

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 DATA

Selama penelitian berlangsung, penulis mengumpulkan data-data yang mendukung penelitian serta pengolahan data selanjutnya. Beberapa data yang telah terkumpul antara lain sebagai berikut :

1. Data massa fluida.

Fluida yang mengalir dengan kecepatan pompa yang bervariasi di tampung dalam neraca ukur selama penampungan fluida waktu di ukur. Fluida yang tertampung ditimbang untuk mengetahui massa fluida.

2. Data temperature

Temperatur fluida selama pengujian di ukur dengan thermometer. Dipergunakan untuk menentukan data *fluid properties*.

3. Putaran propeller bebas

Putaran propeller bebas pada sisi masukan pompa dan sisi keluar pompa di ukur dengan menggunakan rpm meter inframerah.

4. Tekanan dinamik dan *head* hisap

Tekanan pada bagian masuk pompa dan tekanan pada bagian keluaran tepat di depan propeller bebas di ukur dengan menggunakan manometer air raksa (hg).

Untuk mengetahui besar efek secondary flow pada penampang pipa yang berbeda, putaran pompa di variasikan dengan kecepatan putaran mulai dari 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm, 2400 rpm, 2600 rpm 2800 rpm dan 2930 rpm. Pada tiap kecepatan putaran ini data-data tersebut telah diambil dan diakumulasi.

Kecepatan putaran pompa sentrifugal diatur dengan menaikkan atau menurunkan voltage regulator dan putaran diukur oleh troboskop. Data keseluruhan yang diambil pada penelitian dapat dilihat pada bagian lampiran.

Adapun asumsi yang di gunakan untuk memperoleh data dan mempermudah perhitungan, antara lain:

- Fluida yang digunakan adalah fluida inkompresible
- Seluruh aliran yang terjadi selama percobaan adalah aliran turbulen
- Tidak ada gelembung udara yang terjebak dalam manometer air raksa
- Tidak ada kebocoran dalam sistem sirkulasi
- Perubahan tekanan udara diabaikan pada permukaan air

Selanjutnya data yang ada dapat diolah untuk memperoleh debit, kecepatan rata-rata aliran, Kecepatan aliran rata-rata pada bilah propeller, kecepatan putaran teoritis dan bilangan Reynolds

4.2 PENGOLAHAN DATA

Berikut ini adalah parameter dan kondisi yang terjadi selama percobaan yang di perlukan untuk pengolahan data.

- Pipa inlet dan outlet berpenampang bulat dengan diameter dalam (d) = 36 mm = 0,036 m
- Bentuk penampang pipa kotak adalah persegi empat sama sisi dengan panjang dan lebar 36 mm x 36 mm.
- Massa air yang ditampung ditimbang bersamaan dengan itu, waktu penampungan di ukur. misalnya pada putaran pompa 1000 rpm, (m) = 964 gram = 0,964 kg ,waktu yang tercatat pada saat pengambilan data (t) = 6.03 detik
- Massa jenis air ($T = 27^{\circ}\text{C}$) = 996,59 kg/m³
- Massa jenis air raksa Hg ($T = 27^{\circ}\text{C}$) = 13.531 kg/m³
- Viskositas kinematik fluida air ($T = 27^{\circ}\text{C}$) = 8,574 x 10⁻⁷ m²/s
- Gravitasi (g) = 9,81 m/s²
- Sudut sudu () propeller bebas 45^o terhadap sumbu aliran fluida.
- Diameter hub propeller bebas 10 mm.

4.2.1 Pengolahan data untuk pipa bulat

Dari data-data yang telah di peroleh selanjutnya pengolahan data dapat diproses dengan persamaan dasar mekanika fluida. Dari salah satu data hasil pengujian pada pipa bulat, parameter yang diperoleh dari pengujian pipa bulat yaitu:

Putaran pompa	:	1000 rpm
Massa	:	0,964 kg
Waktu aliran (t)	:	6,03 s
Head inlet(Δh_{in})	:	-1,75 mm
Head outlet(Δh_{out})	:	18,25 mm
Temperatur fluida (T)	:	27 °C
Rpm inlet	:	202,80 Rpm
Rpm outlet	:	210,55 Rpm

Berikut ini urutan pengolahan data yang hasilnya dapat di lihat dalam table di bagian lampiran D.

1. Menghitung kecepatan rata-rata aliran pada pipa berpenampang bulat.

$$Q = AU$$

$$\frac{m}{\rho t} = \frac{\pi d^2}{4} U$$

$$U = \frac{4.m}{\rho t \pi d^2}$$

$$= \frac{4.(0,964)}{(996,59)(6,03)(3,14)(0,036)^2} = 0,157 \text{ m/s}$$

Dimana: Q = debit aliran (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

U = kecepatan rata-rata (m/s)

U_h = kecepatan rata-rata bilah propeller (m/s)

m = massa fluida (kg)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

t = waktu fluida penampang (s)
 d = diameter penampang pipa (m)
 d_h = diameter hub propeller bebas (m)
 D_{rp} = diameter tengah bilah propeller (m)
 r = diameter tengah propeller bebas (m)
 = sudut sudu turbin terhadap sumbu aliran
 N_{teoritis} = kecepatan putaran propeller teoritis

2. Menghitung kecepatan aliran rata-rata pada bilah propeller bebas untuk pipa bulat.

$$Q = AU$$

$$\frac{m}{\rho \cdot t} = \frac{\pi(d^2 - d_h^2)}{4} U$$

$$U_h = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot t \cdot \pi(d^2 - d_h^2)}$$

$$= \frac{4 \cdot (0,964)}{(996,59)(6,03)(3,14)(0,036^2 - 0,010^2)} = 0,170 \text{ m/s}$$

3. Menghitung kecepatan putaran teoritis propeller bebas.

$$N_{\text{teoritis}} = \frac{U_h \cdot 60}{\pi \cdot d_{rp} \cdot \text{tg} \theta}$$

$$N_{\text{teoritis}} = \frac{(0,170) \cdot 60}{\pi \cdot (0,014) \cdot \text{tg} 45^\circ} = 233 \text{ Rpm}$$

4. Menghitung tekanan aliran fluida .

Pada pipa inlet :

$$P_{\text{inlet}} = \gamma_{Hg} \cdot g \cdot \Delta H_{\text{inlet}}$$

$$P_{\text{inlet}} = (13531)(9,81)(-0,00175) = -232,293 \text{ pascal}$$

Pada pipa outlet :

$$P_{\text{outlet}} = \gamma_{Hg} \cdot g \cdot \Delta H_{\text{outlet}}$$

$$P_{outlet} = (13531)(9,81)(0.01825) = 2.422,489 \text{ pascal}$$

5. Menghitung bilangan Reynolds untuk mengetahui jenis aliran laminar atau turbulen.

Dari hasil perhitungan kecepatan rata-rata diatas maka bilangan Reynolds bisa dihitung, sebesar:

$$Re = \frac{Ud}{\nu}$$

$$Re = \frac{(0,157)(0,036)}{8,574 \times 10^{-7}} = 6625,762$$

4.2.2 Pengolahan data untuk pipa kotak

Pengolahan data yang diproses untuk pipa kotak sama dengan yang dilakukan untuk pipa bulat namun hanya berbeda pada luasan penampang kotak saja. Diameter yang di pergunakan untuk mencari bilangan reynold adalah diameter hidrolis Dh .

Data pengujian pipa bulat

Putaran pompa	:	1000 rpm
Massa	:	1,215 kg
Waktu aliran (t)	:	7,65 s
Head inlet(Δh_{in})	:	- 2 mm
Head outlet(Δh_{out})	:	14,5 mm
Temperatur fluida (T)	:	27 °C
Rpm inlet	:	143,7 Rpm
Rpm outlet	:	129,8 Rpm

1. Menghitung kecepatan rata-rata aliran pada pipa keluaran berpenampang kotak.

$$Q = AU$$

$$\frac{m}{\rho \cdot t} = l^2 U$$

$$U = \frac{m}{\rho t l^2}$$

$$= \frac{(1,215)}{(996,59)(7,65)(0,036)^2} = 0.122 \text{ m/s}$$

Dimana: Q = debit aliran (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

U = kecepatan rata-rata (m/s)

U_h = kecepatan rata-rata bilah propeller (m/s)

m = massa fluida (kg)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

t = waktu fluida penampung (s)

l = rusuk penampang pipa kotak (m)

d_h = diameter hub propeller bebas (m)

d_{rp} = diameter tengah bilah propeller (m)

D_h = diameter hidrolis

r = diameter tengah propeller bebas (m)

= sudut sudu turbin terhadap sumbu aliran

N_{teoritis} = kecepatan putaran propeller teoritis

2. Menghitung kecepatan aliran rata-rata pada bilah propeller bebas untuk pipa kotak.

$$Q = AU$$

$$\frac{m}{\rho t} = \left(l^2 - \frac{\pi d_h^2}{4} \right) U_h$$

$$U_h = \frac{m}{\rho t \cdot \left(l^2 - \frac{\pi d_h^2}{4} \right)}$$

$$= \frac{(1,215)}{(996,59)(7,65) \left((0,036)^2 - \left(\frac{(3,14)(0,01)^2}{4} \right) \right)} = 0,130 \text{ m/s}$$

3. Menghitung kecepatan putaran teoritis propeller bebas.

$$N_{teoritis} = \frac{U_h \cdot 60}{\pi \cdot d_{rp} \cdot \text{tg} \theta}$$

$$N_{teoritis} = \frac{(0,130) \cdot 60}{\pi \cdot (0,014) \cdot \text{tg} 50^\circ} = 149,89 \text{ Rpm}$$

4. Menghitung tekanan aliran fluida .

Pada pipa inlet :

$$P_{inlet} = \gamma_{Hg} \cdot g \cdot \Delta H_{inlet}$$

$$P_{inlet} = (13531)(9,81)(-0,002) = -265,478 \text{ pascal}$$

Pada pipa outlet :

$$P_{outlet} = \gamma_{Hg} \cdot g \cdot \Delta H_{outlet}$$

$$P_{outlet} = (13531)(9,81)(0,0145) = 1924,72 \text{ pascal}$$

5. Menghitung bilangan Reynolds

Dari hasil perhitungan kecepatan rata-rata diatas maka bilangan Reynolds bisa dihitung, sebesar:

$$D_h = \frac{4A}{p}$$

$$D_h = \frac{4A}{4r} = r$$

$$\text{Re} = \frac{UD_h}{\nu}$$

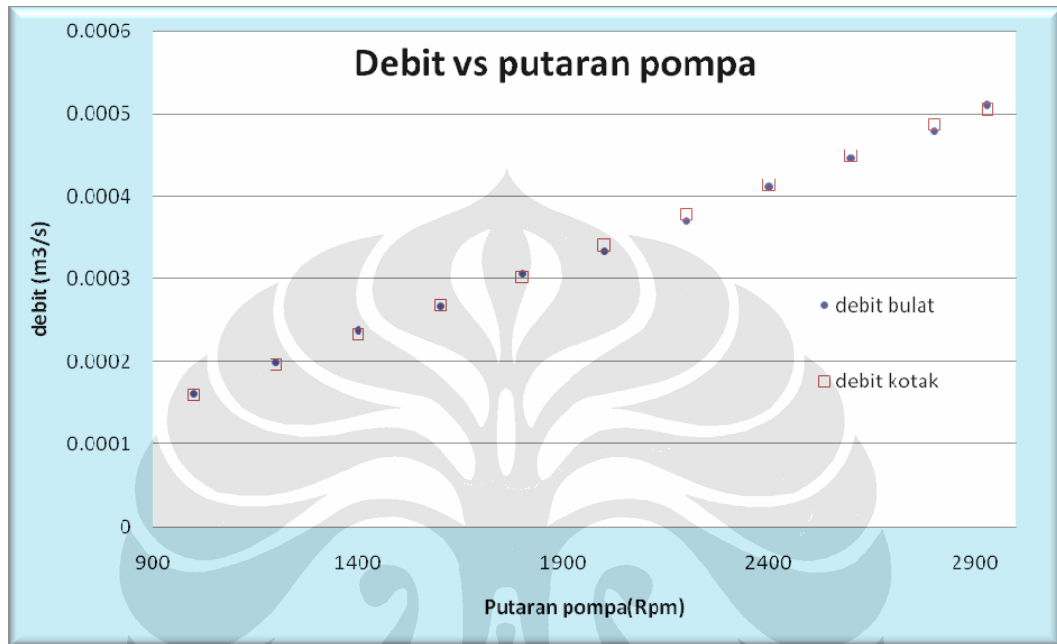
$$\text{Re} = \frac{(0,130)(0,036)}{8,574 \times 10^{-7}} = 6575,70$$

4.3 HASIL PENGOLAHAN DATA

Hasil yang didapat dari pengolahan data-data percobaan diplot ke dalam grafik untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai pengaruh kecepatan aliran terhadap putaran propeller bebas. Grafik pengolahan data dapat dilihat dalam subbab 4.3 (Analisa data)

4.4 ANALISA DATA

Hasil-hasil pengolahan data dari semua percobaan dapat dilihat pada grafik-grafik berikut:

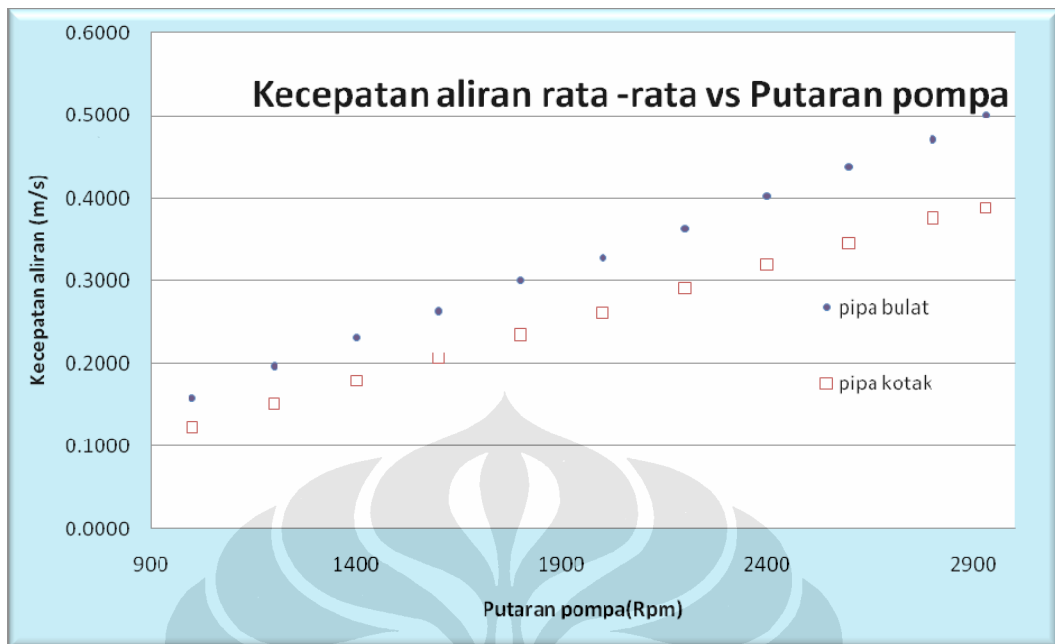


Gambar 4.1. Grafik debit aliran terhadap putaran pompa.

Grafik 4.1 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran pompa terhadap debit aliran. Pada percobaan ini putaran pompa sentrifugal di mulai dari putaran terendah yaitu 1000 Rpm hingga mencapai 2930 Rpm. Grafik ini menunjukkan bahwa debit aliran fluida untuk pipa berpenampang kotak maupun bulat berimpitan untuk tiap putaran yang sama. Namun demikian karena luas penampang pipa bulat dan kotak tidak sama maka kecepatan rata-rata aliran pada tiap penampang tidak sama.

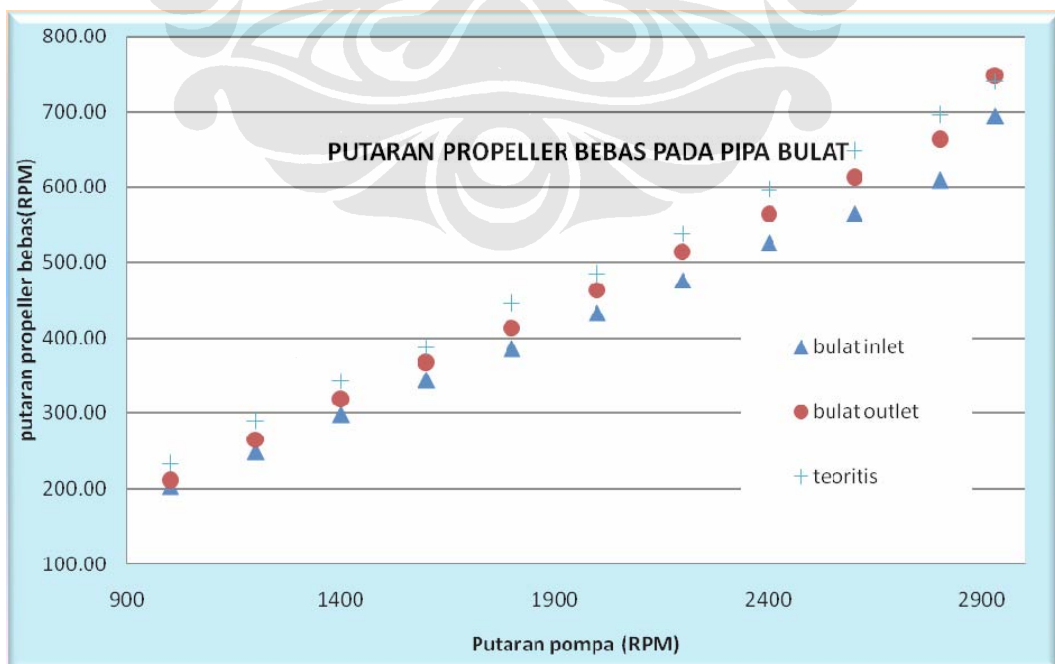
Melalui perhitungan mekanika fluida maka kecepatan aliran dapat menunjukkan bilangan Reynolds. Pada putaran terendah 1000 Rpm aliran fluida dengan nilai bilangan reynold > 2000 dapat diasumsikan sebagai aliran turbulen. Sehingga pada kedua jenis pipa ini mengalir aliran turbulen.

Penampang pipa kotak sama sisi memiliki diameter hidrolis yang sama dengan diameter hidrolis pipa bulat, sehingga pada kecepatan rata-rata aliran yang sama memiliki bilangan reynold yang sama.



Gambar 4.2. Grafik kecepatan aliran rata-rata vs putaran pompa.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata diperoleh dengan membagi kapasitas yang dihasilkan pompa dengan luasan penampang pipa. Akan tetapi untuk mendapatkan kecepatan rata-rata pada pipa berpenampang persegi-n (persegi banyak), membagi debit atau kapasitas pompa dengan luasan belum tentu tepat.

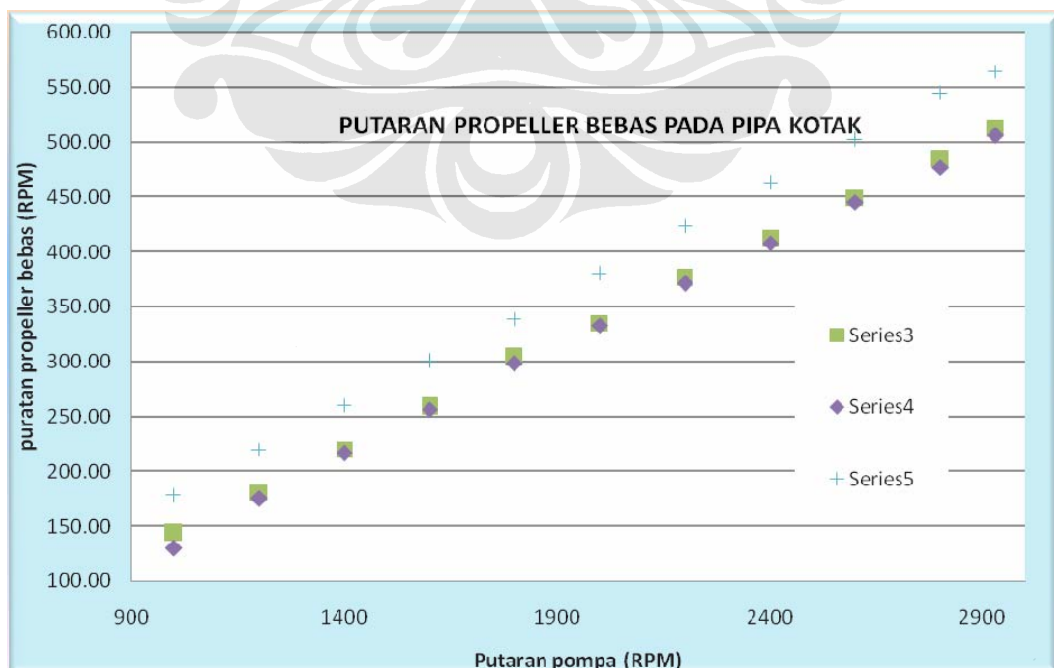


Gambar 4.3. Grafik putaran propeller bebas vs putaran pompa pada pipa bulat .

Sekarang kita memperhatikan kecepatan angular dari propeller bebas pada pipa bulat. Pengukuran menunjukkan pada putaran rendah perbedaan kecepatan tidaklah signifikan. Namun seraya putaran pompa meningkat terjadi perubahan kecepatan pada putaran propeller bebas pada sisi keluar. Karena debit aliran fluida dengan diameter pipa bulat yang sama pada bagian inlet maupun outlet maka kecepatan aliran rata-rata adalah sama, kecepatan putaran propeller bebas pun seharusnya sama jika komponen kecepatan hanya satu.

Salah satu penyebab perbedaan kecepatan putaran propeller bebas adalah berasal dari komponen kecepatan yang radial terhadap arah sumbu aliran yang dikenal sebagai *Secondary flow*. Sehingga komponen kecepatan ini mempengaruhi kecepatan putaran propeller bebas. Kenaikan sebesar 7,5% dari nilai putaran inlet terjadi pada putaran pompa 2930 rpm. Efek *secondary flow* dapat menambah kecepatan putaran propeller bebas dan juga bisa sebaliknya jika arah komponen kecepatan tersebut berlawanan dengan putaran propeller bebas.

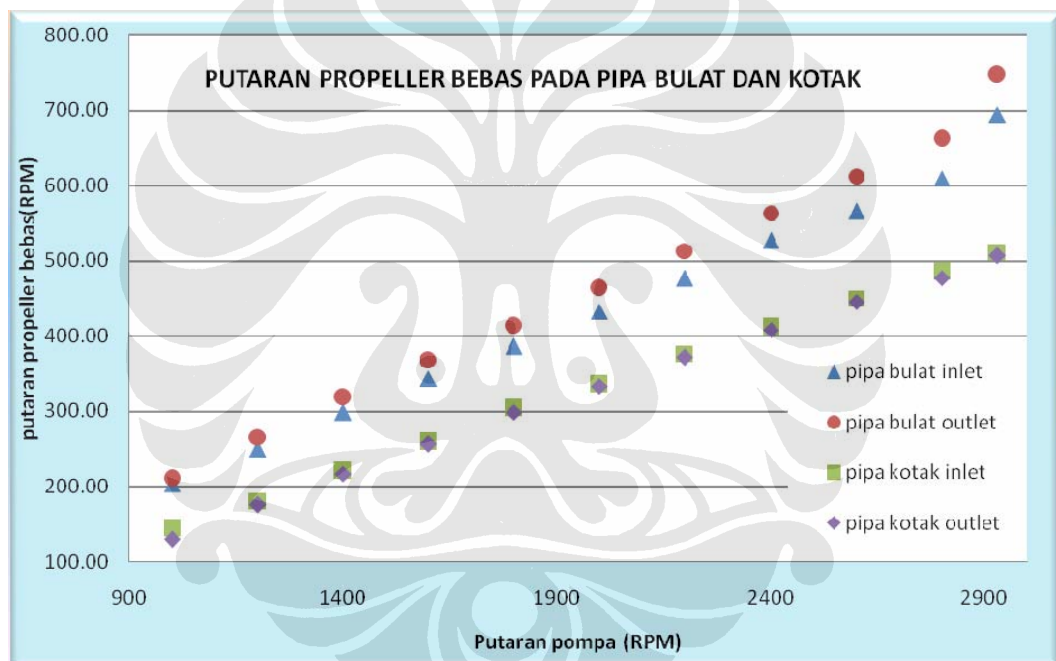
Dalam grafik 4.3 juga di tampilkan putaran teoritis, dengan menerapkan vektor kecepatan pada bilah propeller bebas. Maka perumusan kecepatan putaran propeller bebas teoritis dapat di prediksi secara kasar. Tentunya faktor-faktor kerugian gesek dan koefisien drag dalam hal ini di abaikan.



Gambar 4.4. Grafik putaran propeller bebas vs putaran pompa pada pipa kotak

Efek *secondary flow* pada pipa kotak hampir tidak mempengaruhi kecepatan putaran propeller bebas dalam variasi kecepatan manapun. Hal ini dapat di lihat jelas pada grafik 4.4 dimana gradien kecepatan putaran propeller bebas di bagian inlet dan outlet untuk pipa kotak sejajar. Pada aliran fluida pipa kotak *secondary flow* yang di hasilkan pompa sentrifugal tertahan pada sudut pipa kotak dan terpecah menjadi vortex-vortex lebih kecil.

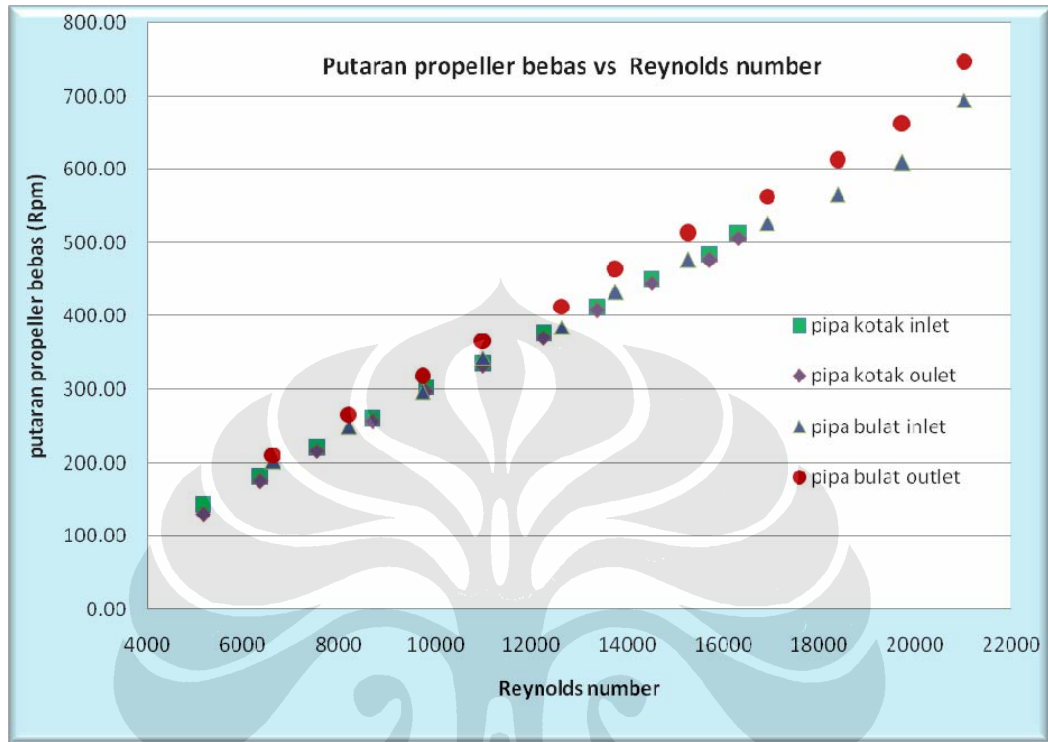
Gradien kecepatan teoritis dan kecepatan aktual sejajar, namun besaran putaran teoritis lebih besar dari aktual hal ini karena kecepatan putaran teoritis tidak memasukan kerugian-kerugian lain dalam aliran fluida.



Gambar 4.5. Grafik putaran propeller bebas vs putaran pompa pada pipa kotak dan pipa bulat

Jika grafik antara pipa kotak dan pipa bulat di gabungkan seperti pada grafik 4.3 dapat terlihat bahwa gradien kecepatan putaran pada pipa bulat lebih menanjak di bandingkan pipa kotak. *Secondary flow* yang terjadi pada pipa inlet yang di sebabkan oleh putaran pompa juga telah menyebabkan penambahan kecepatan putaran propeller bebas. Dan pengaruh *secondary flow* pada pipa bulat bagian keluaran memiliki gradien yang lebih menanjak lagi. Ini menunjukkan bahwa *secondary flow* pada pipa keluaran memiliki pengaruh yang signifikan.

Sedangkan pada pipa kotak bagian masuk dan keluar *secondary flow* dalam bentuk vorteks yang lebih kecil tidak mempengaruhi putaran propeller bebas.



Gambar 4.5. Grafik putaran propeller bebas vs bilangan Reynolds pada pipa kotak dan pipa bulat

Telah di ketahui secara umum koefisien gesek pipa kotak lebih kecil dari pada pipa bulat, salah satu alasan adalah *secondary flow* kuat terjadi pada p bulat. Penelitian L.schiller menunjukkan bahwa koefisien gesek pada pipa kotak lebih kecil dari pada pipa bulat pada bilangan Reynolds yang sama.

Grafik 4.5 gabungan dari pengukuran data putaran propeller bebas pada pipa bulat dan kotak jika di bandingkan pada bilangan Reynolds yang sama. Karena kecepatan aliran fluida berbanding lurus dengan bilangan Reynolds maka grafik 4.5 secara tidak langsung menunjukkan perbandingan kecepatan putaran propeller bebas pada kecepatan aliran yang sama. Dapat terlihat bahwa pipa bulat pada bagian outlet memiliki putaran yang paling cepat, sedangkan aliran pipa bulat bagian inlet hampir memiliki kecendrungan kecepatan putaran yang sama dengan pipa kotak.