

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi yang mempunyai peranan penting bagi masyarakat adalah energi listrik. Energi listrik mempunyai salah satu manfaat yaitu untuk penerangan. Sumber migas yang terdapat di bumi sangatlah terbatas, dan pasti akan habis, yang menyebabkan keadaan kelistrikan di Indonesia sangat memprihatinkan. Sehingga, berbagai penelitian banyak dilakukan untuk menemukan sumber energi selain migas sebagai sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan (Susanto, 2013).

Informasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), (Minggu, 07 Oktober 2012) besarnya potensi energi terbarukan di Indonesia, seperti *hydro power* mempunyai cadangan energi sebesar 845 juta BOE ekuivalen dengan 75,67 GW, dan kapasitas yang terpasang baru 4,2 GW. Demikian pula potensi energi geothermal (219 juta BOE), *micro hydro* (0,45 MW), dan *biomass* (49,81 GW) (Widodo, 2013). Data pemantauan air sungai Gadjahwong yang berada di provinsi Yogyakarta dalam sistem informasi Database KLH pada tahun 2018 menunjukkan bahwa derajat air sungai sebesar 25°C, dan debit aliran sebesar 0,0987 m³/s (Sistem Informasi Database KLH, 2020).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, sungai, saluran irigasi, atau air terjun alam dengan metode, memanfaatkan beda ketinggian serta jumlah debit air (Raharjo, 2013). Dalam hal ini pembangkit listrik Mikro Hidro merupakan salah satu jenis pembangkit listrik alternatif yang dapat mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Kemudian putaran poros tersebut akan diubah menjadi tenaga listrik oleh generator (Widodo, 2013).

Pengembangan turbin *low head* sangat cocok dengan kondisi potensi Indonesia, sungai-sungai di Indonesia memiliki debit besar dan *head* yang rendah (Hermawan, 2011). Prinsip kerja turbin air kaplan adalah air yang mengalir dari *water intake* (kanal) mula-mula memasuki *Spiral Casing* (rumah *spiral*).

Kemudian akibat bentuk *volute* dari *Spiral Casing*, air diarahkan untuk memasuki *guide vane* (sudu arah) secara tangensial. Setelah keluar dari *guide vane* aliran air bergerak ke arah aksial karena pengaruh *whirl chamber* (ruang pusar) kemudian air akan memasuki *Runner* (sudu gerak). Pada *Runner*, aliran air mengalami perubahan momentum yang menyebabkan timbulnya putaran pada poros turbin. Air selanjutnya keluar dari turbin melalui *draft tube* (saluran pembuangan) (Hartadi, 2015).

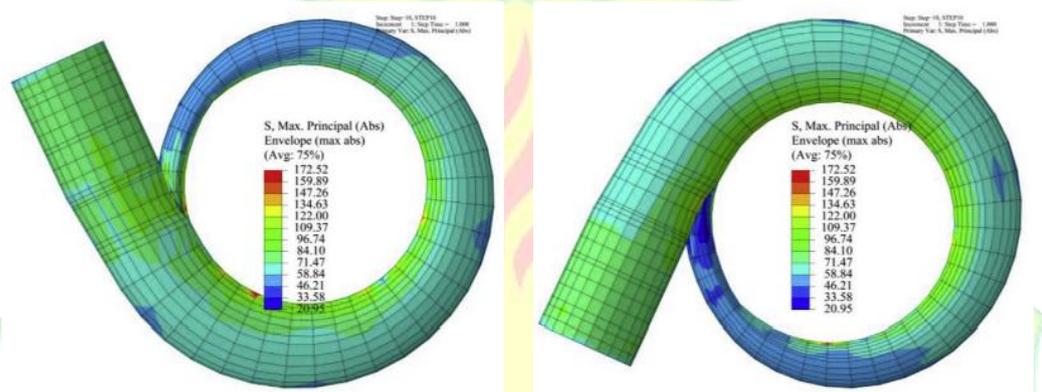
Dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin (Kusnadi et al., 2018). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan, metode perancangan, metode pengujian, dan metode analisis hasil. Perancangan Turbin Kaplan mengacu pada hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa tinggi jatuhnya air (*head*) 1,6 meter dan kapasitas aliran air (debit) 0,0512 m³/s. Daya air yang tersedia di kolam sebesar 805,047 Watt. Hasil perancangan Turbin Kaplan menghasilkan putaran spesifik turbin sebesar 249,372 rpm dengan diameter luar roda turbin (*blade Runner*) 10,70 cm dan diameter dalam roda turbin (*boss*) 3,56 cm serta tinggi sudu pengarah turbin (*guide vanes*) 3 cm. Daya indikasi yang dihasilkan turbin air (*Water Horse Power*) sebesar 351.590 Watt dengan moment puntir sebesar 6.711 Nm dan daya efektif turbin air atau *Brake Horse Power* (BHP) sebesar 280.964 Watt serta efisiensi turbin sebesar 79 %.

Terdapat juga penelitian dari (L. Zhang et al., 2012) mengenai menara pendingin Turbin Kaplan yang berada di antara penukar panas dan penyemprot sistem pendingin air di menara pendingin, sehingga tingkat dimensi *Spiral Casing* kecil dan koefisien laju aliran tinggi. Laju alirannya membatasi debit air pendingin keluar ke *fan* dan *head* untuk menghemat energi pada sistem, sehingga kecepatan spesifiknya sangat rendah. Kehilangan aliran pada *Spiral Casing* dan cincin penahan, berefek tinggi untuk mengurangi efisiensi turbin air. Untuk meningkatkan efisiensi turbin air, dirancang *Spiral Casing* dan ring penahan tanpa baling-baling.

Melalui simulasi dan pengujian CFD, efisiensi turbin air dengan *Spiral Casing* dan ring penahan tersebut ditingkatkan menjadi 5%, kehilangan energi hidraulik pada *Spiral Casing* dan ring penahan berkurang dari 13,7% menjadi 3,41%, kehilangan energi hidraulik pada *Runner* meningkat dari 7,93% menjadi

11,57%. Jika *Spiral Casing* dan ring penahan terhubung ke *Runner* tanpa sudut *blade*, kehilangan energi hidraulik pada *Runner* sekitar 7% dan efisiensi turbin mencapai 82%.

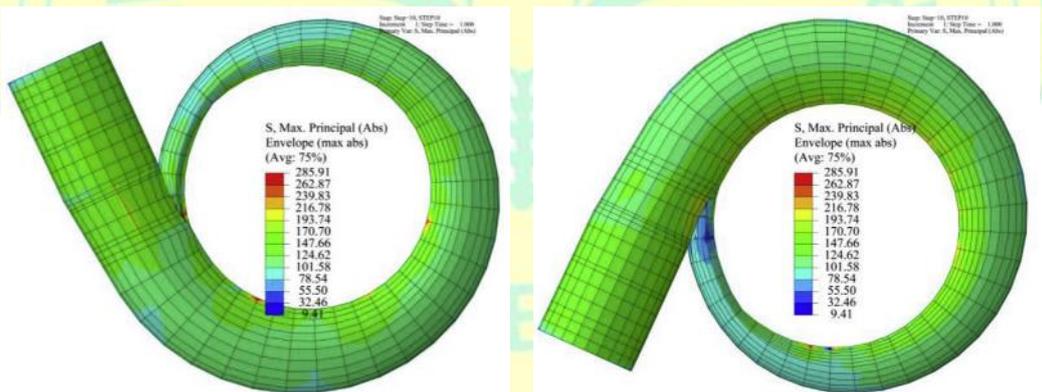
Penelitian telah dilakukan oleh (Q. Zhang et al., 2019) untuk menguji kekuatan pada *spiral casing* menggunakan metode *finite elemen*. Penelitian dilakukan terhadap 2 model *spiral casing* yaitu model CN dan model US. Material yang digunakan untuk membuat konstruksi *spiral casing* model CN adalah beton (*concrete*) sedangkan model US adalah baja.



(a)

(b)

Gambar 1.1 *Spiral Casing* Model CN Tampak (a) Depan (b) Belakang



(c)

(d)

Gambar 1.2 *Spiral Casing* Model US Tampak (a) Depan (b) Belakang

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan seperti pada gambar 1.1 dan 1.2, didapatkan hasil tegangan maksimum pada *spiral casing* sebesar 172,52 MPa dan tegangan minimum sebesar 20,95 MPa untuk model CN, sedangkan model US didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 285,91 MPa dan tegangan minimum sebesar 9,41 MPa.

Uji eksperimental pembuatan *Spiral case* dan pengujian *system* PLTMH menggunakan turbin *propeller open flume* skala laboratorium pernah dilakukan oleh (Rinaldi, 2018). Putaran turbin di-*couple* dengan poros generator agar menghasilkan energi listrik. Sedangkan air yang telah melewati turbin akan keluar ke bak penampungan yang kemudian akan dipompa kembali ke bak penenang untuk digunakan kembali. Dengan debit $0,00991 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan daya listrik yang dihasilkan sebesar 68,14 Watt pada saat pembebanan 35 Watt dengan putaran yang dihasilkan 2697 rpm, dan tegangan yang dihasilkan sebesar 200,4 volt. Namun menyarankan bentuk dari *Spiral case* lebih baik dibuat aliran yang semakin mengecil, karena dapat mempercepat kecepatan aliran air, sesuai dengan konsep dari literatur aliran *free vortex*. Data yang dianalisis diperoleh dari hasil pengujian dan pengamatan sistem PLTMH.

Penelitian mengenai optimasi desain pada *guide vane* turbin Kaplan yang dilakukan oleh (Nugroho, 2020) menggunakan *software* AutoCAD dan Inventor untuk mendesain 2D dan 3D serta menggunakan *software* SolidWork untuk menguji aliran. Dengan debit air sebesar $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, tinggi *head* 5 m serta daya teoritis sebesar 4,9 kW. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa varian GV-1 merupakan varian *guide vane* terbaik karena didapatkan faktor keamanan sebesar 3,14 ul dan *drag force* sebesar 325,243 Mpa.

Penelitian ini dapat berkontribusi untuk mahasiswa terutama pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin UNJ yang akan mengambil mata kuliah Merencana Mesin, yang mana mahasiswa mampu memahami dasar perhitungan perencanaan setiap komponen yang akan dibuat dan analisis faktor keamanan pada masing-masing komponen, pada kasus ini adalah *Spiral case* Turbin Kaplan. Serta pada mata kuliah Mekanika Fluida penelitian ini dapat berkontribusi dalam menentukan laju aliran di dalam aliran *spiral* pada *Spiral case*.

Dari latar belakang yang dijabarkan sebelumnya, riset ini bertujuan untuk menginvestigasi *Spiral case* pada turbin kaplan dengan variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm untuk mendapatkan efisiensi dan daya yang maksimal pada saat turbin dalam keadaan berhenti sesaat serta pada saat turbin berputar. Proses penelitian ini menggunakan bantuan dari *software* AutoCAD dalam pembuatan model 2D, *Autodesk inventor*

dalam pembuatan model 3D serta uji kekuatan material, dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada *SolidWork Flow Simulation* untuk menguji aliran yang diperoleh pada *Spiral case*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Geometri bentuk *Spiral case* mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin kaplan.
2. Pengaruh besar penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* pada turbin kaplan dengan variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm yang mempengaruhi daya serta efisiensi yang dihasilkan turbin kaplan.
3. Pengaruh besar penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* pada turbin kaplan dengan variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm yang mempengaruhi daya yang dihasilkan pada saat turbin berhenti sesaat.
4. Pengaruh besar penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* pada turbin kaplan dengan variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm yang mempengaruhi daya yang dihasilkan pada saat turbin berputar.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka ditetapkan :

1. Menggunakan debit air = $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tinggi jatuh air = 5,25 m.
2. Fluida yang digunakan adalah air.
3. Pengujian menggunakan jenis turbin kaplan.
4. Variasi yang diteliti adalah variasi penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin kaplan.

5. Pengaruh variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* sebesar 5 mm, 10 mm, 14.17 mm, dan 20.83 mm terhadap daya yang dihasilkan pada saat turbin berhenti sesaat dan berputar.
6. Analisa optimasi desain kekuatan *Spiral case* turbin kaplan menggunakan perhitungan analitis yang divalidasi dengan *software Autodesk inventor*.
7. Analisa untuk aliran air dan daya yang dihasilkan *Spiral case* turbin kaplan menggunakan CFD *SolidWorks Flow Simulation* dalam kondisi turbin berhenti sesaat dan berputar

1.4. Permusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka ditetapkan rumusan masalah yang meliputi:

1. Berapa daya yang dihasilkan turbin kaplan secara analitis berdasarkan parameter yang digunakan?
2. Bagaimana pengaruh variasi penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* terhadap daya yang dihasilkan pada saat turbin berhenti sesaat?
3. Bagaimana pengaruh variasi penurunan ukuran kuadran I *Spiral case* terhadap daya yang dihasilkan pada saat turbin berputar?
4. Bagaimana hasil desain *Spiral case* pada turbin kaplan agar didapatkan hasil efisiensi yang maksimal?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memperoleh daya turbin kaplan secara teoritis serta menggunakan *software*.
2. Pengaruh bentuk desain 4 variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* terhadap daya yang dihasilkan pada saat turbin berhenti sesaat.
3. Pengaruh bentuk desain 4 variasi penurunan ukuran pada kuadran I *Spiral case* terhadap daya yang dihasilkan pada saat turbin berputar.
4. Pengaruh bentuk desain *Spiral case* terhadap daya yang dihasilkan turbin kaplan serta nilai efisiensi maksimal.

1.6. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka manfaat penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengetahuan yang sangat bermanfaat dan referensi untuk pengembangan penelitian yang akan datang.
2. Menambah kreatifitas mahasiswa dalam menggunakan perangkat lunak berbasis 2D pada AutoCAD, 3D pada *Autodesk inventor*, dan *SolidWork* untuk merancang dan menganalisa suatu produk yang diinginkan.
3. Dapat menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta.

