

# Perancangan Turbin Uap Sudu Impuls Satu Tingkat Untuk Penggerak Mesin Penyaring Sari Tahu

<sup>1</sup>Charis Michel Inrianto, <sup>2</sup>Fatkur Rhohman

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-Mail: [127michelcharis@gmail.com](mailto:127michelcharis@gmail.com), [fatkurrohman@unpkediri.ac.id](mailto:fatkurrohman@unpkediri.ac.id)

Penulis Koresponden: Charis Michel Inrianto

**Abstrak** — Penelitian ini bertujuan merancang turbin uap sudu impuls satu tingkat sebagai penggerak mesin penyaring sari tahu dengan memanfaatkan uap dari proses pemasakan kedelai. Metode perancangan dilakukan secara numerik berdasarkan pendekatan termodinamika dan mekanika fluida, meliputi perhitungan volume spesifik, densitas uap, kecepatan aliran, laju massa, daya turbin, kecepatan tepi sudu, whirl velocity, dan sudut masuk uap. Hasil perancangan menunjukkan bahwa turbin mampu menghasilkan daya sebesar 208 watt, dengan putaran target 1000 RPM, pada pengujian aktual dapat menghasilkan putaran maksimum 7619 RPM dan torsi sebesar 1,98 Nm, serta sudut masuk uap sebesar 31,5°. Turbin dirancang dengan struktur kompak, menggunakan nozzle konvergen dan cakram berdiameter optimal, sehingga cocok diterapkan di industri pengolahan tahu skala kecil hingga menengah sebagai solusi hemat energi yang efisien dan ramah lingkungan.

**Kata Kunci** — Energi Uap, Tahu, Turbin Uap

**Abstract** — This study aims to design a single-level impulse blade steam turbine as a drive for a tofu juice filter machine by utilizing steam from the soybean cooking process. The design method is carried out numerically based on thermodynamic and fluid mechanics approaches, including the calculation of specific volume, steam density, flow velocity, mass rate, turbine power, blade edge speed, whirl velocity, and steam entry angle. The design results show that the turbine is capable of producing 208 watts of power, with a target rotation of 1000 RPM, in actual tests it can produce a maximum rotation of 7619 RPM and a torque of 1.98 Nm, and a steam inlet angle of 31.5°. The turbine is designed with a compact structure, using a convergent nozzle and optimal diameter disc, making it suitable for small to medium scale tofu processing industries as an efficient and environmentally friendly energy saving solution.

**Keywords** — Steam Energy, Steam Turbine, Tofu

This is an open access article under the CC BY-SA License.



## I. PENDAHULUAN

Tahu sudah menjadi makanan yang terkenal di kalangan masyarakat Indonesia sebagai pengganti ikan/daging. Tahu merupakan makanan yang mulanya berasal dari negeri Tirai Bambu (China), namun makanan ini sekarang menjadi primadona di banyak kalangan masyarakat Indonesia [1]. Tahu juga sebagai makanan kesukaan warga negara Indonesia karena harganya yang murah dan mudah didapat. Selain itu tahu juga memiliki nilai protein yang cukup untuk memenuhi kebutuhan protein harian setiap individu. Kandungan protein yang terkandung dalam tahu cukup tinggi, yaitu mencapai 7,8% per 100 grammnya, oleh karena itu tahu menjadi sumber protein yang tepat sebagai alternatif [2]. Maka dari itu di Indonesia banyak sekali pengolah atau pengusaha tahu. Pengusaha tahu yang ada mulai dari sekala produksi kecil hingga besar. Karena masifnya konsumsi tahu di masyarakat, maka dari itu hal ini (usaha pengolah tahu) pengusaha tahu tersebar ke banyak daerah.

Selain untung yang menjanjikan, pembuatan tahu termasuk dalam kategori mudah dalam pengolahannya. Pengolahan perendaman kedelai, penggilingan kedelai menjadi bubur kedelai, proses pemasakan, pemisahan sari dan ampas, pemberian cuka, dan penirisan. Dari Langkah proses tersebut,

prosesnya memerlukan energi yang cukup besar [3]. Energi yang diperlukan dapat berupa tenaga manusia, motor listrik dan panas. Untuk industri kelas menengah (kira-kira 20-30 kg per proses), biasanya pemasakan menggunakan tekanan uap daripada tungku kayu bakar. Pemasakan menggunakan uap panas ini memiliki tingkat efisiensi yang cukup besar. Karena hanya memerlukan satu tungku saja untuk memanaskan air didalam ketel. Sehingga uap yang dihasilkan dapat dialirkan ke beberapa tungku masak dengan lebih mudah [4]. Proses yang cukup memerlukan tenaga yang besar ialah proses penyaringan sari pati tahu. Setelah mengalami proses pemasakan, tahu kemudian disaring dengan kain. Penyaringan ini bertujuan supaya sari pati tahu terpisah dari ampasnya yang berupa bulir kasar dan kulit ari kedelai. Penyaringan ini menggunakan metode ayun. Dari proses inilah timbul sebuah ide untuk membuat alat yang memiliki cara kerja yang sama. Mesin ini memiliki konstruksi yang sederhana. Mesin penyaring ini digerakkan oleh motor listrik yang terhubung ke speed reducer (pengurang kecepatan) dengan menggunakan V-belt [5].

Mesin penyaring sari pati tahu yang ada saat ini kurang efisien karena motor listriknya membutuhkan daya awal tinggi dan sering on-off, menyebabkan konsumsi listrik meningkat. Untuk meningkatkan efisiensi, dikembangkan alternatif menggunakan uap dari proses memasak kedelai sebagai sumber energi. Uap ini akan digunakan untuk memutar turbin uap kecil yang dirancang sederhana dan kompak (compact). Turbin akan bekerja pada tekanan rendah ( $6 - 8 \text{ Bar}$ ) yang umum tersedia di industri tahu. Dengan desain sudu turbin impuls satu tingkat yang tepat, diharapkan turbin ini mampu menghasilkan putaran dan torsi yang cukup untuk menggerakkan mesin penyaring sari pati tahu dengan tanpa konsumsi daya listrik.

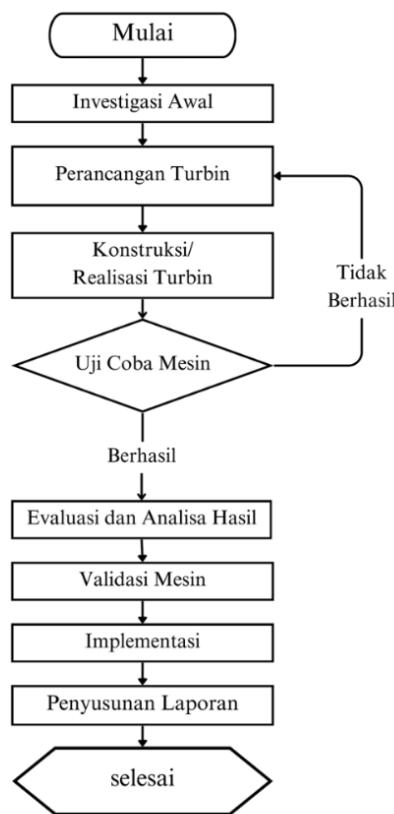
Perancangan turbin ini didasarkan oleh penelitian terdahulu yang juga membahas tentang pemanfaatan turbin uap. Penelitian yang merancang tentang turbin uap menyatakan hasil rancangannya yaitu mencapai torsi sebesar  $0,6 \text{ Nm}$  [6]. Pada penelitian yang lainnya, turbin dengan masukan uap sebesar  $5 \text{ Bar}$  mampu menghasilkan daya listrik sebesar  $2,3 \text{ volt}$  dengan efisiensi turbin sebesar 0,041% [7]. Sementara itu, pada penelitian tentang turbin dengan sudu impuls mampu mengeluarkan arus daya sebesar 5,5 volt [8]. Terdapat juga penelitian yang menghasilkan daya listrik sebesar  $1,45 \text{ kW}$  dengan menggunakan turbin uap dengan diameter 40 cm dan memiliki efisiensi turbin sebesar 49,6% [9]. Suatu penelitian yang lain tentang turbin uap, turbin mampu menghasilkan daya sebesar 23,32 watt, serta memiliki torsi terukur pada generator sebesar  $0,18 \text{ Nm}$  dan efisiensi turbin sebesar 11,1% [10]. Kemudian, pada penelitian yang membahas tentang siklus rankine organic bahwa turbin dapat mengeluarkan daya sebesar  $10 \text{ kW}$  pada putaran 3500 RPM dan memiliki efisiensi turbin sebesar 83% [11]. Tujuan dari dilakukannya perancangan ini ialah untuk merancang turbin uap dengan sudu impuls satu tingkat. Turbin ini akan dimanfaatkan sebagai motor penggerak mesin penyaring sari tahu.

## II. METODE

### A. Pendekatan Perancangan

Pendekatan perancangan pada pengembangan sudu turbin sebagai penggerak mesin penyaring bubur tahu dengan kapasitas 25 kg tiap proses. Metode yang diadopsi ialah perhitungan perancangan dengan berdasar dari eksperimen yang sudah ada dan dirancang dengan menggunakan *software SolidWorks* serta diaplikasikan pada mesin untuk digunakan. Turbin dirancang ulang dengan dimensi yang kompak dan efisien. Turbin diambil karena peneliti hendak memanfaatkan uap dari boiler yang hanya digunakan untuk memasak, bisa digunakan untuk menjadi penggerak mesin penyaring bubur tahu.

## B. Prosedur Perancangan



Gambar 1 Daigram Alur Perancangan

1. Investigasi awal, dilakukan untuk menggali potensi ide di tempat pelaku industri. Di tampat ini di dapatkan sebuah gagasan yang nantinya akan dikembangkan lebih lanjut.
2. Perancangan alat, dalam hal ini yang perancang ambil ialah untuk merancang turbin uap yang dilakukan dengan melakukan perhitungan untuk mendapat turbin yang efisien.
3. Realisasi, pada tahapan ini dilakukan pengembangan alat atau proses pembuatan alat berdasar perhitungan yang sudah dibuat sebelumnya.
4. Uji coba mesin, tahapan uji coba dilakukan untuk memastikan mesin dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perhitungan, hal ini juga dimaksudkan sebagai ajang untuk mengetahui masalah yang timbul.
5. Evaluasi dan analisa data, dilakukan untuk diadakannya refleksi dan penilaian alat yang nantinya akan dilakukan tindakan bila ditemukan ketidakberfungsian alat.
6. Validasi mesin, dilakukan guna memvalidasi keberfungsian mesin sesuai dengan data dan perhitungan yang sudah ada.
7. Implementasi, setelah dilakukan revisi dan validasi mesin alat maka selanjutnya dilakukan pengimplementasian alat pada industri
8. Penyusunan laporan, dilakukan guna memastikan bahwa seluruh rangkaian pekerjaan telah dilakukan dengan baik dan mendokumentasikan bahwa alat dapat berfungsi semestinya.

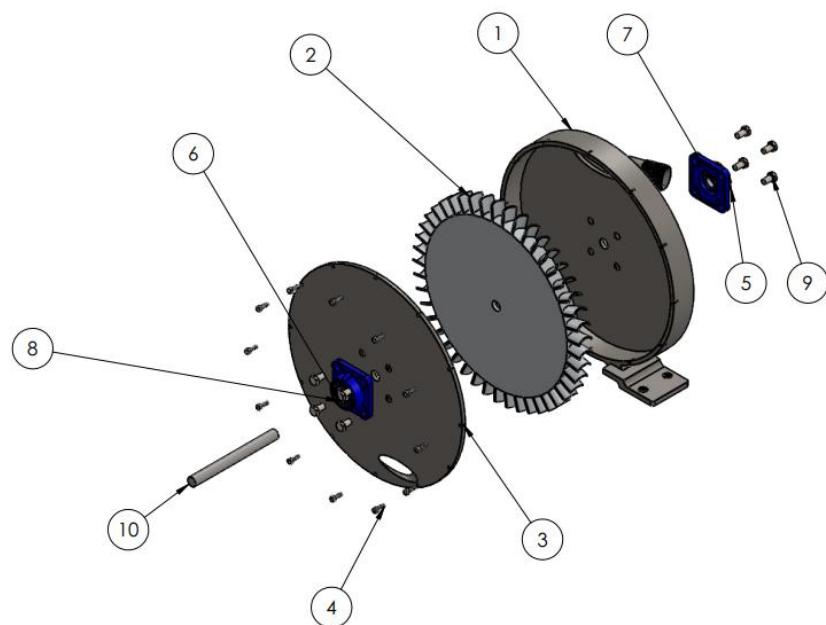
## C. Design perancangan

Berikut desain perancangan dari turbin uap untuk mesin penggerak penyaring bubur tahu:



Gambar 2 Gambar 3D Turbin Uap

Berikut ini adalah detail tiap bagian dari turbin uap:



Gambar 3 Nomor Part Turbin

Tabel 1 Tabel Material Part Turbin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY
1	<i>Turbine Housing</i>	<i>Metal 8mm</i>	1
2	<i>Turbine Blade</i>	<i>Blade 2mm</i>	1
3	<i>Turbine Cap</i>	<i>Metal 8mm</i>	1
4	<i>Cap Bolt</i>	<i>M6×1.25</i>	12
5	<i>SKF Bearing Units</i>	<i>Pillow</i>	1
6	<i>SKF Bearing Units</i>	<i>Pillow</i>	1
7	<i>SKF Bearing Units</i>	<i>Bearing</i>	1
8	<i>SKF Bearing Units</i>	<i>Bearing</i>	1
9	<i>SKF Bearing Bolt</i>	<i>M12 × 1.5</i>	8
10	<i>Shaft</i>	<i>Ø 19mm</i>	1

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan perancangan

Data yang telah diketahui dari produksi uap yang ada pada tempat penelitian ialah, tekanan yang diproduksi sebesar  $8 \text{ Bar} / 800 \text{ kPa}$ , memiliki temperatur keluaran sebesar  $170.41^\circ\text{C} / 443.5\text{K}$  serta luas penampang pipanya sebesar  $1 \text{ inch}$ . Berdasarkan data yang diketahui bahwa konstanta gas spesifik uap air ialah memiliki nilai  $0.4615 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ .

##### 1. Mencari volume spesifik uap

Menggunakan persamaan gas ideal yaitu:

$$Pv = RT \quad (1)$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{RT}{P} \\ v &= \frac{0.4615 \times 448}{800} \\ v &= \frac{206.652}{800} \end{aligned}$$

Maka,  $v = 0.258 \text{ m}^3/\text{kg}$

Maka diketahui nilai volume spesifik uap air adalah  $v = 0.258 \text{ m}^3/\text{kg}$ .

Setelah mengetahui volume spesifik uap air ( $v$ ), maka kita akan menghitung juga densitas dari uap air  $\rho$ .

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{800}{0.4615 \times 443.5} \\ \rho &= 3.908 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka diketahui densitas dari uap air ialah  $\rho = 3.908 \text{ kg/m}^3$

##### 2. Menghitung kecepatan uap

Kecepatan uap dihitung dengan menggunakan sekenario uap jenuh dengan menggunakan bantuan persamaan dari table *enthalpy* dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$V = \sqrt[2]{2(h_1 - h_2) \cdot 1000} \quad (3)$$

$$V = \sqrt[2]{2(2767 - 2608) \cdot 1000}$$

$$V = \sqrt[2]{2 \times 159 \times 1000}$$

$$V = \sqrt[2]{318000}$$

$$V = 20\sqrt{795}$$

$$V = 20\sqrt{795}$$

$$V = 563.91 \text{ m/s}$$

Maka nilai dari kecepatan uap berdasarkan perbedaan *enthalpy* ialah  $563.91 \text{ m/s}$

3. Mencari nilai laju aliran massa uap

Laju aliran massa uap air ( $\dot{m}$ ), ialah:

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \rho \cdot A \cdot V \\ \dot{m} &= 3.869 \times 0.000506 \times 563.91 \\ \text{maka, } \dot{m} &= 1.103 \text{ kg/s}\end{aligned}\tag{4}$$

Di dapatkan hasil dari laju aliran massa yaitu  $\dot{m} = 1.103 \text{ kg/s}$

4. Mencari daya turbin uap

Langkah semanjutnya ialah mencari daya turbin uap sebagai target dari perancangan turbin uap, daya trubin dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}W_t &= \dot{m} \times \Delta h \\ W_t &= 1.103 \times 189 \\ W_t &= 208 \text{ watt} = 0.208 \text{ kW}\end{aligned}\tag{5}$$

Daya turbin uap yang diketahui dengan persamaan diatas ialah sebesar  $W_t = 208 \text{ watt} = 0.208 \text{ kW}$

5. Untuk menghitung sudut terjang uap memasuki sudu turbin maka digunakan persamaan sebagai berikut ini,

$$\cos(\alpha_1) = \frac{V_{f1}}{V_{w1}}\tag{6}$$

Maka dapat dicari terlebih dahulu utnuk *flow velocity*-nya terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}V_f &= \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} \\ V_f &= \frac{1.103}{3.908 \times 0.0000712} \\ V_f &= \frac{1103}{86953} \\ V_f &= \frac{1000}{312500000} \\ V_f &= \frac{344687500}{86953} \\ V_f &= 3964.06 \text{ m/s} \\ \text{maka, } V_f &= 3964.06 \text{ m/s}\end{aligned}\tag{7}$$

Maka nilai dari *flow velocity* didapatkan nilai sebesar  $3964.06 \text{ m/s}$ .

Setelah mendapatkan nilai *flow velocity* kita akan menghitung nilai *whirl velocity* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$V_w = \frac{W_t}{\dot{m} \cdot u}\tag{8}$$

Namun sebelum menghitung *whirl velocity* kita harus mengetahui nilai dari kecepatan sudut sudu. Maka dari itu kecepatan tepi sudu dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}u &= \omega \cdot r = \frac{2\pi \cdot N \cdot r}{60} \\ u &= \frac{2\pi \times 1000 \times 0.4}{60} \\ u &= \frac{\pi \times 100 \times 0.4}{3} \\ u &= \frac{40\pi}{3} = 41.88 \text{ m/s}\end{aligned}\tag{9}$$

Maka nlai dari kecepatan tepi sudu  $\frac{40\pi}{3}$  atau  $41.88 \text{ m/s}$

Setelah mendapat nilai dari kecepatan tepi sudu, maka kita bisa menghitung *whirl velocity* dengan persamaan berikut:

$$V_w = \frac{W_t}{\dot{m} \cdot u}\tag{8}$$

$$V_w = \frac{208}{1.103 \times 41.88}$$

$$V_w = \frac{208}{1154841}$$

$$V_w = \frac{25000}{5200000}$$

$$V_w = \frac{1154841}{1154841}$$

$$V_w = 4.502 \text{ m/s}$$

Maka nilai dari *whirl velocity* ialah  $4.502 \text{ m/s}$

Setelah mendapat nilai *Flow Velocity* dan *Whirl Velocity*, maka akan kita hitung sudut masuk uap dinotasikan dengan persamaan berikut ini:

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{V_{f1}}{V_{w1}} \right) \quad (6)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{3964.06}{4.502} \right)$$

$$\alpha = \cos \left( \frac{3964.06}{4.502} \right)^{-1}$$

$$\alpha = 31.5^\circ$$

Maka diketahui sudut masuk uap masuk turbin ialah  $31.5^\circ$

#### 6. Diameter cakram turbin

Diameter cakram turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$d = \frac{u \cdot 60}{\pi \cdot N} \quad (10)$$

Nilai dari ( $u$ ) ialah sebesar  $20.94 \text{ m/s}$  maka dapat dihitung diameter cakramnya:

$$d = \frac{u \cdot 60}{\pi \cdot N}$$

$$d = \frac{20.94 \cdot 60}{\pi \cdot 1000}$$

$$d = 0.999 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

Maka diameter yang ideal untuk turbin rancangan ini ialah  $0.4 \text{ m}$

#### 7. Menghitung torsi

Menghitung torsi turbin dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini [12]:

$$\tau = \frac{P}{2 \cdot \pi \frac{n}{60}} \quad (11)$$

$$\tau = \frac{208}{2 \cdot \pi \frac{1000}{60}}$$

$$\tau = 1.98 \text{ Nm}$$

Torsi keluaran yang dihasilkan oleh turbin adalah  $1.98 \text{ Nm}$

## B. Realisasi Produk

### 1. Hasil Perancangan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan yang sudah dilakukan. Maka, turbin uap dengan suatu impuls satu tingkat memiliki spesifikasi teoritis sebagai berikut ini:

Table 2. Spesifikasi Turbin

No.	Hasil	Keterangan
1.	Jenis Turbin	Turbin Impuls Satu Tingkat
2.	Tekanan Uap	800 kPa
3.	Temperatur	443.5K
4.	Daya Turbin Uap	208 watt
5.	Putaran	1000 RPM
6.	Jumlah Sudu Gerak	45 buah
7.	Diameter Cakram Turbin	0.4m
8.	Jenis Nozzle	Konvergen
9.	Luas Penampang Nozzle	0.0000712 m <sup>2</sup>
10.	Torsi Turbin	1.98 Nm



Gambar 4 Rotor Turbin



Gambar 5 Turbi dengan casing

## 2. Hasil Pengujian

Turbin uap berkinerja baik dalam pengujian. Dalam pengujian, turbin bekerja dengan baik tanpa bantuan dari luar, beroperasi pada kapasitas optimalnya. Pada tekanan uap 8 bar, turbin mencapai putaran maksimum yaitu 7619 RPM. Hasil dari pengujian ini membuktikan bahwa konstruksi dan desain turbin telah secara efisien meneruskan energi tekanan uap sebagai energi mekanik. Nilai RPM yang dicapai membuktikan bahwa bentuk sudu, saluran uap, dan sistem transmisi daya berfungsi secara efektif untuk parameter operasi tersebut.

## IV. KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Turbin uap sudu impuls satu tingkat berhasil dirancang dan direalisasikan sebagai penggerak mesin penyaring sari tahu dengan memanfaatkan uap dari proses pemasakan kedelai. Proses perancangan dilakukan melalui pendekatan numerik dan perhitungan termodinamika, meliputi volume spesifik, densitas uap, kecepatan aliran, laju massa, daya, torsi, serta analisis sudut dan kecepatan sudu. Hasil perancangan menunjukkan bahwa turbin mampu menghasilkan daya sebesar 208 watt, dengan putaran rata-rata 1000 RPM dan torsi sebesar 1,98 Nm, serta sudut masuk uap sebesar 31,5°. Turbin ini memiliki struktur kompak dan menggunakan nozzle konvergen dengan cakram berdiameter optimal. Dari hasil uji coba, turbin mampu menggerakkan mesin penyaring tanpa bantuan energi listrik tambahan. Hal ini membuktikan bahwa pemanfaatan uap pemasakan juga sebagai sumber energi

mekanik merupakan solusi efisien dan layak diterapkan pada industri tahu skala kecil hingga menengah, sekaligus mendukung penghematan energi dan efisiensi proses produksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunyoto, Siti Harnina Bintari, and Rosidah, “PENERAPAN IPTEK USAHA PEMBUATAN TAHU DAN TEMPE DI BANDUNGAN KABUPATEN SEMARANG,” *Rekayasa*, vol. 12, pp. 231–237, Jul. 2014, doi: <https://doi.org/10.15294/rekayasa.v12i1.5583>.
- [2] K. Y. Baskara, S. Hindarti, and N. Khoiriyah, “POLA KONSUMSI TAHU RUMAH TANGGA PETANI DI DESA GADINGKULON KECAMATAN DAU,” *J. Sos. Ekon. Pertan. dan Agribisnis*, vol. 1, pp. 1–14, 2024, [Online]. Available: <http://riset.unisma.ac.id/index.php/SEAG>
- [3] D. Murdianto, M. F. Nurdin, D. Santoso, P. Raja, and L. Silalahi, “RANCANG BANGUN ALAT PENYARING SUSU KEDELAI MENGGUNAKAN MOTOR LISTRIK,” *J. SIMETRIS*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.24176/simet.v14i1.9344>.
- [4] S. Sudarman, S. Suwahyo, and S. Sunyoto, “PENERAPAN KETEL UAP (STEAM BOILER) PADA INDUSTRI PENGOLAHAN TAHU UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI DAN KUALITAS PRODUK,” *Sainteknol J. Sains dan Teknol.*, vol. 13, no. 1, 2015, doi: <https://doi.org/10.15294/sainteknol.v13i1.5338>.
- [5] E. Hasman *et al.*, “RANCANG BANGUN MESIN PENYARING BUBUR TAHU DESIGN OF A TOFU SLURRY FILTER MACHINE,” *Atech-i*, vol. 1, no. 2, pp. 43–53, 2024, doi: <https://doi.org/10.55043/atech-i.v1i2.23>.
- [6] Muhamad Rizky Septianto, Massus Subekti, and Daryanto, “RANCANG BANGUN TURBIN UAP PADA MAKET PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP,” *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 2, pp. 37–40, Nov. 2017, doi: <https://doi.org/10.21009/JEVET.0022.08>.
- [7] Haidar Rahman, “RANCANG BANGUN MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP MENGGUNAKAN TURBIN IMPULS Tugas Akhir,” Yogyakarta, 2016. [Online]. Available: <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/32587>
- [8] Susilowati et al, “Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Turbin Impuls Diameter 70 Cm,” *J. Kaji. Tek. Mesin UNTAG*, vol. 8, no. 1, pp. 38–47, 2023, doi: <https://doi.org/10.52447/jktm.v8i1.6467>.
- [9] R. Darmawan, M. Marno, N. Fauji, P. Studi Teknik Mesin, and F. Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang, “Rancang Bangun Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kapasitas 1,45 KW di Lingkungan Kampus UNSIKA,” vol. 4, pp. 29–40, Jun. 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.17977/um054v4i1p29-40>.
- [10] I. Putu Angga Tata Pradana, C. Gede Indra Partha, and I. Gusti Ngurah Janardana, “PERANCANGAN PROTOTYPE PLTSA DENGAN TURBIN IMPULS SATU TINGKAT,” *J. SPEKTRUM*, vol. 10, no. 4, pp. 42–49, Dec. 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i04.p6>.
- [11] A. Bonar, A. D. Pasek, W. Adriansyah, and R. Setiawan, “Design and optimization of micro radial inflow turbine for low thermal organic Rankine cycle using the preliminary design method,” *Results Eng.*, vol. 24, p. 103632, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103632>.
- [12] N. Peng, E. Wang, and W. Wang, “Design and analysis of a 1.5 kW single-stage partial-admission impulse turbine for low-grade energy utilization,” *Energy*, vol. 268, no. October 2022, p. 126631, 2023, doi: <10.1016/j.energy.2023.126631>.