

ANALISA PENGGUNAAN KOMPRESSOR ANGIN BERTEKANAN 6 KG/CM² PADA TURBIN MINI

Istianto Budhi Rahardja

Abstrak

Turbin mini merupakan prototype dari mesin pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan tegangan dan daya listrik. Sumber pendorong yang dipergunakan adalah udara bertekanan kerja 6 kg/cm² dari mesin compressor untuk menggerakkan sudu/impeller turbin mini, dengan jumlah 12 sudu/impler yang terpasang pada rotor. Pergerakan rotor yang didorong oleh udara bertekanan dihubungkan dengan pulley dan v belt dengan perbandingan 1 : 1 terhadap generator (dynamo) dengan tegangan maksimal 12 volt dan daya 6 watt.

Percobaan dilakukan dengan mengubah-ubah tekanan keluar dari nozzle (0,2 kg/cm², 0,4 kg/cm², 0,6 kg/cm², 0,8 kg/cm², 1,0 kg/cm², 1,2 kg/cm², 1,4 kg/cm², 1,6 kg/cm², 1,7 kg/cm²) dan lubang keluaran nozzle (2 mm, 4 mm, 6 mm, sampai 8 mm).

Semakin tingginya perputaran turbin dan udara bertekanan yang mendorong rotor turbin, maka akan semakin besar pula putaran yang akan menghasilkan tegangan listrik dari generator (dynamo), serta semakin tinggi pula daya yang dihasilkan.

Kata kunci : turbin, sudu/impeller, udara bertekanan, tegangan listrik.

PENDAHULUAN

Pada saat ini, di seluruh penjuru dunia sedang melakukan pembaharuan terhadap energy, dimulai dari energy yang bersifat berparmanen/tetap maupun yang bersifat tidak permanen/tidak tetap. Energy yang bersifat tetap akan ada secara terus menerus, sedangkan energy yang tidak permanen akan semakin lama menipis dan habis. Beberapa Negara selalu mencari tempat, metode, dan proses untuk mencari energy yang baru untuk memakmurkan masyarakat banyak.

Energy merupakan sesuatu bentuk yang dapat dimanfaatkan ke dalam bentuk lain, namun tidak dapat dimusnakan. Pemanfaatan energy dipergunakan untuk mensejahterakan dan menjalankan kehidupan masyarakat, yang sudah diketahui bahwa seluruh rangkaian kehidupan manusia tidak terlepas dari peralatan/benda yang

membutuhkan energy untuk memproses/menjalankannya.

Energy yang telah dimanfaatkan untuk keperluan dan kebutuhan masyarakat adalah energy panas, energy air/hidro, energy angin, dan lain-lain. Negara diseluruh penjuru dunia memanfaatkan energy tersebut sebagai pembangkit tenaga listrik, penelitian dan pengembangan energy. Energy listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air, udara, panas bumi, uap, dan nuklir merupakan aplikasi dan pengembangan energy, kemudian dipergunakan untuk penerangan, penggerak alat-alat elektronik, penggerak alat-alat rumah tangga dan sebagainya.

Secara sederhana untuk membentuk energy listrik adalah memotong garis-garis gaya listrik dari magnet yang mempunyai kutub utara dan kutub selatan. Metode untuk memotong garis-garis gaya listrik tersebut adalah dengan putaran dari rotor yang memiliki lilitan kawat

yang telah terpasang. Putaran rotor tersebut dapat diperoleh dari hasil pendorongan sudu/impeller dengan memanfaatkan udara bertekanan, uap panas bertekanan, nuklir, maupun air. Dengan melakukan pemotongan garis-garis gaya magnet tersebut secara berulang-ulang, maka dihasilkan energy yang sangat besar dan meningkat.

Sebuah pembangkit listrik secara umum terdiri dari turbin penggerak rotor yang dipasangkan generator sebagai penghasil listrik, konstruksi, dan energy penggerak turbin. Dalam perancangan turbin mini dipergunakan sudu/impeller, batang rotor, pulley, dan dynamo penghasil listrik (tegangan listrik).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengetahui tegangan yang terjadi dari perputaran rotor turbin mini, dan Mengetahui tekanan yang ditimbulkan dari nozzle, sebagai penyearah dan penggerak sudu/impeller turbin mini.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2011, bertempat di Workshop Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi, Bekasi.

Alat Dan Bahan

Alat yang dipergunakan untuk melakukan proses pengujian turbin mini, yaitu:

- Kontruksi turbin mini, yang terbuat dari besi siku 2,5 cm x 2,5 cm x 2,5 mm, sebagai tempat dudukan rotor turbin, dudukan generator (dynamo), tempat display tegangan, ampere, dan frekuensi.

- Seperangkat rotor, terdiri dari rumah rotor, batang penggerak, dan sudu/impeller penggerak turbin mini.
- Sepasang pulley dan v belt dari rotor menuju ke generator (dynamo).
- Seperangkat generator (dynamo) dengan tegangan berkapasitas 12 volt dan daya 6 watt.

Sedangkan Bahan yang dipergunakan untuk menggerakkan rotor turbin mini adalah udara bertekanan yang berasal dari mesin compressor dengan kapasitas kerja secara otomatis sebesar 6 kg/cm².

Skema Alat

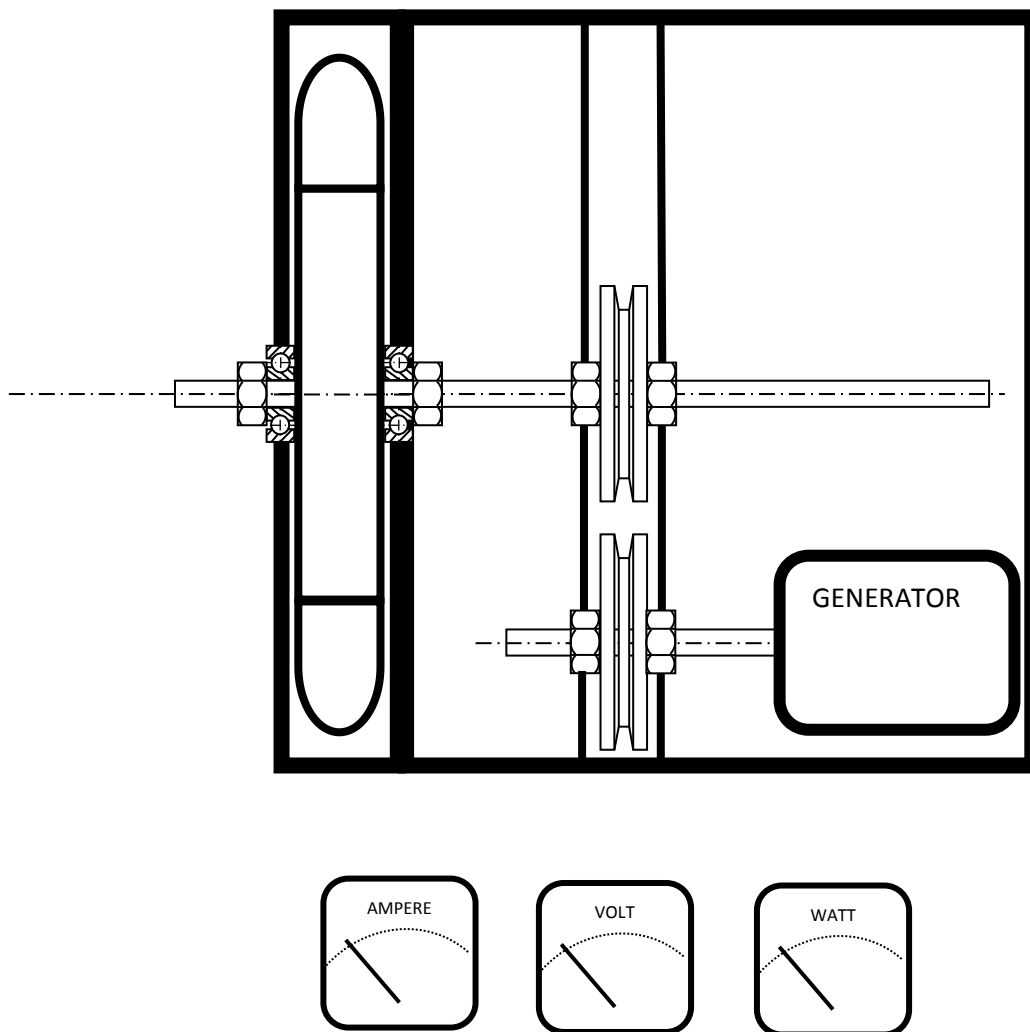
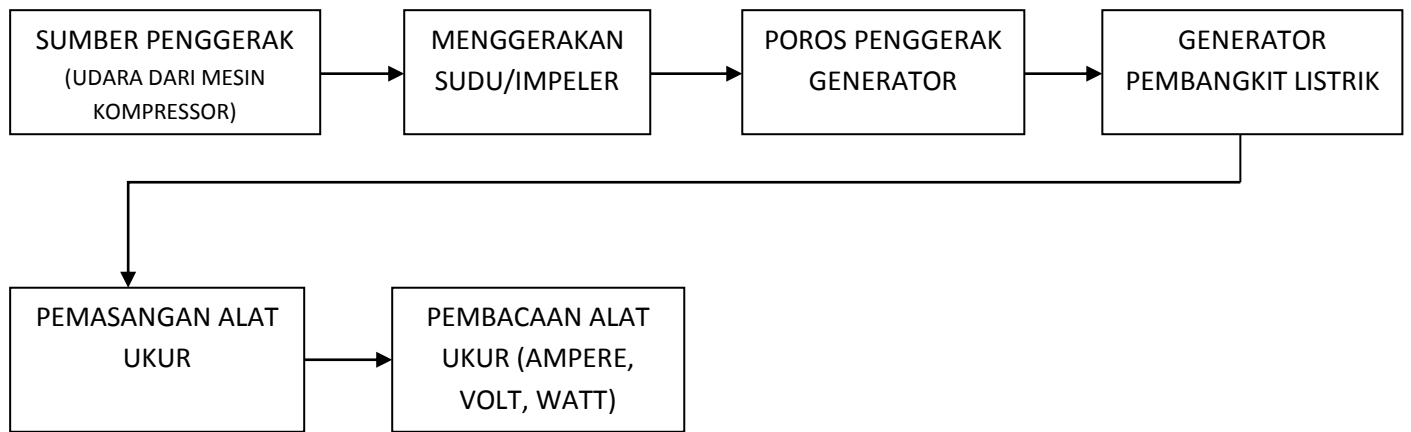
Dalam proses pengujian turbin mini, dapat dilihat pada skema (**Gambar 1**).

Tahapan Pengujian

Proses pengujian dari turbin mini adalah sebagai berikut:

A. Mempersiapkan peralatan turbin mini.

- Posisikan rotor berada dalam konstruksi yang telah dibuat
- Aturlah kesejajaran batang penggerak rotor (sudu/impeller) antara bantalan yang satu dengan bantalan yang lain.
- Posisikan kesejajaran pulley penggerak rotor dan pulley penggerak generator (dynamo).
- Pastikan posisi v belt dari rotor dan generator tidak terlalu kendur maupun terlalu kencang.
- Kencangkan mur dan baur dari generator (dynamo).
- Pasang nozzle menyearah sumber penggerak pada dudukan, dan pastikan posisi nozzle kencang pada tempatnya.



Gambar 1. Skema Alat Pengujian Turbin Mini

- Pasangkan multimeter pada ujung dari generator sebagai alat ukur tegangan (volt).
- B. Mempersiapkan Sumber penggerak (udara dari mesin compressor)
 - Pasangkan selang penghubung antara nozzle dan tabung compressor.

- Ikat secara kuat dan tidak ada kebocoran antara nozzle dan tabung compressor.
 - Menyalakan mesin compressor .
 - Tunggulah mesin compressor bekerja mengisi udara di dalam tabung kompressor, sehingga mempunyai tekanan udara di dalam tabung.
 - Setelah udara di dalam tabung mempunyai tekanan, maka mulai melakukan pengujian turbin mini.
- C. Melakukan pengujian turbin mini.
- Pastikan semua kondisi peralatan turbin mini bekerja dengan baik, alat ukur multitester bekerja dengan baik, dan sumber udara bertekanan dari mesin compressor bekerja dengan baik.
 - Aturlah pembukaan valve untuk mengeluarkan udara bertekanan dari 0,2 kg/cm², 0,4 kg/cm², 0,6 kg/cm², 0,8 kg/cm², 1,0 kg/cm², 1,2 kg/cm², 1,4 kg/cm², 1,6 kg/cm², sampai dengan 1,7 kg/cm².
 - Untuk awal pergunakan diameter nozzle untuk keluaran udara sebesar 2 mm, 4 mm, 6 mm, sampai 8 mm.
 - Lakukanlah pengujian pembukaan antara 0,2 kg/cm² sampai dengan 1,7 kg/cm², dengan melakukan 3 x percobaan pada posisi nozzle yang berbeda pula.
 - Amatilah pergerakan sudu/impeller dari rotor
 - Amatilah tegangan yang terjadi dari perputaran rotor dan catat hasilnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin mini dirancang secara minimalis dengan dimensi konstruksi adalah 600 mm x 500 mm x 250 mm. Adapun data-data pendukung pada turbin mini adalah sebagai berikut:

- Diameter tempat sudu (turbin): Ø130 mm
- Panjang sudu/impeller : 30 mm
- Batang penghubung sudu/impeller dengan pulley : Ø 10 mm x 300 mm
- Diameter pulley penggerak rotor dan pulley generator (dynamo): Ø25,4mm
- Generator (dynamo): 12 volt dan 6 watt

Turbin mini merupakan salah satu pembangkit untuk menghasilkan listrik dengan tegangan listrik yang dihasilkan adalah relative kecil. Dari segi proses pembangkit tegangan listrik, turbin mini ini cukup mewakili dan dapat sebagai gambaran untuk pengetahuan.

Secara prinsip dasar, bahwa turbin mini (pembangkit tegangan listrik) mempunyai bagian yang tetap dan bagian yang bergerak. Bagian yang tetap adalah: sudu/impeller turbin, poros/batang penghubung pulley, v belt, sedangkan bagian yang diam adalah generator (rumah dynamo). Pada saat udara yang bertekanan keluar dari lubang keluaran nozzle, maka akan mengenai sudu/impeller dari turbin, sehingga akan mendorong/menekan dari sudu/impeller tersebut bergerak melingkar/berputar.

Pergerakan turbin tersebut dimanfaatkan/diteruskan oleh batang penghubung untuk meneruskan putaran turbin kepada putaran generator (dynamo) untuk menghasilkan tegangan listrik dengan memasang pulley dan v belt. Pulley yang

dipergunakan pada turbin penggerak adalah sama besar dengan pulley yang dipasangkan pada generator (1 : 1), sehingga satu kali putaran penuh dari turbin (udara yang berkenan mengenai dari sudu/impeller) akan sama dengan putaran dari generator (dynamo).

Pengujian percobaan turbin mini dilakukan dalam waktu 30 detik untuk sekali percobaan, dengan maksud untuk mengetahui kondisi/keadaan serta perubahan yang terjadi pada udara yang menekan sudu/impeller turbin

mini ataupun pada pergerakkan generator (dynamo) untuk menghasilkan tegangan listrik.

Hasil Percobaan

Dalam melaksanakan pengujian percobaan turbin mini, dengan mengamati dan memperhatikan gejala-gejala yang terjadi, maka diperoleh diperoleh data sebagai berikut (**Tabel 1**).

Tabel 1. Data Percobaan Turbin mini dengan lubang keluaran dari nozzle 2 mm

No	Waktu Pengamatan (detik)	Tekanan (kg/cm ²)	Volt (Volt)	Keterangan
1	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
2	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
3	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
4	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
5	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
6	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
7	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
8	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
9	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
10	30 detik	0.8	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
11	30 detik	0.8	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
12	30 detik	0.8	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
13	30 detik	1	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
14	30 detik	1	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
15	30 detik	1	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
16	30 detik	1.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
17	30 detik	1.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
18	30 detik	1.2	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
19	30 detik	1.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
20	30 detik	1.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
21	30 detik	1.4	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
22	30 detik	1.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
23	30 detik	1.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
24	30 detik	1.6	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
25	30 detik	1.7	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
26	30 detik	1.7	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler
27	30 detik	1.7	0	tidak ada pergerakkan sudu/impeler

Pada percobaan awal (**Tabel 1**) dilakukan perlakuan percobaan turbin mini dengan menggunakan lubang keluaran dari nozzle adalah sebesar $\varnothing$ 2 mm. Udara bertekanan dari mesin compressor dipersiapkan dengan tekanan 6 kg/cm² untuk mengetahui kondisi sudu/impeller turbin yang diarahkan kepada sudu/impeller turbin tersebut. Perlakuan percobaan awal dilakukan dengan memberikan udara bertekanan 0.2 kg/cm² dengan keluaran nozzle $\varnothing$ 2 mm selama 30 detik dengan perlakuan percobaan 3x pada kondisi tersebut.

Dari hasil pengujian percobaan, hasil yang diperoleh adalah tidak terdapatnya pergerakan sudu/impeller turbin, serta tidak menghasilkan putaran dari poros penghubung ataupun dari generator (dynamo) tidak menghasilkan tegangan listrik.

Pada kondisi kedua, yaitu percobaan dilakukan dengan menaikkan udara bertekanan yang awalnya adalah 0.2 kg/cm² menjadi 0.4 kg/cm² pada lubang keluaran dari nozzle adalah tetap ($\varnothing$ 2 mm) dengan proses yang sama selama 3 x percobaan. Dari pengamatan percobaan yang dilakukan, sudu/impeller tidak mengalami perubahan pergerakan, sehingga turbin tidak bergerak dan generator tidak menghasilkan tegangan listrik.

Pada percobaan selanjutnya, kami melakukan kenaikan udara bertekanan kembali dari udara bertekanan 0.4 kg/cm² menjadi 0.6 kg/cm², kemudian ditinggikan kembali menjadi 0.8 kg/cm², 1.0 kg/cm², 1.2 kg/cm², 1.4 kg/cm², 1.6 kg/cm² sampai udara bertekanan menjadi 1.7 kg/cm². Hasil dari pengamatan tiap kenaikan udara bertekanan dari mesin compressor, tidak menghasilkan pergerakan sudu/impeller turbin dan tidak dapat

menggerakkan generator (dynamo), sehingga tegangan listrik tidak dapat dihasilkan dengan menggunakan lubang nozzle $\varnothing$ 2 mm.

Dalam percobaan kedua ini, kami melakukan percobaan dengan mengganti lubang keluaran dari nozzle sebesar $\varnothing$ 2 mm menjadi nozzle $\varnothing$ 4 mm. Pada kondisi awal, kami memberikan udara bertekanan pada sudu/impeller turbin sebesar 0.2 kg/cm² dengan perlakuan 3x percobaan selama 30 detik. Dalam pengamatan dari percobaan tersebut, diperoleh hasil sudu/impeller tidak bergerak dan generator (dynamo) tidak bergerak, sehingga tidak menghasilkan tegangan listrik.

Pada kondisi kedua, dilakukan kembali percobaan pengujian dengan menaikkan udara bertekanan dari 0.2 kg/cm² menjadi 0.4 kg/cm², selama 3 x percobaan dan dalam waktu 30 detik. Dari pengamatan tersebut, tidak terdapat perputaran/pergerakan sudu/impeller turbin dan generator (dynamo) tidak bergerak. Dengan menambahkan kembali udara bertekanan dari 0.4 kg/cm² menjadi 0.6 kg/cm² dan 0.8 kg/cm², terjadi pergerakan dari 0 sudu/impeller bergerak sebanyak 6 sudu pada posisi udara bertekanan 0.8 kg/cm², namun masih belum menggerakkan generator (dynamo).

Pada kondisi selanjutnya, pengamat melakukan percobaan kembali dengan menaikkan udara bertekanan menjadi 1.0 kg/cm² dari udara bertekanan 0.8 kg/cm². Dalam posisi ini, sudah dapat terlihat pergerakan dari sudu/impeller yang didorong oleh udara bertekanan 1.0 kg/cm² dan menggerakkan pula generator (dynamo) serta menghasilkan tegangan listrik sebesar 0.2 volt dan 0.3 volt.

Tabel 2. Data Percobaan Turbin mini dengan lubang keluaran dari nozzle 4 mm

No	Waktu Pengamatan (detik)	Tekanan (kg/cm ²)	Volt (Volt)	Keterangan
1	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
2	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
3	30 detik	0.2	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
4	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
5	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
6	30 detik	0.4	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
7	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
8	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
9	30 detik	0.6	0	tidak ada pergerakan sudu/impeler
10	30 detik	0.8	0	bergerak sedikit (6 sudu)
11	30 detik	0.8	0	bergerak sedikit (5 sudu)
12	30 detik	0.8	0	bergerak sedikit (6 sudu)
13	30 detik	1	0.2	ada pergerakan sudu/impeler
14	30 detik	1	0.2	ada pergerakan sudu/impeler
15	30 detik	1	0.3	ada pergerakan sudu/impeler
16	30 detik	1.2	0.5	ada pergerakan sudu/impeler
17	30 detik	1.2	0.6	ada pergerakan sudu/impeler
18	30 detik	1.2	0.6	ada pergerakan sudu/impeler
19	30 detik	1.4	1.1	ada pergerakan sudu/impeler
20	30 detik	1.4	1.2	ada pergerakan sudu/impeler
21	30 detik	1.4	1.1	ada pergerakan sudu/impeler
22	30 detik	1.6	1.3	ada pergerakan sudu/impeler
23	30 detik	1.6	1.4	ada pergerakan sudu/impeler
24	30 detik	1.6	1.4	ada pergerakan sudu/impeler
25	30 detik	1.7	1.5	sudu/impeler bergerak cukup kencang
26	30 detik	1.7	1.5	sudu/impeler bergerak cukup kencang
27	30 detik	1.7	1.5	sudu/impeler bergerak cukup kencang

Dengan menaikkan kembali udara bertekanan dari 1.2 kg/cm² menjadi 1.4 kg/cm², 1.6 kg/cm², dan 1.7 kg/cm², terjadi pula peningkatan pergerakan sudu untuk

menggerakkan generator dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 0.6 volt, 1.2 volt, 1.4 volt serta 1.5 volt (dapat dilihat pada **Tabel 2.**)

Tabel 3. Data Percobaan Turbin mini dengan lubang keluaran dari nozzle 6 mm

No	Waktu Pengamatan (detik)	Tekanan (kg/cm ²)	Volt (Volt)	Keterangan
1	30 detik	0.2	0	tidak ada perubahan pergerakan sudu/impeler
2	30 detik	0.2	0	bergerak sedikit (dibantu dengan tangan)
3	30 detik	0.2	0	bergerak sedikit (dibantu dengan tangan)

4	30 detik	0.4	1.2	bergerak sudu/impeler (dibantu dengan tangan)
5	30 detik	0.4	1.4	bergerak sudu/impeler (dibantu dengan tangan)
6	30 detik	0.4	1.4	bergerak sudu/impeler (dibantu dengan tangan)
7	30 detik	0.6	1.6	bergerak sudu/impeler (dibantu dengan tangan)
8	30 detik	0.6	1.7	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
9	30 detik	0.6	1.7	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
10	30 detik	0.8	1.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
11	30 detik	0.8	1.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
12	30 detik	0.8	1.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
13	30 detik	1	1.9	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
14	30 detik	1	2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
15	30 detik	1	2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
16	30 detik	1.2	3.4	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
17	30 detik	1.2	3.4	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
18	30 detik	1.2	3.4	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
19	30 detik	1.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
20	30 detik	1.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
21	30 detik	1.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
22	30 detik	1.6	4.2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
23	30 detik	1.6	4.2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
24	30 detik	1.6	4.2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
25	30 detik	1.7	4.3	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
26	30 detik	1.7	4.3	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
27	30 detik	1.7	4.3	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)

Dalam proses pengujian percobaan turbin selanjutnya (Tabel 3.) kami melakukan pengamatan kembali dengan merubah/mengganti lubang keluaran lubang nozzle menjadi Ø 6 mm. Dengan tahapan yang sama dan kami melakukan percobaan selama 3x pada setiap udara berkekanan yang telah ditentukan, yaitu : 0.2 kg/cm², 0.4 kg/cm², 0.6 kg/cm², 0.8 kg/cm², 1.0 kg/cm², 1.2 kg/cm², 1.4 kg/cm², 1.6 kg/cm², dan 1.7 kg/cm² selama waktu 30 detik. Pada kondisi awal, yaitu udara bertekanan 0.2 kg/cm², sudu/impeller sudah mengalami perputaran/pergerakan dan dapat menggerakkan generator, namun masih dibantu oleh tangan dalam pergerakannya, serta belum menghasilkan tegangan listrik.

Pada kondisi kedua, yaitu udara bertekanan dinaikkan menjadi 0.4 kg/cm², terjadi perputaran sudu/impeller dan menggerakkan generator (dynamo) yang pada awalnya tidak perlu lagi digerakkan oleh tangan. Dari pergerakan generator (dynamo) tersebut sudah dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 1.4 volt.

Dengan menaikkan kembali udara bertekanan dari posisi kedua yaitu : 0.4 kg/cm² menjadi 0.6 kg/cm² sampai dengan 1.7 kg/cm², perputaran/pergerakan sudu/impeller semakin lama semakin kencang dan cepat, sehingga menggerakkan generator semakin cepat pula, dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 4.3 volt pada udara bertekanan 1.7 kg/cm².

Tabel 4. Data Percobaan Turbin mini dengan lubang keluaran dari nozzle 8 mm

No	Waktu Pengamatan (detik)	Tekanan (kg/cm ²)	Volt (Volt)	Keterangan
1	30 detik	0.2	1.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
2	30 detik	0.2	2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
3	30 detik	0.2	2	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
4	30 detik	0.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
5	30 detik	0.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
6	30 detik	0.4	3.8	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
7	30 detik	0.6	5	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
8	30 detik	0.6	5	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
9	30 detik	0.6	5	bergerak secara cepat (tanpa bantuan tangan)
10	30 detik	0.8	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
11	30 detik	0.8	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
12	30 detik	0.8	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
13	30 detik	1	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
14	30 detik	1	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
15	30 detik	1	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
16	30 detik	1.2	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
17	30 detik	1.2	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
18	30 detik	1.2	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
19	30 detik	1.4	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
20	30 detik	1.4	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
21	30 detik	1.4	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
22	30 detik	1.6	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
23	30 detik	1.6	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
24	30 detik	1.6	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
25	30 detik	1.7	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
26	30 detik	1.7	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan
27	30 detik	1.7	-	mesin kompressor tidak mampu menyediakan udara bertekanan

Pada proses pengujian selanjutnya, kami melakukan pergantian lubang nozzle kembali dengan Ø 8 mm (Tabel 4). Pada proses ini kami juga melakukan perubahan udara bertekanan yang sama seperti pada percobaan sebelumnya, yaitu merubah dari udara bertekanan 0.2 kg/cm² sampai dengan 1.7 kg/cm², selama waktu 30 detik dan dengan 3x percobaan.

Pada percobaan awal dengan udara bertekanan 0.2 kg/cm², pergerakan sudu/impeller sudah terlihat, serta dapat menggerakkan generator (dynamo) dan

menghasilkan tegangan listrik 2 volt. Dengan menaikkan kembali udara bertekanan menjadi 0.4 kg/cm² dan 0.6 kg/cm², maka perputaran/pergerakan sudu/impeller semakin cepat dan semakin menaikkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator (dynamo). Tegangan yang dihasilkan pada 0.4 kg/cm² sebesar 3.8 volt serta pada udara bertekanan 0.6 kg/cm² menghasilkan tegangan listrik sebesar 5 volt.

Pada saat melakukan percobaan selanjutnya, yaitu dengan menaikkan udara

bertekanan sebesar 0.8 kg/cm², mesin penghasil udara bertekanan (compressor) tidak dapat mencapai udara tekanan yang telah ditentukan dengan waktu selama 30 detik pada setiap kali percobaan, sehingga batas maksimal dari udara yang dapat diperoleh dalam pengamatan adalah udara bertekanan 0.6 kg/cm². Dalam memperhitungkan hasil proses percobaan pengujian turbin mini, dapat diperoleh beberapa hasil perhitungan, yaitu:

- Luas penampang dari lubang nozzle
- Gaya udara yang menekan sudu/impeller dan
- Daya listrik dari hasil perpotongan garis gaya listrik pada generator (dynamo).

Untuk mendapatkan hasil perhitungan luas penampang dari lubang keluaran nozzle, dipergunakan persamaan, yaitu :

$$A = \pi/4 \times D^2$$

Dimana :

A = luas penampang keluaran nozzle (mm²)

D=diameter liangkaran keluaran nozzle (mm

Dengan mengetahui lubang keluaran dari nozzle yaitu 2 mm, maka dapat dipergunakan persamaan luas penampang keluaran nozzle adalah sebagai berikut :

$$A = \pi/4 \times D^2$$

$$A = 0.785 \times (2 \text{ mm})^2$$

$$A = 0.0314 \text{ cm}^2$$

Untuk luas penampang dengan diameter 4 mm, 6 mm, dan 8 mm, adalah : 0.1256 cm², 0.2826 cm², 0.5024 cm².

Pada saat kita memperoleh luas penampang dari keluaran nozzle, maka dapat kita perhitungkan pula gaya yang terjadi pada nozzle tersebut adalah dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = F / A$$

Dimana :

$$F = \text{Gaya (kg)}$$

$$P = \text{Tekanan yang terjadi (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (cm}^2 \text{)}$$

Dengan memasukkan variable-variabel yang telah diketahui, maka dapat diperoleh gaya yang terjadi/bekerja untuk mendorong dari sudu/impeller turbin mini. Tekanan yang bekerja adalah sebesar 0.2 kg/cm² dan luas penampang nozzle sebesar 0.0314 cm² (Ø nozzle = 2 mm), maka dapat dihitung gaya yang bekerja, yaitu :

$$F = P \times A$$

$$F = 0.2 \text{ kg/cm}^2 \times 0.0314 \text{ cm}^2$$

$$F = 0.00628 \text{ kg.}$$

Dengan membuat variasi terhadap tekanan yang diberikan kepada sudu/impeller turbin mini, maka dapat kita peroleh hasil perhitungan gaya yang terjadi pada **Tabel 5** dengan menggunakan diameter lubang keluaran dari nozzle sebesar 2 mm.

Pada saat mengamati data yang telah diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan, maka dapat kita peroleh pula daya yang dihasilkan oleh perputaran generator (dynamo) dengan memasukkan variable tegangan listrik yang diperoleh. Dalam memperoleh hasil daya listrik, dapat mempergunakan persamaan sebagai berikut :

$$W = V \cdot I$$

Dimana :

$$W = \text{daya (watt)}$$

$$V = \text{tegangan listrik (volt)}$$

$$I = \text{ampere (ampere)}$$

Dengan mengetahui dari data generator, yaitu tegangan maksimal yang dapat dihasilkan

adalah sebesar 12 volt dan daya sebesar 6 watt, maka ampere yang dapat diperoleh sebesar 0.5 ampere. Dengan demikian maka kita dapat peroleh hasil daya yang dihasilkan dari generator (dynamo) , yaitu :

$$W = V \cdot I$$

$$W = 0 \text{ volt} \cdot 0.5 \text{ ampere}$$

$$W = 0 \text{ watt}$$

Dengan memperhatikan dari **Tabel 5** pada data yang telah diperoleh, maka secara perhitungan dari tekanan yang diberikan secara berkala (0.2 kg/cm², 0.4 kg/cm², 0.6 kg/cm², 0.8 kg/cm², 1.0 kg/cm², 1.2 kg/cm², 1.4 kg/cm², 1.6

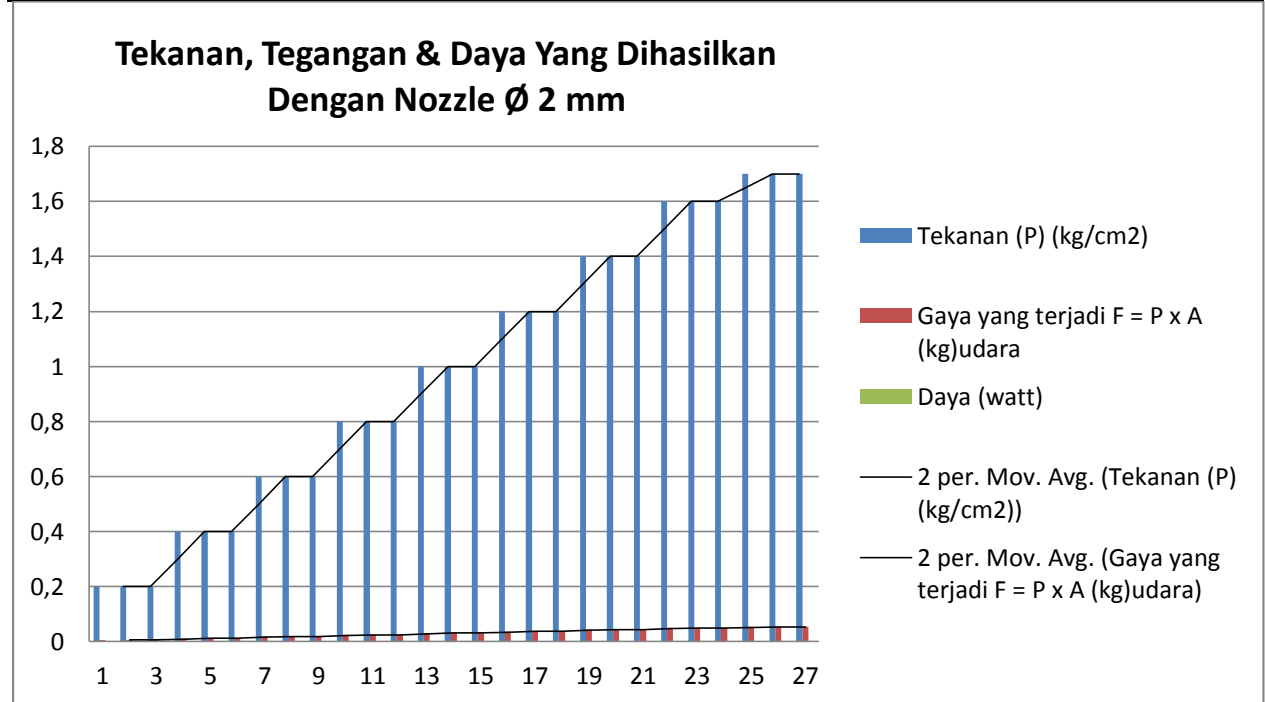
kg/cm², 1.7 kg/cm²), maka dengan lubang nozzle berdiameter 2 mm ($A = 0.0314 \text{ cm}^2$), tidak terjadi perputaran sudu/impeller turbin, sehingga tegangan listrik tidak terjadi (0 volt).

Dengan tidak terjadinya tegangan listrik, maka tidak terdapat pula daya listrik yang dapat diperoleh. Dalam gambar 1 dapat diamati bahwa tekanan udara yang dinaikkan dari 0.2 kg/cm² - 1.7 kg/cm² tidak dapat menggerakkan generator (dynamo), sehingga daya listrik juga tidak terlihat (0 watt).

Tabel 5. Data Perhitungan Tekanan Udara, Gaya yang dihasilkan, dan Daya Listrik menggunakan Nozzel Ø 2 mm

No	Tekanan (P) (kg/cm ²)	Luas Penampang $A = \pi/4 \cdot D^2 \text{ (cm}^2\text{)}$	Gaya yang terjadi $F = P \times A \text{ (kg)udara}$	Volt (Volt)	Ampere (ampere)	Daya (watt)
1	0.2	0.0314	0.00628	0	0.5	0
2	0.2	0.0314	0.00628	0	0.5	0
3	0.2	0.0314	0.00628	0	0.5	0
4	0.4	0.0314	0.01256	0	0.5	0
5	0.4	0.0314	0.01256	0	0.5	0
6	0.4	0.0314	0.01256	0	0.5	0
7	0.6	0.0314	0.01884	0	0.5	0
8	0.6	0.0314	0.01884	0	0.5	0
9	0.6	0.0314	0.01884	0	0.5	0
10	0.8	0.0314	0.02512	0	0.5	0
11	0.8	0.0314	0.02512	0	0.5	0
12	0.8	0.0314	0.02512	0	0.5	0
13	1	0.0314	0.0314	0	0.5	0
14	1	0.0314	0.0314	0	0.5	0
15	1	0.0314	0.0314	0	0.5	0
16	1.2	0.0314	0.03768	0	0.5	0
17	1.2	0.0314	0.03768	0	0.5	0
18	1.2	0.0314	0.03768	0	0.5	0
19	1.4	0.0314	0.04396	0	0.5	0
20	1.4	0.0314	0.04396	0	0.5	0
21	1.4	0.0314	0.04396	0	0.5	0
22	1.6	0.0314	0.05024	0	0.5	0
23	1.6	0.0314	0.05024	0	0.5	0
24	1.6	0.0314	0.05024	0	0.5	0

25	1.7	0.0314	0.05338	0	0.5	0
26	1.7	0.0314	0.05338	0	0.5	0
27	1.7	0.0314	0.05338	0	0.5	0



Gambar 2. Grafik Tekanan Udara, Tegangan Listrik & Daya Yang Dihasilkan Dengan Nozzle Ø 2 mm.

Dengan melakukan perhitungan kembali untuk luas penampang, gaya yang terjadi, dan daya listrik, dengan luabng keluaran dari nozzle sebesar 4 mm ($A = 0.1256 \text{ cm}^2$), terjadi pergerakan perlahan-lahan dari sudu/impeller turbin mini, yaitu pada tekanan 1.0 kg/cm² dan menghasilkan tegangan listrik sebesar 0.2 volt. Pada posisi inilah menjadi awal pergerakan

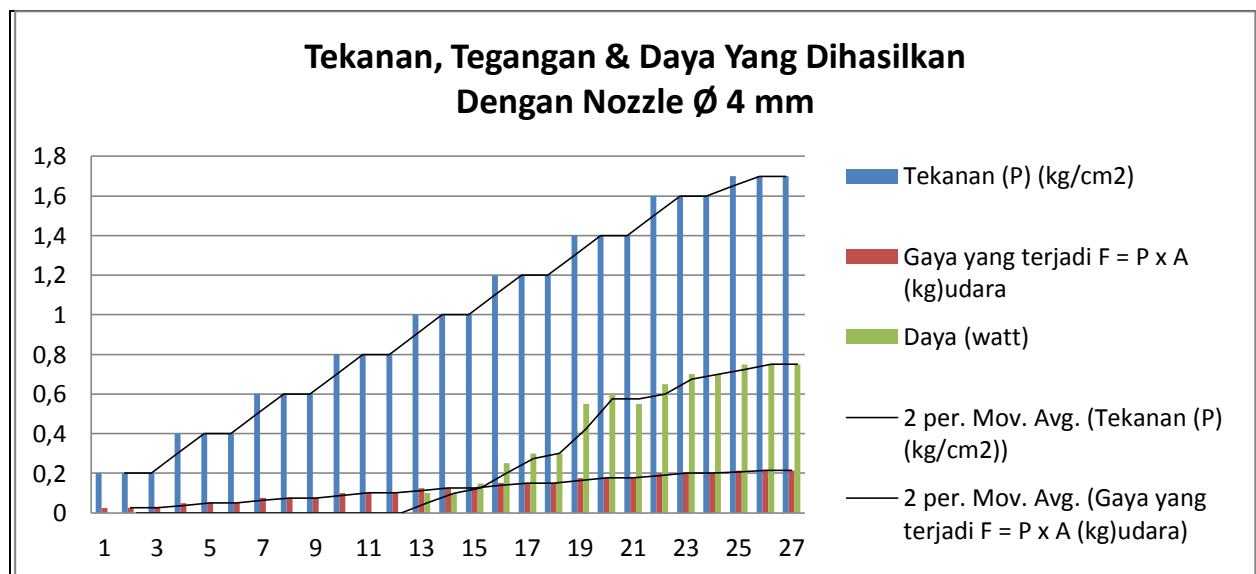
sudu/impeller turbin yang dapat menghasilkan tegangan listrik dan memiliki daya listrik sebesar 0.1 watt (lihat **Tabel 6**).

Dengan melihat pada **Gambar 2**, bahwa tegangan listrik baru dapat diperoleh pada percobaan ke-13 (pertengahan percobaan dalam satu siklus dengan menggunakan diameter lubang keluaran nozzle sebesar 4 mm).

Tabel 6. Data Perhitungan Tekanan Udara, Gaya yang dihasilkan, dan Daya Listrik menggunakan Nozzel Ø 4 mm

No	Tekanan (P) (kg/cm ²)	Luas Penampang $A = \pi/4 \cdot D^2 \text{ (cm}^2\text{)}$	Gaya yang terjadi $F = P \times A \text{ (kg)udara}$	Volt (Volt)	Ampere (ampere)	Daya (watt)
1	0.2	0.1256	0.02512	0	0.5	0
2	0.2	0.1256	0.02512	0	0.5	0
3	0.2	0.1256	0.02512	0	0.5	0
4	0.4	0.1256	0.05024	0	0.5	0
5	0.4	0.1256	0.05024	0	0.5	0
6	0.4	0.1256	0.05024	0	0.5	0
7	0.6	0.1256	0.07536	0	0.5	0

8	0.6	0.1256	0.07536	0	0.5	0
9	0.6	0.1256	0.07536	0	0.5	0
10	0.8	0.1256	0.10048	0	0.5	0
11	0.8	0.1256	0.10048	0	0.5	0
12	0.8	0.1256	0.10048	0	0.5	0
13	1	0.1256	0.1256	0.2	0.5	0.1
14	1	0.1256	0.1256	0.2	0.5	0.1
15	1	0.1256	0.1256	0.3	0.5	0.15
16	1.2	0.1256	0.15072	0.5	0.5	0.25
17	1.2	0.1256	0.15072	0.6	0.5	0.3
18	1.2	0.1256	0.15072	0.6	0.5	0.3
19	1.4	0.1256	0.17584	1.1	0.5	0.55
20	1.4	0.1256	0.17584	1.2	0.5	0.6
21	1.4	0.1256	0.17584	1.1	0.5	0.55
22	1.6	0.1256	0.20096	1.3	0.5	0.65
23	1.6	0.1256	0.20096	1.4	0.5	0.7
24	1.6	0.1256	0.20096	1.4	0.5	0.7
25	1.7	0.1256	0.21352	1.5	0.5	0.75
26	1.7	0.1256	0.21352	1.5	0.5	0.75
27	1.7	0.1256	0.21352	1.5	0.5	0.75



Gambar 3. Grafik Tekanan Udara, Tegangan Listrik & Daya Yang Dihasilkan Dengan Nozzle Ø 4 mm.

Pada percobaan selanjutnya, yaitu dengan menggunakan lubang keluaran dari nozzle sebesar 6 mm ($A = 0.2826 \text{ cm}^2$), sudu/impeller turbin dapat bergerak dan menghasilkan tegangan listrik pada tekanan udara 0.4 kg/cm^2 , dengan hasil tegangan 1.2 volt serta daya listrik yang dihasilkan adalah 0.6

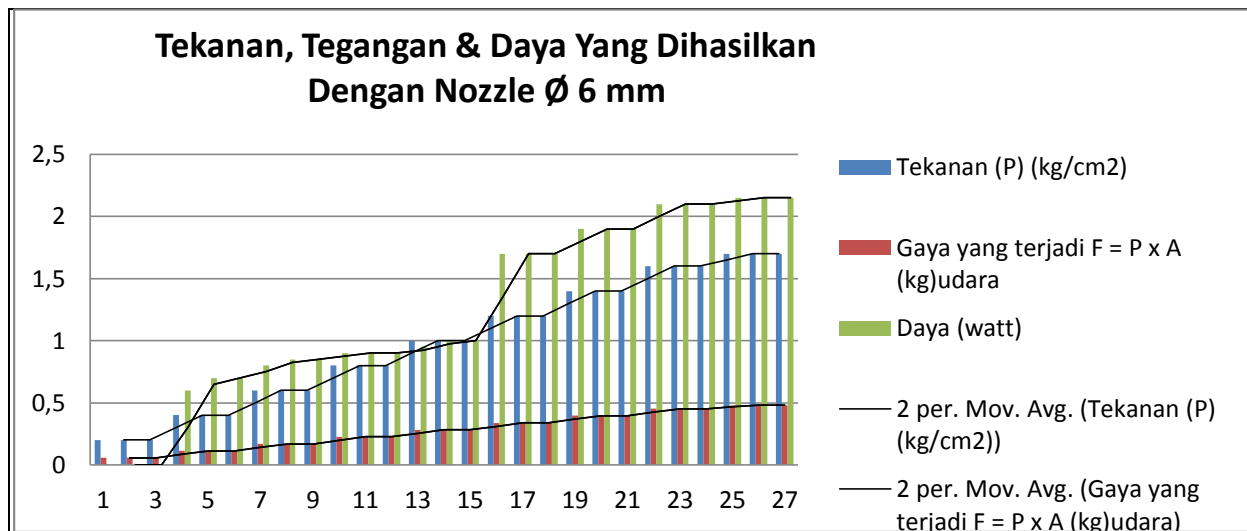
watt. Dengan menaikkan kembali tekanan udara tersebut pada **Gambar 4** terlihat bahwa tegangan dan daya yang dihasilkan lebih meningkat dari sebelumnya serta selalu naik. Kondisi ini adalah disebabkan adanya pemberian gaya pada udara yang diberikan kepada sudu/impeller turbin, sehingga putaran

dari sudu/impeller tersebut semakin meningkat.
(Daya yang dihasilkan pada tekanan 1.7 kg/cm²,

tegangan listrik 4.3 volt adalah 2.15 watt).

Tabel 7. Data Perhitungan Tekanan Udara, Gaya yang dihasilkan, dan Daya Listrik menggunakan Nozzel Ø 6 mm

No	Tekanan (P) (kg/cm ²)	Luas Penampang $A = \pi/4 \cdot D^2$ (cm ²)	Gaya yang terjadi $F = P \times A$ (kg)udara	Volt (Volt)	Ampere (ampere)	Daya (watt)
1	0.2	0.2826	0.05652	0	0.5	0
2	0.2	0.2826	0.05652	0	0.5	0
3	0.2	0.2826	0.05652	0	0.5	0
4	0.4	0.2826	0.11304	1.2	0.5	0.6
5	0.4	0.2826	0.11304	1.4	0.5	0.7
6	0.4	0.2826	0.11304	1.4	0.5	0.7
7	0.6	0.2826	0.16956	1.6	0.5	0.8
8	0.6	0.2826	0.16956	1.7	0.5	0.85
9	0.6	0.2826	0.16956	1.7	0.5	0.85
10	0.8	0.2826	0.22608	1.8	0.5	0.9
11	0.8	0.2826	0.22608	1.8	0.5	0.9
12	0.8	0.2826	0.22608	1.8	0.5	0.9
13	1	0.2826	0.2826	1.9	0.5	0.95
14	1	0.2826	0.2826	2	0.5	1
15	1	0.2826	0.2826	2	0.5	1
16	1.2	0.2826	0.33912	3.4	0.5	1.7
17	1.2	0.2826	0.33912	3.4	0.5	1.7
18	1.2	0.2826	0.33912	3.4	0.5	1.7
19	1.4	0.2826	0.39564	3.8	0.5	1.9
20	1.4	0.2826	0.39564	3.8	0.5	1.9
21	1.4	0.2826	0.39564	3.8	0.5	1.9
22	1.6	0.2826	0.45216	4.2	0.5	2.1
23	1.6	0.2826	0.45216	4.2	0.5	2.1
24	1.6	0.2826	0.45216	4.2	0.5	2.1
25	1.7	0.2826	0.48042	4.3	0.5	2.15
26	1.7	0.2826	0.48042	4.3	0.5	2.15
27	1.7	0.2826	0.48042	4.3	0.5	2.15



Gambar 4. Grafik Tekanan Udara, Tegangan Listrik & Daya Yang Dihasilkan Dengan Nozzle Ø 6 mm.

Pada percobaan selanjutnya dilakukan penggantian lubang keluaran nozzle, yaitu berdiameter 8 mm. pada kondisi awal, yaitu tekanan 0.2 kg/cm² sudah mampu menggerakkan sudu/impeller turbin, sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 1.8 volt dan daya sebesar 0.9 watt. Pada posisi ini apabila diberikan beban lampu LED sebesar 0.5 watt dapat menyala. Dengan menaikkan tekanan udara awal sampai dengan 0.6 kg/cm², generator

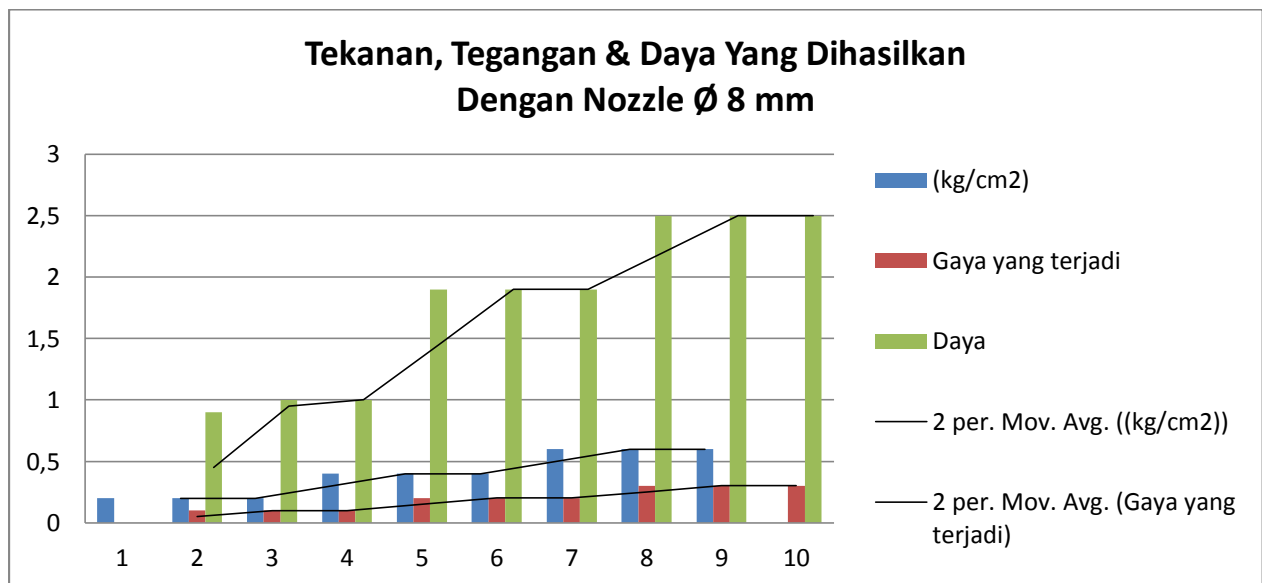
(dinamo) dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 5 volt, serta dengan daya yang dihasilkan sebesar 2.5 watt.

Pada saat melakukan percobaan selanjutnya dengan memberikan tekanan udara sebesar 0.8 kg/cm², mesin compressor tidak dapat menyuplai udara bertekanan yang diinginkan, sehingga tidak dapat tercapai udara bertekanan yang telah dirancang dari percobaan (dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Gambar 5**).

Tabel 8. Data Perhitungan Tekanan Udara, Gaya yang dihasilkan, dan Daya Listrik menggunakan Nozzel Ø 8 mm

No	Tekanan (P) (kg/cm ²)	Luas Penampang $A = \pi/4 \cdot D^2$ (cm ²)	Gaya yang terjadi $F = P \times A$ (kg) udara	Volt (Volt)	Ampere (ampere)	Daya (watt)
1	0.2	0.5024	0.10048	1.8	0.5	0.9
2	0.2	0.5024	0.10048	2	0.5	1
3	0.2	0.5024	0.10048	2	0.5	1
4	0.4	0.5024	0.20096	3.8	0.5	1.9
5	0.4	0.5024	0.20096	3.8	0.5	1.9
6	0.4	0.5024	0.20096	3.8	0.5	1.9
7	0.6	0.5024	0.30144	5	0.5	2.5
8	0.6	0.5024	0.30144	5	0.5	2.5
9	0.6	0.5024	0.30144	5	0.5	2.5
10	0.8	0.5024	0.40192	0	0.5	0
11	0.8	0.5024	0.40192	0	0.5	0
12	0.8	0.5024	0.40192	0	0.5	0
13	1	0.5024	0.5024	0	0.5	0
14	1	0.5024	0.5024	0	0.5	0
15	1	0.5024	0.5024	0	0.5	0

16	1.2	0.5024	0.60288	0	0.5	0
17	1.2	0.5024	0.60288	0	0.5	0
18	1.2	0.5024	0.60288	0	0.5	0
19	1.4	0.5024	0.70336	0	0.5	0
20	1.4	0.5024	0.70336	0	0.5	0
21	1.4	0.5024	0.70336	0	0.5	0
22	1.6	0.5024	0.80384	0	0.5	0
23	1.6	0.5024	0.80384	0	0.5	0
24	1.6	0.5024	0.80384	0	0.5	0
25	1.7	0.5024	0.85408	0	0.5	0
26	1.7	0.5024	0.85408	0	0.5	0
27	1.7	0.5024	0.85408	0	0.5	0



Gambar 5. Grafik Tekanan Udara, Tegangan Listrik & Daya Yang Dihasilkan Dengan Nozzle Ø 8 mm.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan percobaan pengujian turbin mini dengan menggunakan mesin compressor sebagai penyuplai udara bertekanan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Diameter lubang keluaran dari nozzle yang sangat kecil ($\varnothing$ 2 mm) tidak dapat mendorong sudu/impeller walaupun dengan menaikkan tekanan udara sampai tinggi (1.7 kg/cm^2).
2. Semakin besar lubang keluaran nozzle yang mengenai dari sudu/impeler, akan semakin besar pula gaya yang mendorong sudu/impeller sehingga dapat menggerakkan turbin dan menghasilkan tegangan listrik dari generator.
3. Tegangan listrik yang paling kecil dihasilkan adalah 0.2 volt pada besar lubang keluaran nozzle $\varnothing$ 4 mm dengan tekanan udara 1.0 kg/cm^2 .
4. Tegangan listrik yang paling besar dihasilkan adalah 5 volt pada besar lubang keluaran nozzle $\varnothing$ 8 mm dengan tekanan

udara 0.6 kg/cm² pada mesin compressor
bertekanan kerja 6 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

Ditzel, Fritz; Dakso Sriyono; Turbin Pompa Dan
Kompresor, Penerbit Erlangga.

Munson, Bruce R; Donal F. Young, Theodore H.
Okiishi; Mekanika Fluida, Edisi
Keempat, Jilid 2, Penerbit Erlangga.

Sawyer's Gas Turbine Engineering Handbook,
Second Edition, Three Volumes, Gas
Turbine Publication, Inc.

Sawyer's Turbomachinery Maintenance
Handbook, First Edition, Three
Volumes, Turbomachinery
International.

Zemansky, Sears; Fisika Untuk Universitas 1,
Penerbit Binacipta.