

RANCANG BANGUN TURBIN KINETIK SUDU BERENGSEL LUAR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK SKALA PIKOHIDRO

Silvy Dollorossa Boedi¹, Alfred Noufie Mekel², Adrian Maidangkay³

^{1,2,3}(Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado)

¹isilvyboedi@gmail.com

²alfred_mekel@polimdo.ac.id

³adrianmaidangkay@yahoo.co.id

Abstrak— Masalah kekurangan energi masih menjadi masalah global dimana khususnya di rasakan di negara berkembang yang penduduknya hidup di desa, yang masih membutuhkan pengembangan dari sumber energi yang lebih efisien. Terbatasnya bahan bakar fosil menjadikan energi air menjadi pilihan energi yang paling baik. **Masalah dalam memenuhi tersedianya aliran listrik di pedesaan** dengan memanfaatkan energi air sebagai energi baru dan terbarukan menjadi tujuan jangka panjang dalam penelitian ini. Penelitian yang dilakukan saat ini adalah penelitian yang relevan dengan kondisi dilapangan. Tujuannya adalah memperoleh nilai daya turbin dari rancang bangun turbin yang di desain untuk nantinya bisa memenuhi sebagai pembangkit listrik skala pikohidro. Penelitian tentang turbin kinetik saat ini merupakan gabungan dua buah tipe kincir air, yang porosnya vertikal (kincir overshot dan kincir pencelet). Dibuat poros vertikal supaya generator lebih mudah dipasang dan semua sudu memperoleh dorongan aliran air. Kebanyakan turbin air memiliki sudu yang terpasang tetap (*fixed blade*). Penelitian kali ini sekaligus yang menjadi target kebaruan adalah turbin kinetik dengan poros vertikal yang memiliki sudu berengsel. Sudu berengsel adalah sudu yang bisa bergerak ketika aliran air mengenai sudu, sehingga di salah satu sisi turbin akan mengurangi torsi negative dan di sisi lainnya akan meningkatkan putaran turbin. Metode penelitian adalah penelitian relevan yang dikondisikan sesuai lapangan (saluran irigasi pintu air 4 Desa Talawaan). Hasil penelitian yang menjadi target yaitu, diperoleh desain/rancang bangun turbin yang mempunyai daya dan efisiensi turbin yang lebih optimal, dibanding dengan turbin yang memiliki sudu tetap, sehingga turbin kinetik sudu berengsel luar ini dapat berkontribusi dalam penyediaan energi listrik pedesaan. Nilai optimum pada penelitian adalah pada jumlah sudu 10 dan daya turbin 59,01 Watt. Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan melakukan variasi bebas pada jumlah sudu, dan sudu 10 memiliki nilai daya yang optimum 59,01 Watt.

Kata Kunci— turbin; kinetik; sudu; berengsel luar

Abstract— *The problem of energy shortages is still a global problem which is especially felt in developing countries whose residents live in villages, which still require the development of more efficient energy sources. Limited fossil fuels make water energy the best energy option. The problem of meeting the availability of electricity in rural areas by utilizing water energy as new and renewable energy is a long-term goal in this research. The current research is research that is relevant to the conditions in the field. The goal is to obtain the value of the turbine power from the turbine design which is designed to later be able to fulfill a picohydro scale power plant. The current research on kinetic turbines is a combination of two types of waterwheels, which have a vertical axis (overshot turbine and pusher turbine). The vertical shaft is made so that the generator is easier to install and all the blades get a boost in the flow of water. Most water turbines have fixed blades. In this research, the target of the novelty is a kinetic turbine with a vertical shaft which has a hinged blade. Hinged blades are blades that can move when the flow of water hits the blades, so that on one side of the turbine it will reduce negative torque and on the other hand it will increase turbine rotation. The research method is research that is relevant / conditioned according to the field (sluice irrigation channel 4 Talawaan Village). The results of the research that became the target were to obtain a turbine design that has more optimal turbine power and efficiency, compared to a turbine that has a fixed blade, so that this externally hinged blade kinetic turbine can contribute to the provision of rural electrical energy. The optimum value in this study is the number of blades 10 and turbine power 59.01 Watt.*

Keywords— turbine; kinetic; blade; hinged blade

PENDAHULUAN

Potensi cadangan energi baru terbarukan di Indonesia belum maksimal pemanfaatannya. Untuk potensi tenaga air baru 4200 MW yang artinya baru dekitar 5,5% yang dimanfaatkan. Program prioritas agenda riset nasional tahun 2010 - 2014 di bidang energi alternatif adalah peningkatan

pemanfaatan energi terbarukan mikrohidro. Data tahun 2009, energi mikrohidro yang dipakai baru sekitar 86 MW atau 17,2% dari sumber potensi 500 MW. Walaupun masalah berat dialami oleh industri di negara maju bisa dicari solusi dan ditanggulagi, kita tetap diperhadapkan dengan masalah kekurangan energi, terlebih sangat di rasakan di negara berkembang, dimana penduduk yang hidup di desa

membutuhkan pengembangan dari sumber energi yang lebih murah dan efisien. Semakin sulit dan terbatas bahan bakar fosil, membuat potensi air menjadi alternatif energi yang paling baik. Sebanyak 19 juta masyarakat belum dapat listrik, apalagi untuk daerah-daerah di Indonesia Timur yang jaraknya jauh. Pada daerah yang jauh dari jaringan transmisi aliran listrik PLN, sangat dibutuhkan pembangkit listrik skala kecil untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggali langsung potensi energi yang ada disekitar tempat tinggal, terutama yang bersifat energi terbarukan.

Ternyata masyarakat mengalami kesulitan dalam membangun PLTM mereka sendiri. Masalah lain yang timbul adalah, apabila PLTM telah ada, masalah pemeliharaan dan berbagai masalah yang timbul berhubungan dengan instalasi PLTM secara keseluruhan. Seperti misalnya kerusakan bantalan karena adanya percikan air yang masuk bearing sehingga terjadi kerusakan bearing. Pernah juga terjadi generator pembangkit diperlakukan tidak benar sehingga timbul kerusakan dan tidak bisa menghasilkan listrik.

Warsito melakukan penelitian dengan merealisasikan dan menganalisis sumber energi dari aliran air (nanohidro) yang memiliki debit $0,008 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan ketinggian head 1,5 meter menggunakan kincir tipe Francis [1]. Hasil penelitian mencatat daya yang dihasilkan 2,34 Watt dan efisiensi sistem secara integral sebesar 40,12%. Begitu juga dengan Sornes K, juga meneliti tentang turbin air skala kecil untuk aplikasi di sungai. Menurutnya, turbin skala kecil untuk saat ini sangat diandalkan karena ramah lingkungan dan biaya yang murah, umur yang panjang dan membantu pasokan listrik didaerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Penempatan perangkat hidrokinetik, dalam kaitannya dengan penampang saluran adalah komponen yang sangat penting untuk alasan dasar yakni fluks energi di permukaan aliran lebih tinggi dari di bagian bawah pada sungai [2].

Berbagai penelitian juga dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbin poros vertikal yaitu mengatur dimensi saluran masuk turbin untuk mempercepat aliran, juga mengatur ukuran dan bentuk sudu. Soenoko, membuat model turbin kinetik dengan memakai 2 roda (roda ganda), tujuannya agar dapat menjadi pembangkit listrik kecil/ sederhana yang akan memberi manfaat penyediaan energi listrik khususnya daerah yang jauh dari listrik PLN [3]. Dalam penelitiannya, turbin dengan memakai 2 roda memiliki torsi yang lebih besar dibanding turbin *water wheel*. Gaya optimum 502 gram, 50 rpm dan debit antara 2 – 2,5 liter/detik terjadi pada kedua turbin 2 roda. Penelitian yang lain juga dilakukan oleh Ariadi, penelitian dengan simulasi CFD dan eksperimental dilakukan untuk turbin arus air tipe poros vertikal [4]. Penelitian ini diharapkan akan memperoleh hasil dari naik-turunnya gaya yang ditimbulkan karena variasi penambahan jumlah sudu dan *aspect ratio* turbin, juga untuk memperoleh analisa torsi yang dihasilkan. Berdasarkan analisa eksperimen, dengan variasi jumlah sudu, putaran turbin akan meningkat seiring penambahan jumlah sudu pada turbin, sedangkan berdasarkan simulasi CFD menggambarkan naik-turunnya nilai gaya dipengaruhi oleh variasi jumlah sudu, sudu yang sedikit akan

memperoleh nilai fluktuasi yang kecil pula, efisiensi turbin optimal adalah 54,6%.

Bibeau, melakukan penelitian pada turbin kinetik poros vertikal. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh efisiensi optimal turbin 35,4%, turbin dapat ditingkatkan kinerjanya dengan model *hydrofoil arm* [5].

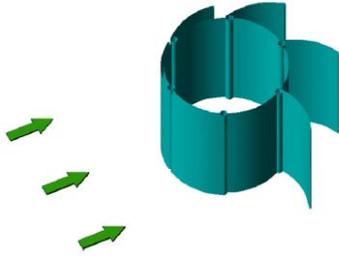
Bono menyimpulkan, variasi bentuk sudu pada turbin Pelton, bahwa bentuk sudu mangkok dan setengah lingkaran memiliki daya turbin yang hampir sama, tetapi efisiensi sudu mangkok lebih tinggi daripada sudu setengah lingkaran [6].

Kinerja turbin bergantung pada debit aliran, kecepatan aliran, putaran turbin, sudut pengarah aliran, geometri sudu dan jumlah sudu, dimana jumlah sudu merupakan variable yang mempengaruhi kinerja (daya dan efisiensi) turbin kinetik. Menambah jumlah sudu artinya jumlah massa yang menerpa sudu turbin meningkat, tapi penambahan jumlah sudu memungkinkan adanya pengurangan massa sebagian sudu yang lain. Beberapa penelitian tentang sudu turbin kinetik poros vertikal dilakukan oleh Ohoirenana [7]. Penelitian dilakukan pada turbin yang memiliki roda tunggal, dengan memvariasikan jumlah sudu pada model sudu mangkok. Turbin dengan 8 sudu bekerja lebih optimal dengan putaran 80 rpm, daya 22,7 Watt dan efisiensi 37,9%.

Begitu juga dengan Yani, variasi panjang sudu diteliti untuk memperoleh kinerja turbin roda tunggal yang optimal. Diperoleh panjang sudu 12 cm, 80 rpm, daya 25,45 Watt dan efisiensi 42,45 % [8]. Asrofull, dalam penelitiannya pada turbin kinetik dengan variasi sudut input dengan tipe sudu mangkok. Diperoleh nilai optimum input sudu tipe sudu mangkok pada 10° , putaran 100 rpm, daya 19 Watt dan efisiensi 38% [9].

Kaprawi melakukan penelitian tentang turbin kinetik poros vertikal mengenai pengaruh geometri sudu turbin agar didapat kinerja sudu turbin yang paling baik. Ketebalan sudu optimum pada 12% sampai 18% dari tebal yang sering dipakai. Ketebalan sudu sangat berpengaruh terhadap kuat atau tidak sudu terhadap tahanan/*drag*. [10].

Sekarang telah berkembang penelitian tentang turbin kinetik dengan menggunakan sudu tidak tetap atau sudu berengsel. Beberapa yang telah diteliti antara lain oleh Bo Yang, melakukan penelitian kinerja turbin kinetik sumbu vertikal sudu berengsel yang disebut Hunter turbin [11]. Turbin Hunter yang diteliti adalah turbin dengan sumbu vertikal yang dipasang pada arus pasang surut. Fungsi sudu dengan engsel akan diteliti, pada bukaan berapa derajat sudu akan terbuka. Percobaan dilakukan dengan visualisasi aliran pada model kecil untuk memberikan beberapa dasar gerakan dari setiap *blade* di setiap posisi drum. Simulasi CFD 2-dimensi kemudian digunakan untuk memperoleh informasi rinci tentang medan aliran, termasuk tekanan dan kontur kecepatan, juga distribusi tekanan pada permukaan *blade*. Sudu yang digunakan terbuat dari pelat baja dengan bentuk setengah lingkaran yang dipasang pada poros dengan memakai engsel [12]. Penelitian yang dilakukan sekarang adalah memanfaatkan sudu berengsel pada aliran satu arah, dimana fungsi sudu berengsel pada kedua sisi akan diteliti.



Gbr. 1 Turbin *Hunter* (Turbin berengsel dalam)

Yesung Allo, menganalisa turbin arus lintang (*Cross Flow*) nol head, dengan jumlah sudu sebagai variabel bebas : 12, 6, 4 sudu, juga variasi gerakan sudu yaitu, sudu dipasang *fixed* (tetap) dan sudu dipasang memakai engsel (berengsel). Hasil optimal diperoleh pada gerakan sudu tetap, 12 sudu, 89,9 rpm, daya 29,2 Watt dan efisiensi 0,47% [13].

Penelitian-penelitian mengenai turbin kinetik dewasa ini masih kurang, apalagi turbin kinetik dengan poros vertikal untuk itu perlu dikembangkan turbin jenis ini sebab potensi-potensi air di pedesaan sangat besar untuk dikelola. Penelitian turbin kinetik masih terbatas pada pemilihan potensi air yang memiliki tinggi jatuh air / head, sedangkan pengembangan turbin untuk digunakan pada potensi air yang ada pada sungai, saluran irigasi, belum banyak yang meneliti. Kebanyakan turbin kinetik memiliki sudu tetap (inspirasi : kincir air yang memiliki posisi poros vertikal). Penelitian kali ini adalah, turbin kinetik yang sudu nya dibuat berengsel / bisa bergerak, dan engselnya dipasang pada bagian luar cakram/runner.

Tujuan penelitian tentang turbin kinetik supaya dapat menghasilkan kinerja optimal, dalam hal ini menentukan jumlah sudu yang tepat. Penelitian yang akan dilakukan kali ini adalah meneliti kinerja turbin, dengan menggunakan sudu berengsel yang dipasang pada bagian luar diameter cakram. Harapan menggunakan turbin ini adalah peningkatan unjuk kerja turbin dibanding menggunakan turbin kinetik dengan sudu tetap.

METODE

Metodologi penelitian untuk penelitian kali ini adalah dengan eksperimen sebenarnya. Penelitian ini menggunakan peralatan penelitian yang dirancang sesuai dengan ukuran turbin kinetik sudu berengsel luar yang akan diteliti. Metodologi penelitian dilakukan, dimana akan dianalisa apa pengaruh penambahan jumlah sudu pada turbin kinetik yaitu, turbin berengsel dengan menggunakan engsel pada bagian luar *runner*. Akan diperoleh kinerja turbin yaitu daya dan efisiensi turbin kinetik berengsel luar dari variasi jumlah sudu yang ditentukan. Variabel bebas yang diambil adalah variasi jumlah sudu, variabel terikat adalah efisiensi dan daya turbin. Parameter yang diukur adalah kecepatan aliran, putaran turbin dan gaya saat pengereman.

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium / bengkel

Teknik Mesin lebih tepatnya di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado dan akan diaplikasikan pada saluran irigasi di pintu air 4 desa Talawaan Minahasa Utara.

Penerapan teknologi tepat guna dengan aplikasi ilmu pengetahuan dilakukan dalam penelitian ini. Solusi akan krisis energi yang masih menjadi polemik harus dicarikan jalan keluarnya. Salah satu cara adalah dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam yang ada disekitar. Sumber daya / potensi yang masih belum banyak dikembangkan adalah sumber daya air, baik sungai atau saluran irigasi.

Saat ini, penelitian langsung diterapkan dengan memanfaatkan kecepatan aliran air saluran irigasi menjadi objek yang penting. Kecepatan aliran di saluran irigasi di pintu air 4 memiliki debit tertentu, dimana pintu air disetel untuk mengairi daerah persawahan, sehingga kecepatan aliran menyesuaikan debit yang ada, saat penelitian, kecepatan aliran dijaga konstan. Aliran fluida yang bergerak / kecepatan aliran dipertimbangkan sebagai energi dimana aliran fluida memiliki energi kecepatan yang sangat besar. Keunggulan turbin air yang diteliti, turbin kinetik memanfaatkan kecepatan aliran saja, tidak membutuhkan *head* dan bersifat *portable*.

Bentuk sudu turbin kinetik yang dipakai adalah sudu lengkung, dengan variasi jumlah sudunya adalah 6,8,10,12 sudu. Unjuk kerja suatu turbin kinetik, ditentukan oleh efisiensi dan daya turbin tersebut. Parameter nilai efisiensi dan daya turbin kinetik tergantung pada : debit aliran, kecepatan aliran air, ukuran sudu turbin kinetik, jumlah sudu turbin kinetik.

Penelitian yang dilakukan saat ini dengan mengambil variabel bebas penelitian yaitu variasi jumlah sudu :6, 8, 10, 12, juga variabel terikat, yaitu efisiensi dan daya turbin kinetik.

Perangkat turbin kinetik yang digunakan saat penelitian adalah, runner turbin yang terdiri dari 3 bagian utama, yaitu poros dengan diameter 32 mm, bahan stainless steel, cakram dengan diameter 40 cm, dan sudu yang berjumlah 6, 8, 10, 12 sudu dengan tebal sudu 1 mm dari bahan stainless steel yang di pasang pada keliling cakram, seperti pada gambar 2.



Gbr 2. Runner Turbin

Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran turbin, sebagaimana di tunjukan pada gambar 3.



Gbr 3. Tachometer

Neraca pegas berfungsi untuk mengukur beban/gaya pada setiap variasi putaran turbin, sebagaimana ditunjukan pada gambar 4.



Gbr 4. Neraca Pegas

Saluran irigasi di pintu air 4 Desa Talawaan Kabupaten Minahasa Utara, seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gbr 5. Turbin yang diletakkan di saluran air

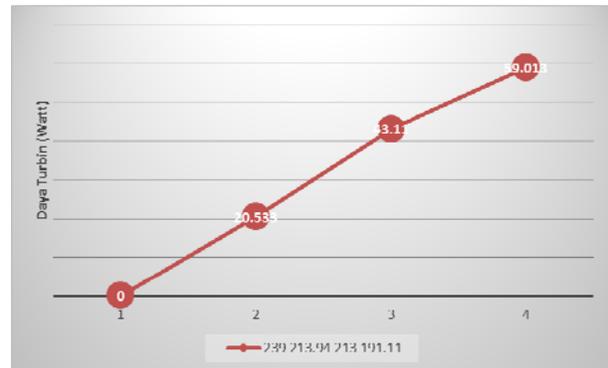
HASIL DAN DISKUSI

- Hubungan putaran n (Rpm) dan daya turbin

Tabel 1

Putaran (rpm)	Daya turbin (watt) Dengan variasi pembebanan
239	0
213,9	20,53
213	43,10
191,1	59

Daya turbin yang dihasilkan berdasarkan hasil perhitungan Torsi x ω , dimana Torsi sendiri adalah perhitungan Gaya x panjang lengan. Pada penelitian, pembebanan / gaya pengereman pada puli divariasikan sehingga memperoleh putaran turbin berdasarkan variasi pembebanan, bukan variasi kecepatan aliran. Daya turbin sangat tergantung pada besarnya kecepatan putaran (rpm). Semakin kecil putaran turbin (rpm) akibat pembebanan, maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.



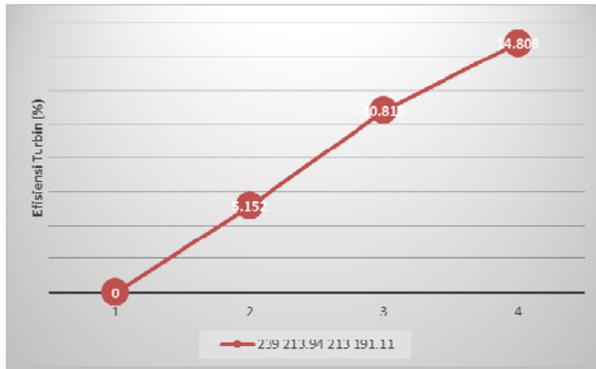
Gbr 6. Grafik hubungan putaran dan daya turbin

- Hubungan putaran n (Rpm) dan efisiensi turbin

Tabel 2

Putaran (rpm)	Efisiensi (%)
239	0
213,9	5,152
213	10,815
191,1	14,806

Efisiensi turbin sangat tergantung pada besarnya kecepatan putaran (rpm). Semakin kecil putaran turbin (rpm) akibat pembebanan, maka efisiensi turbin yang dihasilkan akan semakin besar.



Gbr 7. Grafik hubungan putaran dan efisiensi turbin

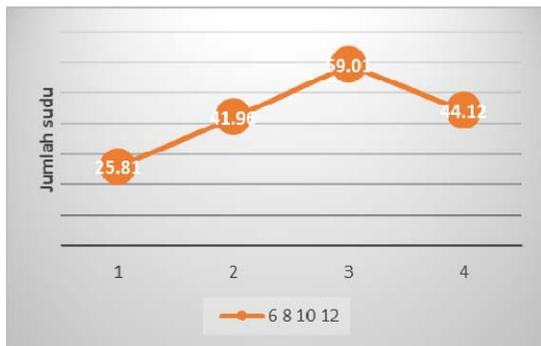
- Hubungan jumlah sudu dan daya turbin

Tabel 3

Jumlah sudu	Daya turbin (watt)
6	25,81
8	41,96
10	59,01
12	44,12

Kecepatan aliran dijaga konstan, karena menyesuaikan dengan bukaan pintu air yang tidak boleh dibuka-tutup sendiri, berhubung debit air digunakan untuk mengairi sawah, sehingga dapat dikatakan, ini adalah penelitian yang sesuai dengan kondisi dilapangan. Kalau penelitian skala laboratorium, debitnya bisa divariasikan, dan sudah pernah dilakukan. (Bisa lihat di hasil pengambilan dan perhitungan data). Sehingga pada penelitian saat ini, daya turbin dipengaruhi jumlah sudu yang terpasang pada turbin.

Seiring dengan bertambahnya jumlah sudu, maka daya turbin akan naik. Tapi pada penelitian kali ini, jumlah sudu yang optimal adalah pada jumlah 10 sudu. Ini disebabkan oleh pergerakan sudu berengsel yang terbatas, karena jarak yang semakin rapat antar sudu sehingga aliran air tidak dapat menumbuk sudu secara maksimal mengakibatkan putaran turbin turun.



Gambar 8 Grafik hubungan banyaknya jumlah sudu dan daya turbin

KESIMPULAN

- Jumlah sudu turbin kinetik poros vertikal dengan sudu berengsel luar yang optimal ada pada jumlah sudu 10, putaran 191,11 rpm dengan efisiensi turbin 14,806 % dan daya turbin 59,01 Watt. Benar, variasi debit aliran juga bisa mempengaruhi daya dan efisiensi turbin. (bisa lihat data di jurnal)
- Beban yang diberikan akan berpengaruh pada putaran turbin, putaran turbin berpengaruh pada daya yang dihasilkan, semakin kecil putaran turbin maka daya turbin yang dihasilkan akan semakin besar. Turbin kinetik sudu berengsel luar memiliki nilai optimal pada jumlah sudu 10.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan banyak terima kasih kepada Kepala Pusat P3M Politeknik Negeri Manado atas kepercayaan melaksanakan penelitian dengan topangan dana, sehingga lewat penelitian ini sudah menghasilkan produk turbin kinetik sudu berengsel luar yang dapat menghasilkan listrik 59 Watt (skala Pikohidro, <100kW). Penelitian ini belum sempurna dan masih butuh pengembangan supaya menghasilkan output energi listrik yang lebih besar.

REFERENSI

- Warsito, Wahyu, S. Wahyudi dan Wildan, (2010), Realisasi dan analisis sumber energi baru terbarukan nanohidro dari aliran berdebit kecil, Jurnal Material dan Energi Indonesia, Volume 01 Nomor 01, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran
- Sornes K. 2010. Small-Scale Water Curent Turbines for River Applications. Zero Emmision Resources Organization.
- Soenoko R., Rispiningtati, and Sutikno D., (2011), Prototype of A Twin Kinetik Turbine Performance as A Rural Electrical Power Generation, Journal of Basic and Applied Scientific Research, Departemen of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Ariadi H. Nugroho dan Hartono. 2011. Studi Numerik dan Eksperimental Performansi Turbin Arus Air Tipe Vertikal Aksis dengan Variasi Jumlah Blade dan Efek Aspect Ratio. Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Eric Bibeau, Shamez Kassam, John Wood, Tom Molinski, and Clayton Bear. 2009. Operating A 5-KW Grid-Connected Hydrokinetic Turbine In a River In Cold Climates. The Journal of Ocean Technology.
- Bono dan Indarto, (2008), Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro dengan Variasi Bentuk Sudu.
- Ohoirenan, Slamet Wahyudi, Djoko Sutikno, (2012), Pengaruh variasi jumlah sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik, Seminar Nasional Science Engineering and Technology, SciETec Fakultas Teknik UB, Malang.
- Yani, Slamet Wahyudi, Deny W., (2012), Pengaruh variasi panjang sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik, Seminar Nasional Science Engineering and Technology, SciETec Fakultas Teknik UB, Malang.
- Asroful A., Rudy Soenoko, Denny W., (2013), Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik, Seminar Nasional Science Engineering and Technology, SciETec Fakultas Teknik UB, Malang.

- [10] Kaprawi, (2011), Pengaruh Geometri Sudu dari Turbin Air Darius Terhadap Kinerjanya, Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3, Palembang.
- [11] Bo Yang and Chris Lawn, (2011), Fluid dynamic performance of a vertikal axis turbine for tidal currents, *Renewable Energi* 36, 3355-3366.
- [12] Bo Yang and Chris Lawn, (2012), Three dimensional effects on the performance of a vertikal axis tidal turbine, *Ocean Engineering* 58, 1-10.
- [13] Yesung Allo Padang, I Dewa Ketut Okariawan dan Mundara Wati, 2014, Analisis variasi jumlah sudu berengsel terhadap unjuk kerja turbin *cross flow zero head*, *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 4 No.1

Data Penelitian di aliran irigasi pintu air 4 Desa Talawaan

TABEL PENGAMBILAN DATA
TURBIN KINETIK DENGAN SUDU BERENGSEL LUAR

JUMLAH SUDU	KECEPATAN v (m/detik)	DEBIT (m3/detik)	PUTARAN n (Rpm)	GAYA, F (N)			MASSA AIR m (kg/detik)	DAYA AIR Pa (Watt)	TORSI T (Nm)	KECEPATAN ANGULAR, ω	DAYA TURBIN Pt (Watt)	Efisiensi η
				F1	F2	ΔF						
8	0,54	0,81	188,5	0	0	0	810	118,098	0	19,733	0	0
			179,6	0,5	0,04	0,46	810	118,098	0,917	18,801	17,240022	14,598
			144,4	1	0,03	0,97	810	118,098	1,9336	15,114	29,224025	24,746
			136,8	1,5	0,03	1,47	810	118,098	2,9303	14,318	41,95701	35,527
6	0,54	0,81	179,2	0	0	0	810	118,098	0	18,757	0	0
			111,9	0,5	0,06	0,44	810	118,098	0,8771	11,71	10,270846	8,697
			108	1	0,05	0,95	810	118,098	1,8937	11,299	21,396728	18,118
			84,15	1,5	0,03	1,47	810	118,098	2,9303	8,808	25,809082	21,854
10	0,54	0,81	239	0	0	0	810	118,098	0	25,015	0	0
			213,9	0,5	0,04	0,46	810	118,098	0,917	22,392	20,53293	17,386
			213	1	0,03	0,97	810	118,098	1,9336	22,294	43,107461	36,501
			191,1	1,5	0,02	1,48	810	118,098	2,9502	20,003	59	49,969
12	0,54	0,81	167,6	0	0	0	810	118,098	0	17,533	0	0
			149,5	0,5	0,03	0,47	810	118,098	0,9369	15,642	14,655306	12,409
			145	1	0,02	0,98	810	118,098	1,9535	15,176	29,64594	25,103
			142,9	1,5	0,02	1,48	810	118,098	2,9502	14,956	44,122962	37,361

Debit air konstan

Jurnal internasional : JESTEC

http://jestec.taylors.edu.my/Vol%2012%20issue%208%20August%202017/12_8_13.pdf

Table 3. Experimental research design.

No.	Independent variable			Response variable	
	Steering Angle (°)	Blade Number	Flow rate (m ³ /hour)	Turbine Power (Watt)	Turbine Efficiency (%)
1	20	10	35	9.54	29.08
2	30	10	35	12.69	38.69
3	20	14	35	11.77	35.86
4	30	14	35	16.46	48.39
5	20	10	45	11.29	17.13
6	30	10	45	17.52	26.59
7	20	14	45	14.25	21.62
8	30	14	45	22.28	33.82
9	16.59	12	40	8.52	18.78
10	33.41	12	40	18.08	39.86
11	25	8.64	40	10.29	22.69
12	25	15.36	40	15.00	33.08
13	25	12	31.59	12.78	38.95
14	25	12	48.4	20.32	24.49
15	25	12	40	11.72	25.84
16	25	12	40	11.84	26.10
17	25	12	40	11.78	25.97
18	25	12	40	11.95	26.36
19	25	12	40	11.84	26.10
20	25	12	40	11.72	25.84

Variasi Debit aliran

Semakin besar debit, semakin besar kecepatan aliran (A, luasan konstan)