

## Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air

**Yudhistira Awang Dewangga**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [yudhistiradewangga@mhs.unesa.ac.id](mailto:yudhistiradewangga@mhs.unesa.ac.id)

**Nur Kholis, Farid Baskoro, Subuh Isnur Haryudo**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [nurkholis@unesa.ac.id](mailto:nurkholis@unesa.ac.id), [faridbaskoro@unesa.ac.id](mailto:faridbaskoro@unesa.ac.id), [subuhisnur@unesa.ac.id](mailto:subuhisnur@unesa.ac.id)

### Abstrak

Tingkat kebutuhan akan sumber daya listrik pada saat ini sangat tinggi, kondisi geografis Indonesia memiliki banyak sungai dan air terjun dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui pembangkit listrik tenaga air. Untuk meningkatkan kinerja pembangkit maka pemilihan penggunaan jenis turbin yang tepat serta komposisi jumlah sudu pada *runner* generator yang sesuai dengan aliran debit air serta tinggi jatuh air membuat turbin dapat bekerja lebih efektif. Oleh karena itu, tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh jumlah sudu turbin dan efisiensi sistem pada generator pembangkit listrik tenaga air. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah jenis sudu, debit aliran air, katup bukaan, geometris bilah sudu, diameter turbin serta sudut keluaran *nozzle*. Metode penelitian yang digunakan adalah *literature review* yang dilakukan dengan cara mengumpulkan referensi melalui jurnal dan referensi lainnya yang relevan dengan penelitian. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa jumlah sudu berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh generator listrik tenaga air, namun jumlah sudu tidak selalu mempengaruhi output dari generator, jumlah sudu yang sesuai dengan variabel yang dipergunakan secara optimal yang mempengaruhi efisiensi sistem untuk mendapat daya yang optimal pada generator.

**Kata Kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Air, Jumlah Sudu Turbin, Generator

### Abstract

The level of demand for electricity resources is currently very high, Indonesia's geographical condition has many rivers and waterfalls that can be used to generate electricity through hydroelectric power plants. To improve the performance of the generator, the selection of the right type of turbine and the composition of the number of blades on the runner generator that is in accordance with the flow of water discharge and the height of the waterfall makes the turbine work more effectively. Therefore, the purpose of this research is to analyze the effect of the number of turbine blades and system efficiency on the hydroelectric generator. The variables used in this study were the type of blade, water flow rate, valve opening, blade geometry, turbine diameter and nozzle outlet angle. The research method used is a literature review which is done by collecting references through journals and other references that are relevant to the research. The results obtained show that the number of blades is directly proportional to the power produced by the hydroelectric generator, but the number of blades does not always affect the output of the generator, the number of blades that are in accordance with the optimally used variables affect the efficiency of the system to get optimal power at generator.

**Keywords:** Hydroelectric Power, Blade Number of Turbine, Generator

## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu dari kebutuhan utama masyarakat pada saat ini. Hal tersebut membuat peningkatan pesat akan adanya permintaan dari kebutuhan listrik di Indonesia. Peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia membuat harus adanya produksi energi listrik secara besar di Indonesia, listrik diproduksi oleh banyak jenis pembangkit listrik dengan berbagai sumber tenaga, dimulai dari tenaga konvensional berupa batubara dan gas alam, sampai dengan energi terbarukan berupa energi angin. Salah satu sumber energi untuk menghasilkan energi listrik

adalah energi air (Yuniarti dan Prianto, 2010: 5).

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit tenaga listrik memanfaatkan aliran air yang turun dari ketinggian untuk menggerakkan generatornya, dimana pada hal ini memanfaatkan energi potensial yang diciptakan oleh aliran air tersebut lalu diubah menjadi energi mekanik dan selanjutnya energi mekanik inilah yang digunakan untuk menggerakkan sudu atau baling-baling turbin sehingga menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air konvensional merupakan model yang mengatur aliran air dari sungai atau dam menuju ke

turbin, setelah itu aliran air diarahkan kembali menuju ke pembuangan. Pada saat terjadi beban tertinggi, air di dalam lower reservoir akan dialirkan menuju upper reservoir sehingga cadangan dam akan tetap terjaga stabil

Dalam sistem pembangkit listrik terdapat komponen penting untuk merubah tenaga potensial dari air menjadi tenaga mekanik yang akan menghasilkan tenaga listrik, komponen tersebut merupakan turbin. Terdapat bagian – bagian dari turbin yang membentuk sistem kesatuan turbin, antara lain (1) Sudu turbin yang memiliki bentuk seperti mangkuk akan dipasang pada sekeliling roda (*runner*). Sudu yang berada di sekeliling *runner* memiliki fungsi untuk menangkap energi kinetik yang dihasilkan dari jatuhnya air di sudu sehingga berubah menjadi energi mekanik yang lalu *runner* akan mentransmisikan energi mekanik tersebut ke as generator sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik (Padang, dkk, 2014) (2) *Nozzle* merupakan perangkat yang dirancang untuk mengendalikan arah aliran fluida (untuk menaikkan kecepatan) pada saat keluar (ataupun pada saat masuk). *Nozzle* biasanya memiliki bentuk tabung dengan berbagai jenis luas penampang. (3) Rumah turbin yang memiliki fungsi sebagai tempat dudukan dari roda jalan dan penahan dari air yang keluar dari sudu turbin. Konstruksi dari rumah turbin harus kuat guna melindungi dari kemungkinan terjadinya rusak pada sudu atau *runner* dan terlempar saat turbin beroperasi.

Dari tiap-tiap bagian diatas dapat mempengaruhi kinerja dan efektivitas turbin, mulai dari bukaan katup nosel yang mengatur aliran serta debit air yang dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan (Syarif, dkk, 2017: 6). Pada turbin pelton variabel yang sangat mempengaruhi efisiensinya adalah ketinggian dan kecepatan aliran air, sudut dan jumlah sudu, karena perubahan jumlah sudu akan mempengaruhi putaran dan gaya tangensial dari turbin tersebut sehingga akan menghasilkan gaya yang lebih besar (Ulinuha, dkk, 2015: 13). Gaya tangensial adalah gaya yang bekerja pada suatu benda yang bergerak melingkar pada arah tangensial suatu lingkaran tertentu.

Selain turbin jenis pelton turbin yang sering digunakan adalah turbin crossflow karena turbin jenis ini memiliki kelebihan di bidang efisiensi yang tinggi karena dalam proses penyerapan energi air yang dilakukan dua kali yakni yang pertama pada saat air pertama kali masuk turbin akan diserap bagian atas kemudian dialirkan melalui rongga turbin menuju bagian lain yang selanjutnya akan diterima oleh sudu bagian lain sehingga terdapat dua proses penggerakan

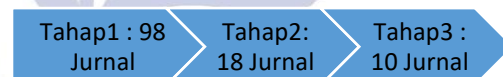
turbin. Kemudian turbin banki yang memperoleh kekuatannya dari energi kinetik, kecepatan karakteristik turbin menempatkannya di antara apa yang disebut turbin air tangensial pelton dan roda aliran campuran francis (Mockmore dan Merryfield, 1949: 5). Dan masih banyak jenis turbin air lain dengan keunikannya masing-masing untuk menghasilkan energi listrik.

Dengan adanya penjelasan diatas, melatar belakangi penulis untuk membuat studi literatur tentang pengaruh jumlah sudu dalam turbin serta aliran debit air terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga air. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis pengaruh jumlah sudu pada generator pembangkit listrik tenaga air (2) menganalisis pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi sistem pembangkit generator

## METODE PENELITIAN

### Pendekatan Penelitian

*Literature review* adalah metode yang digunakan pada penulisan artikel ini. Data dikumpulkan dari berbagai referensi seperti jurnal, buku, dan referensi lainnya yang relevan dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian memiliki rujukan dari scimago dan google scholar serta dari berbagai teori yang dikumpulkan dan dipilih sebelumnya secara bertahap pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Tahapan Seleksi Artikel/Jurnal

**Tahap 1:** Proses penyeleksian diawali dengan membuang judul artikel yang tidak sesuai dalam pencarian data, dengan jumlah artikel atau jurnal yang di seleksi sebanyak 98 buah. Abstrak dari artikel yang telah dipilih kemudian dianalisis lebih lanjut untuk memastikan kesesuaian dengan bahasan.

**Tahap 2:** Pada proses seleksi yang kedua, penulis meninjau artikel secara penuh (*fulltext*) untuk memilih pembahasan yang lebih spesifik terhadap artikel yang dipilih. Pada tahap ini artikel/jurnal yang telah diseleksi terdapat 18 buah

**Tahap 3:** Pada proses selanjutnya penulis memilih materi pembahasan yang dinilai paling relevan untuk ditinjau. Semua artikel ditinjau secara utuh dan artikel/jurnal yang memenuhi kriteria adalah 10 buah.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh 1) Padang, dkk pada tahun 2014; 2) Muhammad Ulinuha, dkk pada tahun 2015; 3) Syarif, dkk di tahun

2017; 4) Maffrudin dan Dwi Irawan pada tahun 2018; 5) Imam Shodikin pada tahun 2017; 6) Peczkis, dkk pada tahun 2021; 7) Hamzah, dkk pada tahun 2018; 8) Kurniawan dkk, pada tahun 2019; 9) Okdinata, dkk pada tahun 2019; 10) Siritram dan Suntivarakorn pada tahun 2019 Maka uraian hasil penelitian diatas

tentang sedikit penjabaran variabel dan perbandingan jumlah sudu yang digunakan dalam tiap - tiap penelitian suatu terhadap pembangkit listrik tenaga air, maka didapatkan hasil kesimpulan dari tiap bahasan penelitian yang diujikan. Adapun data yang didapatkan diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Data Tiap Penelitian

No	Penulis (Tahun) Judul	Metode	Hasil
1	Padang. Y.A., Okariawan. D.K., dan Wati Mundara. 2014. Analisis variasi jumlah sudu berengsel pada unjuk kerja turbin crossflow zerohead. <i>Dinamika Teknik Mesin</i> . Vol.4 No. 1: 44 – 54.	<b>Tujuan :</b> Untuk menganalisa kerja dari turbin crossflow zero head <b>Turbin :</b> Cross-flow zero head <b>Variabel :</b> Sudu berengsel dan Sudu tetap <b>Jumlah Sudu :</b> 4, 6, 12	<b>Hasil :</b> Unjuk kerja terbaik diperoleh pada jumlah sudu 12 dengan gerak sudu tetap dengan efisiensi sistem terbaik sebesar 0,47%, kecepatan generator 89,9 rpm, energi keluaran sebesar 29,25 watt
2	Ulinnuha, dkk. 2015. Pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan pada prototipe turbin pelton. Malang. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang Indonesia	<b>Tujuan :</b> Untuk menentukan berapa banyak bilah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar daya yang di bangkitkan pada prototipe turbin pelton <b>Turbin :</b> Pelton <b>Variabel :</b> Buka-an Katup <b>Jumlah Sudu :</b> 16, 18, 20	<b>Hasil :</b> Laju Putaran <i>runner</i> lebih banyak dan dominan pada sudu 20 dengan bukaan katup 90° menghasilkan kecepatan putaran 412 rpm dan menghasilkan tenaga listrik sebesar 10,66 watt
3	Syarif dkk. 2017. Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin pelton. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia	<b>Tujuan :</b> Merancang alat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dan menganalisanya dari beberapa faktor yaitu bukaan katup, debit air, dan jumlah sudu <b>Turbin :</b> Pelton <b>Variabel :</b> Buka-an Katup dan aliran air <b>Jumlah Sudu :</b> 4, 8, 16	<b>Hasil :</b> Kinerja generator terbaik 7,35% dengan aliran overshoot horizontal dalam bukaan yang penuh 100% dan kecepatan air mengalir 4,5 GPM dan jumlah sudu terbaik yang digunakan adalah 16 yang berpengaruh pada putaran turbin 573,9 rpm dan daya yang dihasilkan 14,7 watt
4	Mafruddin dan Dwi Irawan. 2018. Pengaruh diameter dan jumlah sudu runner terhadap kinerja turbin cross- flow. Lampung Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. Indonesia	<b>Tujuan :</b> untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan diameter bagian dalam dan luar (D2/D1) yaitu 0.6, 0.66 dan 0.72. Jumlah sudu <i>runner</i> yaitu 16,18 dan 20 pada kinerja turbin <i>Crossflow</i> <b>Turbin :</b> <i>Crossflow</i> <b>Variabel :</b> Diameter turbin dan bukaan katup <b>Jumlah Sudu :</b> 16, 18, 20	<b>Hasil :</b> variasi perbandingan diameter dalam dan luar dengan jumlah sudu <i>runner</i> berpengaruh pada kinerja turbin Putaran turbin maksimal yaitu 352 rpm, daya turbin sebesar 363,98 Watt lalu efisiensi maksimum turbin 62% didapatkan dengan membandingkan diameter dalam dan diameter luar <i>runner</i> yaitu 0,66 dengan sudu 18. Daya maksimal yang dihasilkan generator yaitu 202,5 Watt



No	Penulis (Tahun) Judul	Metode	Hasil
5	Shodikin 2017 Analisa pengaruh variasi jumlah Sudu dan debit aliran terhadap daya yang dihasilkan pada turbin pelton. Kediri. Universitas Nusantara PGRI Kediri. Indonesia	<b>Tujuan :</b> Bagaimana pengaruh jumlah sudu dan debit aliran pada daya dan efisiensi pada turbin pelton. <b>Turbin :</b> Pelton <b>Variabel :</b> Aliran debit air <b>Jumlah Sudu :</b> 8, 12, 16	<b>Hasil :</b> Sudu 16 menghasilkan daya optimal sehingga hal ini juga mempengaruhi efisiensi turbin yang juga maksimal yaitu Debit aliran 5 m kubik per jam yang mampu menghasilkan putaran pada runner turbin maksimal, sehingga daya keluaran yang dihasilkan oleh turbin juga maksimal yaitu 0,7 watt. Namun setiap kali debit aliran ditambahkan, mengalami penurunan efisiensi.
6	Peczki dkk. 2021. Experiment and numerical studies on the influence of blades number in a small. Water turbine. Basel. Switzerland.	<b>Tujuan :</b> Mendemonstrasikan penyetelan sudu pada turbin air kaplan dengan menyesuaikan geometris dari bilah sudu untuk mendapatkan kinerja generator yang baik <b>Turbin :</b> Kaplan <b>Variabel :</b> Geometris bilah sudu dan aliran air <b>Jumlah Sudu :</b> 4 dan 5	<b>Hasil :</b> Geometris bilah sudu mempengaruhi kinerja turbin dalam berputar untuk menghasilkan daya yang lebih baik dengan efisiensi turbin yang didapat dari 4 dan 5 sudu sebesar 72% dan 84% dan daya sebesar 1,2kW dan 2 kW dari 4 bilah sudu dan 5 bilah sudu
7	Hamzah dkk, 2016. Effect of blades number to performance of savonius water turbine in water pipe. Surakarta. Sebelas Maret University. Indonesia	<b>Tujuan :</b> Meneliti penggunaan kinerja turbin savonius pada pembangkit listrik tenaga piko hidro <b>Turbin :</b> Savonius <b>Variabel :</b> Aliran debit air <b>Jumlah Sudu :</b> 2, 3, 4, 5, dan 6	<b>Hasil :</b> Turbin Savonius.dengan jumlah.sudu tiga menghasilkan koefisien performansi tertinggi sebesar 0,23 pada kecepatan ratio 1,7 dibandingkan dengan turbin dengan jumlah sudu lainnya dengan daya yang dihasilkan sebesar 35 watt
8	Kurniawan dkk. 2019. The performance of numbers of blade towards pico hydro propeller turbine. Surakarta. Sebelas Maret University. Indonesia	<b>Tujuan :</b> Meneliti pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin baling-baling picohydro <b>Turbin :</b> - jenis turbin tidak dijelaskan <b>Variabel :</b> Aliran air dan geometris bilah sudu <b>Jumlah Sudu :</b> 4, 5, 6, 7, dan 8	<b>Hasil :</b> Hasil terbaik diperoleh pada variasi sudu 6 dan debit 11,4 l/s menghasilkan daya listrik sebesar 23,92 Watt dengan tegangan 76,3 Volt dan kuat arus 0,31 A.
9	Okdinata dkk. 2019. Performance test of pelton micro hydro turbine with.the variations of parameters to produce the maximum output power. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia	<b>Tujuan :</b> Untuk mengetahui sudut keluaran <i>nozzle</i> , jumlah sudu turbin dan debit air yang optimum untuk menghasilkan daya keluaran maksimum dari putaran turbin mikrohidro Pelton. <b>Turbin :</b> Pelton <b>Variabel :</b> Aliran debit air dan Sudut Keluaran Nozzle <b>Jumlah Sudu :</b> 4, 8, 12, dan 16	<b>Hasil :</b> Daya keluaran maksimum yang dihasilkan adalah 15,89 Watt pada putaran turbin 691,3 rpm, debit aliran air 35 liter/menit dan jumlah bilah turbin adalah 16 dengan sudut keluaran nosel 50°.

No	Penulis (Tahun) Judul	Metode	Hasil
10	Siritram and Suntivarkorn. 2019. The effects of blade number and turbine baffle plates on the efficiency of free-vortex water turbine. Khon Kaen University. Khon Kaen. Thailand	<p><b>Tujuan :</b> Meneliti pengaruh jumlah sudu dan pelat baffle turbin terhadap efisiensi turbin air pusaran bebas untuk menghasilkan energi listrik</p> <p><b>Turbin :</b> - jenis turbin tidak dijelaskan</p> <p><b>Variabel :</b> Aliran debit air dan plat penyekat</p> <p><b>Jumlah Sudu :</b> 2, 3, 4, 5, 6, dan 7</p>	<p><b>Hasil :</b> Turbin 5 sudu adalah yang paling sesuai karena menghasilkan torsi tertinggi dari menerima tumbukan dari aliran air dengan efisiensi tertinggi pada laju alir 0,06 m<sup>3</sup>/s dan beban daya <math>L = 25 \text{ W}</math>, dan dari percobaan lainnya menunjukkan proporsi 50% dari area kurva yang paling tepat, dan bilah yang dipasang dengan pelat penyekat atas dan bawah memiliki efisiensi tertinggi 43,83%, yaitu 6,59% lebih tinggi daripada tanpa plat penyekat. laju aliran air meningkat, efisiensi sistem menjadi lebih tinggi.</p>

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian tiap – tiap penelitian dimana rerata hasil menunjukkan perbandingan sebanding antara jumlah sudu yang digunakan dengan daya yang dihasilkan turbin dengan meningkatnya jumlah sudu yang digunakan turbin maka meningkat juga daya yang dihasilkan oleh turbin, tetapi hal berbeda terjadi pada penelitian beberapa penelitian dimana output terbesar dihasilkan oleh sudu yang paling sesuai dengan aliran air, sudut *nozzle* dan lain-lain, hal ini dikarenakan. Jumlah sudu terbanyak tidak selalu mempengaruhi nilai efisiensi, tidak semua jumlah sudu terbanyak memegang efisiensi tertinggi, efektifitas ditentukan oleh debit aliran air, kurva geometris sudu, jumlah sudu yang benar dalam penggunaannya, dan lain-lain. Karena apabila debit air semakin besar dan sudu yang menangkap tidak optimal maka efisiensi turbin akan turun.

## PENUTUP

### Simpulan

Setelah melakukan perbandingan dari pembahasan berbagai artikel yang bertema tentang perbandingan jumlah sudu dengan daya keluaran dari generator, maka penulis dapat menghasilkan simpulan bahwa terdapat pengaruh antara jumlah sudu yang digunakan dengan daya keluaran generator, dimana jumlah sudu berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh generator listrik tenaga air dan hal lain yang mempengaruhi output generator adalah jumlah aliran air yang masuk pada pembangkit, karena jumlah air yang mengalir dan yang mampu dipergunakan secara optimal lah yang mempengaruhi efisiensi sistem dan

keluaran pada pembangkit, seperti pada perbandingan penelitian yang sudah dilakukan di atas dimana pada debit aliran air tinggi dan jumlah sudu yang banyak terdapat juga efisiensi dan output yang tidak optimal karena air yang diterima sudu tidak secara optimal.

### Saran

Guna meningkatkan efisiensi dan daya listrik yang dihasilkan oleh generator, maka lebih baik menggunakan jenis turbin yang tepat serta komposisi jumlah sudu pada *runner* yang tepat sesuai dengan aliran debit air serta tinggi jatuh air sehingga air yang masuk membuat turbin dapat bekerja lebih efektif.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hamzah. Imron, Prasetyo. Ari, Tjahjana. P. D. D. D., dan Hadi. Syamsul, 2016. *Effect of blades number to performance of savonius water turbine in water pipe*. Surakarta. Sebelas Maret University. Indonesia. Vol.1931 PP.1-4. <https://doi.org/10.1063/1.5024105>
- Kurniawan. R, Himawanto. D. A., dan Widodo. P. J., 2019. *The performance of numbers of blade towards pico hydro propeller turbine*. Surakarta. Sebelas Maret University. Indonesia. Vol.508 PP. 1-5 doi:10.1088/1757-899X/508/1/012057
- Mockmore. C. A., dan Merryfield. Freed, 1949. *The Banki Water Turbine. Engineering Experiment Station*. Oregon State System of Higher Education. Oregon State College. Corvallis. PP 1-30

- Mafruddin dan Irawan. Dwi, 2018. *Pengaruh diameter dan jumlah sudu runner terhadap kinerja turbin cross-flow*. Lampung Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. Indonesia. Vol.7 No.2 PP.223-229 dapat diakses di <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>
- Okdinata. Echa, Hasan. Abu, dan Sitompul. Carlos, 2019. *Performance test of pelton micro hydro turbine with the variations of parameter to produce the maximum output power*. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia. Vol. 1167. PP.1-7 doi:10.1088/17426596/1167/1/012025
- Padang. Y.A., Okariawan. I D.K., dan Wati. Mundara, 2014. *Analisis variasi jumlah sudu berengsel terhadap unjuk kerja turbin cross flow zero head*. Dinamika Teknik Mesin. Vol.4 No.1 PP. 44-54. Dapat diakses di <http://dinamika.unram.ac.id/index.php/DTM/article/view/69>
- Peczki. Grzegorz, Wiśniewski. Piotr, dan Zahorulko. Andriy, 2021. *Experimental and numerical studies on the influence of blades number in a small water turbine*. MDPI. Basel. Switzerland. Vol.14 No.9 doi:10.3390/en14092604
- Syarif. Aida, Trisnaliani. Lety, dan Furqon. D. M., 2017. *Rancang bangun prototype pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin pelton*. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia. Vol.8 No.2 PP.1-6 Dapat diakses di <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/article/view/1209>
- Shodikin. Imam, 2017. *Analisa pengaruh variasi jumlah sudu dan debit aliran terhadap daya yang dihasilkan pada turbin pelton*. Kediri. Universitas Nusantara PGRI Kediri. Indonesia. Vol.1 No.1 PP.1-9. Dapat diakses di <http://simki.unpkediri.ac.id>
- Siritram dan Suntivarakorn. 2019. *The effects of blade number and turbine baffle plates on the efficiency of free-vortex water turbine*. Khon Kaen University. Khon Kaen. Thailand. Vol.257 PP.1-8 doi:10.1088/1755-1315/257/1/012040
- Tkac, Stefan. 2018. *Hydro power plant, and overview of the current type and technology*. Slovakia. Technical University of Kosice. PP. 115-125 doi: 10.1515/sspjce-2018-0011
- Ulinnuha. Mohammad, Margianto, dan Marlina. Ena, 2015. *Pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan pada prototipe turbin pelton*. Malang. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang. Indonesia. Vol.6 No.2 PP.13-17 Dapat diakses di <http://riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/703>
- Yuniarti. Nurhening, dan Prianto. Eko, 2010. *Pengantar pembangkit tenaga listrik*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. Indonesia PP.1-87