

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan Ilmu dan Teknologi menuntut kebutuhan listrik menjadi sangat vital dalam pembangunan suatu negara. Semakin maju negara maka dibutuhkan kebutuhan listrik yang lebih besar dan juga penggunaan sumber energi mengalami peningkatan. Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang maka memiliki permasalahan listrik khususnya di daerah terpencil (Pedesaan) masih sekitar 2500 desa masih gelap belum mendapat listrik PLN (ESDM, 2018). Kebutuhan listrik yang tinggi dan proses pembangkit listrik yang mahal maka Pembangkit listrik Mikrohidro *Tube* dapat dijadikan solusi karena sifatnya yang *portable*, biaya rendah dan dapat menghasilkan daya 1224,32 Watt cukup untuk dua, tiga rumah tangga. Mikrohidro *tube* juga dapat menjangkau daerah-daerah terpencil serta memperkenalkan pembangkit tenaga listrik mandiri. "Pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan *turbine cros-flow* menjadi menarik karena konstruksinya sederhana dalam upaya tersebut dapat dilakukan dengan mencari alternatif berbagai sumber daya, menyelamatkan dan mengevaluasi potensi pembangkit listrik"(Asif, 2009;Mafruddin & Marsuki, 2017). "Sistem tenaga air skala kecil atau sistem mikrohidro *power* dengan sumber energi hijau sebagai sumber energi alternatif dan berbagai negara telah merasakan manfaatnya"(Drinkwaard et al., 2010;Khan et al., 2016). "Pembangkit listrik tenaga mikrohidro *tube* dengan *turbine cros-flow* menjadi menarik karena konstruksinya yang sederhana, mudah, biaya perawatan yang rendah, dan merupakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan,

serta memiliki perkembangan yang baik ke depan. Konstruksi turbin *cross-flow* terdiri dari dua bagian yaitu *nozzle* dan *runner*”(Sammartano et al., 2014).

Penggunaan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dikembangkan dan di optimalkan melalui mengubah pola pikir masyarakat bahwa Energi Baru Terbarukan (EBT) bukan sekedar sebagai sumber energi alternatif dari bahan bakar fosil, tetapi harus menjadi sumber energi yang menjadi pasokan energi nasional dengan porsi EBT 23% pada tahun 2025 dan pada tahun 2050 paling sedikitnya 31% (PP No. 79/2014 Tentang KEN). Realisasinya hingga juni 2020 baru mencapai 9,15% Padahal target Energi Baru dan Terbarukan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dalam Undang-Undang No. 30 tahun 2015) tentang ketenagalistrikan menyebutkan salah satu upaya pemerintah dalam pengoptimalan dan pengembangan potensi tenaga air dengan memanfaatkan aliran sungai sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) (ESDM, 2018). Pembangkit Listrik Mikrohidro *Tube* sebagai *power house* sebagai salah satu solusi dengan biaya yang rendah dan dapat dibangun/dimiliki oleh setiap keluarga karena konstruksi sederhana dan dapat diperoleh dengan mudah pada setiap desa. Pembangunannya juga dapat dilakukan satu orang/kelompok masyarakat bagi setiap keluarga yang belum dapat listrik PLN dapat membangun untuk kebutuhannya sendiri. “Potensi sungai-sungai di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal, pemanfaatannya terbatas untuk irigasi pertanian, sedang potensi sebagai sumber energi alternatif belum dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Sungai dengan debit sebesar 10,4 liter/detik dengan *head* 2,5m sangat potensial untuk sebuah pembangkit tenaga *Pico Hydro* dan sesuai potensi yang ada maka, lebih tepat dengan rumah pembangkit (*power house*) dengan tube”(Sukamta &

Kusmantoro, 2013). Listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk penerangan jalan, bengkel, rumah tangga, disekitar lokasi pembangkit, maka diperlukan riset dan uji coba pemodelan *blade runner turbine* diameter 80mm dan panjang 130mm pada pembangkit tenaga Mini/mikrohidro dengan *tube* sebagai *power house* yang sifatnya portable dan mudah pembangunannya. “Daerah pedesaan/pedalaman yang jauh dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang konvensional tidak efektif karena pembangunan dan konstruksinya permanen sehingga pembangunannya membutuhkan biaya yang besar, tempat yang luas dan teknologi yang tidak sederhana sehingga membutuhkan perawatan yang kontinyu dan berkelanjutan”(Sukamta & Kusmantoro, 2013).

Berdasarkan kenyataan di atas timbulah tantangan bagaimana menciptakan mikrohidro tube dengan pemodelan *runner turbine* yang memiliki efisiensi tinggi pada “pembangkit listrik yang praktis, biaya investasi yang murah, mudah pengoperasiannya sehingga dapat dimiliki oleh perorangan atau kelompok masyarakat desa”(Asif, 2009). Gagasan, ide dalam membuat model *runner turbine* yang memiliki efisiensi yang tinggi sebagai dasar dalam penelitian *runner cross flow* diameter 80mm dan panjang runner 130 mm sebagai komponen penting dari sistem Pembangkit Tenaga Mikrohidro *tube* sebagai *power house*. Karakteristik aliran dan kinerja *turbine cross-flow* untuk menghasilkan tenaga turbin yang tinggi dibantu dengan metode *Computational fluid dynamics* (Prasetyo et al., 2017;Kao & Tseng, 2018). “Prinsip-prinsip tersebut digunakan dengan tiga hukum dasar yaitu hukum kekekalan waktu, hukum kedua Newton/hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi. Ketiga hukum tersebut dinyatakan dalam persamaan matematika yang berupa persamaan integral atau diferensial menjadi aljabar diskrit persamaan

(penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian) yang memungkinkan untuk dikerjakan oleh program komputer. Teknik *computational fluid dynamics (CFD)* mencapai tinggi tingkat masalah dan terjadi alat praktis untuk menentukan tindakan perilaku berbagai jenis mesin aliran fluida”(Contreras et al., 2018). “Cara ini menjadi tren khususnya di bidang energi baru terbarukan khusus hal ini terkait dengan contoh analisis fluida/fluida untuk turbin gas, turbin angin dan turbin air”(Larasakti et al., 2012; Mito et al., 2015; Rabani et al., 2017). “Pengembangan analisis ini didukung oleh hasil pengujian eksperimental yang menggunakan *computational fluid dynamics* sebagai alat bantu pemodelan, estimasi, dan analisis perilaku turbin *cross-flow* pada kondisi operasi yang berbeda, dengan *software Computational fluid dynamics (CFD)* menggunakan ANSYS-Fluent 19.0”(Sammartano et al., 2013). Dinamika fluida komputasi untuk menentukan daya turbin dengan memperlakukan model yang berbeda dengan parameter jumlah blade, sudut *blade runner*, dan *head* generator (Tiwari et al., 2020). “Daya yang dihasilkan oleh turbin merupakan faktor penting dalam pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan *tube* sebagai pembangkit listrik dalam menentukan efisiensi produksi. *Computational fluid dynamics (CFD)* memberikan analisis yang akurat untuk dapat menghasilkan daya yang efisien pada turbin *cross-flow*”(Bixler et al., 2007; Sammartano et al., 2013). Keunggulan dari sistem pembangkit Mikrohidro *Tube* sifatnya yang *portable* dimana rumah pembangkit (*power house*) dapat digeser atau dipindah dalam beberapa jarak tertentu menyesuaikan kondisi potensi yang ada. Biaya yang terjangkau (*Murah*) dalam pembangunan dan perawatan mulai dari perakitan *turbine*, pembangunan saluran *intake* yang terintegrasi dengan irigasi pertanian maupun perikanan, pembuatan drum membutuhkan biaya sebesar

RP 4.443.000,- sehingga terjangkau oleh kelompok masyarakat ataupun perorangan. Pembangkit *Mikrohidro Tube* ini juga bersifat mandiri dimana dari proses pembangunan, perawatan, dan pengelolaan dilakukan secara mandiri oleh rumah tangga atau warga yang menggunakan mengoprasikan. (1) Pembangunan dilaksanakan oleh masyarakat atau kelompok individu mulai dari pembangunan saluran *intage*, pengelasan drum sebagai rumah pembangkit dan pemasangan rumah pembangkit (2) Perawatan mikrohidro *tube* mulai dari pembersihan saluran *intage* dilakukan secara rutin pagi dan sore hari, pelumasan regulator, katup dan runner turbin dilaksanakan secara rutin dan *Insidental* (3) Pengelolaan mikrohidro *tube* dilakukan oleh warga maupun sekelompok individu mulai dari pembersihan saluran, perawatan jaringan listrik, dan pengelolaan kas hasil iuran penggunaan listrik yang dibangkitkan oleh mikrohidro *tube*. Pembangkit *Mikrohidro Tube* menggunakan teknologi yang sederhana dan terjangkau oleh kelompok masyarakat ataupun perorangan sehingga menjadi solusi dalam mempercepat penyebaran dan pengembangan pembangkit mikrohidro *tube*. Pembangkit mikrohidro *tube* ini akan dimanfaatkan menggerakkan generator yang menghasilkan listrik sebesar 1224,32Watt, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat sebagai penerangan jalan, bengkel maupun ruang pertemuan rukun warga yang dimanfaatkan untuk kelompok belajar masyarakat dan pada malam hari diharapkan dengan adanya listrik ini maka masyarakat lebih akan produktif.

1.2 Rumusan Masalah

Memperhatikan uraian diatas maka dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian yaitu:

1. Berapa *Coefisien of power (Cp)* runner *cross flow* terbaik dengan variasi blade runner 10^0 , 15^0 , 20^0 dan 25^0 dan 30^0 dengan berbagai jumlah blade 8, 12, 16, 20, 24, 28, dengan *Computational fluid dynamics* sebagai bentuk pemodelan ?
2. Apakah Perancangan dan Realisasi Mikrohidro Tube ada persamaan hasil efisiensi sebagai pembangkit listrik skala rumah tangga yang portable.
3. Apakah dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan apabila sebuah daerah/pedesaan menggunakan mini/mikrohidro *tube* ?
4. Bagaimanakah strategi manajemen pengelolaan mini/mikrohidro *tube* supaya berkelanjutan ?

1.3 Orisinalitas Penelitian

Pembangkit *Mikrohidro Tube* ini juga bersifat mandiri dimana dari proses pembangunan, perawatan, dan pengelolaan dilakukan secara mandiri oleh rumah tangga atau warga yang menggunakan mengoprasikan. (1) Pembangunan dilaksanakan oleh masyarakat atau kelompok individu mulai dari pembangunan saluran *intage*, pengelasan drum sebagai rumah pembangkit dan pemasangan rumah pembangkit (2) Perawatan mikrohidro *tube* mulai dari pembersihan saluran *intage* dilakukan secara rutin pagi dan sore hari, pelumasan regulator, katup dan runner turbin dilaksanakan secara rutin dan *Insidental* (3) Pengelolaan mikrohidro *tube* dilakukan oleh warga maupun sekelompok individu mulai dari pembersihan saluran, perawatan jaringan listrik, dan pengelolaan kas hasil iuran penggunaan

listrik yang dibangkitkan oleh mikrohidro *tube*. Berdasarkan orisinalitas maka penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian yang terdahulu karena penelitian yang dilakukan berdasarkan eksperimen dengan pemodelan *Computational fluid dynamics CFD* dan rumah pembangkit mikrohidro *tube* bersifat *portable dimana rumah pembangkit (power house) dapat digeser atau dipindah dalam beberapa jarak tertentu menyesuaikan kondisi potensi yang ada*. Biaya yang terjangkau (*Murah*) dalam pembangunan dan perawatan mulai dari perakitan *turbine*, pembangunan saluran *intage*, pembuatan drum membutuhkan biaya sebesar RP 4.443.000,- sehingga terjangkau oleh kelompok masyarakat ataupun perorangan. Pembangkit *Mikrohidro Tube* ini juga bersifat mandiri dimana dari proses pembangunan, perawatan, dan pengelolaan dilakukan secara mandiri oleh kelompok masyarakat atau individu. *Blade runner turbine cross-flow* diameter 80mm dan panjang 130mm dengan variasi *blade runner* 10^0 , 15^0 , 20^0 dan 25^0 dan 30^0 dengan berbagai jumlah *blade* 8, 12, 16, 20, 24, 28.

Penelitian terdahulu yang berhubungan runner *cross-flow* dan pemodelan *computational fluid dynamics* sebagai berikut :

1. Achebe *et al.*, (2020). *Desain and implementation off a cross-flow turbine for pico hydropower electricity generation*, pengujian konvergen dilakukan untuk Analisa *blade* dan *runner shaf*. Sebuah eksperimen di rancang untuk mengevaluasi kinerja *turbine* aliran silang menggunakan alat desain optimal (*custom*) dengan jarak nozle optimal, tinggi dan *blade* serang masing-masing 102 mm, 413 mm dan *blade* 28^0 menghasilkan output 35Watt dan 6V pada dua transformator tegangan digunakan, itu memberi 200Volts. AC.

2. Warjito *et al.*, (2020). Metodologi simulasi CFD turbin aliran silang dengan fitur enam derajat kebebasan, dimana menghasilkan deviasi antara hasil numerik dan hasil eksperimen sekitar 6,8% yang dapat bersaing.
3. Azharul *et al.*, (2020). “Perhitungan turbine air mikrohidro tipe *cros-flow* kapasitas 2500 Watt, Mesin dirancang untuk mampu dioperasikan dengan mudah, dan perawatan yang murah. Jenis turbin yang dipilih adalah turbin air *cros-flow* untuk head rendah. Turbin dirancang berdasarkan data hasil *survey* lapangan, yaitu; Head (H) = 1,85 m; Debit air (Q) = 0,2 m³ /s; Putaran turbin (rencana) (n) = 214 rpm; Efisiensi turbin (rencana) (η_t)= 68%; Massa jenis air (ρ) = 997.8 kg/m³. hasil perhitungan, didapat spesifikasi rancangan turbin *Cros-flow* sebagai berikut: Tinggi air jatuh (H) = 1,85 m; Debit air (Q) = 0,2 m³ /s; Efisiensi turbin (rencana) (η_t) = 68%; Daya (N) = 2,497 kW; Putaran (n) = 214 rpm; Kecepatan spesifik (n_s) = 770,4138831 rpm; Diameter blade jalan (DL) = 0,40 m; Diameter naff (Dn) = 0,035 m; Lebar blade pengarah (B) = 0,032 m; Jumlah blade jalan = 26 buah”
4. Wahyudi *et al.*, (2019). Studi Eksperimen *Hydrokinetic cros-flow* Savonius Horizontal Axis Turbine, Pengembangan model baru turbine ini bertujuan untuk meningkatkan torsi yang biasanya tergantung pada air yang jatuh dari sisi atas kesisi bawah rotor oleh gravitasi. Pengujian eksperimental dan Metode Permukaan Respon (RSM). Variasi file Operasi pengujian turbin adalah (a) blade nozle saluran masuk (α), (b) *Head (H)*, (c) *Flow Rate (Q)*, dan *Power (P)* sebagai variabel respon. Berdasarkan hasil percobaan RSM pengoptimalan, dan tinjauan analitis, nilai optimal variabel operasi ditemukan.

5. Kalista *et al.*, (2018).”Analisa debit (q) dan tinggi jatuh (head) terhadap daya yang dihasilkan (studi kasus: air terjun sungai lahundape kota kendari) untuk mengetahui daya efisien yang dihasilkan, dari perbandingan debit pengukuran aliran sungai dan debit keandalan terhadap pengaruh ketinggian jatuh air di air terjun sungai lahundape. Pengukuran langsung sungai Lahundape untuk mengetahui debit sungai dan ketinggian jatuh air (head). Untuk analisa hidrologi, dibutuhkan data curah hujan (2007-2016), data klimatologi, dan ketersediaan air. Untuk debit andalan menggunakan metode F.J. Mock dengan peluang 80% untuk pembangkit listrik tenaga air. hasil penelitian ini menunjukkan untuk peluang rerata debit andalan 80% yaitu 0,019 m³/s pada tahun 2015. Dapat Menghasilkan daya yang paling efektif selama 9 bulan sebesar 1,46 kW– 4,28 kW yang dapat melayani 3 KK–9 KK, sedangkan untuk 3 bulan tidak dapat menghasilkan daya. Untuk debit pengukuran sebesar 0,050 m³/s menghasilkan daya sebesar 5,40 kW yang dapat melayani 12 KK”.
6. Dragomirescu & Schiaua (2017). Kinerja turbine angin, runner *cross-flow* dengan simulasi numerik, dimana momen tenaga angin kecepatan rendah. Turbine dengan penggunaan nozle akan lebih tepat karena kecepatan angin minimum, dan torsi menjadi parameter penting dengan sumbu horisontal dan vertikal. Turbine ini memiliki torsi awal yang tinggi dan koefisiensi daya maksimum dengan turbine angin sumbu horisontal dapat meningkatkan kinerja turbin.
7. Rahmawati *et al.*, (2016).”Optimasi diameter pipa pesat pada model pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) Desa Dukuh, Kecamatan

Banyudono, Kabupaten Boyolali. Menghitung potensi energi pada turbin dengan metode yang digunakan berdasarkan analisis kehilangan energi pada pipa pesat untuk memperoleh tinggi jatuh efektif dimana hasil penelitian menunjukkan grafik hubungan diameter dan daya. Diameter pipa berbanding lurus dengan tinggi jatuh efektif dan daya, sedangkan berbanding terbalik dengan kehilangan energi. Analisis yang dilakukan pada model dengan debit 0,26 m³/detik, menghasilkan tinggi jatuh efektif sebesar 2,78 m, daya (P_o) = 5,63 kW, $D= 12$ in”.

8. Wicaksono *et al.*, (2013). “Sistem informasi potensi dan analisa perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Indonesia menggunakan pemrograman PHP Indonesia untuk menganalisa studi kelayakan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada sistem ini dianalisa berdasarkan pada banyaknya debit air andalan, diambil salah satu pada perencanaan di sungai Logawa Kec. Kedung banteng. Parameter yang digunakan untuk analisa adalah hasil perhitungan keluaran daya dan Pay Back Period (PBP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air sungai Logawa mampu membangkitkan daya minimal sebesar 728,13 kW. Hasil perhitungan diperoleh biaya investasi yang dibutuhkan untuk merealisasikan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di sungai Logawa sebesar Rp. 14.943.992.745,00 Pay Back Period (PBP) = 3,8 tahun”.
9. Ayancik *et al.*, (2013). *Hydroturbine runner design and manufacturing*, dengan analisis pelari dilakukan berdasarkan yang disediakan jumlah untuk pembangkit listrik tertentu yang ada: volumetrik laju aliran 2,5 m³/s, kepala 43,75m, kecepatan melingkar 1000 rpm, kecepatan spesifik 296 dan 15 bilah

pelari. Jumlah bilah, laju aliran volumetrik, dan keliling parameter kecepatan digunakan bersama dengan mode turbo CFX.

10. Liu *et al.*, (2013). Pemodelan berbasis Eksplorasi Pembangkit Tenaga Air. Kemandirian energi masyarakat setempat untuk mengetahui perkembangan penelitian terkini dan struktur dan Intlektual, teratur pembangkit air dengan indikator *bilbliometrik* menunjukkan publikasi penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan pertambahan yang cepat. Metode pengumpulan data yang dilakukan terhadap tinjauan penelitian untuk mempersiapkan pembuatan kebijakan energi. Pengembangan pembangkit listrik tenaga air dengan prosentase potensi teknis yang terpasang. Potensi teknis yang rendah (25% dari total potensi) Potensi yang belum berkembang di Afrika 92%, Asia 80%, Oceania 80%, Amerika Latin 74%.
11. Kaniecki *et al.*, (2011). Analisis aliran melalui reaksi *cross-flow* turbine dimana analisis aliran CFD melalui turbin aliran silang dengan derajat reaksi yang berbeda. Rentang aplikasi dari berbagai desain ditunjukkan dan penilaian kritis terhadap properti kinerjanya dilakukan. CFD telah menjadi alat yang sangat praktis dalam penilaian kualitatif dan kuantitatif dari reaksi aliran turbin aliran silang dan karakteristik kinerja. Perhitungan numerik telah menunjukkan bahwa draft mikrohidro yang dirancang dengan baik mengurangi beberapa fenomena yang tidak diinginkan dalam sistem aliran keluar turbin.
12. Susatyo dan Subekti (2009).”Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kapasitas 30 kW di desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat, untuk memacu perekonomian daerah yang belum teraliri oleh listrik

mengingat potensi tenaga air yang dimiliki oleh daerah. Metode pembangunan PLTMH ini meliputi survey lokasi, studi kelayakan, perencanaan, persiapan sistem, pembangunan dan pelatihan serta sosialisasi. Surve dilakukan untuk mendapatkan lokasi yang benar membutuhkan listrik dan memang mempunyai potensi energi yang dapat menghasilkan listrik. PLTMH kapasitas daya 30 kWatt yang memenuhi kebutuhan listrik 54 KK, menggunakan *turbine cros-flow* dengan head 20m debit air 300 liter/detik.



SEKOLAH PASCASARJANA

Tabel 1. 1 Riwayat Penelitian Terdahulu Berhubungan dengan PLTMH

| Peneliti | Judul | Lokasi | Tujuan | Metode & Variabel Penelitian | Hasil |
|---------------------------|--|---|---|---|---|
| (Susatyo & Subekti, 2009) | "Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Kapasitas 30 kW di desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat" | Desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat | "Untuk memacu perekonomian daerah-daerah yang belum teraliri oleh listrik mengingat potensi tenaga air yang dimiliki oleh daerah tersebut". | "Metode kegiatan pembangunan PLTMH ini meliputi survei lokasi, studi kelayakan, perencanaan, persiapan sistem, pembangunan dan pelatihan serta sosialisasi. Kegiatan survey dilakukan untuk mendapatkan lokasi yang benar-benar membutuhkan listrik dan memang mempunyai potensi energi yang dapat menghasilkan listrik". | "Sebuah PLTMH dengan kapasitas daya 30 kWatt yang memenuhi kebutuhan listrik sebanyak 54 KK. Adapun turbin yang digunakan adalah turbin <i>Cros-flow</i> dengan head 20 meter dan debit air 300 liter/detik". |
| (Kaniecki et al., 2011) | Analisis aliran melalui reaksi <i>cross-flow</i> turbine | Polandia | Analisis aliran CFD melalui turbin aliran silang dengan derajat reaksi yang berbeda. | Rentang aplikasi dari berbagai desain ditunjukkan dan penilaian kritis terhadap properti | CFD telah menjadi alat yang sangat praktis dalam penilaian kualitatif dan kuantitatif dari reaksi aliran turbin aliran silang dan karakteristik |

| | | | | | |
|-------------------------|---|--|--|--|--|
| | | | | kinerjanya dilakukan. Dinyatakan bahwa dalam berbagai aplikasi, turbin reaksi TPP | kinerja. Perhitungan numerik telah menunjukkan bahwa draft mikrohidro yang dirancang dengan baik mengurangi beberapa fenomena yang tidak diinginkan dalam sistem aliran keluar turbin. |
| (Rompas, 2011) | “Analisis pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh) pada daerah aliran sungai ongkak mongondow di desa muntoi kabupaten bolaang mongondow” | “Desa Muntoi kabupaten Bolaang Mongondow” | “Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan kemampuan tenaga air yang dihasilkan dari PLTMH dan besar energi listrik yang diperoleh dalam 1 tahun” | “Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dilapangan” | Kemampuan tenaga air sebesar 19,5 kW |
| (Haryanto et al., 2013) | “Kinerja teknis dan biaya pembangkit listrik mikrohidro”. | “Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung”. | “untuk menyelidiki kinerja teknis dan biaya pembangkit listrik tenaga mikrohidro”. | “Parameter yang akan diukur dan diamati meliputi tinggi air jatuh (head), tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari generator, jumlah keluarga yang dilayani oleh pembangkit, dan | “Daya output juga berhubungan secara linier terhadap biaya instalasi. Dengan biaya instalasi 8-40 juta rupiah per unit, harga energi listrik berada di kisaran 633- 973 rupiah per kWh”. |

| | | | | | |
|---|---|-----------|--|---|---|
| | | | | harga listrik yang harus dibayar oleh masyarakat”. | |
| (Liu, Zuo, Sun, Zillante, & Chen, 2013) | Pemodelan berbasis Eksplorasi Pembangkit Tenaga Air. | China | Kemandirian energi masyarakat setempat untuk mengetahui perkembangan penelitian terkini dan struktur dan Intlektual, teratur pembangkit air dengan indikator bilbliometrik menunjukkan publikasi penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan pertambahan yang cepat. | Metode pengumpulan data yang dilakukan terhadap tinjauan penelitian untuk mempersiapkan pembuatan kebijakan energi. | Pengembangan pembangkit listrik tenaga air dengan prosentase potensi teknis yang terpasang. Potensi teknis yang rendah (25% dari total potensi) Potensi yang belum berkembang di Afrika 92%, Asia 80%, Oceania 80%, Amerika Latin 74%. |
| (Wicaksono et al., 2013) | “Sistem informasi potensi dan analisa perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh) di Indonesia | Indonesia | “Untuk menganalisa studi kelayakan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro”. | “Pada sistem ini dianalisa berdasarkan pada banyaknya debit air andalan, diambil salah satu pada perencanaan di sungai Logawa Kec. Kedungbanteng. Parameter | “Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air sungai Logawa mampu membangkitkan daya minimal sebesar 728,13 kW. hasil perhitungan diperoleh biaya investasi yang dibutuhkan untuk merealisasikan |

| | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|
| | menggunakan pemrograman PHP”. | | | yang digunakan untuk analisa adalah hasil perhitungan keluaran daya dan Pay Back Period (PBP)”. | pembangkit listrik tenaga mikrohidro di sungai Logawa sebesar Rp. 14.943.992.745,-. Pay Back Period (PBP) = 3,8 tahun”. |
| (Gagliano et al., 2014) | Prespektif Teknis dan ekonomis untuk repowering Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro | Italia | Mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomis repowering salah satu Pembangkit Listrik tenaga air tertua disisilia yang saat ini ditingalkan dan tidak digunakan lagi, reaktivasi Pembangkit tenaga air catarate yang memungkinkan menghasilkan energi dari sumber terbarukan | Klasifikasi dalam fungsi parameter, head rendah, eksplorasi dengan pengatur (tipe reservoir) dan tanpa pengatur (run of the river type) dengan sistem pengaman bertekanan pada pembangkit tenaga listrik model konversi energi. | Fasilitas pembangkit listrik biasanya yang lebih tua dan beroperasi dengan berbagai macam perangkat keras dan kontrol yang tidak optimal untuk bekerja sebagai sistem terpadu. |
| (Pribadyo, 2016) | Kajian Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)Di Desa | Desa Darul Makmur Kotamadya Subulussalam Provinsi Aceh | Studi ditinjau dengan aliran sungai | Hasil penelitian ini mempertimbangkan topografi, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan | Pembangkit listrik mikrohidro yang dipasang tenaga dapat digunakan sebagai penerangan untuk 21 rumah |

| | | | | | |
|------------------|--|--|---|--|--|
| | Darul Makmur Kotamadya Subulussalam Provinsi Aceh. | | | parameter debit yang digunakan 0,07 m ³ / detik dan tinggi jatuh air (head) sejauh 3,5 meter. | dengan daya 120 kW setiap rumah |
| (Suryatna, 2018) | “Model penerapan pembangkit listrik tenaga mikrohidro untuk pengembangan industri rumah tangga makanan”. | Desa kwadungan, kalikajar, kabupaten wonosobo. | “(1) meningkatkan efektifitas penggunaan PLTMH yang telah dibangun Tim Unnes tersebut melalui sinkronisasi jaringan PLTMH dan tegangan agar dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin perajang kentang dan pompa untuk penyemprotan lahan pertanian; dan (2) mengimplementasikan secara nyata penggunaan PLTMH tersebut untuk menggerakkan agroindustri, dengan contoh awal yaitu | “Metode penelitian dijelaskan seperti berikut ini, prosedur pelaksanaan penelitian terdiri atas 6 tahapan yaitu sinkronisasi jaringan dan tegangan dari energi listrik yang diproduksi oleh PLTMH, dengan menerapkan metode perbaikan system jaringan. Penggunaan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH untuk menunjang kegiatan usaha peternakan Teksel”. | Implementasi secara nyata PLTMH untuk pengembangan industri rumah tangga makanan yaitu pada penelitian ini, didukung dengan perbaikan jaringan serta pertimbangan kebutuhan masyarakat pengguna PLTMH, |

SEKOLAH PASCASARJANA

| | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|--|---|
| | | | industri Peternakan Kambing Teksel”. | | |
| (Rahmawati et al., 2016) | Optimasi diameter pipa pesat pada model pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) | Desa Dukuh, Kecamatan Banyudono, Kabupaten Boyolali | Untuk menghitung potensi energi pada turbin. | “Metode yang digunakan berdasarkan analisis kehilangan energi pada pipa pesat untuk memperoleh tinggi jatuh efektif”. | “Hasil penelitian menunjukkan grafik hubungan diameter dan daya. Diameter pipa berbanding lurus dengan tinggi jatuh efektif dan daya, sedangkan berbanding terbalik dengan kehilangan energi. Analisis yang dilakukan pada model dengan debit 0,26 m ³ /detik, menghasilkan tinggi jatuh efektif sebesar 2,78 m, daya (Po) = 5,63 kW, D= 12 in”. |
| (Afonso et al., 2017) | Strategi untuk membuat sumber energi terbarukan yang sesuai dengan pertumbuhan ekonomi. | Portugal | Fokus pada hubungan antara aktivitas ekonomi dan konsumsi energi terbarukan dan non terbarukan untuk negara-negara dengan penggunaan terbesar pada setiap sumber energi | Metode pendekatan ARDL digunakan untuk menangkap jangka pendek dan jangka panjang untuk mencapai hasil yang kuat mengingat adanya fenomena heteroskedastisitas-comtempora. | Energi terbarukan tidak mempengaruhi kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi sementara energi yang tidak terbarukan telah menyumbang pertumbuhan ekonomi. |

| | | | | | |
|--------------------------------|--|---|--|---|--|
| (Dragomirescu & Schiaua, 2017) | Kinerja turbine angin, runner <i>Cros-flow</i> dengan simulasi numerik. | Romania | Momen tenaga angin kecepatan rendah. | Turbine dengan penggunaan nozle akan lebih tepat karena kecepatan angin minimum, dimana torsi menjadi parameter penting dengan sumbu horisontal dan vertikal. | Turbine ini memiliki torsi awal yang tinggi dan koefisiensi daya maksimum dengan turbine angin sumbu horisontal dapat meningkatkan kinerja turbin. |
| (Doda & Mohammad, 2018) | Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Kabupaten Bone Bolango | Di Kabupaten Bone Bolango | Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran dan informasi awal tentang potensi tenaga air sebagai dasar perencanaan dan pengembangan tenaga mikrohidro menanam. | Surve dan Pengukuran | Analisis jumlah potensi kekuatan untuk dibangkitkan di daerah penelitian 289.935Kw dengan aliran ideal 12,14 m ³ / detik, efisiensi rata-rata 65% dengan rencana jatuh setinggi 3,75 m. Daya ini cukup besar untuk kebutuhan elektrifitas penduduk di wilayah studi yaitu sebesar 65kW. |
| (Kalista et al., 2018) | “Analisa debit (q) dan tinggi jatuh (head) terhadap daya yang dihasilkan (studi kasus : air terjun | (Studi kasus: air terjun sungai lahundape kota kendari) | “Mengetahui daya yang efisien dihasilkan, dari perbandingan debit pengukuran aliran sungai dan debit keandalan terhadap | “Pengukuran langsung sungai Lahundape untuk mengetahui debit sungai dan ketinggian jatuh air (<i>head</i>). Untuk analisis hidrologi, dibutuhkan | “Hasil penelitian ini menunjukkan untuk peluang rerata debit andalan 80% yaitu 0,019 m ³ /s pada tahun 2015. Dapat menghasilkan daya yang paling efektif selama 9 bulan sebesar 1,46 kW– 4,28 |

| | | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|--|---|---|
| | sungai lahundape kota kendari”. | | pengaruh ketinggian jatuh air di air terjun sungai Lahundape”. | data curah hujan (2007-2016), data klimatologi, dan ketersediaan air. Untuk debit andalan menggunakan metode F.J. Mock dengan peluang 80% untuk pembangkit listrik tenaga air”. | kW yang dapat melayani 3 KK – 9 KK, sedangkan untuk 3 bulan tidak dapat menghasilkan daya. Untuk debit pengukuran sebesar 0,050 m ³ /s menghasilkan daya sebesar 5,40 kW yang dapat melayani 12 KK. Untuk 3 bulan yang tidak menghasilkan daya, diperkirakan masih dapat membangkitkan daya sebesar 5,40 kW dari debit pengukuran. Maka dari hasil perhitungan daya, dapat direncanakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan menggunakan jenis turbin propeller”. |
| (Martiningsih et al., 2019) | “Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Ciliman Kabupaten Pandeglang”. | Sungai Ciliman Kabupaten Pandeglang. | Dalam rangka mengetahui potensi sumber energi dari sungai ciliman yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit mikrohidro baik secara manual | Penelitian ini dihitung besar potensi PLTMH sungai Ciliman secara manual dan menggunakan software Turbnpro. | “Besarnya debit rata-rata mencapai 9,18 m ³ /s dan <i>head</i> yang terukur mencapai 4,9 m. Sungai Ciliman di Kabupaten Pandeglang merupakan salah satu sungai yang mempunyai potensi energi yang cukup besar. Menggunakan turbin |

| | | | | | |
|-------------------------|--|-----------|---|--|---|
| | | | maupun menggunakan <i>software Turbnpro</i> . | | jenis propeler, potensi awal yang dapat dihitung mencapai 357 kW. Hasil simulasi menggunakan <i>software Turbnpro</i> , total produksi energi pertahun yang dihasilkan adalah sebesar 2679,64 MWH”. |
| (Wahyudi et al., 2019) | Studi Eksperimen <i>Hydrokinetic Cros-flow Savonius Horizontal Axis Turbine</i> . | Indonesia | Pengembangan model baru turbine ini bertujuan untuk meningkatkan torsi yang biasanya tergantung pada air yang jatuh dari sisi atas kesisi bawah rotor oleh gravitasi. | Metodologi penelitian adalah pengujian eksperimental dan Metode Permukaan Respon (RSM). Variasi file Operasi pengujian turbin adalah (a) blade nozle saluran masuk (α), (b) Head (H), (c) Flow Rate (Q), dan Power (P) sebagai variabel respon. | Berdasarkan hasil percobaan RSM pengoptimalan, dan tinjauan analitis, nilai optimal variabel operasi ditemukan |
| (Azhiimah et al., 2019) | “Kajian kritis terhadap beberapa studi kelayakan Potensi pembangkit listrik tenaga mikro | Indonesia | “Studi kelayakan PLTMH ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kelayakan dari sisi | “Pengukuran debit air yang paling sederhana dapat dilakukan dengan metode apung (<i>Floating method</i>). Tempat yang harus | “Daya PLTMH yang dihasilkan oleh Sungai Kalampuak di Desa Tamblang adalah sebesar 7,74 kW, sementara PLTMH yang dihasilkan oleh Sungai |

| | | | | | |
|----------------------------|---|--|--|--|--|
| | hidro (pltmh) di indonesia”. | | Teknik dan ekonomi, apakah potensi saluran irigasi ini layak dibangun PLTMH”. | dipilih yaitu bagian sungai yang lurus dengan perubahan lebar sungai, dalamnya air dan gradient yang kecil”. | Ciwalen Desa Cibunar Tasikmalaya adalah sebesar 30kW., dan daya PLTMH yang dihasilkan di daerah objek wisata di Kuta Malaka dari di Taeyun sebesar 5,7 kW”. |
| (Pratiwi & Isdiyato, 2019) | “Analisis Ketidakstabilan Tegangan dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Soko Kembang”. | Soko Kembang | “Memberikan gambaran dan keterangan permasalahan tentang ketidakstabilan tegangan dan frekuensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”. | “Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif “ | “Hasil penelitian ini adalah nilai ketidaksatbilan tegangan/frekuensi tertinggi dan terendah, yaitu 235 volt/51 Hz dan 160 volt/44 Hz, karena pengaruh perubahan arus beban. Dimana dapat mempengaruhi kecepatan putaran generator berubah - ubah, yang mengakibatkan tegangan dan fr ekuensi yang dihasilkan generator tidak stabil”. |
| (Ointu et al., 2020) | “Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro | “Desa pinogu kecamatan pinogu, kabupaten Bone Bolango” | “Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar potensi air untuk menghasilkan energi | “Metode yang digunakan dalam menghitung debit air pada bendungan tersebut dengan metode apung dan | “Berdasarkan hasil pengukuran pada lokasi bendungan di Desa Pinogu Kecamatan Kabupaten Bone Bolango, menghasilkan potensi air dengan debit air |

| | | | | | |
|------------------------|---|-----------|--|--|---|
| | (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu”. | | listrik pada bendungan yang dapat menunjang elektrifikasi di Desa Pinogu Kecamatan Pinogu Kabupaten Bone Bolango”. | pengukuran menggunakan stopwatch”. | maksimal sebesar 1,67 m ³ /detik, dengan tinggi terjun 3,57 meter, maka total daya maksimal yang diperoleh adalah 29,83 KW dan dapat melayani 99 rumah dengan daya masing-masing rumah sebesar 300 Watt”. |
| (Achebe et al., 2020) | Desain dan implementasi turbin aliran silang untuk pembangkit listrik tenaga air Pico | Nigeria | Studi ini meliputi desain, implementasi dan evaluasi kinerja turbin crossflow pada berbagai variasi posisi nozle | Pengujian konvergen dilakukan untuk analisis blade dan runner shaft. Sebuah eksperimen dirancang untuk mengevaluasi kinerja turbin aliran silang menggunakan alat desain optimal (custom) dari metodologi permukaan respons dan diperoleh 69 simulasi. | Jarak nozle optimal, tinggi dan blade serang masing-masing 102 mm, 413 mm dan masing-masing, diperoleh. Pada posisi nozle ini, alternator menghasilkan output 35 watt dan 6V. Ketika dua transformator tegangan digunakan, itu memberi 200Volts AC. |
| (Azharul et al., 2020) | Perhitungan turbin air mikrohidro tipe <i>Cros-flow</i> | Indonesia | “Mesin dirancang untuk mampu dioperasikan dengan mudah, dan perawatan yang | “Turbin dirancang berdasarkan data hasil surve lapangan, yaitu; Head (H) = 1,85 m; Debit air (Q) = 0,2 m ³ | “Hasil perhitungan, didapat spesifikasi rancangan turbin <i>Cros-flow</i> sebagai berikut : Tinggi air jatuh (H) = 1,85 m; Debit air (Q) = 0,2 m ³ /s; |

| | | | | | |
|------------------------------|---|-----------|---|---|--|
| | kapasitas 2.500 watt. | | murah. Jenis turbin yang dipilih adalah turbin air <i>Cros-flow</i> untuk head rendah”. | /s; Putaran turbin (rencana) (n) = 214 rpm; Efisiensi turbin (rencana) (η)= 68%; Massa jenis air (ρ) = 997.8 kg/m ³ ”. | Efisiensi turbin (rencana) (η) = 68%; Daya (N) = 2,497 kW; Putaran (n) = 214 rpm; Kecepatan spesifik (ns) = 770,4138831 rpm; Diameter blade jalan (DL) = 0,40 m; Diameter naff (Dn) = 0,035 m; Lebar blade pengarah (B) = 0,032 m; Jumlah blade jalan = 26 buah”. |
| (Rantererung a et al., 2020) | Dinamika aliran fluida <i>nozle</i> ganda aliran turbin | Indonesia | Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performansi turbin dan efektifitas dinamika aliran. | Fluida yang menggerakkan Blade turbin aliran silang menggunakan <i>nozle</i> ganda. Metode penelitian menggunakan turbin aliran silang dengan <i>nozle</i> ganda merupakan kombinasi <i>nozle</i> vertikal dan horizontal. Bilah dan casing turbin runner terbuat dari bahan akrilik transparan sehingga dinamika aliran dapat diamati secara langsung. | Hasil penelitian menemukan bahwa visualisasi dinamika aliran fluida pada turbin dengan <i>nozle</i> ganda lebih teratur, merata, terfokus, dan terarah, menggerakkan aliran silang blade pelari turbin sehingga mampu meningkatkan kinerja turbin lebih tinggi. Kinerja turbin <i>Cros-flow nozle</i> ganda tertinggi adalah daya 6,04 Watt dan efisiensi 81,68%, pada debit air 0,22 liter / detik. |

| | | | | | |
|------------------------|--|-----------|--|---|--|
| | | | | Turbin aliran silang <i>nozle</i> skala laboratorium terdiri dari 24 <i>blade</i> , tebal 3 mm, panjang 40 mm dan diameter blade runner 200 mm. | |
| (Warjito et al., 2020) | Metodologi simulasi CFD turbin aliran silang dengan fitur enam derajat kebebasan | Indonesia | Studi ini akan menjelaskan langkah demi langkah Cross-flow turbin pico scale | Simulasi numerik CFD menggunakan fitur enam derajat kebebasan (6-DOF) di dalam ANSYS® Fluent™ 18. | Simulasi ini menghasilkan deviasi antara hasil numerik hasil eksperimen sekitar 6,8% yang dapat bersaing |

SEKOLAH PASCASARJANA

1.4 Tujuan Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan bagaimana menghasilkan desain mikrohidro *tube* daya terbaik dengan *computational Fluid dynamics (CFD)* dibuktikan dengan eksperimen.

1.5 Tujuan Khusus Penelitian

Tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menganalisa variasi *runner Cros-flow* pada variabel jumlah *blade* 8; 12; 16; 20; 24; 28; dengan variasi *blade runner* 10^0 , 15^0 , 20^0 dan 25^0 dan 30^0 serta *head* Mikrohidro *Tube* 2,5m; 3m; 3,5m; 4m dengan Pemodelan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.
2. Mengidentifikasi daya sistem mikrohidro *tube*, dengan bentuk dan ukuran yang tepat dalam usaha mendapatkan *runner turbine* yang optimum dengan pemodelan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.
3. Menghasilkan Mikrohidro *tube* dengan Pemodelan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, selanjutnya dibuktikan dengan eksperimen dilapangan.
4. Menganalisa pengembangan mikrohidro *tube* menggunakan saluran irigasi pertanian sebagai sumber energi untuk mengakumulasi pasokan air pada pembangkit tetapi juga masih bisa digunakan untuk tujuan pertanian, *home industry*, drainase, irigasi, rekreasi, maupun untuk olah raga air.