,J/kg.°C}$$

$$0{,}54\,.\,0=\left(c_p-4178\right)J/kg.°C$$

$$0\,J/kg.K=\left(c_p-4178\right)J/kg.°C$$

$$c_p=(0+4178)\,J/kg.°C$$

$$c_p = 4178{,}00\ J/kg.°C$$

4.2.7 Viskositas Kinematik

Untuk mendapatkan nilai viskositas kinematik, perlu diketahui viskositas dinamik terlebih dahulu. Viskositas dinamik merupakan nilai yang didapatkan pada sifat-sifat air pada temperatur rata-rata. Berdasaran tabel properties of saturated water, dilakukan interpolasi viskositas dinamik sebagai berikut:

$$\frac{(32{,}70 - 30)\ °C}{(35 - 30)\ °C} = \frac{(\mu - 0{,}720 \times 10^{-3})\ kg/m.s}{(0{,}653 \times 10^{-3} - 0{,}720 \times 10^{-3})\ kg/m.s}$$

$$\frac{2{,}70\ °C}{5\ °C} = \frac{(\mu - 0{,}720 \times 10^{-3})\ kg/m.s}{(-0{,}067 \times 10^{-3}) kg/m.s}$$

$$0{,}54 \times (-0{,}067 \times 10^{-3})\ kg/m.s = (\mu - 0{,}720 \times 10^{-3})\ kg/m.s$$

$$(-0{,}03618 \times 10^{-3})\ kg/m.s = (\mu - 0{,}720 \times 10^{-3})\ kg/m.s$$

$$\mu = (-0{,}03618 + 0{,}720) \times 10^{-3}\ kg/m.s$$

$$\mu = 0{,}68382 \times 10^{-3}\ kg/m.s$$

Kemudian perhitungan viskositas kinematik dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0{,}68382 \times 10^{-3}\ kg/m.s}{994{,}920\ kg/m^3} = 7{,}556 \times 10^{-7}\ m^2/s$$

4.2.8 Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata

Temperatur permukaan pipa didapatkan dari pengukuran temperatur dengan menggunakan termokopel yang dipasangkan pada 6 titik sepanjang

permukaan luar pipa lekukan. Temperatur permukaan luar pipa rata-rata ditentukan sebagai berikut:

$$Trs_2 = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6}{6}$$

$$Trs_2 = \frac{(73{,}6 + 71{,}9 + 66{,}2 + 67{,}7 + 60{,}1 + 75{,}8)\ °C}{6}$$

$$Trs_2 = \frac{415{,}3\ °C}{6} = 69{,}22\ °C$$

atau

$$Trs_2 = 69{,}22\ °C + 273 = 342{,}22\ K$$

4.2.9 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dihitung berdasarkan debit aliran fluida yang sudah dikonversi ke sistem SI sebagai berikut:

$$V = \frac{Q_o}{A} = \frac{1{,}667 \times 10^{-5}\ m^3/s}{4{,}53416 \times 10^{-5}\ m^2} = 3{,}676 \times 10^{-1}\ m/s$$

4.2.10 Reynolds Number

Reynolds Number (Re) didapatkan dengan menyelesaikan persamaan dari bilangan tak berdimensi tersebut sebagai berikut:

$$Re = \frac{VD}{v}$$

$$Re = \frac{(3{,}676 \times 10^{-2})\ m/s \times 0{,}0076\ m}{7{,}556 \times 10^{-7}\ m^2/s}$$

$$Re = 3697{,}311$$

Didapatkan nilai sebesar 3697,311 sehingga dalam debit aliran ini kondisi aliran adalah transisi karena diatas 2300 dan dibawah 10000.

4.2.11 Konduktivitas Termal

Sama seperti pada perhitungan massa jenis air, kalor spesifik dan viskositas dinamik, nilai konduktivitas termal didapatkan dengan melakukan interpolasi berdasarkan tabel properties of saturated water pada temperatur air rata-rata sebagai berikut:

$$\frac{(32{,}70 - 30)\ °C}{(35 - 30)\ °C} = \frac{(k - 0{,}615)\ W/m.K}{(0{,}623 - 0{,}615)\ W/m.K}$$

$$\frac{2{,}70\ °C}{5\ °C} = \frac{(k - 0{,}615)\ W/m.K}{0{,}008\ W/m.K}$$

$$0{,}54 \times 0{,}008\ W/m.K = (k - 0{,}615)\ W/m.K$$

$$0{,}00008\ W/m.K = (k - 0{,}615)\ W/m.K$$

$$k = (0{,}00432 + 0{,}615)\ W/m.K$$

$$k = 0{,}61932\ W/m.K$$

4.2.12 Daya Pemanas Listrik

Daya pemanas listrik (Q_e) menyatakan besar panas dari transformator yang dialirkan ke koil listrik untuk memanaskan pipa uji. Nilai daya pemanas listrik didapatkan dari pengukuran arus dan tegangan heater dengan menggunakan multimeter terlebih dahulu. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_e = I \times V = 3{,}7\ A \times 110\ V = 407\ W$$

Dimana I adalah arus dan V adalah tegangan. Daya pemanas listrik untuk masing-masing jenis diameter pipa adalah konstan.

4.2.13 Temperatur Permukaan Pipa Dalam Rata-Rata

Untuk menghitung temperatur permukaan bagian dalam pipa rata-rata, perlu diketahui radius luar dan dalam pipa terlebih dahulu. Radius luar pipa didapatkan berdasarkan diameter luar pipa dimana masing-masing jenis diameter pipa memiliki ketebalan yang sama, yaitu 0,5 mm. Sehingga radius luar pipa didapatkan sebagai berikut:

$$r_{oh} = \frac{(0{,}0076 + 0{,}019)\ m}{2} = \frac{0{,}0095\ m}{2} = 0{,}00475\ m$$

Sedangkan radius dalam pipa didapatkan berdasarkan diameter dalam pipa sebagai berikut:

$$r_{ih} = \frac{0{,}0076\ m}{2} = 0{,}0038\ m$$

Loss temperature dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$T_{loss} = \frac{Q_f\ ln(r_{oh}/r_{ih})}{2\pi k_{tembaga} L}$$

$$T_{loss} = \frac{568{,}093\ J/s \times ln(0{,}00475\ m\ /\ 0{,}00380\ m)}{2 \times 3{,}14 \times 401\ W/m.K \times 0{,}7\ m}$$

$$T_{loss} = 0{,}050\ K$$

Dimana nilai konduktivitas termal material tembaga ($k_{tembaga}$) didapatkan dari tabel Properties of Solid Metals yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Sehingga didapatkan nilai temperatur permukaan bagian dalam pipa sebagai berikut:

$$T_{is} = Trs_2 - T_{loss} = 342{,}22\ K - 0{,}050\ K = 342{,}166\ K$$

atau

$$T_{is} = 342{,}166\ K - 273 = 69{,}166\ °C$$

4.2.14 Laju Perpindahan Panas

Laju perpindahan panas (Q_f) yang diserap oleh air dalam proses perpindahan panas di dalam pipa dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$Q_f = \dot{m} c_p \Delta T = \rho V A c_p \Delta T$$

$$Q_f = 994{,}920 kg/m^3 \times 3{,}676 \times 10^{-1} m/s \times 4{,}534 \times 10^{-5} m^2 \times 4178\, J/kg℃ \times 8℃$$

$$Q_f = 568{,}093\, J/s$$

4.2.15 Koefisien Konveksi

Perhitungan koefisien konveksi dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h = \frac{Q_f}{\pi D L (T_{is} - Trf_1)}$$

$$h = \frac{568{,}693\, J/s}{3{,}14 \times 0{,}0076\, m \times 0{,}7\, m \times (342{,}166\, K - 303{,}05\, K)}$$

$$h = 932{,}580 \frac{W}{m^2}.K$$

4.2.16 Nusselt Number

Nusselt Number akan menunjukkan seberapa efektif perpindahan panas yang terjadi. Untuk mendapatkan nilai Nusselt Number dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Nu = \frac{hD}{k}$$

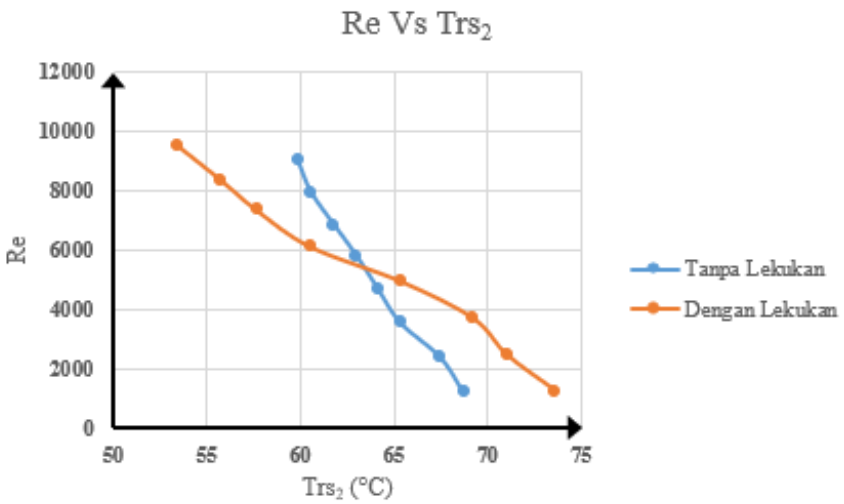
$$Nu = \frac{932{,}580\, W/m^2.K \times 0{,}0076\, m}{0{,}61932\, W/m.K}$$

$$Nu = 11{,}444$$

Untuk data hasil perhitungan pada pipa dengan debit aliran selanjutnya dibuat ke dalam bentuk tabel. Pada pipa diameter 7,6 mm yang memiliki daya pemanas listrik sebesar 407 W, data hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 4. Selanjutnya untuk pipa permukaan datar memiliki daya pemanas listrik sebesar 463,3 W. Data hasil perhitungan pipa diameter ini dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.3 Grafik Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Grafik Reynolds Number Terhadap Beda Temperatur Permukaan Luar Pipa Rata-Rata

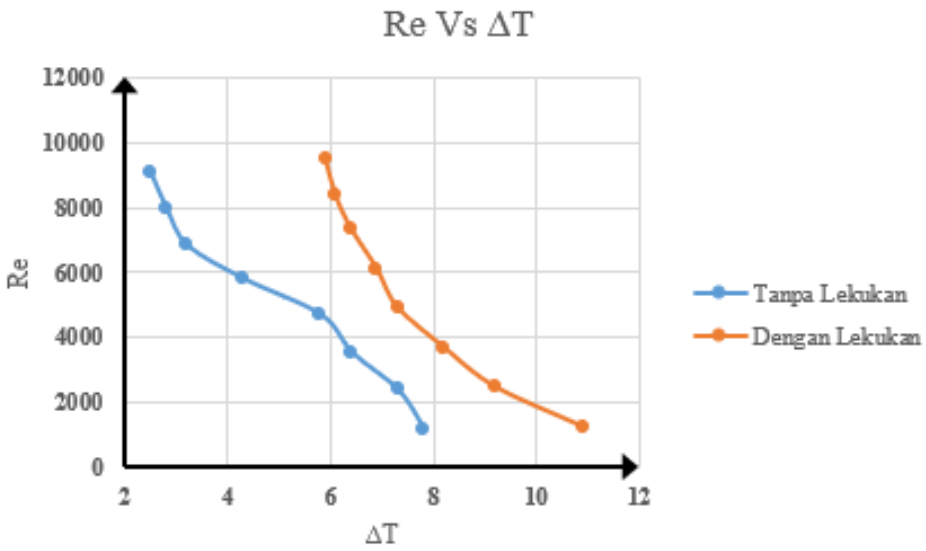


Gambar 4. 1 Grafik reynolds number terhadap temperatur permukaan luar pipa rata-rata

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4.1, terlihat bahwa pipa dengan lekukan diameter 6 mm memiliki suhu permukaan luar pipa rata-rata yang paling tinggi dibandingkan dengan pipa berdiameter lainnya. Selanjutnya, pipa dengan permukaan datar memiliki suhu permukaan luar pipa rata-rata yang lebih rendah daripada pipa dengan lekukan. Suhu permukaan pipa dipengaruhi oleh luas permukaan pipa, dimana semakin kecil luas permukaan pipa, perpindahan panas akan semakin cepat, dan sebaliknya. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar nilai Reynolds Number, suhu permukaan pipa akan meningkat pada awal aliran, lalu menurun secara bertahap baik pada pipa dengan lekukan maupun pipa dengan permukaan datar. Peningkatan pada awal aliran ini disebabkan oleh belum mencapai stabilitas suhu permukaan pipa saat pemanasan awal. Kemudian, suhu permukaan pipa akan turun seiring dengan peningkatan laju perpindahan panas yang diserap oleh air. Pada rentang nilai Reynolds

Number sekitar 1000 hingga 5000, pipa dengan lekukan mencapai suhu permukaan pipa maksimum sebesar 73,62 °C dan suhu permukaan pipa minimum sebesar 53,47 °C. Sementara itu, pipa dengan permukaan datar mencapai suhu permukaan pipa maksimum sebesar 68,70 °C dan suhu permukaan pipa minimum sebesar 59,83 °C.

4.3.2 Grafik Reynolds Number Terhadap Beda Temperatur

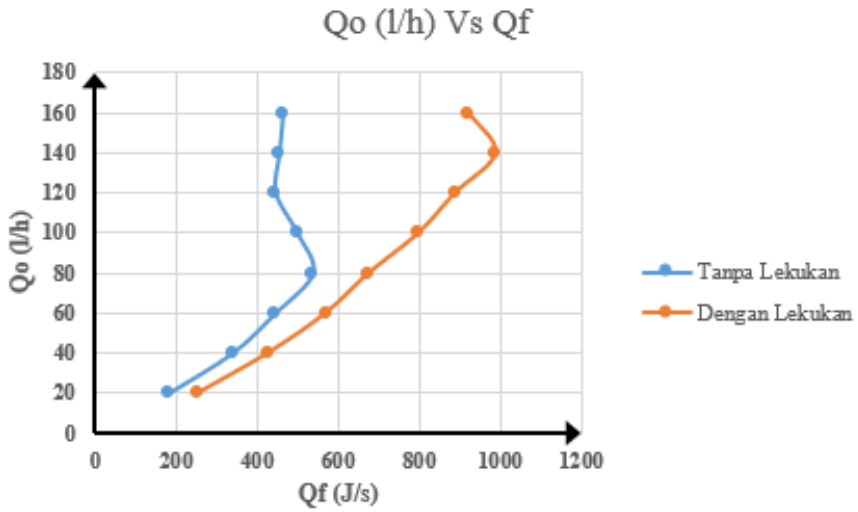


Gambar 4. 2 Grafik reynolds number terhadap beda temperatur

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4.2, dapat diamati bahwa pipa dengan lekukan menunjukkan perbedaan suhu air yang lebih besar dibandingkan dengan pipa dengan permukaan datar. Perbedaan suhu air ini mencerminkan sejauh mana kenaikan suhu air yang terjadi akibat pemanasan pada pipa uji. Besar kenaikan suhu ini dipengaruhi oleh radius luar pipa, yang bergantung pada ketebalan dan diameter pipa. Pipa dengan lekukan memiliki radius luar yang lebih kecil, sehingga perpindahan panas terjadi dengan lebih cepat. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Reynolds Number, perbedaan suhu air akan menurun baik pada pipa dengan lekukan maupun pipa dengan permukaan datar. Hal ini disebabkan oleh Reynolds Number yang tinggi

memiliki laju aliran yang besar, sehingga kontak antara air dan permukaan pipa menjadi lebih singkat, dan akibatnya peningkatan suhu air menjadi lebih rendah. Pada rentang nilai Reynolds Number sekitar 1000 hingga 5000, pipa dengan lekukan menunjukkan perbedaan suhu air maksimum sebesar 10,9 °C dan perbedaan suhu air minimum sebesar 5,9 °C. Sementara itu, pipa dengan permukaan datar menunjukkan perbedaan suhu air maksimum sebesar 7,8 °C dan perbedaan suhu air minimum sebesar 2,5 °C.

4.3.3 Grafik Debit Aliran Terhadap Laju Perpindahan Panas

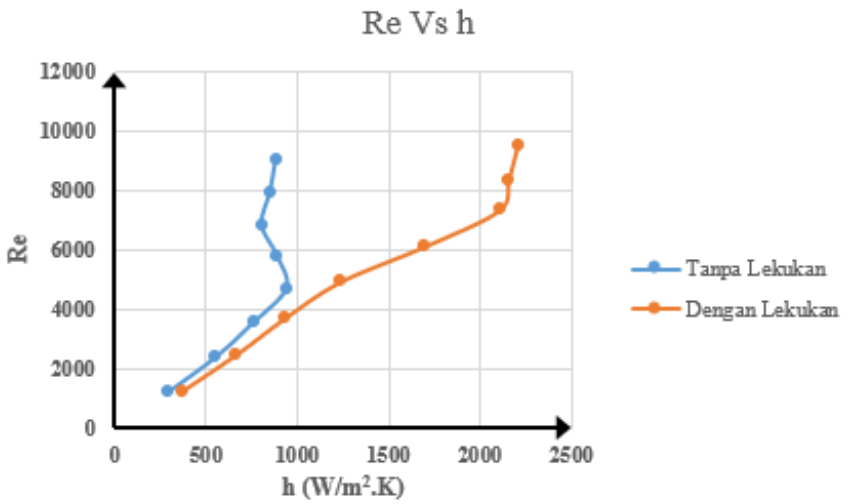


Gambar 4. 3 Grafik debit aliran terhadap laju perpindahan panas

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4.3, terlihat bahwa terjadi peningkatan laju perpindahan panas pada setiap jenis diameter pipa, baik pada pipa dengan lekukan maupun permukaan datar. Perbedaan nilai laju perpindahan panas antara setiap jenis diameter pipa tersebut sangat kecil, sehingga secara keseluruhan perbandingan laju perpindahan panas dari masing-masing jenis pipa menunjukkan tren peningkatan dan nilai yang hampir sama. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa nilai laju perpindahan panas dipengaruhi oleh debit aliran yang diberikan. Meskipun pipa dengan lekukan menunjukkan peningkatan temperatur air dan suhu permukaan luar pipa yang jauh lebih besar dibandingkan

dengan jenis pipa tanpa lekukan. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran, laju perpindahan panas juga meningkat baik pada pipa dengan lekukan maupun tanpa lekukan. Peningkatan debit aliran ini terjadi karena perubahan kecepatan aliran, dimana semakin besar kecepatan aliran, laju perpindahan panas juga semakin besar. Laju perpindahan panas maksimum yang diperoleh pada pipa dengan lekukan adalah 920,776 J/s, sedangkan laju perpindahan panas minimumnya adalah 251,660 J/s. Sementara itu, laju perpindahan panas maksimum yang diperoleh pada pipa dengan permukaan datar adalah 462,578 J/s, dengan laju perpindahan panas minimum sebesar 180,221 J/s.

4.3.4 Grafik Reynolds Number Terhadap Koefisien Konveksi

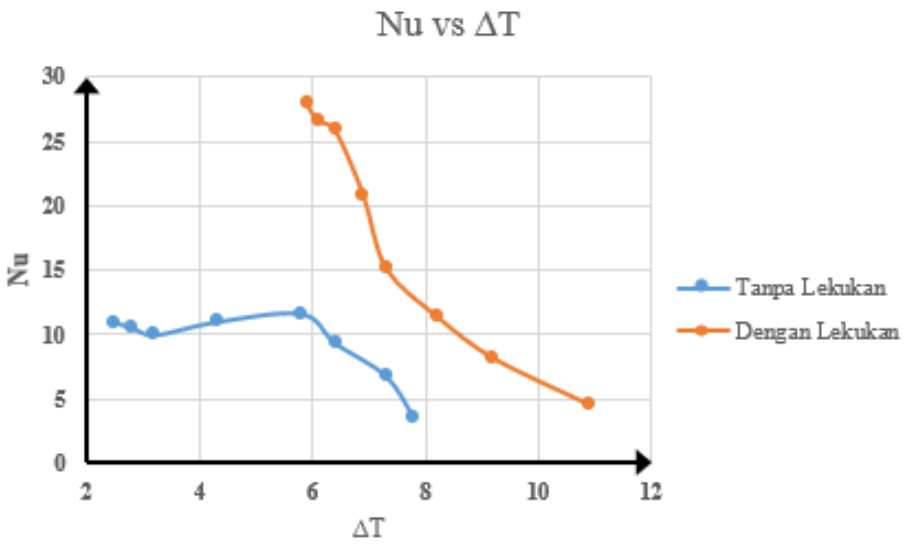


Gambar 4. 4 Grafik reynolds number terhadap koefisien konveksi

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4.4, terlihat bahwa pipa dengan lekukan memiliki koefisien konveksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pipa tanpa lekukan. Peningkatan koefisien konveksi ini dipengaruhi oleh tingginya laju perpindahan panas yang terjadi dan perbedaan suhu antara permukaan atau dinding pipa dengan suhu air sekitarnya. Semakin tinggi laju perpindahan panas, maka koefisien konveksi juga akan meningkat. Namun,

koefisien konveksi akan menurun ketika perbedaan suhu antara permukaan pipa dan air semakin besar. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Reynolds Number, koefisien konveksi juga akan meningkat baik pada pipa dengan lekukan maupun tanpa lekukan. Hal ini juga dipengaruhi oleh peningkatan laju perpindahan panas seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran. Peningkatan koefisien konveksi terjadi secara rendah saat kondisi aliran masih laminar, namun menjadi lebih signifikan saat memasuki kondisi aliran turbulen. Pada rentang nilai Reynolds Number sekitar 1000 hingga 5000, pipa dengan lekukan mencapai koefisien konveksi maksimum sebesar 2206,905 W/m^2.K, dengan koefisien konveksi minimum sebesar 373,414 W/m^2.K. Sementara itu, pipa tanpa lekukan mencapai koefisien konveksi maksimum sebesar 883,511 W/m^2.K, dengan koefisien konveksi minimum sebesar 289,362 W/m2.K.

4.3.5 Grafik Nusselt Number Terhadap Beda Temperatur

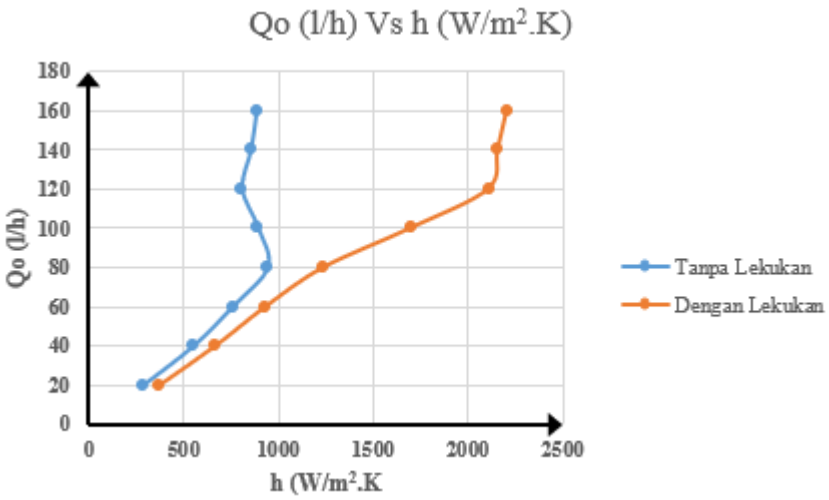


Gambar 4. 5 Grafik nusselt number terhadap reynolds number

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4.5, dapat diamati bahwa pipa dengan lekukan menunjukkan perbedaan suhu air yang lebih besar dibandingkan dengan pipa dengan permukaan datar. Perbedaan suhu air ini mencerminkan

sejauh mana kenaikan suhu air yang terjadi akibat pemanasan pada pipa uji. Besar kenaikan suhu ini dipengaruhi oleh radius luar pipa, yang bergantung pada ketebalan dan diameter pipa. Pipa dengan lekukan memiliki radius luar yang lebih kecil, sehingga perpindahan panas terjadi dengan lebih cepat. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Nusselt Number, perbedaan suhu air akan menurun baik pada pipa dengan lekukan maupun pipa dengan permukaan datar. Hal ini disebabkan oleh Nusselt Number yang tinggi memiliki laju aliran yang besar, sehingga kontak antara air dan permukaan pipa menjadi lebih singkat, dan akibatnya peningkatan suhu air menjadi lebih rendah. pipa dengan lekukan menunjukkan perbedaan suhu air maksimum sebesar 10,9 °C dan perbedaan suhu air minimum sebesar 5,9 °C. Sementara itu, pipa dengan permukaan datar menunjukkan perbedaan suhu air maksimum sebesar 7,8 °C dan perbedaan suhu air minimum sebesar 2,5 °C. pipa dengan lekukan mencapai Nusselt Number maksimum sebesar 27,934 dengan Nusselt Number minimum sebesar 4,576. Sementara itu, pipa dengan permukaan datar mencapai Nusselt Number maksimum sebesar 10,962 dengan Nusselt Number minimum sebesar 3,563.

4.3.6 Grafik Debit Aliran Yang Diberikan Terhadap Koefisien Konveksi



Gambar 4. 6 Grafik debit aliran terhadap koefisien konveksi

Berdasarkan Visualisasi pada gambar 4.6, terlihat bahwa debit aliran yang ditentukan dapat mempengaruhi nilai koefisien konveksi yang dihasilkan. Tren yang dihasilkan berdasarkan grafik menyimpulkan bahwa variasi debit aliran yang diberikan dapat mempengaruhi koefisien konveksi, berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya debit aliran yang diberikan maka koefisien konveksi akan ikut meningkat pada nilai maksimum yaitu 2206,905 $W/m^2.K$, dengan koefisien konveksi minimum sebesar 373,414 W/m2.K. Sementara itu, pipa tanpa lekukan mencapai koefisien konveksi maksimum sebesar 883,511 $W/m^2.K$, dengan koefisien konveksi minimum sebesar 289,362 $W/m^2.K$.

Konveksi merujuk pada perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan dan aliran cairan ketika ada perbedaan suhu di antara keduanya. Fenomena perpindahan panas konveksi terdiri dari dua metode utama. Pertama, terjadi transfer energi karena gerakan acak molekul dalam fluida. Kedua, terdapat juga transfer energi melalui perpindahan mikroskopis partikel-partikel dalam fluida. Konveksi untuk menunjukan pada perpindahan panas terjadi antara permukaan dan fluida yang bergerak ketika mereka berada pada perbedaan temperatur. Penggunaan alat penukar kalor biasanya memanfaatkan fluida yang mengalir di dalam pipa atau tube. Adanya mekanisme perpindahan energi antara permukaan pipa dan fluida serta aliran yang terjadi disebabkan oleh pompa pada alat penukar kalor menyebabkan proses ini termasuk dalam perpindahan panas konveksi paksa internal. melakukan eksperimen untuk mengetahui performansi dari penampang yang digunakan karena laju dan koefisien perpindahan panas konveksi salah satunya didasarkan pada geometri penampang. Pada konveksi paksa yang terjadi di dalam pipa tembaga horizontal dengan aliran berkembang penuh, variasi diameter pipa memiliki pengaruh terhadap peningkatan perpindahan panas. Nusselt Number semakin meningkat dengan bertambahnya diameter pipa