

**ANALISA KINERJA KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT MENGGUNAKAN
SUDU NACA 6512 DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU 5,7 DAN 9**

Damario G.R¹, Djoko Hari P².
Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : yohanes@lecture.itn.ac.id

ABSTRACT

Kemajuan teknologi dan perkembangan zaman sekarang ini, kebutuhan energi akan selalu meningkat setiap tahunnya, baik untuk kepentingan rumah tangga maupun industri dimana energi yang kita gunakan selama ini masih berasal dari sumber energi tak terbarukan atau bahan bakar fosil seperti (batu bara, gas alam dan minyak bumi). Pembangkit listrik Piko hidro daya yang dikeluarkan kurang dari 5Kw. Pembangkit listrik tenaga Piko hidro dapat dimanfaatkan dengan potensi air *low-head* dengan teknologi dan desain sederhana yang memungkinkan untuk dibuat dan dirawat secara mandiri, pembangkit listrik tenaga piko hidro juga dapat dipindahkan sesuai dengan kebutuhan, karena pembangkit listrik piko hidro ini bebas polusi dan suara bising jadi termasuk jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan Penelitian tentang mendapatkan efisiensi tinggi dari turbin air telah banyak dilakukan dan belum banyak pengembangan atau variasi, diantaranya optimalisasi kinerja sudu setengah lingkaran, sudu datar terhadap kincir air, maka dari itu perlu dibuat dan diteliti untuk bentuk sudu turbin dengan airfoil NACA, agar nantinya dapat diketahui efisiensi dari kincir air, sudu naca merupakan suatu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dengan bantuan penyelesaian matematis. Berdasarkan latar belakang di atas perlu dilakukan penelitian kincir air menggunakan sudu naca 6512 tipe undershot dengan variasi jumlah sudu untuk meningkatkan efisiensi turbin air. Hasil data dari pengujian turbin undershot dengan menggunakan sudu NACA 6512 ini yang paling optimal pada turbin ini yang menggunakan sudu 7 dengan Torsi sebesar 1,8793 Nm, Daya Air 0,87128 Hp, Momen Putar 1,852 Rad/s, Daya Turbin 0,00467, Efisiensi sebesar 5,359 %.

Kata kunci : Picohidro, Naca, Undershot

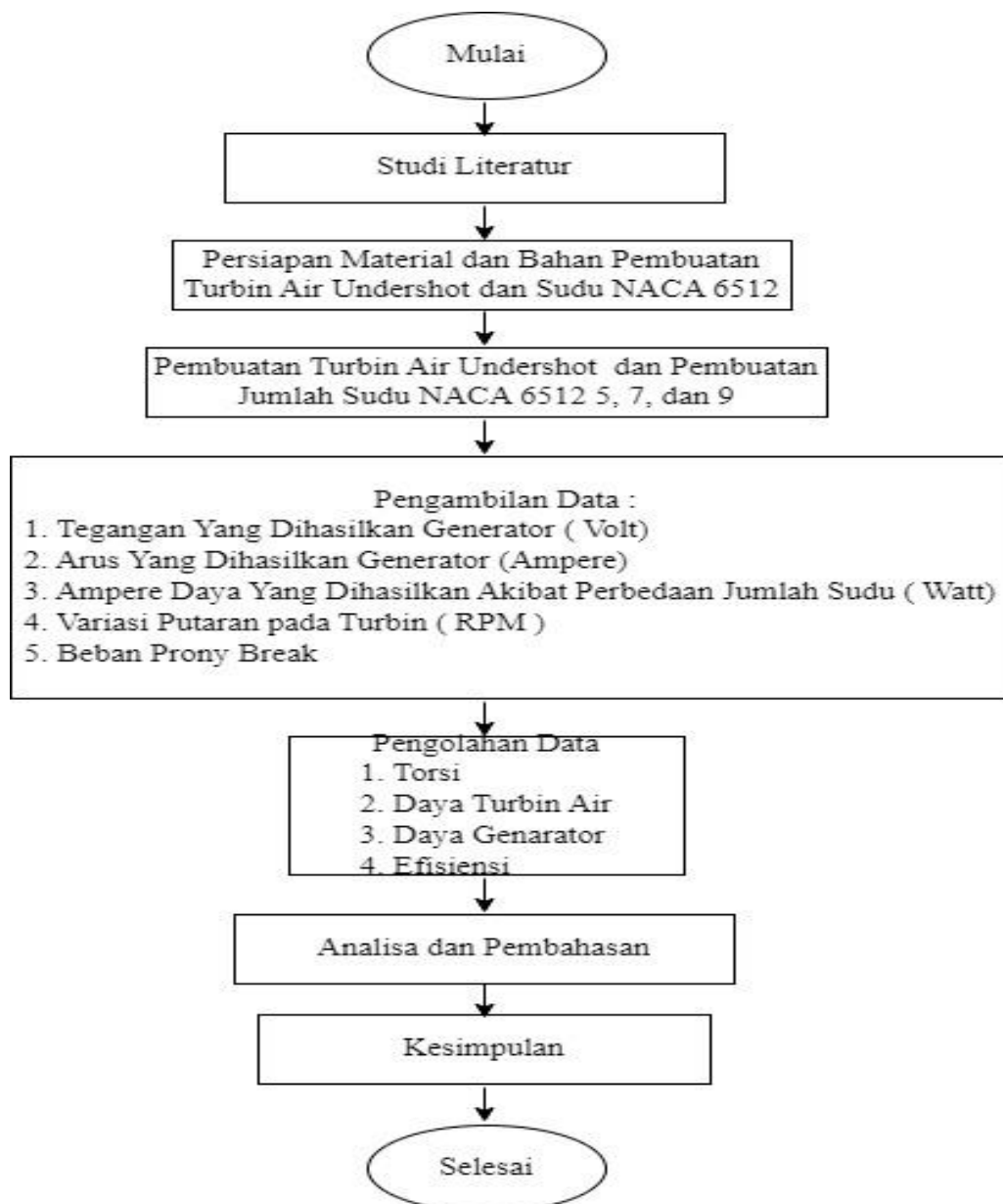
I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga Piko hidro dapat dimanfaatkan dengan potensi air *low-head* dengan teknologi dan desain sederhana yang memungkinkan untuk dibuat dan dirawat secara mandiri, pembangkit listrik tenaga piko hidro juga dapat dipindahkan sesuai dengan kebutuhan, karena pembangkit listrik piko hidro ini bebas polusi dan suara bising jadi termasuk jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan.

Penelitian tentang mendapatkan efisiensi tinggi dari turbin air telah banyak dilakukan dan belum banyak pengembangan atau variasi, diantaranya optimalisasi kinerja sudu setengah lingkaran, sudu datar terhadap kincir air, maka dari itu perlu dibuat dan diteliti untuk bentuk sudu turbin dengan airfoil NACA, agar nantinya dapat diketahui efisiensi dari kincir air, sudu naca merupakan suatu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dengan bantuan penyelesaian matematis.

II. METODE PENELITIAN

❖ Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber : Damario Gandhi Renadi, 2023.

ANALISA KINERJA KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU NACA 6512 DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU 5,7 DAN 9

III. Pengolahan Data dan Pembahasan

Berdasarkan data yang dihasilkan dengan menggunakan jumlah sudu yang berbeda yaitu sudu 5, sudu 7, dan sudu 9 dengan bahan sudu dari plat besi dengan model airfoil NACA tipe 6512, metode pengambilan data yang dilakukan 1 setiap sepuluh menit seperti *table* dibawah ini :

❖ Data Hasil Pengujian Turbin Air Dengan Menggunakan Sudu NACA 6512 5 sudu

Tabel 1. Data Hasil Pengujian turbin Air Undershot dengan menggunakan 5 sudu

| Time | Flowrate (L/min) | Rotary Speed (rpm) | Voltage (V) | Current (A) | Power (W) |
|-----------|------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| 17,3 | 15,13 | 14,61 | 3,69 | 0,11 | 0,41 |
| 17,31 | 10,99 | 11,28 | 2,57 | 0,04 | 0,1 |
| 17,32 | 14,06 | 11,32 | 2,59 | 0,04 | 0,1 |
| 17,33 | 9,14 | 12,21 | 3,17 | 0,11 | 0,35 |
| 17,34 | 15,13 | 12,14 | 2,82 | 0,11 | 0,31 |
| 17,35 | 18,26 | 10,91 | 3,51 | 0,19 | 0,65 |
| 17,36 | 10,22 | 11,29 | 2,59 | 0,04 | 0,1 |
| 17,37 | 16,54 | 14,38 | 3,24 | 0,11 | 0,36 |
| 17,38 | 14,04 | 11,31 | 2,59 | 0,11 | 0,29 |
| 17,39 | 12,06 | 11,44 | 3,04 | 0,04 | 0,11 |
| Rata-Rata | 13,557 | 12,089 | 2,981 | 0,09 | 0,278 |

Tabel diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada kincir air, Kincir air yang menggunakan Sudu NACA 6512 5 sudu rata-rata rpm 12,089, serta daya yang dihasilkan sebesar 0,278, diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 2,495 kg, dengan tinggi H 50 cm. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat monitoring.

Dapat dilihat dari tabel 1 data yang didapatkan terlihat pengaruh dari perbedaan jumlah sudu yang digunakan yakni 5 sudu. Data di table dan Analisa dari flow, rpm. Voltage, Current, Power memiliki nilai paling kecil dari jumlah sudu 7 dan 9. Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya , rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 5 paling kecil dari jumlah 7, dan 9 jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini sudah sesuai dengan mendapat nilai power sebesar 0,278 Hp, Putaran Poros dengan nilai 12,089 rpm, voltage dengan nilai 2,981 V, Curret 0,09 A ini lebih kecil dibandingkan dengan jumlah sudu 7, dan 9.

Untuk nilai flowrate disini mendapat nilai rata-rata yang lebih besar daripada jumlah sudu 7, dan 9 dengan nilai 13,557 di karenakan jumlah sudu 5 jika di pasang di runer adanya perenggangan atau sekat yang lumayan panjang jadi air yang mengalir di terima flowrate lebih banyak atau stabil.

❖ Data Hasil pengujian Turbin Air Dengan Memggunakan Sudu NACA 6512 7 sudu

Tabel 2. Data Hasil Pengujian turbin Air Undershot dengan menggunakan 7 sudu

| Time | Flowrate (L/min) | Rotary Speed (rpm) | Voltage (V) | Current (A) | Power (W) |
|-----------|------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| 17,11 | 7,2 | 17,13 | 3,48 | 0,19 | 0,67 |
| 17,12 | 7,5 | 17,27 | 3,69 | 0,19 | 0,68 |
| 17,13 | 8,07 | 17,03 | 3,24 | 0,26 | 0,84 |
| 17,14 | 4,69 | 19,12 | 4,69 | 0,41 | 1,91 |
| 17,15 | 13,6 | 16,29 | 4,11 | 0,19 | 0,76 |
| 17,16 | 15,28 | 18,83 | 4,39 | 0,41 | 1,79 |
| 17,17 | 14,82 | 17,2 | 3,66 | 0,26 | 0,95 |
| 17,18 | 12,67 | 18,18 | 4,14 | 0,41 | 1,69 |
| 17,19 | 12,83 | 18,05 | 4,07 | 0,39 | 1,55 |
| 17,2 | 12,77 | 17,92 | 3,87 | 0,32 | 1,42 |
| Rata-Rata | 10,943 | 17,702 | 3,934 | 0,303 | 1,226 |

Tabel diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada kincir air, Kincir air yang menggunakan 7 sudu rata-rata rpm 17,702, serta daya yang dihasilkan sebesar 1,226 diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 2,955 kg dengan Tinggi H 50cm. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat monitoring.

Dapat dilihat dari table 2. data yang didapatkan terlihat pengaruh dari perbedaan jumlah sudu yang digunakan yakni 7 sudu. data di table dan Analisa dari flow, rpm. Voltage, Current, Power memiliki nilai paling besar dari jumlah sudu 5 dan 9. Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya , rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 7 paling besar dari pada jumlah 5, dan 9 jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini pengaruh dari pemakaian sudu Naca 6512 dengan mendapat nilai power sebesar 1,226 Hp, Putaran Poros dengan nilai 17,702 rpm, voltage dengan nilai 3,934 V, Curret 0,303 A ini lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu 5, dan 9.

Untuk nilai flowrate disini mendapat nilai rata-rata yang lebih kecil daripada jumlah sudu 5, dan 9 dengan nilai 10,943 dikarenakan menggunakan jumlah sudu 7 putaran turbin tinggi, flowrate posisi di belakang runner sehingga jatuhnya air menabrak runer dan sudu terlebih dahulu, sehingga mengakibatkan aliran air yang kurang stabil yang di terima flowrate sehingga menyebabkan ketidastabilan data yang dihasilkan dari flowrate itu sendiri.

ANALISA KINERJA KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU NACA 6512 DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU 5,7 DAN 9

❖ Data Pengujian Turbin Air Dengan Menggunakan Sudu NACA 6512 9 Sudu

Tabel 3. Data Hasil Pengujian turbin Air Undershot dengan menggunakan 9 sudu

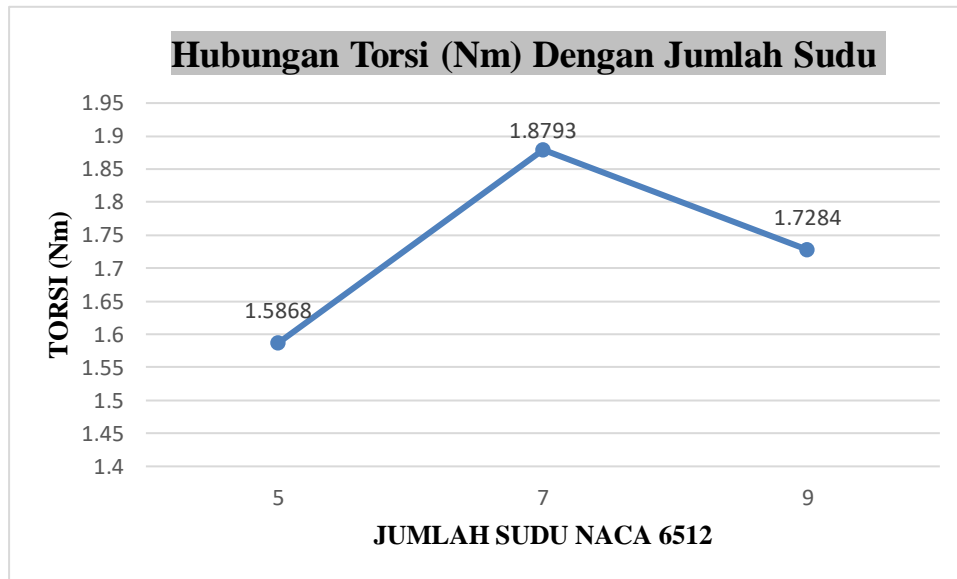
| Time | Flowrate (L/min) | Rotary Speed (rpm) | Voltage (V) | Current (A) | Power (W) |
|-----------|------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| 16,46 | 14,36 | 14,26 | 3,71 | 0,26 | 0,96 |
| 16,47 | 16,51 | 15,52 | 4,09 | 0,26 | 1,06 |
| 16,48 | 14,52 | 15,65 | 4,16 | 0,41 | 1,7 |
| 16,49 | 12,37 | 15,49 | 3,99 | 0,19 | 0,74 |
| 16,5 | 6,64 | 14,31 | 3,76 | 0,19 | 0,7 |
| 16,51 | 12,36 | 14,03 | 3,39 | 0,19 | 0,63 |
| 16,52 | 14,21 | 12,91 | 3,09 | 0,11 | 0,34 |
| 16,53 | 10,53 | 13,35 | 2,49 | 0,04 | 0,09 |
| 16,54 | 10,53 | 13,92 | 2,89 | 0,11 | 0,32 |
| 16,55 | 13,44 | 14,41 | 3,32 | 0,19 | 0,61 |
| Rata-Rata | 12,547 | 14,385 | 3,489 | 0,195 | 0,715 |

Tabel diatas menjelaskan bahwa karakteristik dari banyaknya sudu yang digunakan dapat berpengaruh terhadap putaran poros pada kincir air, Kincir air yang menggunakan Sudu NACA 6512 9 sudu rata-rata rpm 14,385 serta daya yang dihasilkan sebesar 0,715 diuji 10 kali dengan waktu 10 menit dengan pembebanan di dapat nilai sebesar 2,705 kg dengan Tinggi H 50 cm. Alat pengukur menggunakan alat ukur yang sudah sediakan dalam bentuk alat monitoring yang sudah terhubung ke berbagai alat ukur seperti tachometer untuk mengukur RPM, Flowmeter dan juga alat ini mengukur Volt, Ampere, dan Watt yang nilainya di tampilkan dalam LCD pada alat monitoring.

Dapat dilihat dari table 3. data yang didapatkan terlihat pengaruh dari perbedaan jumlah sudu yang digunakan yakni 9 sudu. Dari data di table dan Analisa dari flow, rpm. Voltage, Current, Power memiliki nilai di tengah dari jumlah sudu 5 dan 7. Bila melihat dari penelitian terdahulu seperti Benyamin, 2018 tentang pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin akan adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya , rpm, voltage, current/ampere. Lalu dalam pengujian penelitian ini sudu dengan jumlah 9 ini mempunyai nilai di tengah-tengah dari jumlah 5, dan 7 jadi bisa disimpulkan pada penelitian ini ada beberapa faktor yang membuat kinerja turbin dengan adanya pengaruh dari penggunaan sudu NACA 6512 yang membuat turbin kurang optimal dengan mendapat nilai power sebesar 0,715 Hp, Putaran Poros dengan nilai 14,385 rpm, voltage dengan nilai 3,489 V, Curret 0,195 A ini ditengah – tengah dengan jumlah sudu 5, dan 7.

Untuk nilai flowrate disini mendapat nilai rata-rata yang lebih besar daripada jumlah sudu 7 dengan nilai 12,547 dikarenakan dalam menggunakan sudu 9 pemasangan sudu jumlah nya lebih banyak sehingga terdapat beban sehingga untuk memutar runner kurang kuat menyebabkan aliran air yang di terima flowrate lebih stabil.

❖ Hubungan Pengaruh Torsi (Nm) Dengan Jumlah Sudu

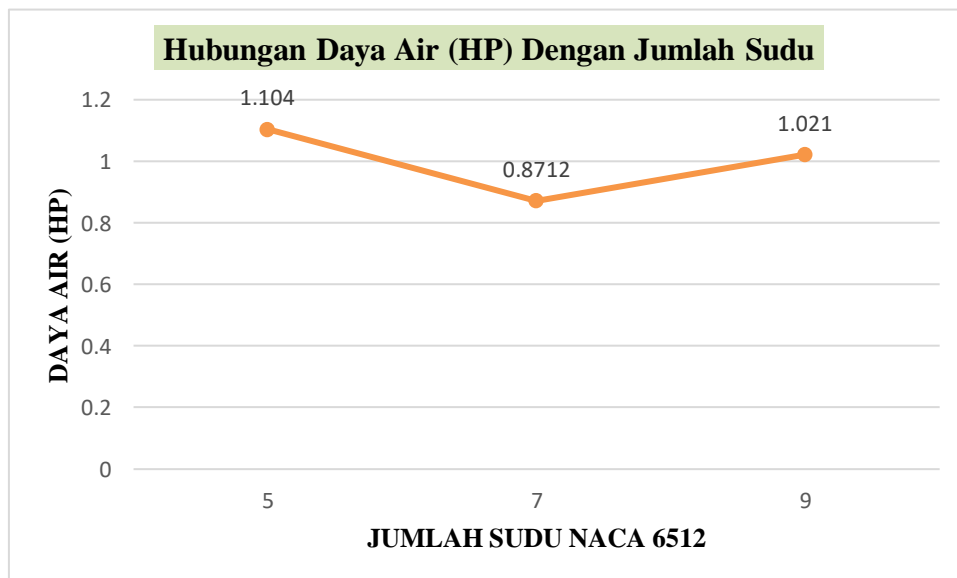


Gambar 2. Hubungan Pengaruh Torsi Dengan Jumlah Sudu
 Sumber : Damario Gandi Renadi, 2023.

Dari grafik diatas kita bisa melihat pengaruh dari Torsi (Nm) dengan variasi jumlah sudu yang digunakan yaitu sudu 5 mempunyai nilai paling kecil dengan nilai 1,5868 Nm dan untuk jumlah sudu 7 1,8793 Nm ini mempunyai paling besar sedangkan jumlah sudu menggunakan 9 mempunyai nilai 1,7284 Nm.

Yang artinya variasi jumlah sudu yang berbeda dapat mempengaruhi Torsi (Nm) yang dihasilkan turbin karena pengaruh dari nilai pembebanan yang di dapatkan dari prony break. Semakin besar nilai prony break maka semakin besar nilai torsi yang didapatkan. Dalam pengujian ini nilai pembebanan dengan menggunakan prony break berpengaruh terhadap aliran kecepatan air dan variasi jumlah sudu.

❖ Hubungan Pengaruh Daya Air (Hp) Dengan Jumlah Sudu



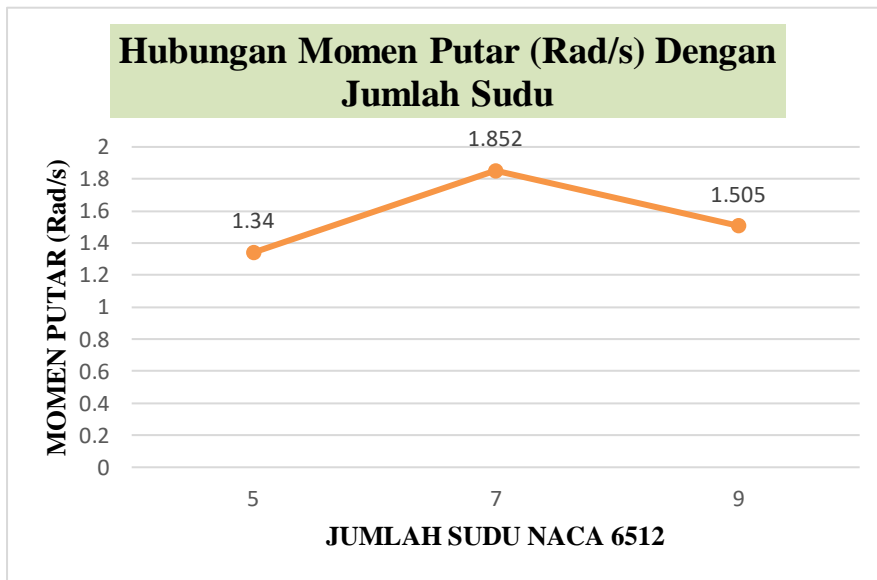
Gambar 3. Hubungan Pengaruh Daya Air Dengan Jumlah Sudu
 Sumber : Damario Gandi Renadi, 2023.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah sudu mempengaruhi daya air yang dihasilkan, bisa dilihat dengan jumlah sudu 5 dengan nilai 1,1040 Hp, untuk jumlah sudu 7 menghasilkan daya turbin dengan nilai 0,8712 Hp, sedangkan pada jumlah sudu 9 menghasilkan daya turbin 1,021 Hp.

ANALISA KINERJA KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU NACA 6512 DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU 5,7 DAN 9

Berdasarkan Teori Benyamin Tangaran, 2019 semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan, akan tetapi dalam pengujian ini jumlah sudu 7 nilai menurun dikarenakan menggunakan jumlah sudu 7 putaran turbin tinggi, flowrate posisi di belakang runner sehingga jatuhnya air menabrak runner dan sudu terlebih dahulu, sehingga mengakibatkan aliran air yang kurang stabil yang di terima flowrate sehingga menyebabkan ketidakstabilan data yang dihasilkan dari flowrate itu sendiri.

❖ Hubungan Pengaruh Momen Putar (Rad/s) Dengan Jumlah Sudu

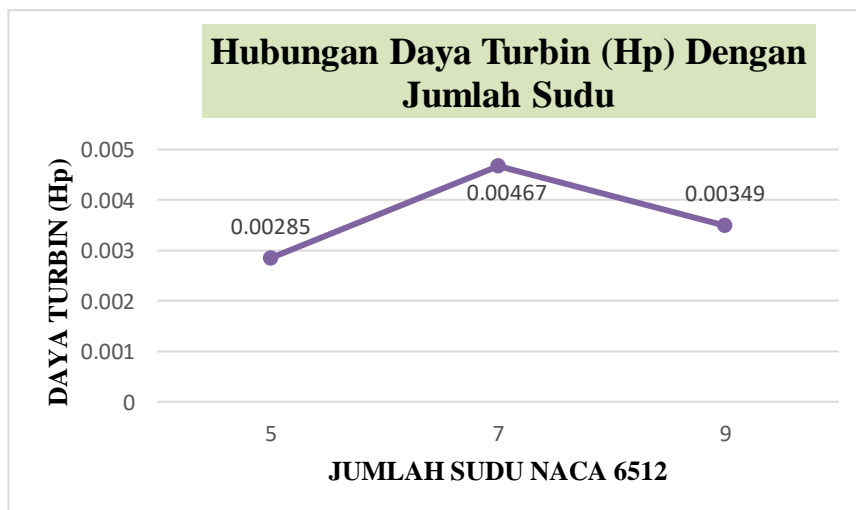


Gambar 4. Hubungan Pengaruh Momen Putar Dengan Jumlah Sudu
Sumber : Damario Gandhi Renadi, 2023.

Grafik ini di dapatkan bahwa pengaruh dari variasi sudu terhadap momen putar dengan sudu 5 memiliki hasil momen putar (rad/s) sebesar 1,340 rad/s, untuk sudu 7 memiliki hasil momen putar sebesar 1,852 rad/s dan terakhir pada jumlah sudu 9 memiliki hasil momen putar 1,505 rad/s.

Yang artinya semakin banyak jumlah sudu semakin besar nilai momen putar yang dihasilkan, di karenakan pada momen putar di pengaruhi oleh besar nilai putaran poros (Rpm) yang dihasilkan turbin. Semakin besar nilai putaran poros (Rpm) maka semakin besar nilai momen putar (rad/s) yang dihasilkan. Akan tetapi pada jumlah sudu 9 lebih kecil nilai yang dihasilkan daripada jumlah sudu 7 ini karena faktor sudu yang di pakai dalam pengujian ini yaitu sudu NACA 6512 membuat putaran poros turbin menurun dan juga jatuhnya air ke sudu menurun maka turbin bergerak tidak terlalu kuat.

❖ Hubungan Pengaruh Daya Turbin (Hp) Dengan Jumlah Sudu

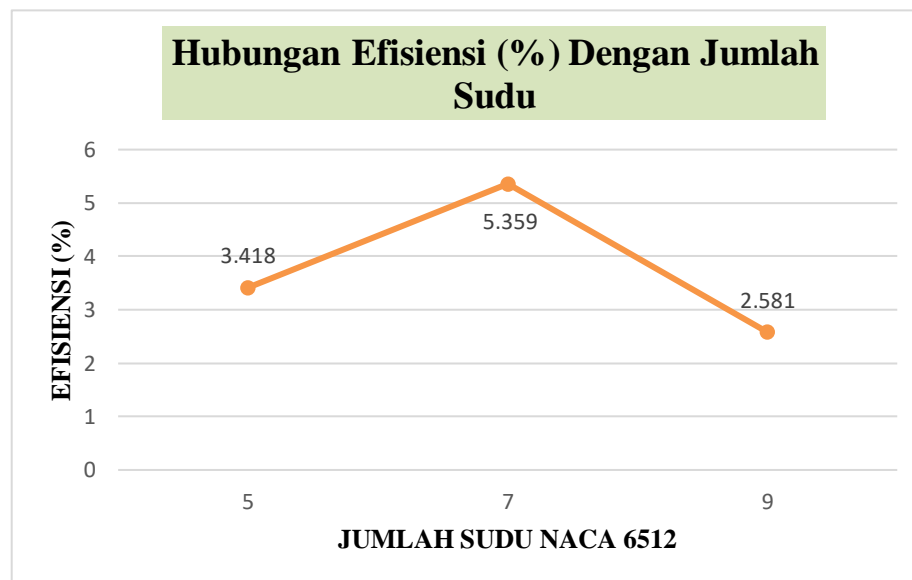


Gambar 5. Hubungan Pengaruh Daya Turbin Dengan Jumlah Sudu
Sumber : Damario Gandhi Renadi, 2023

Grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah sudu mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, bisa dilihat dengan jumlah sudu 5 dengan nilai 0,00285 Hp, untuk jumlah sudu 7 menghasilkan daya turbin dengan nilai 0,00467 Hp, sedangkan pada jumlah sudu 9 menghasilkan daya turbin 0,00349 Hp.

Berdasarkan Teori Benyamin Tangaran, 2019 semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan, akan tetapi dalam pengujian ini ada beberapa faktor jumlah sudu 7 nilai terjadi kenaikan dikarenakan melihat dari nilai pembebanan, torsi dan momen putar yang berpengaruh dalam menghasilkan Daya turbin. Tetapi pada jumlah sudu 9 lebih kecil nilai yang dihasilkan daripada jumlah sudu 7 ini karena faktor sudu yang di pakai dalam pengujian ini yaitu sudu NACA 6512

❖ Hubungan Pengaruh Efisiensi (%) Dengan Jumlah Sudu



Gambar 6. Hubungan Pengaruh Efisiensi dengan Jumlah Sudu
Sumber : Damario Gandi Renadi, 2023.

Grafik diatas bahwa pengaruh variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi efisiensi yang di hasilkan, seperti pada jumlah sudu 5 menghasilkan 3,418 % , untuk jumlah sudu 7 efisiensi adanya peningkatan tinggi yang menghasilkan nilai efisiensi 5,359 % sedangkan pada jumlah sudu 9 efisiensi terjadi penurunan dan ini nilai efisiensi paling kecil dibandingkan dengan menggunakan sudu 5 dan 7 yang dihasilkan dengan nilai 2,581 %.

Yang berarti jumlah sudu mempengaruhi nilai efisiensi, karena pengaruh dari Daya Air (Pa) dan pengaruh dari nilai daya turbin (Pt). Jika melihat dari teori peneliti terdahulu seperti Mafrudin, 2014 jumlah sudu mempengaruhi nilai efisiensi, semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar nilai efisiensi yang dihasilkan. Akan tetapi dalam pengujian penelitian ini ada kenaikan nilai efisiensi pada jumlah sudu 7, dan juga terjadi penurunan pada jumlah sudu 9 yang diakibatkan dari Daya turbin dan daya air dengan beberapa kendala waktu pengujian, seperti penggunaan model sudu NACA 6512 mengakibatkan turbin air tidak efisien.

IV. Kesimpulan

1. Hasil data dari pengujian turbin undershot dengan menggunakan sudu NACA 6512 ini yang paling optimal pada turbin ini yang menggunakan sudu 7 dengan Torsi sebesar 1,8793 Nm, Daya Air 0,87128 Hp, Momen Putar 1,852 Rad/s, Daya Turbin 0,00467, Efisiensi sebesar 5,359 %.
2. Optimalnya nilai kinerja turbin undershot ini yang menggunakan sudu NACA 6512 dengan jumlah sudu 7 di pengaruhi oleh daya air yang membuat putaran rotor turbin meningkat.
3. Efisiensi tertinggi terdapat pada penggunaan sudu NACA 6512 dengan jumlah sudu 7 mempunyai efisiensi 5,359 sedangkan nilai efisiensi terendah pada penggunaan sudu naca 6512 dengan jumlah sudu 9 mempunyai nilai 2,581%.

ANALISA KINERJA KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT MENGGUNAKAN SUDU NACA 6512 DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU 5,7 DAN 9

Saran

1. Pada penelitian harus melihat beberapa aspek penting mulai dari jenis sudu yang digunakan agar mendapatkan hasil karakteristik turbin yang maksimal.
2. Pada penelitian ini harus diperhatikan untuk alat flowmeter di kuatkan lagi agar tidak terjadi pergeseran dan air harus bersih agar flowmeter tidak kotor dikarenakan mengakibatkan sensor dari flowmeter tidak maksimal

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abd, M. L., & Asroni, M. (2021). Analisa Pengaruh Penggunaan Hydrofoil NACA 6515 Dengan Variasi Sudut Penyempitan Aliran Air Terhadap Performa Dan Efisiensi Pada Turbin Air Vortex. Malang : ITN Malang.
- [2] Arismunandar, Wiranto. (2002). Pengantar Turbin Gas dan Motor propulsi. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- [3] Ardiyanto, Edwin., 2019. Analisa Pengaruh Penggunaan Sudu Naca 9516 Pada turbin Air Vortex Tenaga Picohidro Terhadap Tinggi Jatuh dan Penyempitan Aliran Air. Malang : Institut Teknologi Nasional Malang
- [4] Ahmad, R. Y. (2014) ‘*Optimalisasi Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Air Berskala Pico Hydro*’, Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu
- [5] Dietzel, F., Sriyono, Dakso. 1993 Turbin Pompa dan Kompresor. Erlangga. Jakarta.
- [6] Ihfazh, N. E. N, Waluyo, dan Syahril (2013) ‘Penerapan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung’, *Jurnal Reka Elkomika*, Vol.1 No.4, ISSN 2337-439X.
- [7] Junarto, Fajar. 2016. “Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Darrieus Profil NACA 0018 Tipe Poros Vertikal.” Malang: Universitas Brawijaya
- [8] Lubis, M. (2012). Analisis Aerodinamika Airfoil NACA 2412 Pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamics untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum. *pp.22-33. e-Dinamis*
- [9] Marsudi Djiteng. 2011. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [10] Nahkoda, Y. I., Sulistiawati, I. B., & Soetedjo, A. (2018). Penerapan Tenaga Listrik Picohidro Menggunakan Komponen Bekas Dengan Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan di Desa Gelang Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks* , Volume 1 Nomor 2.
- [11] Pietersz. R., Soenoko. R., Wahyudi. S., 2013. Pengaruh jumlah sudu terhadap optimalisasi kinerja turbin kinetik roda tunggal.
- [12] Prasetio. B., Chrismianto. D., Iqbal. M. 2015. Analisis pengaruh geometri dan jumlah sudu terhadap performasi wells turbine.
- [13] Suyitno. Juni 2011. Pembangkit Energi Listrik. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta.
- [14] Widodo, S., Mujiarto, S., Rasyidi, N. R., & Suharno, K. (2018). Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Terhadap Daya Yang Dihasilkan. *Vol.2, No.2*(Journal of Mechanical Engineering).