

# Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Uap Bertingkat Kedua Terhadap Performa dan Efisiensi

Nama : Luthfi Frans Setiawan

Nim : 211020200092

Prodi : Teknik Mesin

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

Dosen penguji 1 : Dr.Eng Rachmat Firdaus S.T.,M.T

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

# Pendahuluan

Turbin uap adalah jenis mesin konversi energi yang mengubah energi potensial uap berubah ke energi kinetik melalui nozzle (pada turbin impuls) dan bilah gerak (pada turbin reaksi). Turbin uap tingkat kedua, juga dikenal sebagai "second stage steam turbine", adalah komponen dari turbin uap multi-tahap. Dalam proses ini, uap yang keluar dari turbin tahap pertama diarahkan ke turbin tahap kedua untuk menghasilkan lebih banyak tenaga, yang memungkinkan penggunaan energi uap yang lebih efisien. Keuntungan menggunakan turbin uap tingkat kedua yaitu memungkinkan penggunaan energi uap secara lebih optimal dan mampu menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan turbin satu tahap.

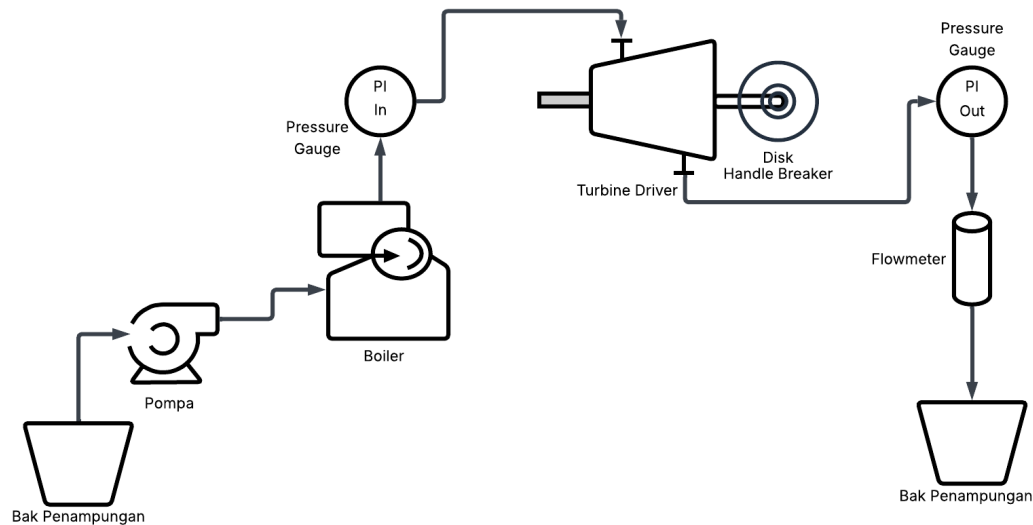
Penelitian Ini Bertujuan Untuk Mengetahui Efisiensi Dan performa pada turbin uap bertingkat kedua dengan variasi jumlah sudu 5,7, dan 9 dengan tekanan 60,50, dan 40 Psi. Data menunjukkan hasil penelitian pada pengujian efisiensi turbin uap bertingkat kedua dengan perbedaan jumlah sudu terjadi terhadap kinerja turbin uap skala kecil dengan memvariasikan jumlah sudu, tekanan uap, dan kecepatan putar untuk mengidentifikasi konfigurasi optimal yang menghasilkan daya, efisiensi, dan torsi maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu secara konsisten meningkatkan ketiga parameter kinerja tersebut. Konfigurasi 9 sudu menghasilkan daya maksimum sekitar 1,46 watt, efisiensi tertinggi mencapai 53%, dan torsi maksimum sekitar 0,024 Nm.

## Rumusan Masalah :

- Bagaimana Pengaruh perubahan jumlah sudu turbin uap Tingkat kedua terhadap performa turbin uap?
- Seberapa signifikan pengaruh variasi jumlah sudu turbin uap tingkat kedua terhadap efisiensi termal?

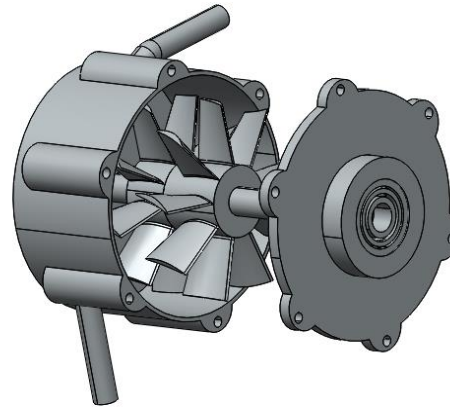
# Metodologi

Tujuan untuk mengetahui efisiensi dan performa pada turbin uap bertingkat kedua yang jumlah sudunya bervariasi dan pemanasan uap menggunakan boiler kapasitas 5 liter. Dalam penelitian ini diperlukan alat pengukur seperti tachometer, flowmeter, dan pressure gauge untuk mengukur Rpm, mengukur debit, tekanan uap dengan variasi jumlah sudu (5, 7, dan 9) dan tekanan (60, 50, dan 40). Adanya konsep penelitian pada benda kerja yakni bertujuan untuk mempermudah saat perancangan menggunakan proses permesinan dan dapat membuat benda kerja yang mempunyai nilai efisiensi tinggi. Pengujian dilakukan di Laboratorium FDM Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

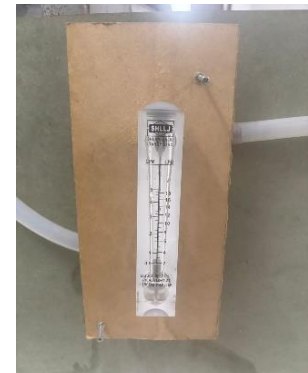


Alur rangkaian

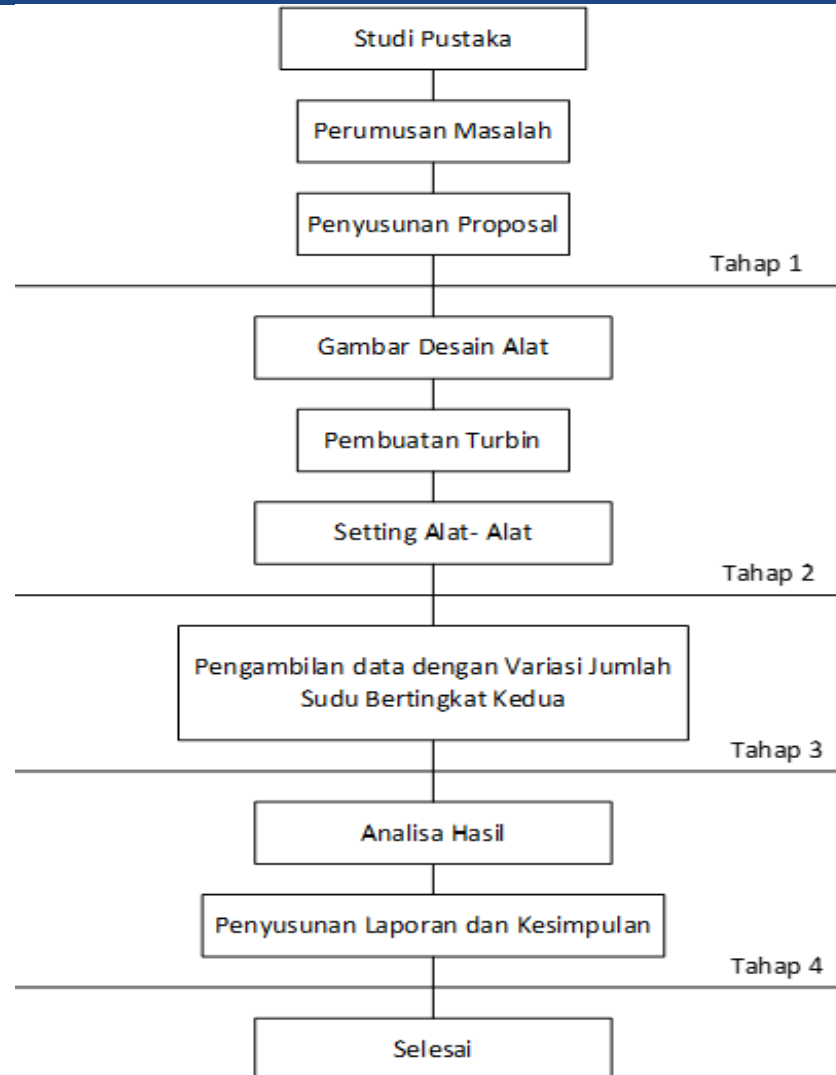
# Metodologi



Desain Turbin Uap



# DIAGRAM ALIR



# Metodologi

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

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

- 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)

$\rho$  = density(kg/m<sup>3</sup>)

$\dot{V}$  = debit (m<sup>3</sup>/s)

T = Torsi (N.m)

N = Kecepatan Putar (N)

h = entalpy (kj/kg)

P<sub>turbin</sub> = daya turbin (watt)

P<sub>Uap</sub> = daya uap (watt)

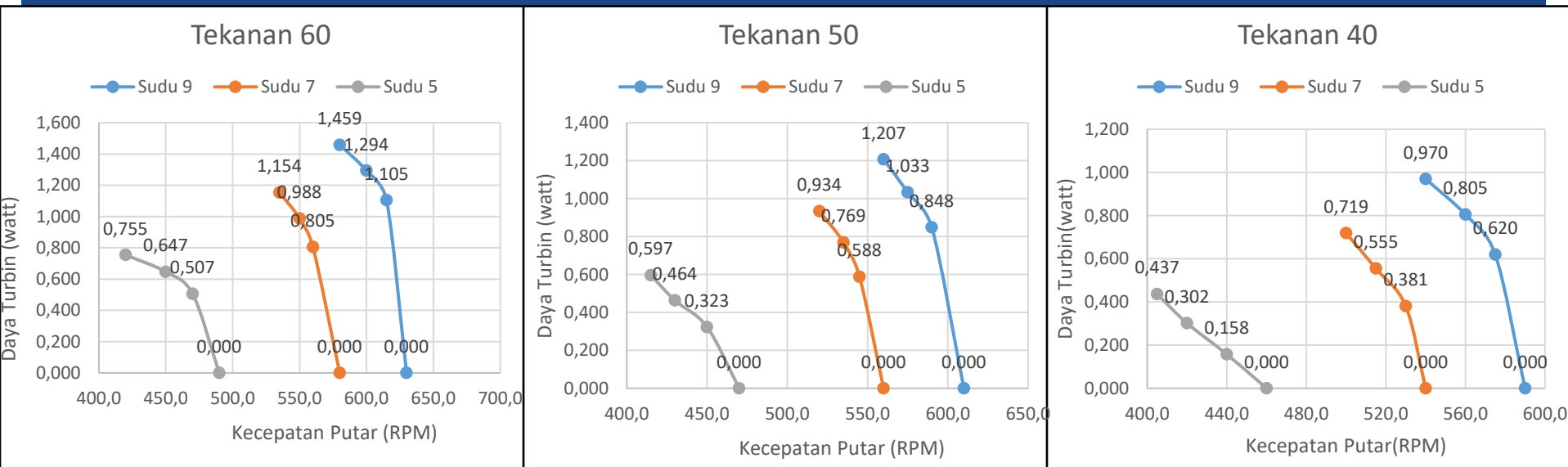
$\eta$  = efesiensi turbin (%)

# Hasil dan Pembahasan

Tabel hasil pengujian

Jumlah Sudu	Tekanan Masuk	Tekanan Keluar	Kecepatan Putar	Gaya Tarik Rem	Gaya Tarik Rem	Debit	Debit	L	Densitas	Mass Flow	H in	H out	Daya Up	Torsi Turbin	Daya Turbin	Efisiensi
	Psi	Psi	RPM	Gram	N	l/m	m3/s	m	kg/m3	kg/s	kJ/kg	kJ/kg	watt	N.m	watt	
5	60	50	490,0	0	0,000	8	0,00013	0,07	2,570	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,000	0,000	0%
			470,0	15	0,147	8	0,00013	0,07	2,570	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,010	0,507	23%
			450,0	20	0,196	8	0,00013	0,07	2,570	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,014	0,647	29%
			420,0	25	0,245	8	0,00013	0,07	2,570	0,000343	2748,91	2742,5	2,203	0,017	0,755	34%
	50	40	470,0	0	0,000	7	0,00012	0,07	2,220	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,000	0,000	0%
			450,0	10	0,098	7	0,00012	0,07	2,220	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,007	0,323	16%
			430,0	15	0,147	7	0,00012	0,07	2,220	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,010	0,464	23%
			415,0	20	0,196	7	0,00012	0,07	2,220	0,000259	2742,48	2734,9	1,974	0,014	0,597	30%
	40	30	460,0	0	0,000	6	0,00010	0,07	1,870	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,000	0,000	0%
			440,0	5	0,049	6	0,00010	0,07	1,870	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,003	0,158	9%
			420,0	10	0,098	6	0,00010	0,07	1,870	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,007	0,302	17%
			405,0	15	0,147	6	0,00010	0,07	1,870	0,000187	2734,86	2725,6	1,730	0,010	0,437	25%
7	60	50	580,0	0	0,000	9	0,00015	0,07	2,570	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,000	0,000	0%
			560,0	20	0,196	9	0,00015	0,07	2,570	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,014	0,805	32%
			550,0	25	0,245	9	0,00015	0,07	2,570	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,017	0,988	40%
			535,0	30	0,294	9	0,00015	0,07	2,570	0,000386	2748,91	2742,5	2,479	0,021	1,154	47%
	50	40	560,0	0	0,000	8	0,00013	0,07	2,220	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,000	0,000	0%
			545,0	15	0,147	8	0,00013	0,07	2,220	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,010	0,588	26%
			535,0	20	0,196	8	0,00013	0,07	2,220	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,014	0,769	34%
			520,0	25	0,245	8	0,00013	0,07	2,220	0,000296	2742,48	2734,9	2,256	0,017	0,934	41%
	40	30	540,0	0	0,000	7	0,00012	0,07	1,870	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,000	0,000	0%
			530,0	10	0,098	7	0,00012	0,07	1,870	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,007	0,381	19%
			515,0	15	0,147	7	0,00012	0,07	1,870	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,010	0,555	28%
			500,0	20	0,196	7	0,00012	0,07	1,870	0,000218	2734,86	2725,6	2,018	0,014	0,719	36%
9	60	50	630,0	0	0,000	10	0,00017	0,07	2,570	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,000	0,000	0%
			615,0	25	0,245	10	0,00017	0,07	2,570	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,017	1,105	40%
			600,0	30	0,294	10	0,00017	0,07	2,570	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,021	1,294	47%
			580,0	35	0,343	10	0,00017	0,07	2,570	0,000428	2748,91	2742,5	2,754	0,024	1,459	53%
	50	40	610,0	0	0,000	9	0,00015	0,07	2,220	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,000	0,000	0%
			590,0	20	0,196	9	0,00015	0,07	2,220	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,014	0,848	33%
			575,0	25	0,245	9	0,00015	0,07	2,220	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,017	1,033	41%
			560,0	30	0,294	9	0,00015	0,07	2,220	0,000333	2742,48	2734,9	2,537	0,021	1,207	48%
	40	30	590,0	0	0,000	8	0,00013	0,07	1,870	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,000	0,000	0%
			575,0	15	0,147	8	0,00013	0,07	1,870	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,010	0,620	27%
			560,0	20	0,196	8	0,00013	0,07	1,870	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,014	0,805	35%
			540,0	25	0,245	8	0,00013	0,07	1,870	0,000249	2734,86	2725,6	2,306	0,017	0,970	42%

Berikut merupakan grafik nilai dari daya turbin(watt) berbanding kecepatan putar (rpm) :

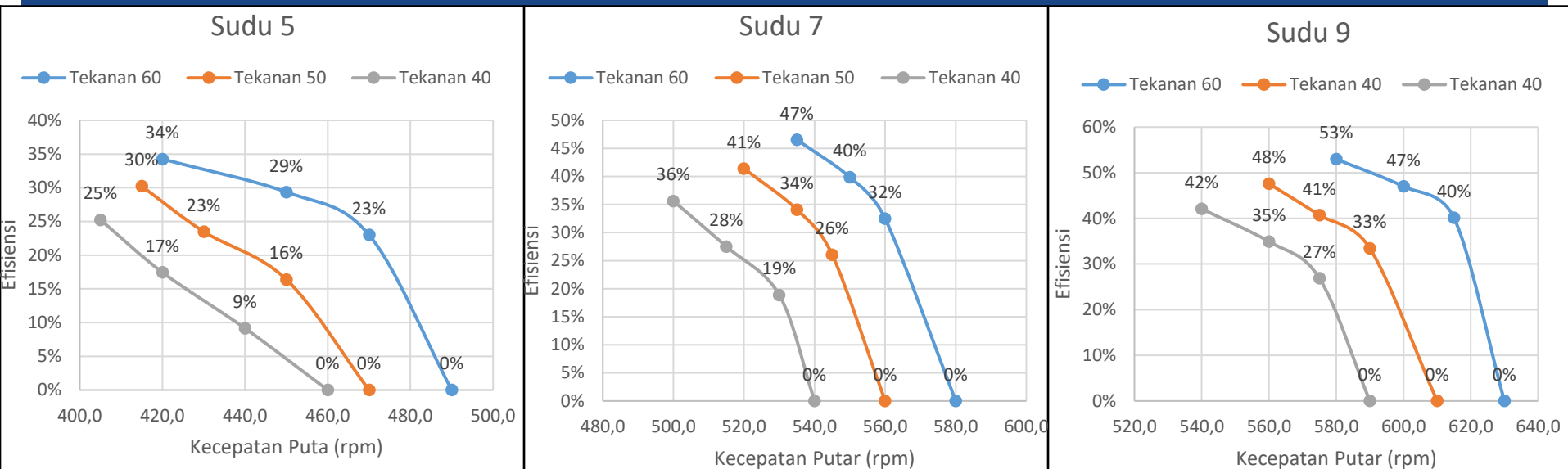


Berdasarkan grafik hubungan antara daya turbin (watt) terhadap kecepatan putar (RPM) pada tekanan uap 60 psi, 50 psi, dan 40 psi untuk variasi jumlah sudu 5, 7, dan 9, dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu dan tekanan uap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa turbin. Pada tekanan 60 psi, sudu 9 menghasilkan daya maksimum tertinggi sebesar 1,459 watt pada kecepatan sekitar 590 RPM, diikuti oleh sudu 7 sebesar 1,158 watt pada 540 RPM, dan sudu 5 hanya mencapai 0,755 watt pada 430 RPM. Pola serupa terlihat pada tekanan 50 psi, di mana sudu 9 menghasilkan daya 1,207 watt, sudu 7 sebesar 0,934 watt, dan sudu 5 sebesar 0,597 watt. Pada tekanan 40 psi, sudu 9 tetap unggul dengan daya 0,970 watt, disusul sudu 7 sebesar 0,719 watt, dan sudu 5 hanya 0,437 watt.

Secara umum, semakin besar jumlah sudu dan semakin tinggi tekanan uap, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan turbin. Selain itu, setiap konfigurasi jumlah sudu memiliki titik kecepatan putar optimum di mana daya maksimum tercapai; melebihi titik tersebut justru menyebabkan penurunan daya. Oleh karena itu, kombinasi terbaik untuk menghasilkan daya maksimum adalah menggunakan 9 sudu, tekanan 60 psi, dan kecepatan putar sekitar 590 RPM.



Berikut merupakan grafik nilai dari Efisiensi turbin berbanding dengan kecepatan putar (rpm):

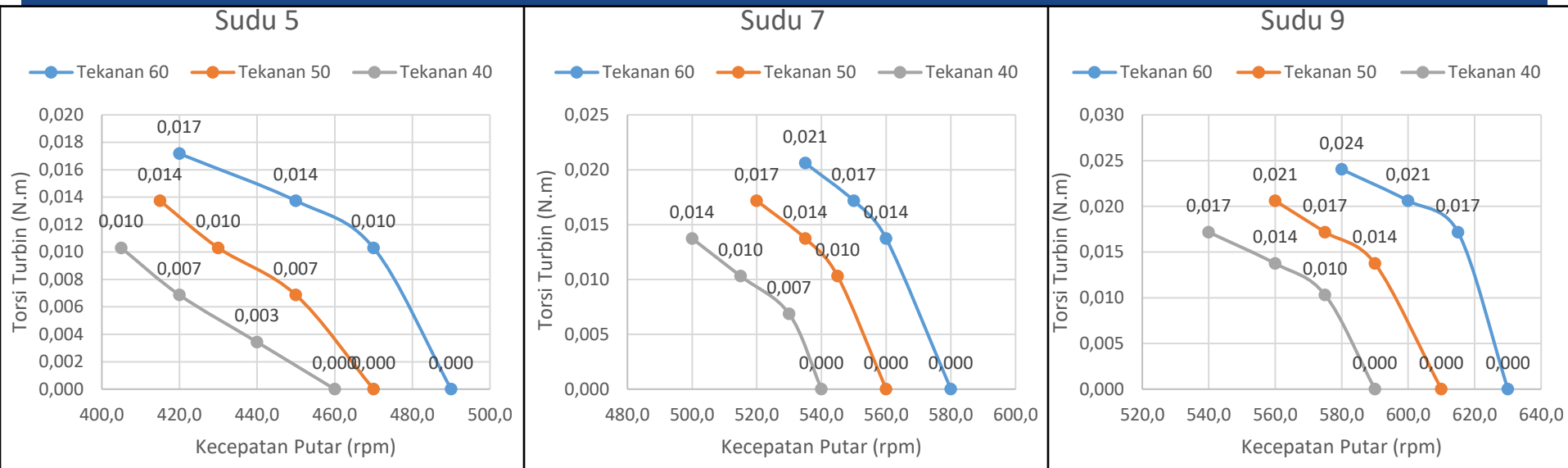


Grafik-grafik ini menunjukkan bagaimana efisiensi turbin berubah tergantung jumlah sudu, tekanan uap, dan kecepatan putar. Secara umum, efisiensi meningkat seiring bertambahnya jumlah sudu dan tekanan uap, serta mencapai nilai maksimum pada kecepatan tertentu sebelum akhirnya turun.

Untuk sudu 5, efisiensi tertinggi tercapai pada tekanan 60 psi yaitu 34% di sekitar 420 rpm. Saat jumlah sudu ditingkatkan menjadi 7, efisiensi maksimum naik menjadi 47% di tekanan 60 psi dan kecepatan sekitar 530 rpm. Kemudian pada sudu 9, efisiensi tertinggi mencapai 53% pada tekanan 60 psi di kecepatan sekitar 580 rpm. Semakin tinggi tekanan dan semakin banyak sudu, efisiensi cenderung meningkat, namun tetap bergantung pada kecepatan yang tepat. Efisiensi turun drastis jika kecepatan melebihi titik optimal, bahkan bisa jatuh ke 0%.

Kesimpulannya, konfigurasi terbaik untuk efisiensi adalah menggunakan 9 sudu dengan tekanan 60 psi pada kecepatan putar sekitar 580 rpm. Ini menunjukkan bahwa daya maupun efisiensi bekerja optimal dengan tekanan tinggi, jumlah sudu yang lebih banyak, dan pengaturan kecepatan putar yang tepat.

Berikut adalah data perbandingan antara torsi turbin(N.m) dengan Kecepatan Putar (rpm):

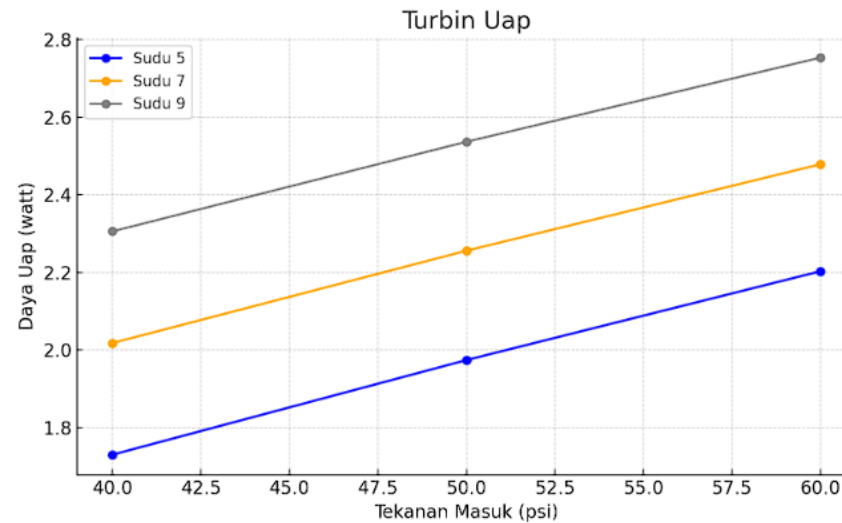


Grafik-grafik ini menunjukkan torsi (gaya puntir) yang dihasilkan turbin pada berbagai jumlah sudu, tekanan uap, dan kecepatan putar. Secara umum, makin banyak jumlah sudu dan makin tinggi tekanannya, makin besar torsi yang bisa dihasilkan. Torsi ini juga punya titik maksimal di kecepatan tertentu, lalu turun jika kecepatannya terus dinaikkan.

Untuk sudu 5, torsi tertinggi ada di tekanan 60 psi dengan nilai sekitar 0,017 Nm di kecepatan 430 rpm. Saat sudu ditambah jadi 7, torsi maksimum naik menjadi 0,021 Nm, juga di tekanan 60 psi pada kecepatan sekitar 550 rpm. Pada sudu 9, torsi paling tinggi tercapai di tekanan 60 psi dengan nilai 0,024 Nm pada kecepatan sekitar 580 rpm. Jadi, bisa dilihat bahwa semakin banyak jumlah sudu dan makin tinggi tekanannya, torsi yang dihasilkan juga lebih besar, asalkan kecepatan putarnya pas.

Kesimpulannya, jika ingin mendapatkan torsi yang paling besar dari turbin, pilihan terbaiknya adalah memakai 9 sudu, tekanan 60 psi, dan jalankan di kecepatan sekitar 580 rpm. Jika kecepatannya terlalu tinggi atau terlalu rendah dari titik itu, torsinya akan turun lagi. Jadi, semua faktor harus seimbang untuk hasil maksimal.

## Perbandingan Daya uap(watt) dengan Tekanan(psi)



Berikut adalah grafik perbandingan Daya Uap terhadap Tekanan Masuk untuk tiga variasi jumlah sudu (Sudu 5, Sudu 7, dan Sudu 9). Grafik ini menggambarkan tren daya uap meningkat seiring dengan kenaikan tekanan, dan menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sudu (hingga 9), semakin tinggi daya uap yang dihasilkan.

# KESIMPULAN

- Performa turbin uap sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara jumlah sudu, tekanan uap, dan kecepatan putar. Penambahan jumlah sudu dari 5 hingga 9 meningkatkan daya, efisiensi, dan torsi karena interaksi uap yang lebih luas. Tekanan uap tertinggi, yaitu 60 psi, menghasilkan performa terbaik, namun harus disesuaikan dengan kecepatan putar optimal tiap konfigurasi sudu. Masing-masing jumlah sudu memiliki kecepatan ideal tersendiri, di mana performa mencapai puncaknya; melebihi kecepatan ini justru menurunkan efisiensi. Ketiga parameter saling terkait, sehingga optimasi tidak bisa dilakukan secara terpisah. Konfigurasi terbaik adalah 9 sudu, tekanan 60 psi, dan kecepatan 580–590 rpm untuk hasil maksimal.

# Terima kasih