

PENGARUH SUDUT SUDU PENGARAH PADA PERFORMA PROTOTIPE TURBIN UAP TIPE REAKSI

Nama : M. Ridho Aries S
Nim : 211020200087
Prodi : Teknik Mesin

Dosen Pembimbing Dr.A'rasy Fahrudin, S.T.,M.T.

Dosen penguji 1 : Ir.Iswanto, S.T.,MMT

Dosen penguji 2 : Dr. Mulyadi S.T.,M.T

Pendahuluan

Turbin uap adalah mesin konversi energi yang dapat menghasilkan energi listrik. Dalam kategori mesin konversi energi yang menggunakan nosel pada turbin impuls dan bilah penggerak pada turbin reaksi untuk mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, yang diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin. Turbin ini dihubungkan melalui mekanisme penggunaan roda gigi reduksi. Turbin uap dapat digunakan sebagai pembangkit listrik di berbagai industri dan sektor transportasi, tergantung pada jenis mekanismenya.

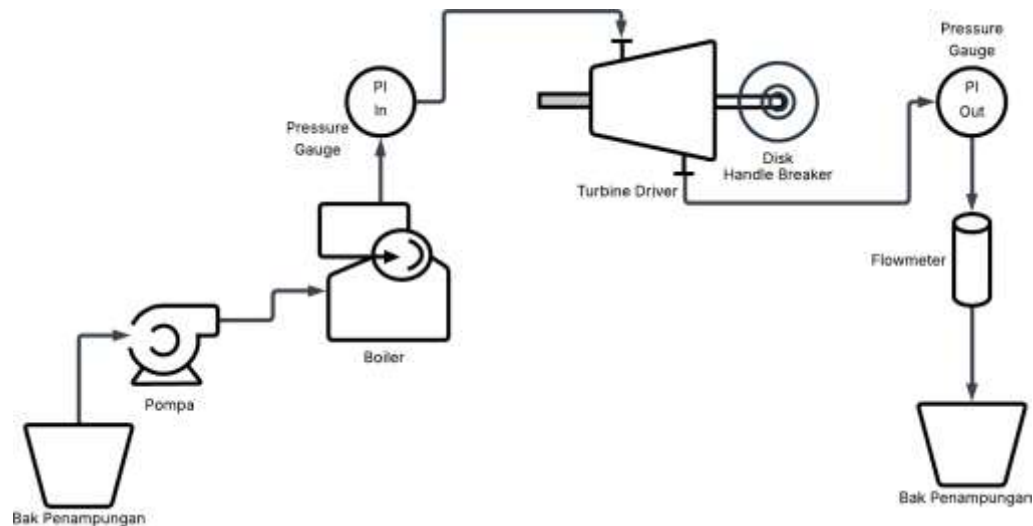
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja prototipe turbin uap tipe reaksi dengan melihat pengaruh variasi sudut sudu pengarah sebesar 30° , 40° , dan 50° pada tekanan uap 40, 50, dan 60 psi. Parameter utama yang dikaji meliputi torsi, daya turbin, serta efisiensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan sudut sudu pengarah berpengaruh nyata terhadap performa turbin uap skala kecil. Variasi pada sudut sudu, tekanan uap, dan kecepatan putar dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi optimal yang menghasilkan torsi, daya, dan efisiensi tertinggi. Dari serangkaian percobaan, sudut sudu 50° terbukti memberikan performa terbaik dengan torsi maksimum sekitar 0,027 Nm, daya mencapai 1,66 watt, serta efisiensi tertinggi hingga 61%.

Rumusan Masalah :

- Bagaimana sudut sudu pengarah mempengaruhi torsi dan kecepatan turbin?
- Bagaimana efisiensi termal dipengaruhi oleh perubahan sudut sudu pengarah pada prototipe turbin uap tipe reaksi?

Metodologi

Tujuan untuk mengetahui torsi dan efisiensi pada turbin uap tipe reaksi yang memiliki variasi pada sudut sudu pengarah dan pemanasan uap menggunakan alat boiler kapasitas 5 liter. Dalam penelitian ini memerlukan alat pengukur seperti pressure gauge, tachometer, flowmeter yakni untuk mengukur tekanan uap, Rpm, mengukur debit menggunakan variasi sudut sudu pengarah (30,40,dan50) menggunakan tekanan (60,50,dan40). Konsep penelitian pada benda kerja bertujuan untuk mempermudah proses perancangan melalui metode permesinan serta menghasilkan benda kerja yang memiliki tingkat efisiensi tinggi.



Alur rangkaian

Metodologi

Desain Turbin Uap

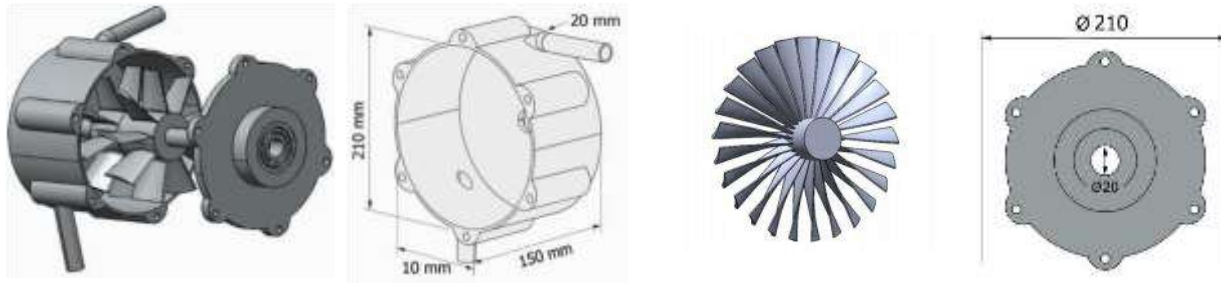
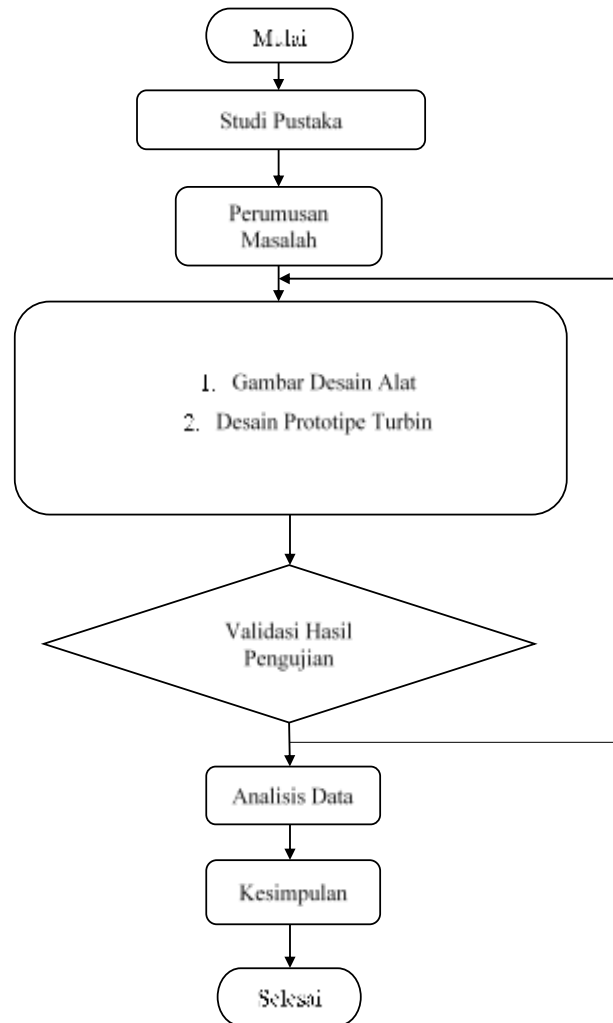


DIAGRAM ALIR



Metodologi

- Menghitung *mass flow rate* (\dot{m}) :

$$\dot{m} = \rho \cdot V$$

- Menghitung Daya Turbin (watt):

$$P_{turbin} = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60}$$

- Menghitung Daya Uap (watt) :

$$P_{Uap} = \dot{m} (h_{in} - h_{out})$$

- Menghitung Torsi (N.m) :

$$T = F \cdot l$$

- Menghitung Efisiensi :

$$\eta = \frac{P_{turbin}}{P_{Uap}} \times 100\%$$

Keterangan :

\dot{m} = mass flow rate(kg/s)

ρ = density(kg/m³)

V = debit (m³/s)

T = Torsi (N. m)

N = Kecepatan Putar (N)

h = entalpy (kj/kg)

P_{turbin} = daya turbin (watt)

P_{uap} = daya uap (watt)

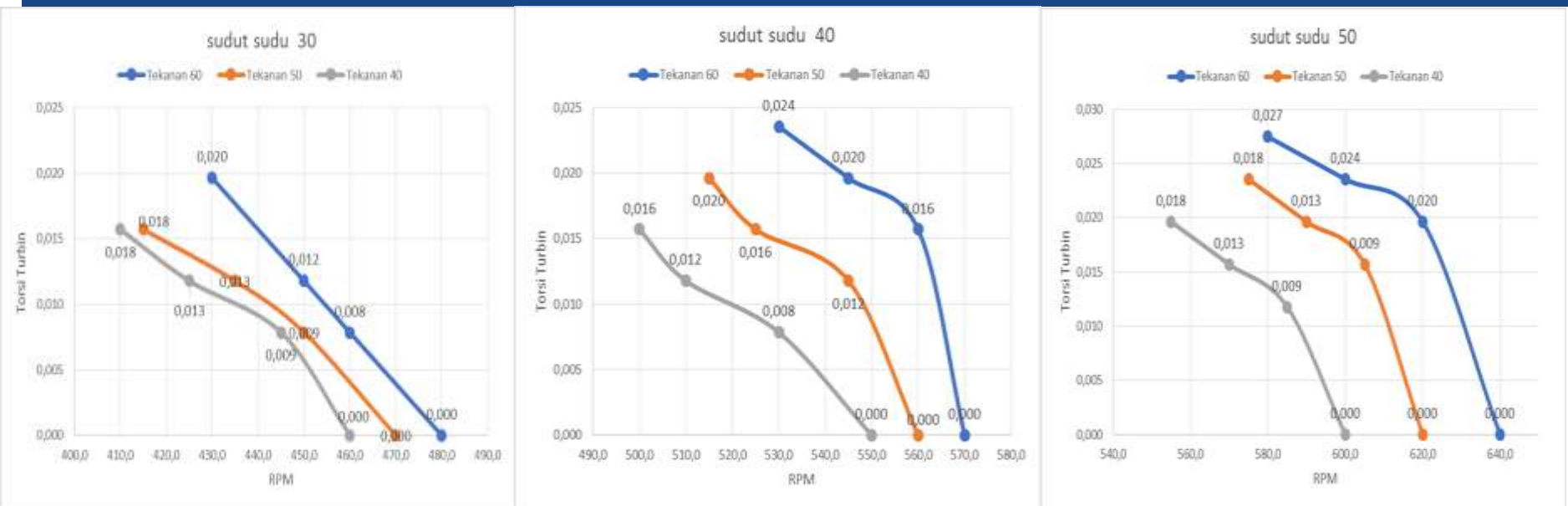
η = efesiensi turbin (%)

Hasil dan Pembahasan

Tabel hasil pengujian

Sudut Sudu	TEKANAN MASUK	Kecapatan Putar	Gaya Tarik Rem	Mass Flow	H in	H out	Daya Uap	Torsi Turbin	Daya Turbin	EFISIENSI
	Psi	RPM	N	kg/s	kJ/kg	kJ/kg	watt	N.m	watt	%
30	60	480,0	0,000	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,000	0,000	0%
		460,0	0,098	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,008	0,378	17%
		450,0	0,147	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,012	0,554	25%
		430,0	0,245	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,020	0,883	40%
	50	470,0	0,000	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,000	0,000	0%
		450,0	0,098	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,008	0,370	19%
		435,0	0,147	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,012	0,536	27%
		415,0	0,196	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,016	0,682	35%
	40	460,0	0,000	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,000	0,000	0%
		445,0	0,098	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,008	0,366	21%
		425,0	0,147	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,012	0,524	30%
		410,0	0,196	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,016	0,674	39%
40	60	570,0	0,000	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,000	0,000	0%
		560,0	0,196	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,016	0,920	37%
		545,0	0,245	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,020	1,119	45%
		530,0	0,294	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,024	1,306	53%
	50	560,0	0,000	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,000	0,000	0%
		545,0	0,147	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,012	0,672	30%
		525,0	0,196	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,016	0,862	38%
		515,0	0,245	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,020	1,058	47%
	40	550,0	0,000	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,000	0,000	0%
		530,0	0,098	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,008	0,435	22%
		510,0	0,147	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,012	0,628	31%
		500,0	0,196	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,016	0,821	41%
50	60	640,0	0,000	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,000	0,000	0%
		620,0	0,245	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,020	1,273	46%
		600,0	0,294	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,024	1,479	54%
		580,0	0,343	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,027	1,667	61%
	50	620,0	0,000	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,000	0,000	0%
		605,0	0,196	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,016	0,994	39%
		590,0	0,245	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,020	1,212	48%
		575,0	0,294	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,024	1,417	56%
	40	600,0	0,000	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,000	0,000	0%
		585,0	0,147	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,012	0,721	31%
		570,0	0,196	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,016	0,936	41%
		555,0	0,245	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,020	1,140	49%

Berikut merupakan grafik nilai dari daya Torsi berbanding Kecepatan Putar (rpm) :



Grafik - grafik diatas menunjukkan bahwa variasi sudut sudu pengarah berpengaruh signifikan terhadap torsi turbin uap tipe reaksi pada berbagai tekanan uap. Pada sudut sudu 30°, torsi maksimum hanya mencapai 0,020 Nm pada tekanan 60 psi dan menurun tajam seiring peningkatan kecepatan putar. Hal yang sama terjadi pada tekanan 50 psi dan 40 psi dengan nilai puncak 0,018 Nm, menunjukkan bahwa sudut ini kurang efektif dalam mengarahkan aliran uap ke sudu gerak, sehingga konversi energi menjadi torsi tidak optimal pada putaran tinggi.

Peningkatan performa terlihat jelas pada sudut 40°, dengan torsi puncak mencapai 0,024 Nm, dan paling optimal pada sudut 50° dengan torsi tertinggi 0,027 Nm pada tekanan 60 psi. Pada sudut ini, aliran uap diarahkan lebih presisi ke sudu gerak, menghasilkan gaya reaksi yang lebih besar dan torsi yang stabil pada rentang RPM yang lebih luas. Perbedaan ini menegaskan bahwa sudut sudu pengarah memiliki peran penting dalam pengaturan momentum aliran uap, di mana penambahan sudut hingga 50° memberikan distribusi aliran yang paling efektif terhadap permukaan sudu turbin.

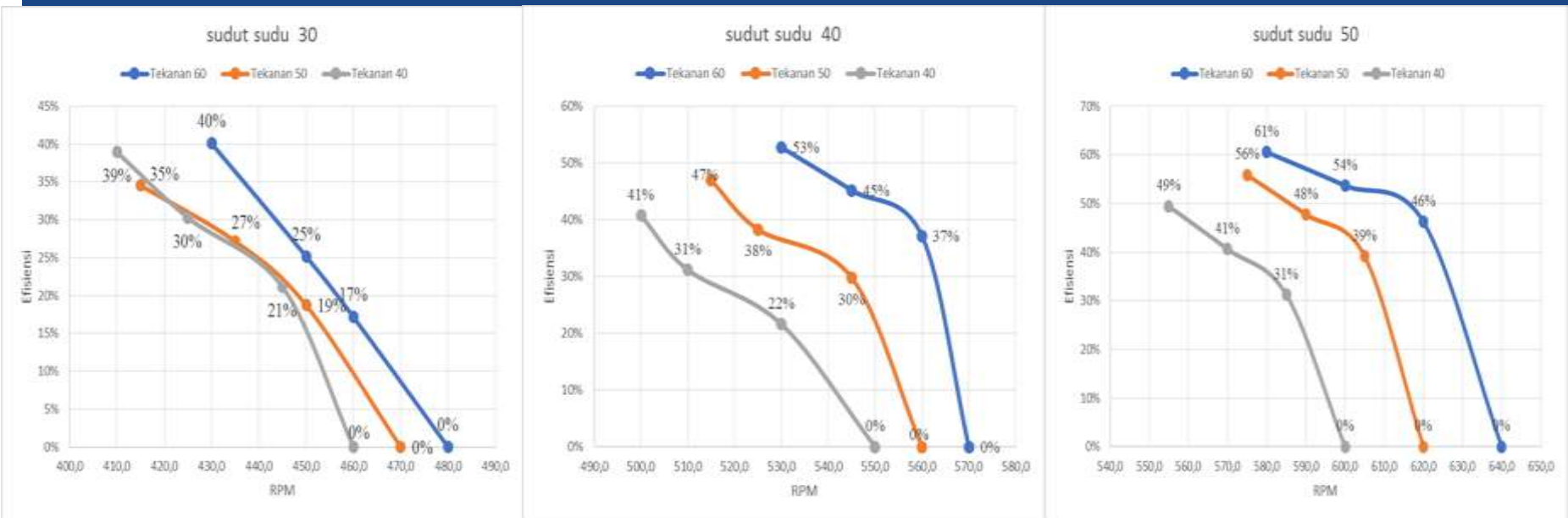
Berikut merupakan grafik nilai dari Daya Turbin berbanding dengan Kecepatan Putar (rpm):



Grafik - grafik diatas menunjukkan bahwa variasi sudut sudu pengarah berpengaruh nyata terhadap daya keluaran turbin uap tipe reaksi. Pada sudut sudu 30°, daya maksimum hanya mencapai 0,883 Watt pada tekanan 60 psi dengan kecenderungan menurun tajam seiring meningkatnya RPM, menunjukkan aliran uap belum optimal diarahkan ke sudu gerak. Performa meningkat pada sudut 40°, dengan daya puncak mencapai 1,306 Watt pada tekanan yang sama dan kestabilan daya lebih baik dibandingkan sudut sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa sudut pengarah yang lebih besar mampu memperbaiki arah dan momentum aliran uap, sehingga transfer energi ke rotor meningkat.

Kinerja terbaik dicapai pada sudut sudu 50°, dengan daya maksimum 1,667 Watt pada tekanan 60 psi dan kestabilan daya yang lebih terjaga pada putaran tinggi. Semakin besar sudut sudu pengarah, aliran uap mengenai permukaan sudu dengan sudut serang yang lebih efektif, menghasilkan konversi energi yang lebih efisien.

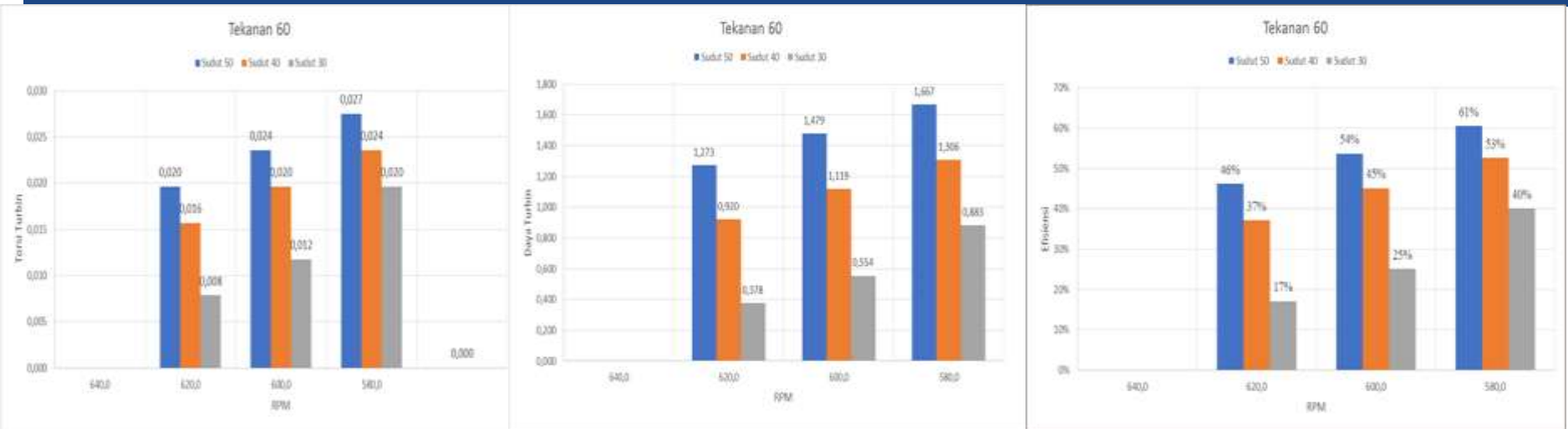
Berikut adalah data perbandingan antara Efisiensi dengan Kecepatan Putar (rpm):



Grafik - grafik diatas menunjukkan pengaruh signifikan terhadap efisiensi turbin uap tipe reaksi. Pada sudut sudu 30°, efisiensi maksimum hanya mencapai 40% dan menurun tajam seiring peningkatan RPM, menandakan arah aliran uap belum optimal. Efisiensi meningkat secara signifikan pada sudut 40°, mencapai 53% dengan kurva efisiensi yang lebih stabil, menunjukkan aliran uap mulai diarahkan lebih tepat ke sudu gerak sehingga transfer energi menjadi lebih efisien.

Efisiensi tertinggi diperoleh pada sudut sudu 50°, yakni sebesar 61% pada tekanan 60 psi dan kecepatan putar sekitar 580 RPM. Sudut ini menghasilkan kondisi aliran uap yang paling efektif dalam menciptakan torsi dan efisiensi konversi energi. Secara keseluruhan, semakin besar sudut sudu pengarah, efisiensi meningkat hingga mencapai titik optimum, dengan sudut 50° terbukti sebagai konfigurasi terbaik dalam rentang sudut yang diuji untuk prototipe turbin uap tipe reaksi.

Diagram batang 3 variasi sudut sudu pengarah



Berdasarkan ketiga grafik, sudut sudu pengarah 50° memberikan kinerja terbaik dari segi efisiensi, torsi, dan daya keluaran turbin pada tekanan 60 psi. Pada kecepatan 580 RPM, sudut ini menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 61%, torsi maksimum 0,027 Nm, dan daya puncak mencapai 1,667 watt. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut sudu memberikan kontribusi signifikan terhadap performa turbin, khususnya saat beroperasi pada kecepatan yang lebih rendah. Sebaliknya, sudut 30° menghasilkan nilai paling rendah di ketiga parameter, menunjukkan kurang optimalnya pengendalian aliran uap.

Secara umum, penurunan kecepatan dari 620 ke 580 RPM cenderung meningkatkan performa turbin, terutama pada sudut 50° dan 40° . Maka dari itu, konfigurasi tekanan 60 psi dengan sudut sudu 50° dan kecepatan 580 RPM dapat dianggap sebagai kondisi paling efisien untuk mengoptimalkan kinerja turbin uap tipe reaksi.

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi sudut sudu pengarah berpengaruh signifikan terhadap kinerja turbin uap tipe reaksi, baik dari segi torsi, daya, maupun efisiensi. sudut 50° juga memberikan torsi maksimum sebesar 0,027 Nm dan daya tertinggi mencapai 1,667 Watt, Pada kondisi yang sama, efisiensi meningkat seiring bertambahnya sudut sudu, di mana sudut 50° pada tekanan 60 psi menghasilkan nilai tertinggi sebesar 61% dengan kecepatan sekitar 580 RPM. Sedangkan sudut yang lebih kecil seperti 30° cenderung menghasilkan kinerja lebih rendah akibat aliran uap yang kurang optimal. Hal ini menegaskan bahwa pengaturan sudut sudu pengarah yang tepat, terutama pada 50° , mampu memperbaiki arah aliran uap, meningkatkan transfer momentum, dan mengoptimalkan konversi energi termal menjadi energi mekanik pada turbin uap skala kecil.

Terima kasih