

PENGARUH GAYA SEMBUR NOSEL TERHADAP SUDU DATAR PADA MESIN UJI *IMPACT OF A JET* DENGAN PUTARAN 2400 RPM

A. Walujodjati^{*)}

Abstrak

Pengujian besar gaya semburan yang diterima oleh sudu datar ini pada prinsipnya bermaksud memberikan detail informasi tentang besar gaya akibat semburan yang diterima oleh sudu dengan bentuk datar dan kesempurnaan penerimaan gaya sembur yang diterima oleh permukaan sudu datar. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Impact of a jet* yang terdiri dari pompa air yang disertai pengontrol input tegangan (*Voltage regulator*) sehingga putarannya dapat diatur. *Water meter* sebagai pengukur laju aliran, ruang lintas alir (*pralon 3/4 inch*) yang dilengkapi katup tutup buka sebagai pemvariasi bukaan, rumah kaca yang didalamnya terdapat nosel, alat penimbang gaya sembur pada sudu, dan sudu datar dengan diameter 60 mm.

Berdasarkan hasil pengolahan data dapat diketahui besar laju aliran massa, kecepatan alir nosel, kecepatan keluar alir nosel, momentum alir menuju sudu, momentum alir meninggalkan sudu dan besar gaya sembur hasil pengukuran dari alat penimbang gaya.

Hasil pengujian menunjukkan laju aliran massa dipengaruhi oleh luasan permukaan bidang alir yaitu variasi bukaan katup, semakin kecil laju aliran massanya maka akan berpengaruh pada kecepatan alir nosel dan juga momentum alir bahkan gaya sembur yang diterima sudu. Besar gaya sembur yang diterima sudu dipengaruhi oleh momentum alir, karena momentum alir yang meninggalkan sudu nilainya adalah nol maka sudu ini cenderung mempunyai besar gaya mendekati besar momentum alir menuju sudu. Momentum alir menuju sudu adalah menunjukkan kekuatan sembur secara perhitungan teoritis walaupun secara kenyataan besar gaya sembur yang terbaca oleh alat penimbang gaya memiliki selisih.

Kata kunci : sudu datar, *impact of a jet*, gaya sembur.

Pendahuluan

Energi adalah salah satu kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan, baik dalam kehidupan rumah tangga maupun industri, bentuk energi itu antara lain energi yang berasal dari alam maupun energi yang merupakan hasil rekayasa. Sejak dahulu manusia memanfaatkan energi alam untuk memenuhi kebutuhannya diantaranya dibidang pengubahan energi alam didalam alat penggerak, misalnya pada energi potensial tekanan air yang dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin, dengan cara membenturkan semburan air ke keping-keping sudu turbin (Surbakty, 1985).

Energi sembur air itu berasal dari perubahan tekanan alir fluida (air) menjadi kecepatan, secara teoritis perubahan tekanan dan kecepatan tersebut disebabkan karena perbedaan luas penampang lintang sebuah lintasan alir, sehingga tekanan dan kecepatan alir fluida akan meningkat seiring lintasannya, seperti halnya pada pipa yang mengecil.

Besarnya gaya dorong dari semburan air yang dibenturkan tersebut juga dipengaruhi oleh bentuk dan susunan letak sudu, bentuk sudu sebagai objek penerima dari semburan air tersebut sangatlah menentukan sehingga gaya sembur dari air diteruskan dengan sempurna dan efisien.

Melihat fenomena pemanfaatan energi potensial air sebagai penggerak sudu turbin dan berbagai variasi bentuk sudu sebagai bidang penerimanya sehingga gaya semburan air tersebut mampu menggerakkan sudu turbin, diambil kesimpulan bahwa besarnya gaya dorong pada sudu turbin tidak mutlak dipengaruhi oleh besarnya gaya semburan air saja melainkan juga bentuk sudu, karena secara teori pantulan semburannya mempengaruhi gaya gerak dari sudu, maka penulis bermaksud melakukan analisa besar laju aliran massa, momentum alir dan besar gaya dorong semburan air dari nosel yang diterima oleh sudu, dengan menggunakan benda uji sudu berbentuk datar.

^{*)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jl Menoreh Tengah X/22 Semarang

TAR PADA 0 RPM

prinsipnya
ng diterima
ng diterima
n uji Impact
n (*Voltage*
laju aliran,
pemvariasi
mbur pada

cepatan alir
entum alir
g gaya.
aan bidang
erpengaruh
erima sudu.
momentum
mempunyai
enuju sudu
un secara
elish.

dari semburan air
dipengaruhi oleh
du, bentuk sudu
mburan air tersebut
gaya sembur dari
dan efisien.
manfaat energi
k sudu turbin dan
a sebagai bidang
mburan air tersebut
turbin, diambil
gaya dorong pada
dipengaruhi oleh
ja melainkan juga
a teori pantulan
ya gerak dari sudu,
ukan analisa besar
alir dan besar gaya
sel yang diterima
an benda uji sudu

Besar gaya sembur yang diterima oleh sudu adalah merupakan perubahan momentum (Honing, 1987). yaitu momen sembur yang menuju sudu dan momen sembur yang meninggalkan sudu (hasil pantulan).

Dengan mengacu pada uraian diatas maka timbul masalah berapa besar gaya yang diterima oleh sudu dengan bentuk datar.

Berkenaan dengan pelaksanaan pengujian ini, perlu kiranya diadakan penyederhanaan masalah. Penyederhanaan masalah dilakukan dengan batasan sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan pada alat uji *Impact of a jet*.
2. Benda uji adalah sudu berbentuk datar dengan sudut pantul 90° .
3. Kecepatan alir nosel diasumsikan konstan.
4. Aliran dalam sistm dianggap aliran satu dimensi, mantap, dan laminer.
5. Kerugian-kerugian aliran yang terjadi didalam saluran pipa-pipa mesin uji *Impact Of a Jet* tidak diperhitungkan.
6. Besar gaya yang diperhitungkan adalah pada arah keatas.

Metode Penelitian

Mesin uji *Impact of a jet* didesain untuk mengetahui besar laju aliran massa (m), momentum (J) dan gaya semburan air ke permukaan sudu (F). Pengambilan data dilakukan dengan variasi tetap yaitu bukaan katup (bukaan $1/3$, bukaan $2/3$, dan bukaan penuh). Selain itu pengambilan data dilakukan dengan putaran 2400 Rpm. Penetapan pengambilan data dengan variasi putaran 2400 Rpm dikarenakan penyesuaian kondisi alat uji yang telah kami buat, adapun alasan pengambilan data dengan putaran 2400 Rpm adalah :

1. Penyesuaian kondisi beban yang digunakan pada lengan penimbang gaya yang hanya 150 gram dan jarak pergeseran beban pada lengan beban yang panjangnya terbatas.
2. Kemampuan putar maksimal pompa yaitu 2850 Rpm.
3. Kondisi tegangan yang tidak stabil, walaupun sudah digunakan *Stabilizer* tegangan keadaan tegangan masih naik turun sehingga untuk melakukan variasi putaran antara 2400 Rpm sulit dilakukan, hasil sembur yang mengenai sudu naik turun besarnya, sehingga untuk variasi

dengan kenaikan tiap 10 Rpm dari batas putaran awal 2400 Rpm sulit dilakukan.

Cara pengambilan data dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Mengkondisikan keadaan mesin uji *Impact of a jet* dengan mengecek kemungkinan adanya kebocoran, ketinggian air pada bak penampung, juga input tegangan yang masuk.
2. Memasang sudu pada lengan beban.
3. Meletakkan beban pada lengan beban dengan garis tengah berada tepat pada posasi nol.
4. Mengatur lengan beban agar dalam keadaan setimbang (lurus searah bidang horisontal) dengan cara memutar mur penyetel pegas.
5. Mengatur bukaan katup, untuk tahap pertama yaitu bukaan $1/3$.
6. Mengalirkan air ke nosel dengan mengatur *Voltage regulator* sesuai dengan putaran yang diinginkan dengan menggunakan *Tachometer*, tunggu hingga putaran pompa setabil.
7. Membaca laju aliran massa pada *Water meter*, gunakan *Stop watch* untuk menghitung lama waktu (t) untuk mencapai volume air sebanyak 5 liter.
8. Menggeser pemberat sehingga posisi lengan benar-benar setimbang, kemudian bacalah jarak pemberat itu bergeser (y).
9. Mengulangi langkah ke 4 dan seterusnya dengan memvareasi bukaan $2/3$ dan bukaan penuh.
10. Menyamakan putaran pompa pada putaran 2400 Rpm dengan menurunkan tegangan, gunakan tachometer sebagai alat pembantu dalam pembacaan putaran (Karena dengan input tegangan yang sama, pada variasi bukaan $2/3$ dan bukan penuh putaran pompa akan cenderung naik).
11. Menunggu hingga putaran setabil kemudian mencatat perubahan nilai t dan pergeseran bebanya y .

Data yang diambil adalah pada putaran 2400 Rpm dan 2600 Rpm, untuk keakurasian data pengujian maka data diambil sebanyak tiga kali, nilai yang didapat pada pengujian adalah nilai t dan y dan ditampilkan dalam sebuah tabel dibawah ini:

Hasil dan Pembahasan

Hasil data yang diambil adalah pada variasi bukaan $1/3$, bukaan $2/3$ dan bukaan penuh, besar data yang diambil dan berlaku dalam

perhitungan adalah hasil rata-rata ketiga data hasil pengujian.

Tabel 1. Data hasil pengujian dengan sudu datar

Putaran	Bukaan	Jarak pergeseran bandul (cm)		
		y1	y2	y3
2400 Rpm	1/3	8.8	8.7	8.8
	2/3	11.1	11.1	11.2
	Penuh	12	12.1	12

Putaran	Bukaan	Waktu (detik)		
		t1	t2	t3
2400 Rpm	1/3	17.65	17.58	17.6
	2/3	16.1	16	16.05
	Penuh	15.57	15.52	15.58

Contoh perhitungan diambil dari data dengan putaran 2400 Rpm pada bukaan katup penuh. Selanjutnya dilakukan serangkaian perhitungan dengan urutan sebagai berikut:

Tabel 2. Data pengujian dengan putaran 2400 Rpm

Bukaan	Jarak pergeseran bandul (cm)			Δy (cm)
	y1	y2	y3	
Penuh	12	12.1	12	12.03

Bukaan	Waktu (detik)			Δt (detik)
	t1	t2	t3	
Penuh	15.57	15.52	15.58	15.56

1) Perhitungan laju aliran massa

$$m = \frac{V \cdot \rho}{t}$$

$$m = \frac{5 \times 10^{-3} m^3 \times 1000 kg / m^3}{15,55.s}$$

$$m = 0,3214 \text{ kg/s}$$

2) Perhitungan kecepatan aliran keluar nosel.

$$v = \frac{m}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{0,3214 \text{ kg/s}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 78,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$= 4,0979 \text{ m/s}$$

3) Perhitungan kecepatan aliran setelah keluar dari sistem

$$v_2^2 = v_1^2 - 2 \times g \times s$$

$$v_2 = \sqrt{4,0979^2 \text{ m/s} - 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,035 \text{ m}}$$

$$v_2 = 4,0132 \text{ m/s}$$

4) Besar gaya sembur pada sumbu x

Berdasarkan perumusan gaya sembur pada arah F_x dapat dijabarkan menjadi momentum menuju sudu dan momentum meninggalkan sudu, dimana besar gaya sembur pada arah fertikal (F_z) adalah sebagai berikut

$$F = m \times v_2 (1 - \cos \beta) \quad \text{atau}$$

$$F = m(v_2 - v_1 \cos \beta)$$

Maka berdasarkan rumus diatas dapat dijabarkan besar momentum masuk sistem dan momentum meninggalkan sistem adalah

- Besar momentum menuju sudu

$$j = m \cdot v_2$$

$$j = 0,3214 \text{ kg/s} \times 4,0132 \text{ m/s}$$

$$j = 1,2899 \text{ kg.m/s}^2$$
- Besar momentum yang meninggalkan sudu

$$j^1 = m \cdot v_2 \cdot \cos \beta$$

$$j^1 = 0,3214 \text{ kg/s} \times 4,0979 \text{ m/s} \times \cos 90^\circ$$

$$j^1 = 0 \text{ kg.m/s}^2$$

5) Perhitungan besar gaya pada sudu berdasarkan penimbangan

$$F = \frac{0,1261 + (0,15 \times g \times y)}{0,142}$$

$$F = \frac{0,1261 + (0,15 \times 9,81 \times 12,3)}{0,142} = 1,247 \text{ N}$$

Hasil-hasil perhitungan data dan analisa data pengujian ditampilkan dalam tabel, berikut adalah hasil perhitungan pengujian dengan putaran 2400 Rpm dan 2600 Rpm

1. Hasil perhitungan pengujian dengan putaran 2400 Rpm

Data yang diperoleh dari hasil pengujian pada putaran 2400 dengan variasi bukaan katup 1/3, bukaan katup 2/3, bukaan katup penuh adalah sebagai berikut

Tabel 3. Data hasil pengujian dengan putaran 2400 Rpm.

Putaran	Bukaan	Jarak pergeseran bandul (cm)			Δy (cm)	Waktu (detik)			Δt (detik)
		y_1	y_2	y_3		t_1	t_2	t_3	
		2400 Rpm	1/3	8.8		8.7	8.8	8.767	
	2/3	11.1	11.1	11.2	11.13	16.1	16	16.05	16.05
	Penuh	12	12.1	12	12.03	15.57	15.52	15.58	15.56

Berdasarkan data hasil pengujian yaitu nilai pergeseran (y) dan waktu (t) adalah hasil rata-rata dari pengambilan data yang dilakukan sebanyak 3 kali, berikut ini adalah hasil perhitungan pada pengujian dengan putaran 2400 Rpm

Tabel 4. Hasil perhitungan dengan putaran 2400 Rpm

BUKAAN	V (ℓ)	Waktu (detik)	y (m)	m (kg/s)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	J (kg m/s)	J' (kg m/s)	F (N)
Bukaan 1/3	5	17.61	0.0877	0.2839	3.6201	3.5239	1.0006	0	0.9085
Bukaan 2/3	5	16.05	0.1113	0.3115	3.8972	3.8845	1.2101	0	1.1537
Bukaan penuh	5	15.56	0.1203	0.3214	4.0979	4.0132	1.2899	0	1.247

Berdasarkan hasil perhitungan data hasil pengujian dan analisa ralat hasil perhitungan dapat kita lihat bahwa:

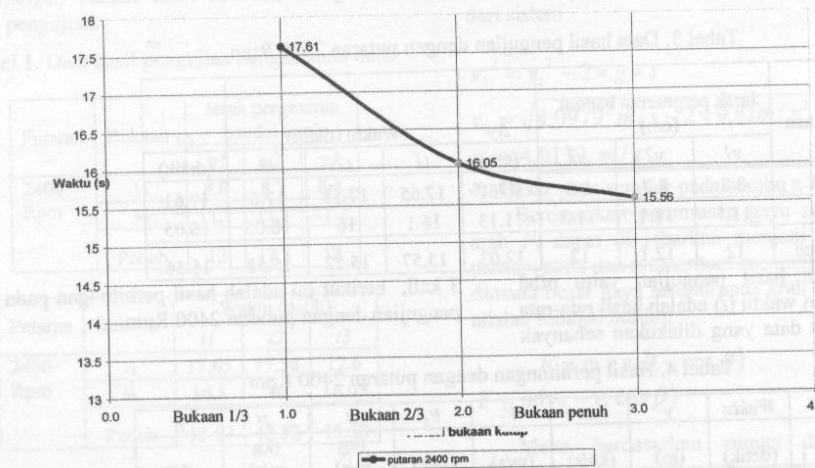
a. Laju aliran massa.

Pengujian laju aliran massa dilakukan dengan volume air 5 liter, dengan putaran pompa 2400 Rpm dan 2600 Rpm dan variasi bukaan katup yaitu bukaan katup 1/3, bukaan katup 2/3 dan bukaan katup penuh. Berikut adalah tabel waktu (t) dan laju aliran massa (m).

Tabel 5. Waktu dan laju aliran massa

PUTARAN	2400 Rpm		
BUKAAN	V (ℓ)	Waktu (detik)	m (kg/s)
Bukaan 1/3	5	17.61	0.2839
Bukaan 2/3	5	16.05	0.3115
Bukaan penuh	5	15.56	0.3214

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah ditampilkan pada Tabel 4.16 maka dapat digambarkan grafik hubungan antara waktu (t) dan variasi bukaan katup pada putaran 2400 Rpm.



Gambar 1. Grafik waktu yang dicapai untuk tiap volume air 5 liter pada masing-masing variasi bukaan katup

Berdasarkan grafik hubungan waktu (t) pada masing-masing variasi bukaan katup, waktu (t) yang dibutuhkan untuk mencapai volume 5 liter air pada putaran 2400 Rpm untuk tiap variasi bukaan katup 1/3 dan 2/3, cenderung lama, karena adanya pengecilan bukaan katup. Lama waktu (t) untuk mencapai volume 5 liter air pada putaran 2400 Rpm akan lebih lama dibandingkan dengan putaran 2600 Rpm hal ini disebabkan karena perbedaan putaran pompa, putaran pompa 2600 Rpm cenderung lebih kuat mengalirkan air dibanding pada putaran 2400 Rpm, sehingga untuk putaran 2600 Rpm waktu (t) yang dibutuhkan untuk mencapai volume 5 liter air lebih cepat.

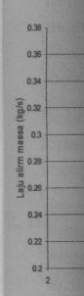
Sedangkan laju aliran massa (m) pada putaran pompa 2400 Rpm dengan variasi

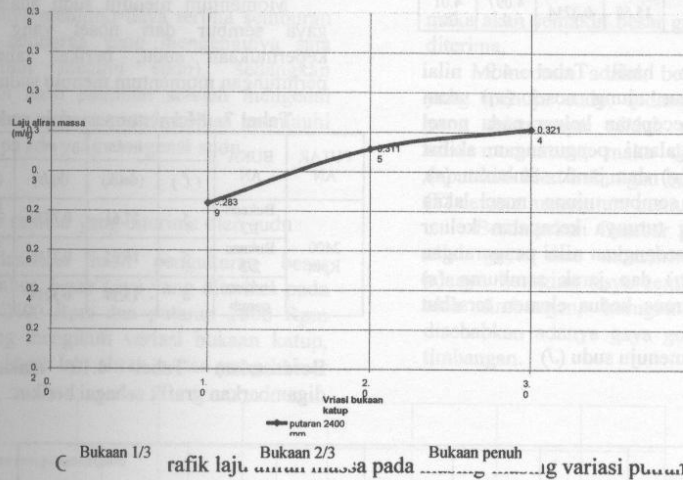
bukaan katup 1/3, bukaan katup 2/3 dan bukaan katup penuh cenderung naik seiring dengan kecenderungan berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume 5 liter air. Laju aliran massa untuk putaran 2600 Rpm lebih besar karena waktu (t) yang dibutuhkan untuk mencapai volume air 5 liter lebih cepat, sedangkan untuk putaran 2400 Rpm laju aliran massanya cenderung lebih kecil karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume air 5 liter lebih lama. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume 5 liter air semakin menurun laju aliran massanya. Berikut grafik hubungan antara laju aliran massa dengan variasi bukaan katup pada putaran 2400 Rpm.

b. Ke
K
putara
katup
katup
Tab

PUTA RAN
2400 Rpm

Berik
pada
Gamb





b. Kecepatan keluar pada nosel

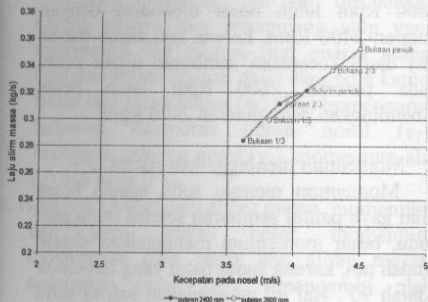
Kecepatan keluar pada nosel (v_1) pada putaran 2400 Rpm untuk variasi bukaan katup 1/3, bukaan katup 2/3 dan bukaan katup penuh adalah sebagai berikut

Tabel 6. Kecepatan keluar pada nosel (v_1)

PUTARAN	BUKAAN	V (ℓ)	waktu (detik)	m (kg/s)	V_1 (m/s)
2400 Rpm	Bukaan 1/3	5	17.61	0.2839	3.6201
	Bukaan 2/3	5	16.05	0.3115	3.9721
	Bukaan penuh	5	15.57	0.3214	4.0979

Berikut grafik hubungan antar kecepatan pada nosel dengan laju aliran massa.

Gambar 3 Grafik hubungan antara Kecepatan pada nosel dan Laju aliran massa



Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, menunjukkan bahwa kecepatan pada nosel dipengaruhi oleh laju aliran massa (m), pada variasi bukaan 1/3 karena adanya pengecilan luas lintasan maka laju aliran massanya (m) akan turun dan kecepatan keluar pada nosel pun menurun (v_1), jadi berdasarkan grafik diatas kenaikan laju aliran massa dipengaruhi oleh bukaan katup, semakin luas permukaan lintasan alirnya (untuk bukaan 2/3 dan bukaan penuh) Penurunan kecepatan keluar pada nosel (v_1) pada putaran 2400 Rpm untuk tiap variasi bukaan katup yang sama selisih penurunan nilai kecepatannya hampir sama dan mengikuti penurunan laju aliran massanya (m). Berdasarkan tabel diatas berikut adalah grafik hubungan antara laju aliran massa (m) dan kecepatan keluar pada nosel (v_1)

c. Kecepatan semburan dari ujung nosel (v_2)

Kecepatan semburan dari ujung nosel (v_2) adalah kecepatan dimana kecepatan semburan air yang dipengaruhi gaya luar yaitu gaya gravitasi bumi (g) dan ketinggian jarak sembur (s), berikut tabel kecepatan semburan pada nosel pada putaran 2400 Rpm

Tabel 6. Kecepatan sembur ujung nosel (v_2)

PUTARAN	BUKAAN	V (ℓ)	waktu (detik)	m (kg/s)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)
2400 Rpm	Bukaan 1/3	5	17.61	0.2839	3.6201	3.5239
	Bukaan 2/3	5	16.05	0.3115	3.9721	3.8845

Bukaan penuh	5	15.57	0.3214	4.0979	4.0132
--------------	---	-------	--------	--------	--------

Berdasarkan hasil Tabel 4.9 nilai kecepatan sembur ujung nosel (v_2) akan menyesuaikan kecepatan keluar pada nosel dan akan mengalami pengurangan akibat gravitasi bumi (g) dan jarak semburan (s), jadi kecepatan sembur ujung nosel akan menurun seiring turunnya kecepatan keluar pada nosel (v_1), sedangkan nilai pengurangan dari gravitasi (g) dan jarak semburan (s) adalah tetap, karena kedua elemen tersebut nilainya tetap.

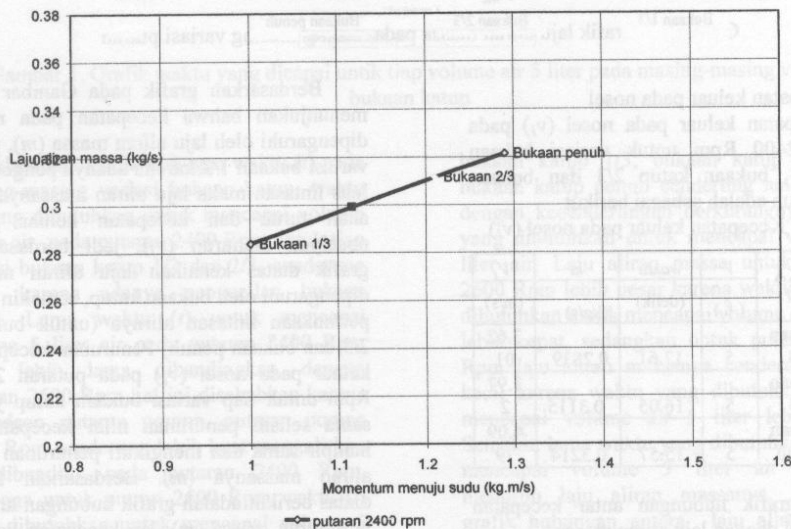
d. Momentum menuju sudu (J)

Momentum menuju sudu adalah besar gaya sembur dari nosel yang menuju kepermukaan sudu, berikut tabel hasil perhitungan momentum menuju sudu.

Tabel 7. Momentum menuju sudu (J)

PUTARAN	BUKAAN	V (ℓ)	waktu (detik)	m (kg/s)	V_2 (m/s)	J (kg m/s)
2400 Rpm	Bukaan 1/3	5	17.61	0.2839	3.5239	1.0006
	Bukaan 2/3	5	16.05	0.3115	3.8845	1.2101
	Bukaan penuh	5	15.57	0.3214	4.0132	1.2899

Berdasarkan Tabel 4.10 maka dapat digambarkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara Momentum dengan Laju aliran massa

Momentum menuju sudu (J) pada putaran 2400 Rpm dan putaran 2600 Rpm dipengaruhi oleh laju aliran massa (m) dan kecepatan semburan ujung nosel (v_2), besar momentum menuju sudu pada putaran 2400 Rpm dan 2600 Rpm cenderung mengikuti variasi bukaan katup, karena semakin kecil bukaan katup yaitu pada variasi bukaan 1/3, maka laju aliran massa akan menurun, begitu pula dengan kecepatan keluar pada nosel (v_1) dan kecepatan semburan dari ujung nosel (v_2) akan menurun mengikuti laju aliran massa.

Momentum masuk sistem pada putaran 2600 Rpm lebih besar dibanding dengan putaran 2400 Rpm, karena laju aliran massa (m) dan kecepatan semburan ujung nosel pada putaran 2600 Rpm lebih besar dibanding pada putaran 2400 Rpm.

e. Momentum meninggalkan sistem (J')

Momentum menuju sudu adalah besar nilai gaya pantul semburan setelah mengenai sudu, besar momentum meninggalkan sistem adalah nol, karena sudut patul yang terbentuk adalah 90° . Hal ini menandakan bahwa sudu

kerugian gaya tersebut disebabkan adanya gaya gesek pada engsel timbangan atau tuas.

Saran.

Agar penelitian ini mendapatkan hasil yang maksimum dan bermanfaat maka penulis menyarankan beberapa hal untuk menyempurnakan pengujian ini. Untuk mendapatkan putaran yang maksimal, maka harus mengurangi kerugian yang disebabkan oleh input tegangan yang cenderung kurang setabil, selain itu kerugian internal dalam pompa karena adanya rugi-rugi panas dan menyebabkan kemagnetannya menurun.

Daftar Pustaka

Balzhiser., R.E ., 1977, *Enggining Thermodinamik*, India, Prentice Hall.
Bennet., C.O. 1962, *Momentum, Heat and Mass Transfer*, New York: Mc Graw Hill
Holman. JP. 1988. *Thermodinamics*. New York ; Mc Graw Hill International
Kreith, F . 1986 . Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas. Jakarta : Erlangga
Reynolds. W.C. 1983 . Thermodinamika Teknik. Jakarta : Erlangga

