

## INVESTIGASI EFEK SOLIDITAS TERHADAP KONTUR TEKANAN SUCTION AREA PADA TURBIN AIR PROPELLER ALIRAN HORIZONTAL MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC

Fajar Pundra<sup>1,\*</sup>, Akhmad Nurdin<sup>2</sup>, Febri Budi Darsono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35365

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper (POLMAN CEPER), Batur, Tegalrejo, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, 57465

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang (UNNES), Sekaran, Kec. Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50229

\*E-mail: [fajar.paundra@ms.itera.ac.id](mailto:fajar.paundra@ms.itera.ac.id)

Diterima: 24 April 2021

Direvisi: 25 Juli 2021

Disetujui: 27 Desember 2021

### ABSTRAK

Parameter *internal* dari turbin aksial propeller mempengaruhi kinerja turbin itu sendiri. Pengaruh tentang parameter *internal* akan memberi informasi karakteristik pada suatu perancangan turbin dan menghasilkan kinerja yang optimal. Soliditas atau perbandingan celah turbin terhadap panjang *chord* sudu merupakan salah satu parameter *internal* yang mempengaruhi kinerja turbin propeller dan secara visual memiliki kesamaan dengan parameter jumlah sudu. Obyek studi ini mengamati bagaimana pengaruh soliditas turbin propeller terhadap kontour tekanan air pada sisi suction atau tekanan air sebelum menumbuk sudu. Metode studi ini menggunakan *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dengan perangkat lunak *SolidWorks 2016 Flow Simulation*. Variabel jumlah sudu yang digunakan pada studi ini 3 sampai 7 sudu, dengan masing-masing kemiringan sudu 20°. Hasil studi ini menyajikan plot atau gambaran dengan kontur warna berbeda setiap parameter yang menunjukkan nilai tekanan air pada sisi *suction* maupun *discharge*, serta kontour tekanan pada permukaan turbin. Studi ini menunjukkan semakin naik nilai soliditas atau semakin banyak jumlah sudu, maka tekanan air pada sisi *suction area* akan semakin naik.

**Kata kunci:** soliditas, *suction area*, propeller, pico hydro

### ABSTRACT

*Internal parameters of the propeller axial turbine affect the performance of the turbine itself. The influence of the internal parameters will provide information on the characteristics of a turbine design and produce optimal performance. Solidity or the ratio of the gaps between turbine blades to the length of the blade chord is one of the internal parameters that affect the performance of the propeller turbine, and visually has similarities to the number of blades parameter. The object of this study is to observe how the solidity of the propeller turbine affects the water pressure contour on the suction side or pressure water before pounding the blade. This study method uses Computational Fluid Dynamic (CFD) with SolidWorks 2016 Flow Simulation software. The variable number of blades used in this study is 3 to 7 blades, with 200 blades each. The results of this study present a plot or a figure with different color contours for each parameter that shows the value of water pressure on the suction and discharge sides, as well as the pressure contour on the surface turbine. This study shows that the higher the solidity value or the more the number of blades, the water pressure in the suction area will increase.*

**Keywords:** solidation, suction area, propeller, pico hydro

## PENDAHULUAN

Penggunaan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil (Diniari *et al.*, 2018) saat ini semakin berkembang, seiring meningkatnya konsumsi energi (Nurdin *et al.*, 2020). Salah satu energi alternatif yang banyak diaplikasikan adalah pembangkit listrik tenaga air yang bekerja berdasarkan parameter beda ketinggian (*head*) dan *flow rate* air (Nurdin and Himawanto, 2018). Berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan, pembangkit listrik tenaga air skala terkecil disebut *pico hydro* dengan daya maksimal yang dihasilkan 5 Kw (Nurdin *et al.*, 2020a) (Nurdin and Himawanto, 2019). Pada aplikasinya, *pico hydro* dapat dirancang dengan memanfaatkan *water system* aliran horisontal (Nurdin *et al.*, 2020b), misalnya sistem perpipaan dan sistem pemompaan (Nurdin *et al.*, 2020d).

Turbin *propeller* merupakan jenis turbin aksial yang sering digunakan sebagai alat konversi energi air menjadi energi mekanik pada *water system* aliran horisontal (Nurdin *et al.*, 2020b). Dalam aliran tertutup, turbin *propeller* memiliki kelebihan dibandingkan turbin aksial lainnya, diantaranya praktis, nilai efisiensi relatif tinggi, dan proses produksi yang relatif kecil (Nurdin *et al.*, 2020d). Pengaruh parameter-parameter internal dari turbin aksial *propeller* akan mempengaruhi kinerja turbin itu sendiri (Singh and Nestmann, 2010), sehingga pengaruh parameter tersebut memberikan informasi karakteristik pada suatu perancangan turbin dan menghasilkan kinerja yang optimal (Balaka *et al.*, 2014). Salah satu parameter *internal* dalam merancang turbin *propeller* adalah soliditas, yaitu perbandingan luasan celah turbin terhadap panjang *chord* sudu (Brijkishore *et al.*, 2020). Soliditas pada turbin aksial *propeller* atau kaplan, secara visual memiliki kesamaan dengan dengan parameter jumlah sudu (Brijkishore *et al.*, 2020) (Khare and Prasad, 2015) (Kharea *et al.*, 2012).

*Computational Fluid Dynamic (CFD)* merupakan metode analisa numerik yang meliputi aliran air, perpindahan panas, dan analisa tentang reaksi kimia menggunakan simulasi numerik berbasis komputasi (Versteeg and W Malalasekera, 2007). Metode *CFD* diaplikasikan pada bidang *advance engineering* yang berperan dalam segi

mengemat biaya, serta menghemat waktu untuk riset dan *improvement* (Dewangga and Yamin, 2021). Analisa menggunakan metode simulasi numerik menunjukkan gambaran fenomena secara detail dan akurat (Nurdin and Himawanto, 2019), sehingga secara langsung dapat mendukung analisa pada studi eksperimental (Nurdin *et al.*, 2020a).

Obyek studi ini mengamati bagaimana pengaruh soliditas turbin *propeller* terhadap kontour tekanan air pada sisi *suction* atau tekanan air sebelum menumbuk sudu. Studi ini menyajikan plot atau gambaran dengan kontur warna berbeda setiap parameter yang menunjukkan nilai tekanan air pada sisi *suction* maupun *discharge*, serta kontour tekanan pada permukaan turbin dengan metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks 2016 Flow Simulation*

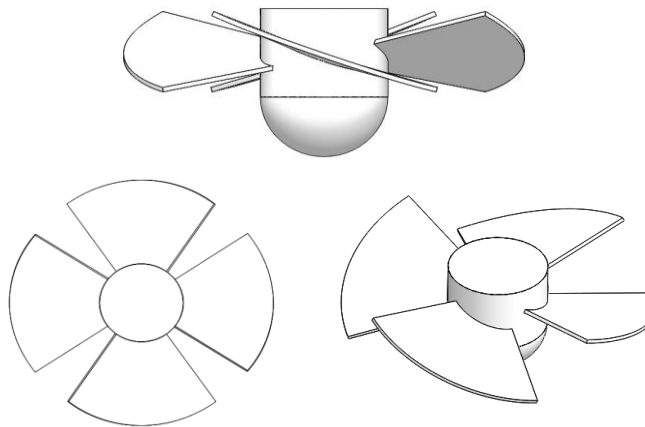
## METODE PENELITIAN

Desain turbin dan desain sistem perpipaan yang digunakan pada studi ini mengacu studi pada referensi (Nurdin *et al.*, 2020c) dengan rasio *bulb statis* terhadap diameter pipa 0,6. Sedangkan desain kelengkungan sudu turbin *propeller* mengacu pada referensi dengan diameter hub 42,25 mm (Ramos *et al.*, 2013), dan tip 84,8 mm (Samora *et al.*, 2016). Berdasarkan referensi (Brijkishore *et al.*, 2020) (Khare and Prasad, 2015) (Kharea *et al.*, 2012) parameter soliditas dapat disamakan dengan parameter jumlah sudu. Variabel jumlah sudu turbin pada studi ini 3 sampai 7 sudu, dengan masing-masing kemiringan sudu 20°. Gambar desain turbin ditunjukkan Gambar 1, sedangkan desain sistem perpipaan atau *rig test* simulasi ditunjukkan Gambar 2.

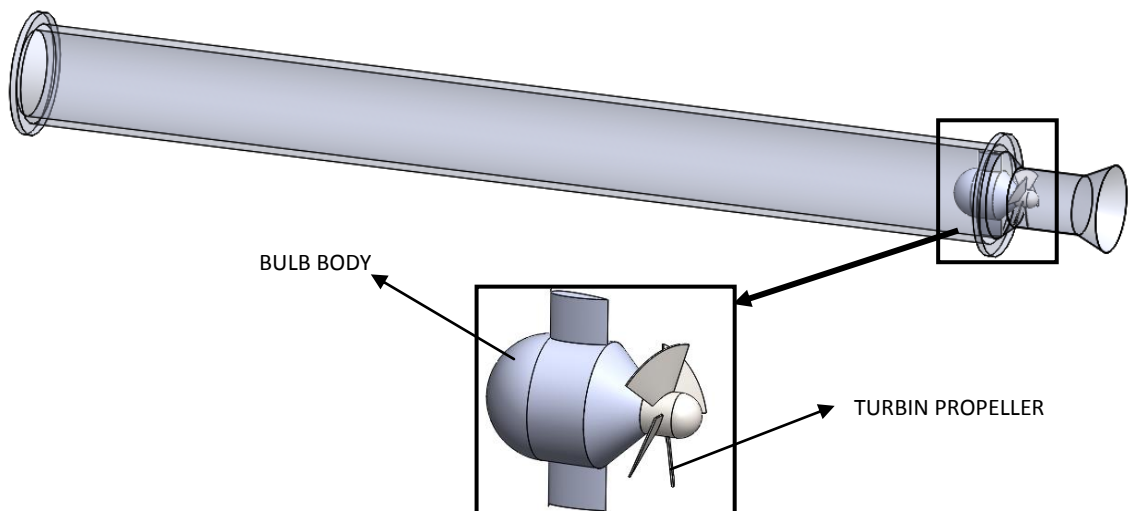
Metode studi ini menggunakan *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dengan perangkat lunak *SolidWorks 2016 Flow Simulation*. Kondisi batas studi ini ditunjukkan Gambar 3, dengan *inlet flow* 0,0208 m<sup>3</sup>/s atau 20,8 L/s dan bagian *outlet flow* menggunakan tekanan atmosfer atau tekanan lingkungan 101326 Pa. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang *valid* dilakukan pengaturan *level meshing*, simulasi pada studi ini menggunakan *level meshing* 5 yang merujuk studi pada referensi Nurdin *et al.*, (2020c) dengan desain *rig test* yang mirip.

Fenomena yang diamati dalam studi ini yaitu perbedaan kontour tekanan pada *cut plot suction* yang dilihat pada posisi *rig test*

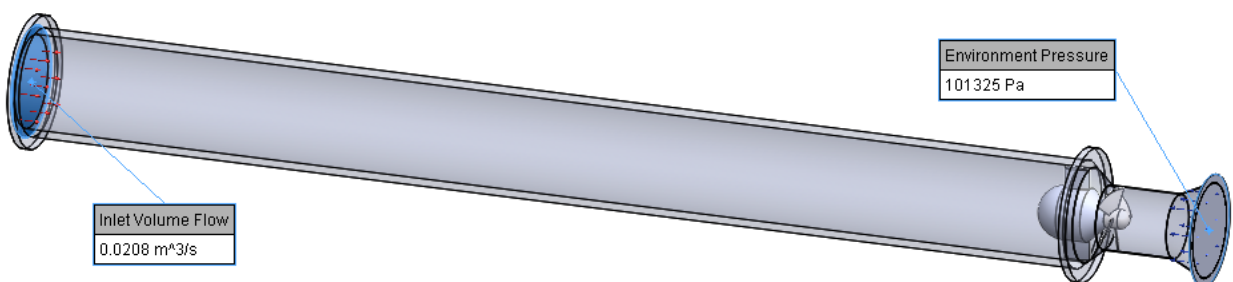
melintang dan perbedaan kontour tekanan pada *surface plot* turbin *propeller*, pada masing-masing setiap parameter jumlah sudu.



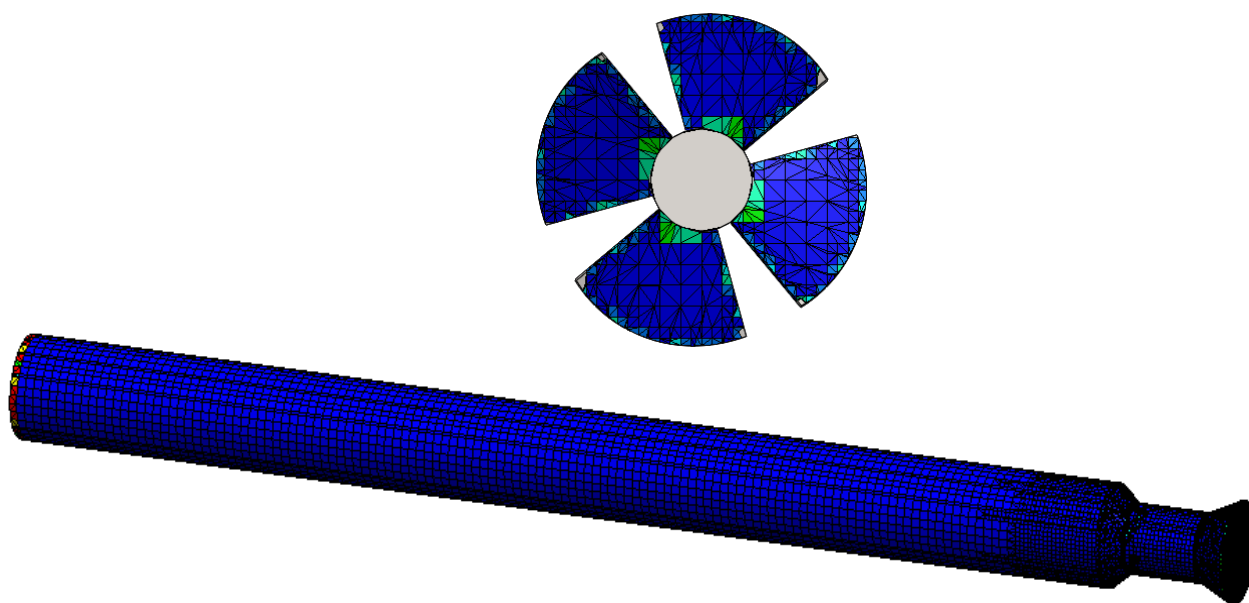
**Gambar 1.** Desain turbin *propeller*



**Gambar 2.** Desain *test rig*



**Gambar 3.** Kondisi batas simulasi



**Gambar 4.** Hasil *meshing* pada permukaan turbin nang *rig test* simulasi

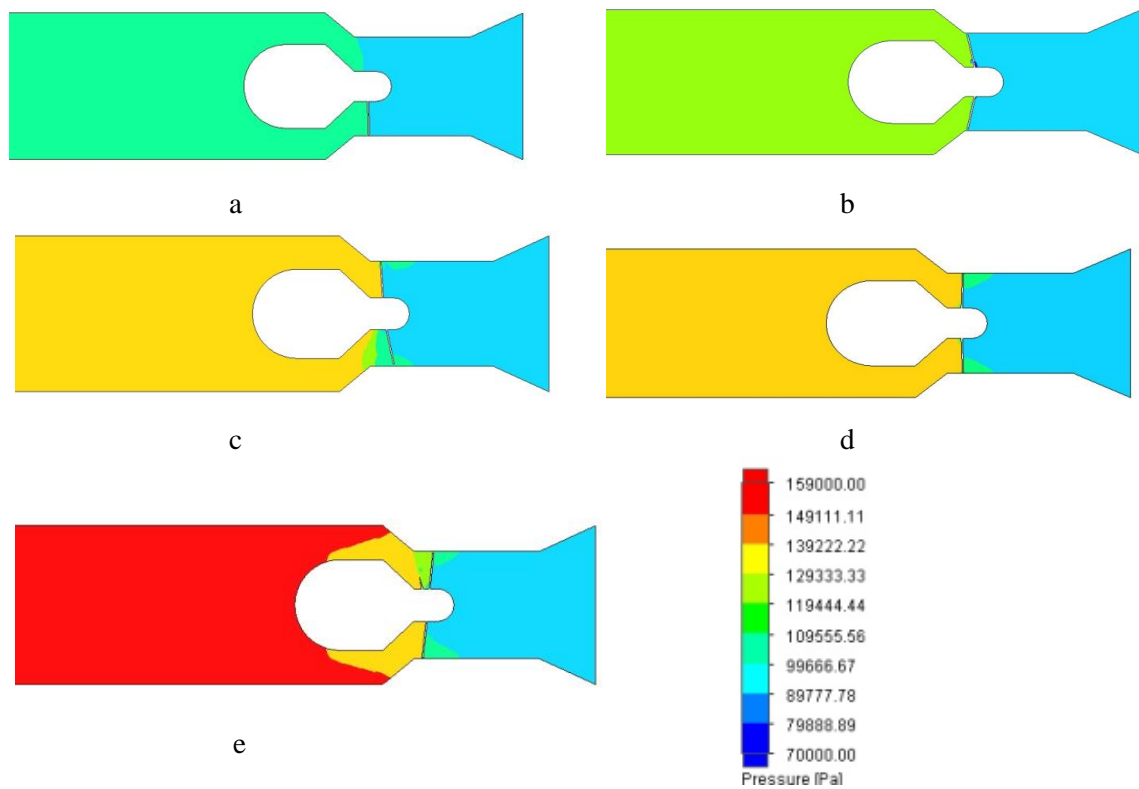
#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 4 menunjukkan kontur tekanan pada *suction area* setiap parameter jumlah sudu. Pada jumlah sudu 3 (Gambar 4a) menunjukkan kontur tekanan terendah dan semakin naik seiring bertambahnya jumlah sudu sampai jumlah sudu 7 (Gambar 4e). Jumlah sudu atau tingkat soliditas pada turbin *propeller* akan mempengaruhi celah antar sudu, hal ini ditunjukkan pada Gambar 5 pada jumlah sudu 3 (Gambar 5a) celah antar sudu relatif cukup lebar, dan semakin menyempit seiring bertambah jumlah sudu. Pada jumlah sudu 6 (Gambar 6d) dan jumlah sudu 7 (Gambar 6e) ditinjau dari sisi atas tidak terlihat celah antar sudu.

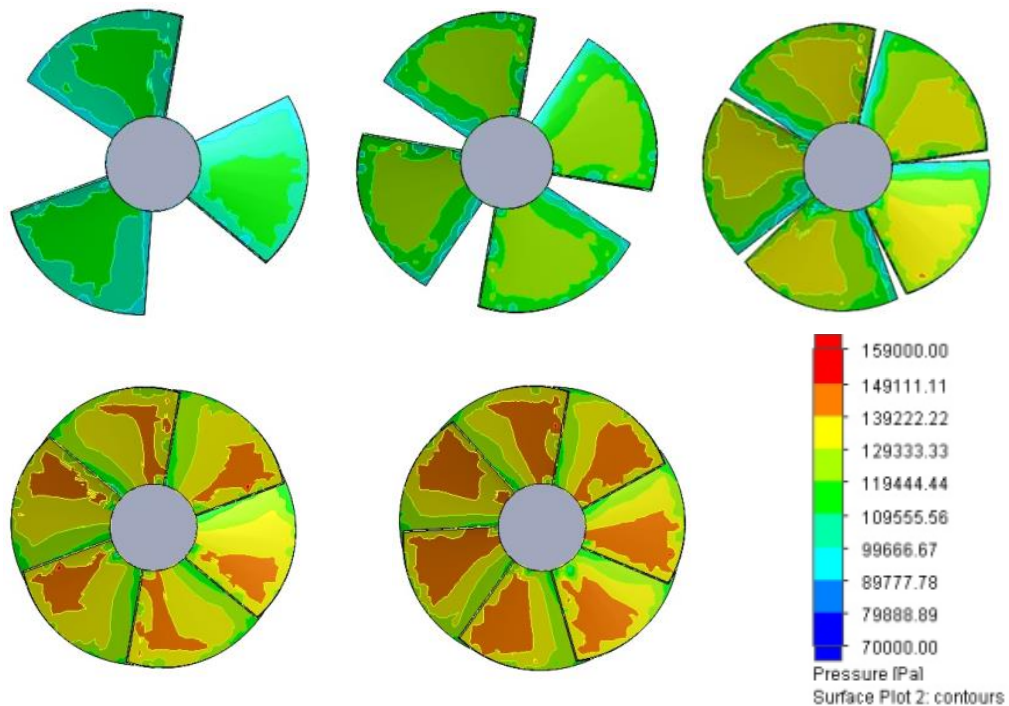
Celah antar sudu pada turbin *propeller* akan mempengaruhi aliran air pada *suction area*. Kontur pada jumlah sudu 3 dan 4 menunjukkan nilai tekanan yang rendah, hal ini disebabkan aliran air yang melewati turbin tidak terhambat, sedangkan pada jumlah sudu 5 dan 6 mengalami kenaikan tekanan, hal ini menunjukkan aliran air mulai mengalami *blocking effect* yang disebabkan menyempitnya celah antar sudu, dan jumlah sudu 7

menunjukkan kontur tekanan naik secara drastis dengan celah antar sudu semakin kecil. Tingkat *blocking* dapat ditinjau pada permukaan turbin yang ditunjukkan Gambar 6, pada jumlah sudu 6 (Gambar 6d) dan 7 (Gambar 6e) menunjukkan tingkat *blocking effect* yang tinggi dengan kontur tekanan yang lebih tinggi dari jumlah sudu 3 (Gambar 6a), 4 (Gambar 6b), dan 5 (Gambar 6c).

Penelitian Khare et al., (2015) dan Brijkishore et al., (2020) menyatakan turbin kaplan pada kondisi yang sama dengan jumlah sudu yang semakin banyak maka nilai soliditas (perbandingan panjang *chord* turbin dengan *pitch* antar sudu) dari turbin tersebut semakin naik, dengan nilai soliditas yang semakin naik luasan air yang melewati antar sudu semakin kecil. Brijkishore et al., (2020) menyatakan semakin besar nilai soliditas kecepatan air yang melewati celah antar sudu semakin naik secara signifikan dan menimbulkan pusaran air lebih besar pada sisi *discharge*. Pusaran air semakin besar akan memberikan hambatan terhadap laju air aliran sebelum melewati celah antar sudu atau disebut dengan fenomena *blocking effect*.



**Gambar 5.** Kontur Tekanan *Suction Area* pada (a) 3 Sudu, (b) 4 Sudu, (c) 5 Sudu, (d) 6 Sudu, dan (e) 7 sudu



**Gambar 6.** Kontur Tekanan permukaan turbin pada (a) 3 Sudu, (b) 4 Sudu, (c) 5 Sudu, (d) 6 Sudu, dan (e) 7 sudu

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, tingkat soliditas atau jumlah sudu dari turbin *propeller* mempengaruhi tekanan aliran air pada sisi *suction area*. Nilai soliditas atau jumlah sudu semakin meningkat, maka tekanan aliran air semakin meningkat. Semakin naik tingkat soliditas, celah antar sudu turbin semakin menyempit, hal ini menyebabkan kecepatan aliran air saat melewati celah tersebut semakin naik dan menimbulkan pusaran air semakin besar pada sisi *discharge*. Pusaran air semakin besar akan memberikan hambatan terhadap laju air aliran sebelum melewati celah antar sudu atau disebut dengan fenomena *blocking effect*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balaka, R., Rachman, A. & Delly, J. (2014) 'Blade Number Effect for A Horizontal Axis River Current Turbine at A Low Velocity Condition Utilizing A Parametric Study with Mathematical Model of Blade Element Momentum', *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), pp. 1–5. doi: 10.7763/JOCET.2014.V2.79.
- Brijkishore, Khare, R. & Prasad, V. (2020) 'Performance Evaluation of Kaplan Turbine with Different Runner Solidity Using CFD', *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Edited by R. V. Rao and J. Taler. Springer Nature Singapore Pte Ltd, 949, pp. 757–767. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8196-6\\_67](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8196-6_67).
- Diniardi, E., Syawaluddin, Ilmar, A., Ramadhan, Fithriyah, N. H. & Dermawan, E. (2018) 'Analisis daya piezoelektrik model *hybrid solar cell-piezoelectric* skala rendah. Jurnal Teknologi Volume 10 No. 2 <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.10.2.139-146>
- Khare, R. & Prasad, V. (2015) 'Effect of Solidity on Flow Pattern in Kaplan Turbine Runner', 6(2), pp. 602–606.
- Kharea, R., Prasad, V. & Kumar, S. (2012) 'Procedia Environmental Sciences Effect of Runner Solidity on Performance of Elbow Draft Tube', 14, pp. 2054–2059. doi: 10.1016/j.egypro.2011.12.1207.
- Nurdin, A. & Hastuti, S. (2020) 'Optimalisasi daya output generator pada pico-hydropower menggunakan transmisi roda gigi 1', 4(2), pp. 7–14.
- Nurdin, A. and Himawanto, D. A. (2018) 'Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw pada Head Rendah', *Simetris*, 9(2), pp. 783–796.
- Nurdin, A. & Himawanto, D. A. (2019) 'Studi numerik kekuatan material transmisi roda gigi pico hydro', *JTMI*, 14(1), pp. 24–29.
- Nurdin, A., Himawanto, D. A. & Hadi, S. (2020a) 'Experimental study of the effect of blade angle on pico tubular bulb turbine performance in horizontal flow Experimental Study of the Effect of Blade Angle on Pico Tubular Bulb Turbine Performance in Horizontal Flow', 030122(April).
- Nurdin, A., Himawanto, D. A. & Hadi, S. (2020b) 'Optimasi perancangan turbin air menggunakan analysis of variance aliran horisontal', 10(2), pp. 103–109.
- Nurdin, A., Himawanto, D. A. & Hadi, S. (2020c) 'Study of the Effect of Bulb Ratio and Blade Angle on Propeller Turbine Performance in Horizontal Flow using Numerical Simulation', *Teknik*, 41(1), pp. 1–5. doi: 10.14710/teknik.v41n1.25328.
- Nurdin, A., Himawanto, D. A. & Hadi, S. (2020d) 'The Utilization Of Horizontal Pipeline For A Static Bulb Turbine And The Determination Of Optimum Blade Number', 19(2), pp. 61–68.
- Muhamad Dewangga & Mohamad Yamin (2021) 'Rancang Ulang Desain Impeller Kipas Sentrifugal Sistem Pendingin Mesin Sepeda Motor Skutik dengan Metode *Reverse Engineering*', Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta, <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.1.63-74>.
- Ramos, H. M., Simão, M. & Borga, A. (2013) 'Experiments and CFD Analyses for a New Reaction Microhydro Propeller with Five Blades', *Journal of Energy Engineering*, 139(2), pp. 109–117. doi: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000096.
- Samora, I. Hasmatuchi, V. Münch-Alligné, C. Franca, M. J. Schleiss A. J., & Ramos H.

- M.(2016). 'Experimental characterization of a five blade tubular propeller turbine for pipe inline installation', *Renewable Energy*, 95, pp. 356–366. doi: 10.1016/j.renene.2016.04.023.
- Singh, P. & Nestmann, F. (2010) 'Exit blade geometry and part-load performance of small axial flow propeller turbines : An experimental investigation', *Experimental Thermal and Fluid Science*. Elsevier Inc., 34(6), pp. 798–811. doi: 10.1016/j.expthermflusci.2010.01.009.
- Versteeg, H. K. & W Malalasekera (2007) *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. 2nd edn. Glasgow: Pearson Education Limited Edinburgh. Available at: [www.pearsoned.co.uk](http://www.pearsoned.co.uk).

