



## **Pengaruh Sudut Kemiringan dan Diameter Pipa Isap Terhadap daya Angkat Air**

**Kurniawan Seva (Mahasiswa), Muhammad Gilang Ramadhan (Mahasiswa), I Made Kastiawan (Dosen Pembimbing)**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: kurniawanseva94@gmail.com, gr576800@gmail.com

### **ABSTRAK**

Energi listrik merupakan hal yang tidak bisa di pisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan listrik pun semakin meningkat seiring perkembangan zaman. Meningkatnya permintaan ini akan berpengaruh besar terhadap keterbatasan sumber energi fosil yang terjadi saat ini. Sistem pengisap air dengan metode vakum adalah sebuah inovasi terkait sistem pembangkit listrik energi terbarukan untuk menyiapkan ketersediaan listrik saat ini dan pada masa yang akan datang. Dengan menggunakan prinsip gravitasi dan sistem vakum sehingga air mampu diangkat dari permukaan yang rendah menuju ke tempat yang tinggi. Dalam penelitian ini menggunakan metode pre-eksperimen design dengan desain one-shot case study. Dilakukan dengan percobaan untuk mengetahui perbedaan pengaruh sudut kemiringan dan diameter pipa isap terhadap daya angkat air. Menggunakan 2 (dua) variasi diameter pipa masuk (isap) antara lain 2 dim, 2 1/2 dim, dan 3 (tiga) diameter pembanding yaitu 1 1/4 dim, 1 1/2 dim dan 2 dim. Variasi sudut kemiringan pipa masuk (isap) adalah 30°, 45°, dan 30°. Dari hasil pengujian menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada pipa isap (P1). Dari hasil pengujian menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan (optimal) yang terjadi pada ruang vakum (P2). Sudut kemiringan mempengaruhi daya angkat air dimana semakin besar sudut kemiringan maka semakin kecil usaha yang dibutuhkan dalam pengangkatan air. Semakin besar diameter pipa masuk dan kenaikan sudut kemiringan maka semakin turun tekanan (optimal) pada ruang vakum (P2). Semakin besar diameter pipa masuk dan kenaikan sudut kemiringan pipa isap maka semakin mudah usaha untuk mengisap air diikuti kenaikan koefisien geseknya semakin besar.

**Kata kunci:** : diameter pipa, kemiringan pipa, daya angkat air, tekanan, ruang vakum.

### **PENDAHULUAN**

Pada tahun 2050 permintaan energi final berdasarkan jenis energi yang akan menjadi permintaan terbesar adalah permintaan listrik yaitu sebesar 35% (BaU), 34% (PB), dan 33% (RK). Hal ini didasari oleh meningkatnya penggunaan alat elektronik di sektor rumah tangga dan substitusi lainnya yang berbahan bakar minyak. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat

sekitar 85,31% dari total kapasitas sistem pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan sumber energi fosil. Sehingga dengan keterbatasan sumber energi fosil yang terjadi saat ini, sangat dibutuhkan perkembangan terkait sistem pembangkit listrik energi terbarukan untuk menyiapkan ketersediaan listrik saat ini dan pada masa yang akan datang. Hal ini sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017

tentang Rencana Umum Energi Nasional. Maka dari itu beranjak dari uraian permasalahan di atas, di coba memberikan suatu alternatif penyelesaian. Diantaranya adalah di lakukanlah sebuah penelitian untuk membuat alat pengisap air dengan sistem vakum untuk pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga air yang terbarukan. Alat pengisap dengan sistem vakum inilah yang nantinya akan digunakan untuk mengalirkan air pemutar turbin yang terdiri dari pipa isap, dan pipa keluar. Namun pada pelaksanaannya agar dapat bekerja dengan baik alat penghisap air sistem vakum ini harus mempunyai keseimbangan antara air yang diisap dengan air yang dikeluarkan. Keseimbangan air yang diisap dengan yang dikeluarkan inilah yang disebut dengan kontinuitas aliran. (Wahyudi, 2007). Fokus pada penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh tekanan pada ruang vakum terhadap daya angkat air yang saling berhubungan dengan diameter pipa isap, pipa keluar, ukuran pipa, serta jarak ketinggian yang telah ditentukan. Dengan demikian nantinya alat pengisap air dengan sistem vakum ini bisa menjadi terobosan untuk pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga air yang free energy dan efisien.

**Persamaan Kontinuitas**

Menurut Sunyoto (2008: 53) Suatu fluida yang mengalir melewati suatu penampang akan selalu memenuhi hukum kontinuitas, yaitu laju massa fluida yang masuk akan selalu sama dengan laju massa fluida yang keluar. Persamaannya sebagai berikut:

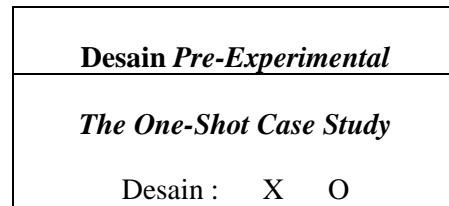


Gambar 1 Aliran Fluida

$$(\rho Av)_1 = (\rho Av)_2$$

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan desain one-shot case study, dimana suatu kelompok diberi treatment / perlakuan, dan selanjutnya diobservasi hasilnya.

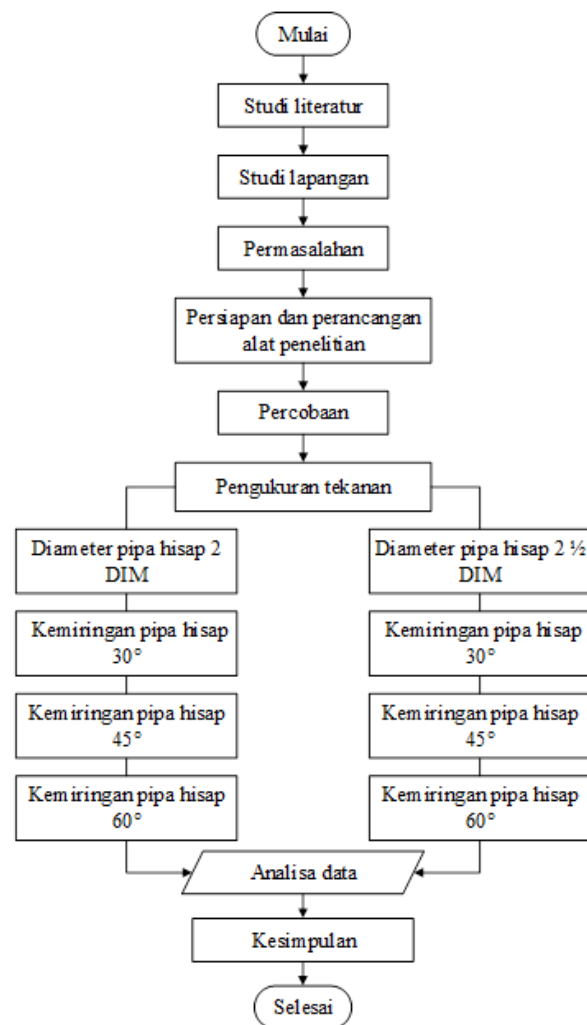


Keterangan:

X = Treatment, yang diberikan (Variabel independen)

O = Observasi, (Variabel dependen)

**Diagram Alir Penelitian**



**Mulai**

Pada tahap awal mengambil voucher TA tahap I, memilih calon dosen pembimbing, kemudian dilanjutkan pembayaran TA tahap I, selanjutnya menentukan judul dan meminta

persetujuan dosen, dilanjutkan mendaftar ke koordinator TA.

#### *Studi Literatur*

Studi literatur yang dimaksud dalam hal ini adalah mencari teori yang terkait kevakuman dan pompa vakum, khususnya pengaruh sudut kemiringan, tekanan serta hubungan diameter pipa masuk pada ruang vakum terhadap daya angkat air. Dengan referensi teori-teori yang terdapat pada buku, laporan hasil penelitian serta jurnal-jurnal yang terdahulu dan prosiding penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya.

#### *Studi Lapangan*

Studi lapangan yang dilakukan adalah untuk mengamati, menemukan serta melihat langsung kelapangan apa saja yang menjadi masalah selama ini. Dalam hal ini berkaitan dengan pemanfaatan energi terbarukan khususnya energi air, sehingga muncullah ide yang diharapkan mampu memberikan solusi dengan pembuatan alat penghisap air sistem vakum yang free energi.

#### *Permasalahan*

Setelah dilakukannya studi literatur dan studi lapangan maka ditemukanlah suatu masalah yang kemudian menjadi topik atau bahan dari penelitian ini.

#### *Persiapan Alat dan Bahan*

Untuk merancang dan membuat prototype alat penghisap air sistem vakum pada penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

A. Bahan :

1) Pipa PVC

Pipa PVC digunakan untuk pipa pengisap dan pipa keluar serta ruang vakum pada sistem.

2) Stop kran air

Stop kran air digunakan sebagai kran keluarnya air pada output alat penghisap air sistem vakum.

3) Bak penampung air

Bak penampung digunakan sebagai wadah untuk air yang akan diisap oleh pipa isap dan keluar pada sistem vakum ini.

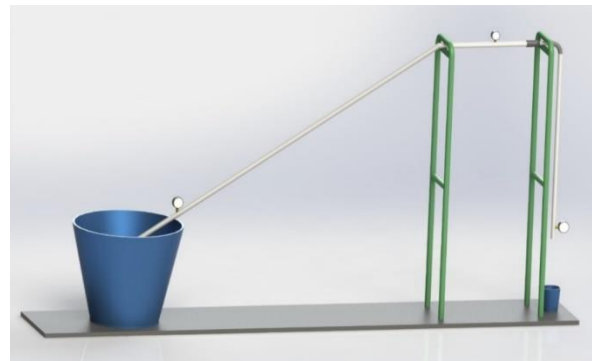
B. Alat Penunjang :

- 1) Mesin las
- 2) Gerinda
- 3) waterpas
- 4) Meter rol
- 5) Manometer
- 6) Siku
- 7) Kunci pipa
- 8) Palu

#### *Instalasi Pada Alat Penghisap Air Sistem Vakum*

Proses instalasi pada alat penghisap air sistem vakum ini adalah menggunakan model perakitan/perancangan yang berupa dalam bentuk prototype. Pembuatan prototype percobaan ini mengacu pada pengaruh tekanan pada ruang vakum terhadap daya angkat air, dimana ketika stop kran pipa keluar dibuka maka pada saat itulah air akan terangkat naik akibat adanya perbedaan dan penurunan tekanan serta kevakuman pada alat penghisap air sistem vakum yang dirancang. Sehingga nantinya akan di ketahui pengaruh tekanan pada sistem dengan variasi diameter dan panjang pipa isap yang telah ditentukan terhadap debit aliran air yang keluar pada pipa output.

#### *Desain Alat*



Gambar 2 Desain perancangan alat penghisap air sistem ruang vakum

#### *Percobaan*

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) variasi sudut kemiringan diameter pada pipa isap ( 30°, 45°, 60° ), 2 (dua) variasi diameter pipa masuk ( 2 dim, dan 2 1/2 dim) serta 3 (tiga) variasi diameter pembeding. Adapun

langkah-langkah percobaan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mempersiapkan dan memastikan semua komponen siap untuk dicoba dan tanpa ada kebocoran.
2. Mempersiapkan alat ukur seperti *stopwatch* dan manometer.
3. Mengisi pipa atas (P2) ruang vakum dengan air hingga penuh sampai pipa isap dan pipa keluar terisi penuh dengan air.
4. Buka stop kran secara bersamaan pada pipa isap dan pipa keluar sampai aliran konstan. Kemudian ambil debit air menggunakan *stopwatch* dalam hitungan 2 detik, selanjutnya hitung berapa liter/detik debit air yang keluar bersamaan dengan tekanan yang terjadi pada manometer.

*Variabel pengujian:*

Sudut kemiringan pipa isap :30°, 45°, 60°

Diameter pipa isap :2 dim, 2 1/2 dim

Diamater pipa pembanding (Keluar) :1 1/4 dim, 1 1/2 dim, dan 2 dim

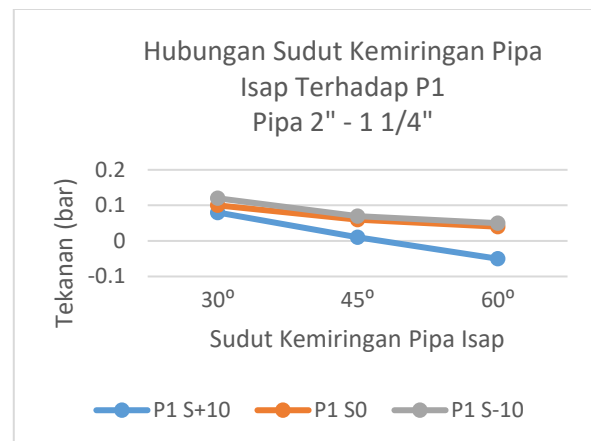
Ketinggian pipa keluar : S+10 = 3,6 m, S0 = 3,5 m, S-10 = 3,4 m

## ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

*Analisa Sudut Kemiringan Terhadap Tekanan*

Data Pengujian Tekanan Air pada pipa 2 dim - 1 1/4 dim						
SUDUT	INPUT (DIM)	OUTPUT (DIM)	KETINGGIAN (CM)	TEKANAN (BAR)	DEBIT (L/S)	
30°	2"	1 1/4 "	S+10	P1	0,08	0
				P2	-0,3	
				P3	0	
30°	2"	1 1/4 "	S0	P1	0,1	0
				P2	-0,3	
				P3	0	
30°	2"	1 1/4 "	S-10	P1	0,12	0
				P2	-0,3	
				P3	0	
45°	2"	1 1/4 "	S+10	P1	0	0,8
				P2	-0,3	
				P3	0,1	
45°	2"	1 1/4 "	S0	P1	0,06	0

45°	2"	1 1/4 "	S-10	P2	-0,3	0
				P3	0	
				P1	0,07	
60°	2"	1 1/4 "	S+10	P2	-0,25	0,9
				P3	0	
				P1	0,05	
60°	2"	1 1/4 "	S0	P2	-0,35	0
				P3	0	
				P1	0,04	
60°	2"	1 1/4 "	S-10	P2	-0,3	0
				P3	0	
				P1	0,05	

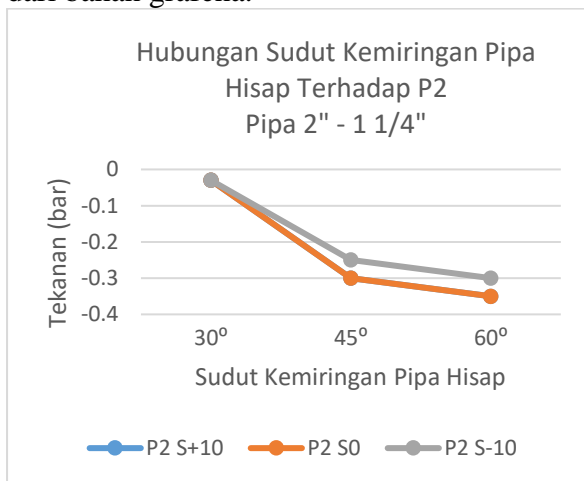


Gambar 3 Grafik data perbandingan hubungan sudut kemiringan pipa isap 2 dim - 1 1/4 dim terhadap tekanan (P1)

Dari Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian menunjukkan hasil data pengujian perbandingan antara sudut kemiringan pipa isap di sumbu X dan tekanan pipa isap (P1) di sumbu Y. Dari grafik hasil pengujian diatas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada pipa isap (P1). Hal ini disebabkan karena semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil usaha (semakin mudah) air untuk terisap namun semakin besar koefisien gesek yang terjadi. Sehingga kecepatan aliran

meningkat disertai dengan penurunan tekanan pada pipa isap (P1). Jika dilihat dari hasil pengujian lapangan pada sudut 30°, 45°, di posisi S0 dan S-10 tekanan yang terjadi pada manometer adalah di atas nol dikarenakan tekanan P2 (ruang vakum) kehilangan tingkat kevakuman akibat dari sudut kemiringan yang kecil dan beda ketinggian sehingga udara masuk pada pipa keluar. Hal inilah yang mengakibatkan air pada pipa keluar tidak bisa terisap/terangkat naik dan akhirnya keluar sehingga adanya peningkatan tekanan di atas nol. Sedangkan pada ketinggian pipa keluar S+10 sudut kemiringan 60° semakin besar sudut maka semakin menurun tekanan yang terjadi. Hal ini juga disebabkan energi potensial pada pipa keluar lebih besar dari pada pipa masuk. Sehingga membuat air terisap dan aliran kontinyu (tekanan P1 dibawah nol).

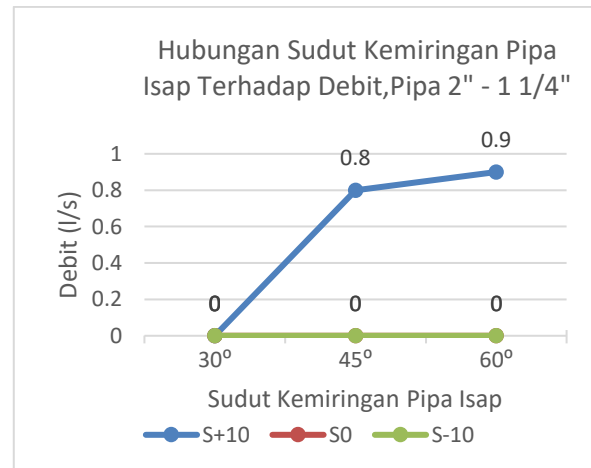
Pengujian yang dilakukan yaitu uji SEM, XRD, dan BET. Uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi serbuk grafena dalam perbesaran yang tinggi. Uji XRD dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur apa saja yang terdapat pada grafena. Sedangkan uji BET mengukur luas permukaan aktif dari serbuk grafena, sehingga nantinya dapat dilakukan pengujian sensitivitas sensor gas dari bahan grafena.



Gambar 4 Grafik data perbandingan hubungan sudut kemiringan pipa isap 2 dim – 1 1/4 dim terhadap tekanan ruang vakum (P2)

Dari Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian menunjukkan hasil data pengujian

perbandingan antara sudut kemiringan pipa isap di sumbu X dan tekanan ruang vakum (P2) di sumbu Y. Dari grafik hasil pengujian diatas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada ruang vakum (P2). Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain dikarenakan ketika sudut kemiringan 60° (semakin besar) maka secara tidak langsung gaya untuk mengangkat air lebih kecil. Kemudian aliran isap air pada ruang vakum (P2) semakin cepat ditandai dari koefisien gesek yang besar. Sehingga berdampak pada penurunan tekanan pada P2. Hal ini sesuai dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut.

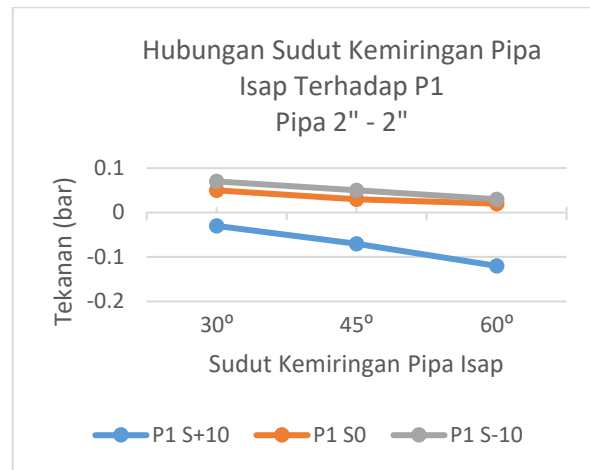


Gambar 5 data perbandingan sudut kemiringan pipa isap terhadap debit pada pipa 2 dim – 1 1/4 dim

Dari gambar 4.3 Grafik hasil pengujian menunjukkan hasil data pengujian perbandingan antara sudut kemiringan pipa isap terhadap debit. Dari grafik hasil pengujian di atas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin besar debit yang terjadi. Hal ini dikarenakan semakin besar sudut kemiringan (60°) maka semakin kecil usaha (mudah) ruang vakum untuk mengisap air yang secara teori sejalan dengan konsep pesawat sederhana. Sedangkan koefisien gesek semakin besar. Namun jika dilihat dari hasil grafik pengujian diatas kenaikan debit hanya terjadi pada ketinggian pipa keluar S+10 atau

dibawah permukaan air pada pipa isap. Hal ini dikarenakan energi potensial (ketinggian) dari pipa keluar lebih besar daripada pipa masuk. Sedangkan untuk debit yang terjadi pada ketinggian pipa keluar S0 dan S-10 adalah nol atau air tidak keluar disebabkan karena energi potensial pada pipa masuk lebih besar.

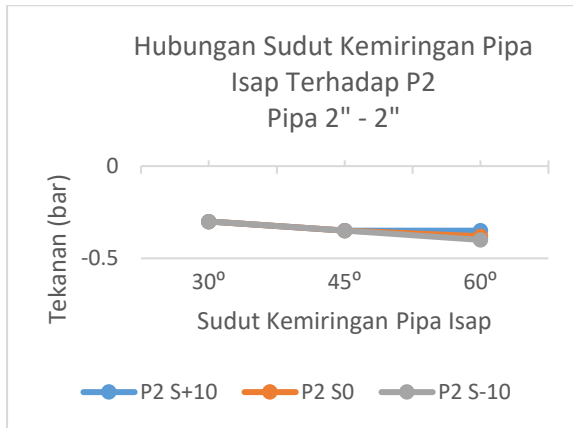
Data Pengujian Tekanan Air pada pipa 2 dim – 2 dim						
SUDUT	INPUT (DIM)	OUTPUT (DIM)	DEBIT (L/S)	KETINGGIAN (M)	TEKANAN (BAR)	
30°	2"	2"	1.5	10	P1	-0.03
					P2	-0.3
					P3	0.05
30°	2"	2"	0	0	P1	0.05
					P2	-0.3
					P3	0
30°	2"	2"	0	-10	P1	0.07
					P2	-0.3
					P3	0
45°	2"	2"	1.6	10	P1	-0.07
					P2	0.35
					P3	0.05
45°	2"	2"	0	0	P1	0.03
					P2	-0.35
					P3	0
45°	2"	2"	0	-10	P1	0.05
					P2	-0.35
					P3	0
60°	2"	2"	1.8	10	P1	-0.12
					P2	0.35
					P3	0.06
60°	2"	2"	0	0	P1	0.02
					P2	-0.38
					P3	0
60°	2"	2"	0	-10	P1	0.02
					P2	-0.4
					P3	0



Gambar 6 Grafik data perbandingan hubungan sudut kemiringan pipa isap 2 dim – 2 dim terhadap tekanan P1

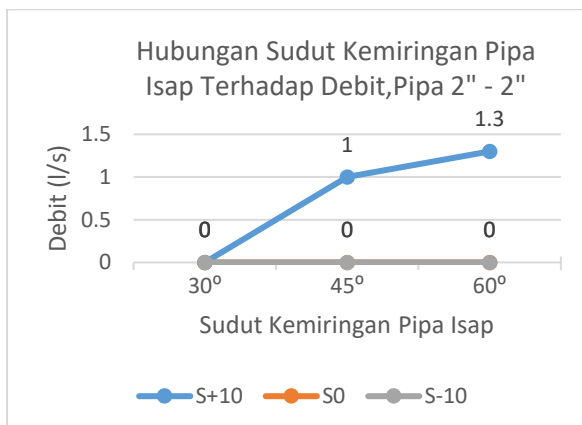
Dari Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian menunjukkan hasil data pengujian perbandingan antara sudut kemiringan pipa isap di sumbu X dan tekanan pipa isap (P1) di sumbu Y. Dari grafik hasil pengujian diatas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada pipa isap (P1). Hal ini disebabkan karena semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil usaha (semakin mudah) air untuk terisap namun semakin besar koefisien gesek yang terjadi. Sehingga kecepatan aliran meningkat disertai dengan penurunan tekanan pada pipa isap (P1). Jika dilihat dari hasil pengujian lapangan pada sudut 30°, 45°, di posisi S0 dan S-10 tekanan yang terjadi pada manometer adalah di atas nol dikarenakan tekanan P2 (ruang vakum) kehilangan tingkat kevakuman akibat dari sudut kemiringan yang kecil dan beda ketinggian sehingga udara masuk pada pipa keluar. Hal inilah yang mengakibatkan air pada pipa keluar tidak bisa terisap/terangkat naik dan akhirnya keluar sehingga adanya peningkatan tekanan di atas nol. Sedangkan pada ketinggian pipa keluar S+10 sudut kemiringan 60° semakin besar sudut maka semakin menurun tekanan yang terjadi. Hal ini juga disebabkan energi potensial pada pipa keluar lebih besar dari pada pipa masuk. Sehingga membuat air terisap dan aliran kontinu (tekanan P1 dibawah nol).





Gambar 7 Grafik data perbandingan hubungan sudut kemiringan pipa isap 2 dim – 2 dim terhadap tekanan ruang vakum (P2)

Dari Gambar 4.14 Dari grafik hasil pengujian diatas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada ruang vakum (P2). Hal ini dipengaruhi dikarenakan ketika sudut kemiringan 60° (semakin besar) maka secara tidak langsung gaya untuk mengangkat air lebih kecil. Kemudian aliran isap air pada ruang vakum (P2) semakin cepat ditandai dari koefisien gesek yang besar. Sehingga berdampak pada penurunan tekanan pada P2. Hal ini sesuai dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut. Untuk grafik P2 S+10 pada sudut 60° ada ketidaksinkronan hasil penurunan tekanan pada ruang vakum (P2) di lapangan. Besar kemungkinan hal ini terjadi akibat adanya kebocoran pada ruang vakum (P2) pada saat proses penyambungan pipa. Sehingga membuat tekanan pada ruang vakum (P2) tidak optimal.

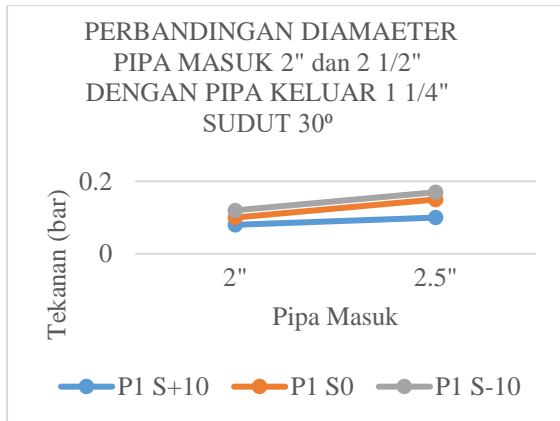


Gambar 8 data perbandingan sudut kemiringan pipa isap terhadap debit pada pipa 2 dim – 2 dim

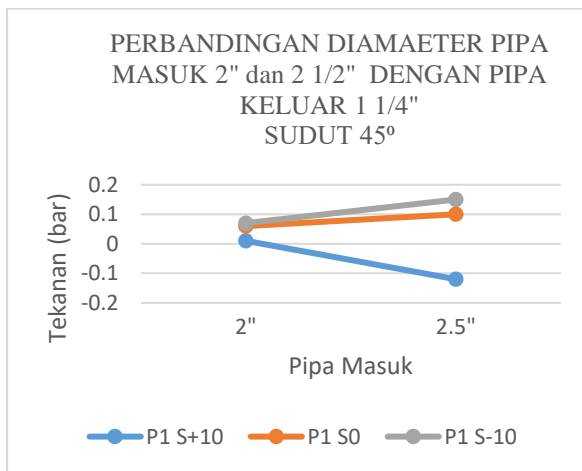
Dari gambar 4.15 Grafik hasil pengujian menunjukkan hasil data pengujian perbandingan antara sudut kemiringan pipa isap terhadap debit. Dari grafik hasil pengujian di atas menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin besar debit yang terjadi. Hal ini dikarenakan semakin besar sudut kemiringan (60°) maka semakin kecil usaha (mudah) ruang vakum untuk mengisap air yang secara teori sejalan dengan konsep pesawat sederhana. Sedangkan koefisien gesek semakin besar. Namun jika dilihat dari hasil grafik pengujian diatas kenaikan debit hanya terjadi pada ketinggian pipa keluar S+10 atau dibawah permukaan air pada pipa isap. Hal ini dikarenakan energi potensial (ketinggian) dari pipa keluar lebih besar daripada pipa masuk. Sedangkan untuk debit yang terjadi pada ketinggian pipa keluar S0 dan S-10 adalah nol atau air tidak keluar disebabkan karena energi potensial pada pipa masuk lebih besar.

#### Analisa Pengaruh Diameter Pipa Isap Terhadap Tekanan

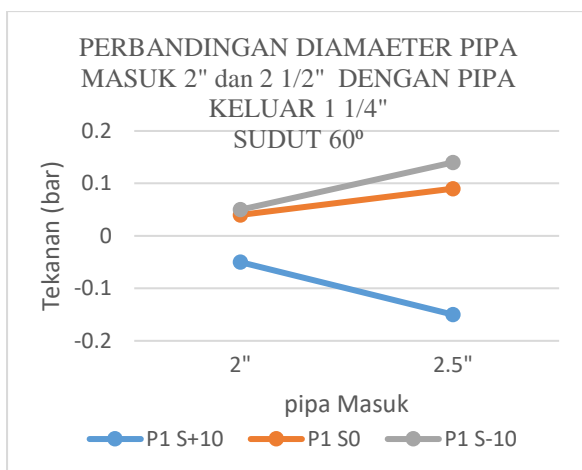
SUDUT	INPUT (DIM)	KETINGGIAN (M)	TEKANAN		
			P1	P2	
30°	2"	S+10	0.08	-0.3	
		S0	0.1	-0.3	
		S-10	0.12	-0.3	
	2 1/2"	S+10	0.1	-0.3	
		S0	0.15	-0.3	
		S-10	0.17	-0.25	
	45°	2"	S+10	0.01	-0.3
			S0	0.06	-0.3
			S-10	0.07	0.25
2 1/2"		S+10	-0.12	-0.3	
		S0	0.1	-0.3	
		S-10	0.15	0.25	
60°		2"	S+10	-0.05	-0.35
			S0	0.04	-0.35
			S-10	0.05	-0.3
	2 1/2"	S+10	-0.15	-0.3	
		S0	0.09	-0.3	
		S-10	0.14	-0.27	



Gambar 9 data perbandingan diameter pipa masuk 2 dim dan 2 1/2 dim sudut 30° terhadap tekanan pada P1



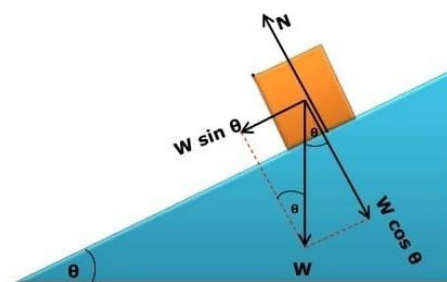
Gambar 10 data perbandingan diameter pipa masuk 2 dim dan 2 1/2 D dim sudut 45° terhadap tekanan pada P1



Gambar 11 data perbandingan diameter pipa masuk 2 dim dan 2 1/2 dim sudut 60° terhadap tekanan pada P1

Dari gambar 4.16, 4.17, 4.18 grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan perbedaan tekanan diameter pipa masuk 2 dim, 2 1/2 dim dengan pipa keluar 1 1/4 dim terhadap tekanan di pipa isap (P1). Berdasarkan data grafik hasil percobaan diatas semakin besar diameter pipa isap maka semakin besar tekanan. Dengan kata lain air tidak mampu terisap naik dan pada akhirnya berbalik keluar. Hal ini dikarenakan pada diameter yang besar di ketinggian pipa isap S0 dan S-10 tidak adanya keseimbangan tekanan yang membuat udara luar lebih cepat masuk melalui pipa keluar. Sehingga tekanan pada ruang vakum (P2) tidak mampu mempertahankan kevakumannya untuk mengisap air. Dengan demikian air keluar melalui pipa isap dan tekanan pada pipa (P1) semakin besar, sejalan dengan besarnya diameter pipa isap tersebut. Ketika air balik keluar dari pipa isap tekanan fluida semakin besar. Hal ini sejalan dengan kombinasi hukum Bernoulli dan efek venturi. Namun hal ini tidak berlaku pada ketinggian pipa keluar di S+10 di sudut 45° dan 60° (pipa keluar dibawah permukaan air pipa masuk). Sebab semakin besar sudut kemiringan (45° dan 60°) maka semakin mudah usaha untuk mengisap air diikuti kenaikan koefisien geseknya semakain besar. Sehingga kecepatan aliran pun semkain tinggi yang membuat penurunan tekanan pada ruang vakum. Hal ini sama dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut.

### Perhitungan Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Daya Angkat Air pada Sistem Kevakuman



Diketahui :



$$\theta_1 = 30,$$

$$\theta_2 = 45,$$

$$\theta_3 = 60$$

$$a = 0$$

$$\sum F_x = ma$$

$$W \sin \theta - F = m(0)$$

$$m \times g \sin \theta - \mu_k \times N = 0$$

$$m \times g \sin \theta - \mu_k \times m \times g \cos \theta = 0$$

$$\mu_k \times m \times g \cos \theta = m \times g \sin \theta$$

$$\mu_k \cos \theta = \sin \theta$$

$$\mu_k = \sin \theta / \cos \theta$$

$$\mu_k = \tan \theta$$

$$\mu_k = \tan \theta_1 = \tan 30 = 0,57$$

$$\mu_k = \tan \theta_2 = \tan 45 = 1$$

$$\mu_k = \tan \theta_3 = \tan 60 = 1,7$$

**Perhitungan untuk mencari usaha yang dibutuhkan untuk mengangkat air dari permukaan rendah ke permukaan tinggi**

Diketahui :

$$\theta_1 = 30, \theta_2 = 45, \theta_3 = 60$$

$$\mu_1 = 0,57, \mu_2 = 1, \mu_3 = 1,7$$

S = panjang pipa masuk

pada sudut 30.  $S_1 = 4,1\text{m}$

pada sudut 45.  $S_2 = 5,1\text{m}$

pada sudut 30.  $S_3 = 7,2\text{m}$

Jawab:

$$\begin{aligned} F_1 &= W \cos \theta_1 + \mu_1 S_1 \\ &= 997 \times 9,8 \cos 30 \\ &\quad + 0,57 \times 4,1 = 8464 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= W \cos \theta_2 + \mu_2 S_2 \\ &= 997 \times 9,8 \cos 45 + 1 \times 5,1 \\ &= 6702,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_3 &= W \cos \theta_3 + \mu_3 S_3 \\ &= 997 \times 9,8 \cos 60 \\ &\quad + 1,7 \times 7,2 = 4897,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh dari sudut kemiringan memberikan dampak pada lebih mudahnya usaha untuk mengisap air dari pipa masuk (isap). Dimana pada perhitungan didapatkan nilai dari tiap sudut kemiringan 30° adalah 8464 N, sudut kemiringan 45° adalah 6702,5 N, dan sudut kemiringan 60° adalah 4897,5 N. Maka dari perhitungan ini sejalan dengan hasil data percobaan yang ada dimana dengan sudut 60° rata-rata air akan keluar terisap pada pipa keluar namun hal ini saling berhubungan dengan ketinggian pipa keluar. Sebab semakin panjang pipa keluar maka semakin besar energi potensialnya untuk mengisap air.

**Perhitungan untuk mencari tekanan pada pipa masuk P1 dan tekanan ruang vakum P2 menggunakan data *real* secara *random*.**

$$D_1 = D_2 = 2 \text{ dim} = 0,0508 \text{ m}$$

$$D_3 = 1 \frac{1}{4} \text{ dim} = 0,03175 \text{ m}$$

$$F_{60^\circ} = 4.897,5 \text{ N}$$

$$P_2 = 65,000 \text{ pa}$$

$$h = 3,6 \text{ m}$$

$$V_2 = \sqrt{2 \times g \times h} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 3,6} = 8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_1 = \frac{V_2 \times A_2}{A_1} = \frac{8,4 \times 0,0508}{0,0508} = 8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 + F$$

$$= P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2$$

$$\begin{aligned} P_1 + 0,5 \times 997 \times 8,4^2 + 997 \times 9,8 \times 0 + \\ 4.897,5 = 65,000 + 0,5 \times 997 \times 8,4^2 + \\ 997 \times 9,8 \times 3,6 \end{aligned}$$

$$P_1 + 40.071,6 = 135,348$$

$$P_1 = 95.275,7 \text{ Pa}$$

$$P_1 = -0,06 \text{ bar}$$

$$P_1 \text{ real} = -0,05 \text{ bar}$$

**Perhitungan Diameter pipa masuk 2 dim dan diameter pipa keluar 1 1/2 dim menggunakan data *real***

$$F_{30^\circ} = 8,464 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
D1 = D2 = 2 \text{ dim} &= 0,0508 \text{ m} \\
D3 &= 1 \frac{1}{2} \text{ dim} = 0,0381 \text{ m} \\
P3 (30^\circ) &= 101325 \text{ Pa} \\
h &= 3,5 \text{ m} \\
V3 &= \sqrt{2 \times g \times h} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 3,5} = 8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
V2 &= \frac{V3 \times A3}{A2} = \frac{8,4 \times 0,0381}{0,0508} = \\
&6,16 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
P2 + \frac{1}{2} \rho V2^2 + \rho g h2 + F & \\
&= P3 + \frac{1}{2} \rho V3^2 + \rho g h3 \\
P2 + 0,5 \times 997 \times 6,15^2 + 997 \times 9,8 \times 3,5 + & \\
8,464 &= 101325 + 0,5 \times 997 \times 8,4^2 + \\
997 \times 9,8 \times 0 & \\
P2 + 61,515 &= 168,363 \\
P2 &= 106,848 \text{ Pa} \\
P2 &= -0,07 \text{ bar} \\
P2_{real} &= -0,03 \text{ bar}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas untuk mencari tekanan pada pipa masuk (P1) dan ruang vakum (P2) dengan menggunakan data *real* dan variasi yang *random* ditemukan selisih perbedaan yang bervariasi antara data *real* dan perhitungan. Hal ini dikarenakan pengaruh dari kinerja manometer yang di posisi ruang vakum (P2) tidak dapat bekerja maksimal akibat dari kebocoran pada sistem ini. Sehingga membuat adanya selisih perbedaan nilai antara data *real* dan perhitungan pada tekanan pipa masuk (P1) dan ruang vakum (P2) yang saling berhubungan satu sama lain.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan pada penelitian eksperimen yang telah dilakukan terkait pengaruh sudut kemiringan dan diameter pipa isap terhadap daya angkat air disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan yang terjadi pada pipa isap (P1). Hal ini disebabkan karena semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil usaha (semakin

mudah) air untuk terisap namun semakin besar koefisien gesek yang terjadi. Sehingga kecepatan aliran meningkat disertai dengan penurunan tekanan pada pipa isap (P1). Dimana pada perhitungan didapatkan nilai dari tiap sudut kemiringan 30° adalah 8464 N, sudut kemiringan 45° adalah 6702,5 N, dan sudut kemiringan 60° adalah 4897,5 N. Maka dari perhitungan ini sejalan dengan hasil data percobaan yang ada dimana dengan sudut 60° rata-rata air akan keluar terisap pada pipa keluar namun hal ini saling berhubungan dengan ketinggian pipa keluar. Sebab semakin panjang pipa keluar maka semakin besar energi potensialnya untuk mengisap air.

2. Dari hasil pengujian menunjukkan semakin besar sudut kemiringan pada pipa isap maka semakin kecil/turun tekanan (optimal) yang terjadi pada ruang vakum (P2). Hal ini dikarenakan ketika sudut kemiringan 60° (semakin besar) maka secara tidak langsung gaya untuk mengangkat air lebih kecil. Kemudian aliran isap air pada ruang vakum (P2) semakin cepat akibat dari koefisien gesek yang besar. Sehingga berdampak pada penurunan tekanan pada P2. Hal ini sesuai dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut. Untuk grafik P2 S0, dan S-10 (ketinggian pipa keluar sejajar dan diatas permukaan air pipa isap) ada ketidaksinkronan hasil penurunan tekanan pada ruang vakum (P2) di lapangan. Besar kemungkinan hal ini terjadi akibat adanya kebocoran yang membuat udara masuk pada ruang vakum (P2) pada saat proses penyambungan pipa. Sehingga membuat tekanan pada ruang vakum (P2) tidak optimal.

3. Sudut kemiringan mempengaruhi daya angkat air dimana semakin besar sudut kemiringan maka semakin kecil usaha yang dibutuhkan dalam pengangkatan air.

4. Semakin besar diameter pipa masuk dan kenaikan sudut kemiringan maka semakin turun tekanan (optimal) pada ruang vakum (P2). Hal ini dikarenakan usaha yang dibutuhkan untuk mengisap air lebih mudah. Sehingga laju aliran pada pipa masuk lebih cepat dan tekanan pada ruang vakum semakin

menurun (P2). Hal ini sama dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut.

5. Semakin besar diameter pipa masuk dan kenaikan sudut kemiringan pipa isap maka semakin mudah usaha untuk mengisap air diikuti kenaikan koefisien geseknya semakin besar. Sehingga kecepatan aliran pun semakin tinggi yang membuat penurunan tekanan pada ruang vakum. Hal ini sama dengan hukum Bernoulli dimana semakin cepat aliran fluida maka menyebabkan penurunan tekanan fluida tersebut. Namun hal ini tidak berlaku di ketinggian pipa isap S0 dan S-10 sebab tidak adanya keseimbangan tekanan yang membuat udara luar lebih cepat masuk melalui pipa keluar. Sehingga tekanan pada ruang vakum (P2) tidak mampu mempertahankan kevakumannya untuk mengisap air. Dengan demikian air keluar melalui pipa isap dan tekanan pada pipa (P1) semakin besar, sejalan dengan besarnya diameter pipa isap tersebut.

6. Pada alat eksperimen adanya hubungan kesinambungan pada tiap bagian baik itu besar diameter pipa masuk dan keluar, ketinggian pipa masuk dan keluar, sambungan dan belokan pipa yang berdampak pada gesekan air dengan dinding pipa.

#### Saran

Disarankan agar pada saat melakukan instalasi pada alat eksperimen supaya benar-benar memastikan semua tidak ada kebocoran sedikitpun terutama pada sambungan pipa. Karena jika ada kebocoran sedikit saja maka kevakuman pada alat tidak bisa optimal untuk mengisap air. Kemudian disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk memastikan semua kesiapan baik dari bahan dan alat-alat supaya dapat bekerja sebagaimana mestinya. Serta perlu adanya modifikasi pada alat eksperimen untuk merancang sistem pengisap air yang free energy seperti yang diharapkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Darsono, Suprpto, & Saptaji, R. (2003). *Analisa dan Pengujian Komponen Tabung Sistem Vakum Mesin Berkas*

*Elektron* 350 ke V/10 mA. 5(1411-1349).

Ikbal, & Subali, D. (2020, April). Pengaruh Tanki Vakum Terhadap Perpindahan Fluida Air. *Jurnal Rekaya Mesin*, 15, 75-81.

Mado, R., Fransiskus, S., & Abanat, J. D. (n.d.). Rancang Bangun Pompa Vakum Hemat Energi. *Jurnal Teknik Mesin*.

SEKRETARIAT JENDRAL DEWAN ENERGI NASIONAL. (2019). *OUTLOK ENERGI INDONESIA 2019*. In Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, & N. I. Pratiwi. Jakarta: DEN.

Setyanto, A. E. (n.d.). Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen dalam Kajian Komunikasi. *Ilmu Komunikasi*, III, 43-44.

Suprpto, & Widodo, S. (2017). *Pengenalan Teknologi Vakum*. (P. D. Dr. Pramudita Anggraita, Ed.) Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Takwim, R. A., & Witono, K. (2018, Juli). Analisis Unjuk Kerja Venturi Vakum Dengan Variasi Dimensi dan Viskositas Fluida. *19*(1), 55-68.

Vandyhantoro, K. (2016). *Distribusi Tekanan Fluida Campuran Solar dan Air Pada Impeler Pompa Sentrifugal*. Universitas Negeri Semarang, Jurusan Teknik Mesin, Semarang.

Wahyudi, N. (2007). Pengaruh Kapasitas Drum (Tabung) Vakum dan Tinggi Pipa Pengeluaran Terhadap Kontinuitas Aliran Pada Pompa Vakum. *Mechanical Engineering*.

Wardawani. (2017). *Pengaruh Volume Tabung dan Debit Air Masukan Terhadap Efisiensi Pompa Hydram*. UIN Alauddin Makasar, Fakultas Sains dan Teknologi, Makasar.