

**REKONDISI DAN MODIFIKASI INSTALASI PENGUJIAN TURBIN AIR
AKSIAL LABORATORIUM UJI PRESTASI MESIN
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PASUNDAN**

SKRIPSI

*Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Sarjana Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik
Mesin di Universitas Pasundan Bandung*

Disusun oleh:

Bima Tri Laksamana

143030116



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2018

**REKONDISI DAN MODIFIKASI INSTALASI PENGUJIAN TURBIN
AIR AKSIAL LABORATORIUM UJI PRESTASI MESIN
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PASUNDAN**



Nama : Bima Tri Laksamana

NPM : 143030116



Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA.)

(Ir. Syahbardia, MT.)

ABSTRAK

Teknik Mesin Universitas Pasundan memiliki beberapa laboratorium yang dapat menunjang proses praktikum, salah satunya di Laboratorium Uji Prestasi Mesin terdapat alat uji turbin air aksial, pengujian turbin aksial yaitu pengaplikasian pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium. Energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin, jadi, berbeda dengan yang terjadi pada mesin torak, pada turbin tidak terdapat bagian mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar dinamai rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamai stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya). Setelah dilakukan proses identifikasi masalah terdapat alat uji turbin air aksial yang memiliki kendala-kendala pada instalasinya dan belum adanya komponen yang terpasang untuk merubah putaran poros menjadi energi listrik. Dengan permasalahan yang sudah diuraikan di atas maka dalam laporan skripsi ini membahas mengenai Analisa kondisi instalasi alat uji turbin air aksial, tahapan rekondisi alat uji dan modifikasi alat uji dengan penambahan komponen generator jenis DC untuk dapat mensimulasikan perubahan energi dari energi mekanik poros menjadi energi listrik. Pengujian energi listrik menggunakan lampu 12 V, 8 W dan daya maksimal yang dihasilkan 16.344 Watt. Dari pengujian menggunakan generator DC terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari pengujian tanpa beban lampu dan pengujian dengan menggunakan lampu, hal tersebut dikarenakan, generator yang digunakan bukan sebagai fungsi utama dari komponen tersebut, fungsi utama dari komponen tersebut berupa motor DC yang difungsikan sebagai generator.

Kata kunci: Pemanfaatan energi air, Pengujian turbin air aksial, rekondisi instalasi alat uji, modifikasi instalasi alat uji, konversi energi, generator DC

ABSTRACT

Pasundan University Mechanical Engineering has several laboratories that can support the practicum process, one of which is in the Achievement Test Laboratory. There are those who use the air action turbine test, testing the action of the turbine, which is the application of a scale laboratory powered power plant. Fluid energy is used directly to turn the turbine wheel, so, unlike what happens on a piston engine, the turbine does not include translational moving engine parts. The rotating part of the turbine is called the rotor or turbine wheel, while the non-rotating part is called the stator or turbine house. The turbine wheel is located inside the turbine house and the turbine wheel rotates the power shaft that moves or rotates the load (generator, pump, compressor, propeller or other engine). After the process is done, determine the problems that exist in the turbine test, air action that has challenges in the installation, and the absence of components installed to change the shaft trajectory into electrical energy. With the discussion described above in this thesis report discuss the analysis of installation of air turbine action test equipment, steps for reconditioning test equipment and modifying test equipment with supporting components of DC type generators to support energy, energy, shaft, and energy. Testing of electrical energy uses 12 V, 8 W lights and the maximum power produced is 16,344 Watts. From testing using a DC generator there is a very significant reduction of voltage from testing without light and testing using lights, this is what causes the generator to be used not as the main function of the component, the main function of the component is a DC motor that functions as a generator.

Keywords: Utilization of air energy, Axial air turbine testing, reconditioning of test equipment, modification of test equipment installation, energy conversion, DC generator

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan Ridha-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas semester akhir ini yang dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Teknik Mesin (S1) Universitas Pasundan (UNPAS) Bandung 2018.

Laporan ini disusun berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian yang dilakukan dilaboratorium Uji Prestasi Mesin Universitas Pasundan Bandung dengan judul “**REKONDISI DAN MODIFIKASI INSTALASI TURBIN AIR AKSIAL DI LABORATORIUM UJI PRESTASI MESIN TEKNIK MESIN UNPAS**” penulis menyadari penulisan laporan ini jauh dari kesempurnaan itu dikarenakan keterbatasan dari penulis, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dalam penulisan laporan skripsi ini, dan semoga laporan ini berguna bagi penulis dan untuk pihak-pihak lain sebagai acuan untuk kebutuhan ilmu pengetahuan.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak. Diantaranya saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan segala nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kedua orang tua Bapak Ayom Ahmad dan (Alm) Ibu Rina Widiati serta Deasy Indah Sari dan Nova Dwi Srikandi selaku Kakak dan juga tidak lupa Muhamad Siddik Alfauzi dan Muhammad Faqih Zulfikar selaku Adik yang senantiasa selalu mengasihi serta menyayangi penulis, yang selalu memberi dukungan moral maupun materil serta doa yang tiada hentinya diberikan untuk penulis.
3. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan materi dan penjelasan pada penulis. Terimakasih atas segala nasehat, dorongan semangat yang bermanfaat bagi penulis dan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Syahbardia Ir., MT, selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus coordinator Skripsi Program Studi Teknik Mesin UNPAS yang telah memberikan penjelasan saran dan arahnya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Semua dosen pengajar, staf dan TU Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin Mesin UNPAS 2014 yang telah membantu dan memberikan semangat kebersamaan, terus semangat dan terus berkarya, Siddik Ally, Riki Muhammad Iqbal prabowo, Taufik Rohman, Dian Kurniawan, Aliansi CSMED Squad serta seluruh sahabat semua yang tidak bisa penulis sebut satu persatu.
7. Terimakasih kepada Cindy Lidia yang telah memberikan dukungan yang tak henti kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini
8. Terimakasih kepada teman-teman Kabinet "One For All" HMM 2015-2016 yang telah mengajarkan rasa kebersamaan dan keorganisasian kepada penulis khususnya Divisi UKM dan Olahraga (Divisi Serba Ada) yang dikepalai Muhammad Deary
9. Terimakasih kepada teman-teman Kabinet "Istiqomah" HMM 2016-2017 yang telah mengajarkan rasa Tanggung jawab dan peduli kepada sesama kepada penulis khususnya Departemen Sosial dan Politik yang dikepalai Gian Gufron
10. Terimakasih kepada teman-teman Kabinet "Adhigna" HMM 2017-2018 yang telah mengajarkan segalanya kepada penulis khususnya BPH Kabinet Adhigana yaitu Kharisma Aprilia P.T.W, Agli Nirwansyah serta Riki Muhammad Iqbal Prabowo
11. Bapak Agus dan kang edi selaku laboran Uji Prestasi Mesin yang telah membantu dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi.
12. Bapak Sehat dan Om Agus selaku Laboran Proses Manufaktur dan Laboran Gambar Teknik yang telah membantu penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
13. Rekan-rekan Asisten laboratorium Fenomena Dasar yang tidak kenal lelah membantu penulis dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Semua pihak yang telah memberikan bantuan mulai dari pengumpulan data hingga selesainya penyusunan laporan ini yang tak bisa saya sebutkan satu persatu.

Rasanya tiada kata yang tepat selain terimakasih yang tak terhingga, semoga Allah SWT membalas dengan berlipat ganda. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi seluruh pembaca. Mohon maaf atas segala kekurangan dalam skripsi ini.

Bandung, 29 Desember 2018

Bima Tri Laksamana

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II DASAR TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Energi Air	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Potensi Air Sebagai Sumber Energi	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Prinsip Kerja Pemanfaatan Potensi Air Sebagai Sumber Energi Listrik.....	Error!
Bookmark not defined.	
2.2 Definisi Turbin Air	Error! Bookmark not defined.
2.3 Jenis-Jenis Turbin Air	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Turbin Menurut Model Aliran Masuk	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Turbin Air Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerjanya.....	Error!
Bookmark not defined.	
2.4 Pengujian Turbin Air Aksial	Error! Bookmark not defined.
2.5 Pengertian Konversi Energi	Error! Bookmark not defined.
2.6 Generator dc.....	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 Bagian-bagian generator DC	Error! Bookmark not defined.
2.7 Prinsip kerja Generator DC.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Metodologi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	Error! Bookmark not defined.
4.1 Parameter Uji	Error! Bookmark not defined.

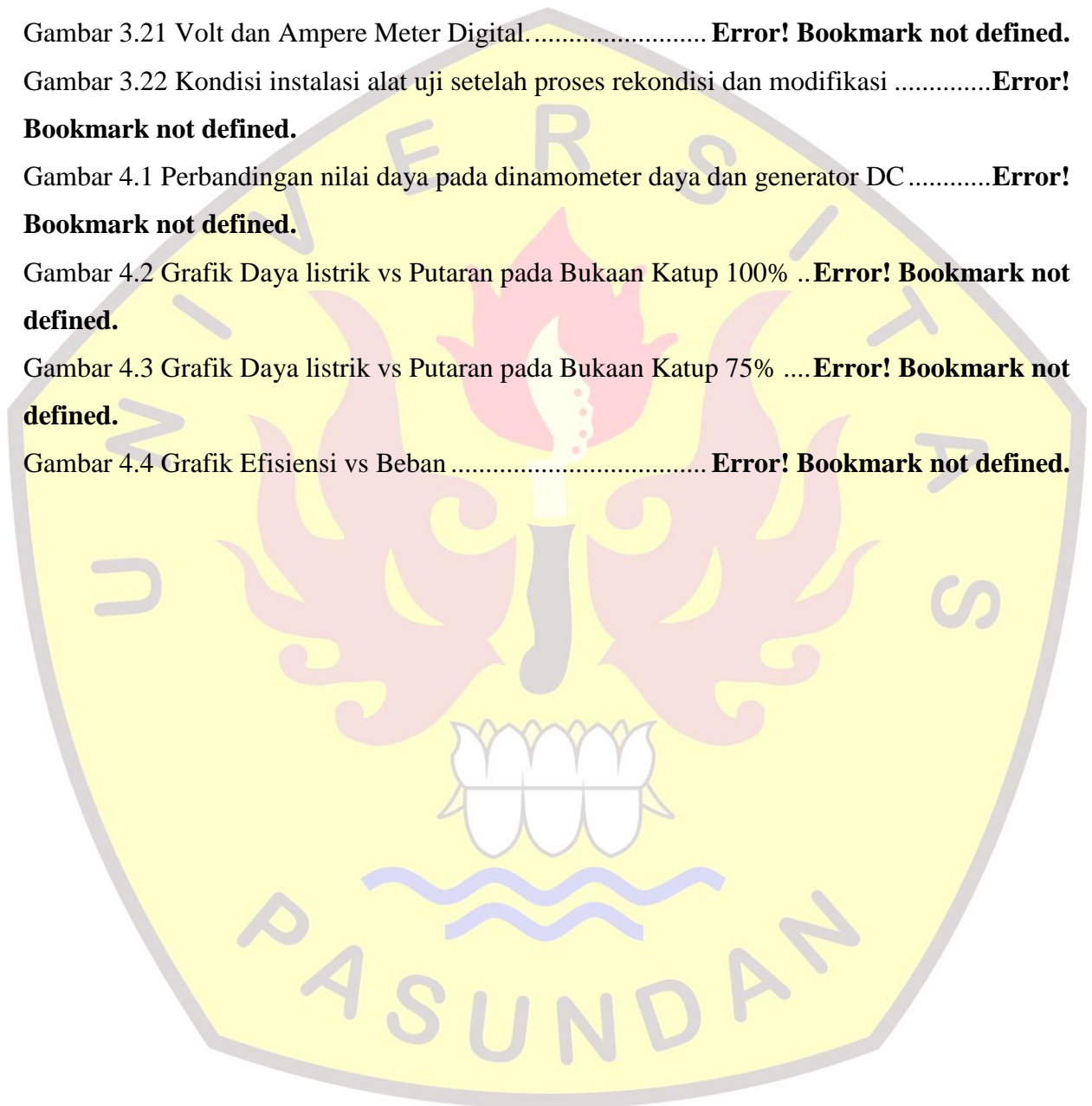
4.2	Prosedur Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.3	Data Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.3.1	Perhitungan	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Nilai Perbandingan	Error! Bookmark not defined.
4.4	Perhitungan Kecepatan Spesifik Turbin	Error! Bookmark not defined.
4.5	Analisa	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alat Pengujian Turbin Aksial	6
Gambar 2.1 Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Air	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Turbin aliran tangensial	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Turbin aliran aksial	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Turbin aliran aksial-radial.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Prinsip kerja Turbin Impuls	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Instalasi Turbin Kaplan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 Alat ukur v notch Thomson	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Efisiensi versus beban dari beberapa jenis turbin.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9. batas tertinggi dari kecepatan spesifik untuk beberapa macam turbin air	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 2.10 Segitiga Konversi Energi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 Skematis proses penerapan konversi energi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Generator DC.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 Bagian-bagian Motor DC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14 Skema bagian-bagian generator DC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Kondisi pompa sentrifugal dan bagian-bagian pompa sentrifugal	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 3.3 Kondisi <i>Gate Valve</i> dan bagian-bagian <i>Gate Valve</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 3.4 Kondisi <i>Butterfly Valve</i> dan bagian-bagian <i>Butterfly Valve</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 3.5 Kondisi Tangki Penampungan Air	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.6 Kondisi pipa sambungan antara tangki dan turbin	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.7 Kondisi dinamometer daya	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.8 Pompa sentrifugal setelah proses rekondisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.9 Gate Valve setelah proses rekondisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.10 Kondisi butterfly valve setelah rekondisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.11 Kondisi bagian dalam tangki setelah rekondisi ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.12 Instalasi Pipa setelah rekondisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.13 Instalasi Dinamometer Daya setelah rekondisi...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.14 Instalasi pengujian turbin air aksial	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.15 Tachometer Digital	Error! Bookmark not defined.

Gambar 3.16 <i>Butterfly Valve</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.17 Dinamometer daya.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.18 Penggaris	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.19 Desain Perancangan Modifikasi Instalasi turbin Aksial	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.20 Generator DC.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.21 Volt dan Ampere Meter Digital.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.22 Kondisi instalasi alat uji setelah proses rekondisi dan modifikasi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Perbandingan nilai daya pada dinamometer daya dan generator DC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Grafik Daya listrik vs Putaran pada Buka-an Katup 100% ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Grafik Daya listrik vs Putaran pada Buka-an Katup 75%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Grafik Efisiensi vs Beban	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis roda turbin dan kecepatan spesifiknya	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Data pengujian turbin air aksial.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2 Pengambilan Data Pengujian Generator.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Pengujian turbin air aksial berbeban	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Pengujian pada <i>Head</i> 2.506.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Pengujian pada <i>Head</i> 2.886.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4 Pengujian pada <i>Head</i> 2.981	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5 Pengujian berbeban daya turbin dengan dinamometer daya ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6 Hasil perhitungan pengujian pada head 2.506.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7 Hasil perhitungan pengujian pada head 2.886.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8 Hasil perhitungan pengujian pada head 2.981.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9 Perbandingan nilai daya pada dinamometer daya dan generator DC.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10 Nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan kecepatan spesifik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11 Nilai-nilai pada perhitungan kecepatan spesifik.....	Error! Bookmark not defined.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program studi Teknik Mesin Universitas Pasundan memiliki beberapa laboratorium yang menunjang keahlian mahasiswa/mahasiswi di lapangan serta mengaplikasikan ilmu yang didapat di kelas dalam modul-modul praktikum. Setelah dilakukan tahap identifikasi masalah di laboratorium Uji Prestasi Mesin terdapat alat pengujian turbin air aksial yang tidak dapat bekerja secara optimal dikarenakan perlu adanya perbaikan pada instalasi alat uji tersebut. Pengujian turbin air aksial adalah suatu alat yang digunakan sebagai bahan pengujian pada praktikum uji prestasi mesin universitas pasundan program studi teknik mesin. Alat tersebut adalah berupa impeller turbin yang digerakkan oleh air yang tersambung pada tangki air yang letaknya lebih tinggi dari impeller turbin. Berikut adalah contoh alat pengujian turbin aksial yang berada di laboratorium Universitas Pasundan.



Gambar 1.1 Alat Pengujian Turbin Aksial

Mengingat dengan pengaplikasian penggunaan air sebagai fluida kerja maka diperlukan perlakuan yang dapat menjaga performansi dari instalasi pengujian turbin air aksial, oleh karena itu perencanaan dan pemeriksaan instalasi dilakukan dengan tepat dan teliti. Pada pengujian turbin aksial bertujuan untuk mengenalkan prinsip kerja dari pembangkit listrik tenaga air yang

memanfaatkan putaran poros menjadi listrik akan tetapi belum adanya komponen-komponen yang terpasang untuk menunjang sistem konversi energi tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan pada paragraf di atas maka pada penelitian skripsi ini dilakukan upaya rekondisi dan modifikasi pada poros yang tersambung pada impeller turbin sehingga dapat mensimulasikan sistem konversi energi dari putaran poros menjadi energi listrik. Pada penulisan laporan skripsi ini meliputi identifikasi masalah, evaluasi kondisi alat uji, rencana proses rekondisi instalasi, perancangan modifikasi instalasi dan uji coba instalasi pengujian. Pada upaya penelitian skripsi ini diharapkan proses rekondisi dapat dilakukan pada kendala-kendala yang terjadi pada instalasi pengujian dan dapat meningkatkan pemahaman mengenai perubahan energi dari putaran poros turbin menjadi energi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Agar tujuan penelitian skripsi bisa dicapai dengan baik, maka rumusan masalahnya yaitu bagaimanakah cara atau langkah-langkah yang dilakukan pada tahap rekondisi alat uji serta upaya yang dilakukan untuk dapat memanfaatkan putaran poros turbin menjadi energi listrik.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui kegiatan penelitian skripsi ini yaitu:

- Mampu merekondisi kendala yang terjadi pada instalasi pengujian turbin air aksial Laboratorium Uji Prestasi Mesin Universitas Pasundan.
- Menentukan besaran energi listrik yang dihasilkan dari putaran poros turbin.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam pengerjaan skripsi ini meliputi:

- Tahapan rekondisi yang meliputi pemeriksaan instalasi pengujian turbin air aliran aksial, perbaikan/penggantian komponen
- Karakteristik generator DC tidak diketahui.
- Perancangan serta pembuatan komponen pendukung untuk pemanfaatan putaran poros menjadi energi listrik dengan menggunakan generator DC

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian skripsi ini selain dapat memperbaiki kendala-kendala yang terjadi pada instalasi pengujian turbin aliran air aksial penelitian ini juga dapat digunakan dalam upaya memperkenalkan peranan unsur air pada sistem konversi energi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan penelitian ini.

BAB II DASAR TEORI

Dalam bab ini berisikan tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan judul yang dibahas dalam perencanaan penelitian skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini, berisikan mengenai langkah-langkah dalam pengerjaan skripsi, mulai dari langkah awal hingga selesai penelitian skripsi.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

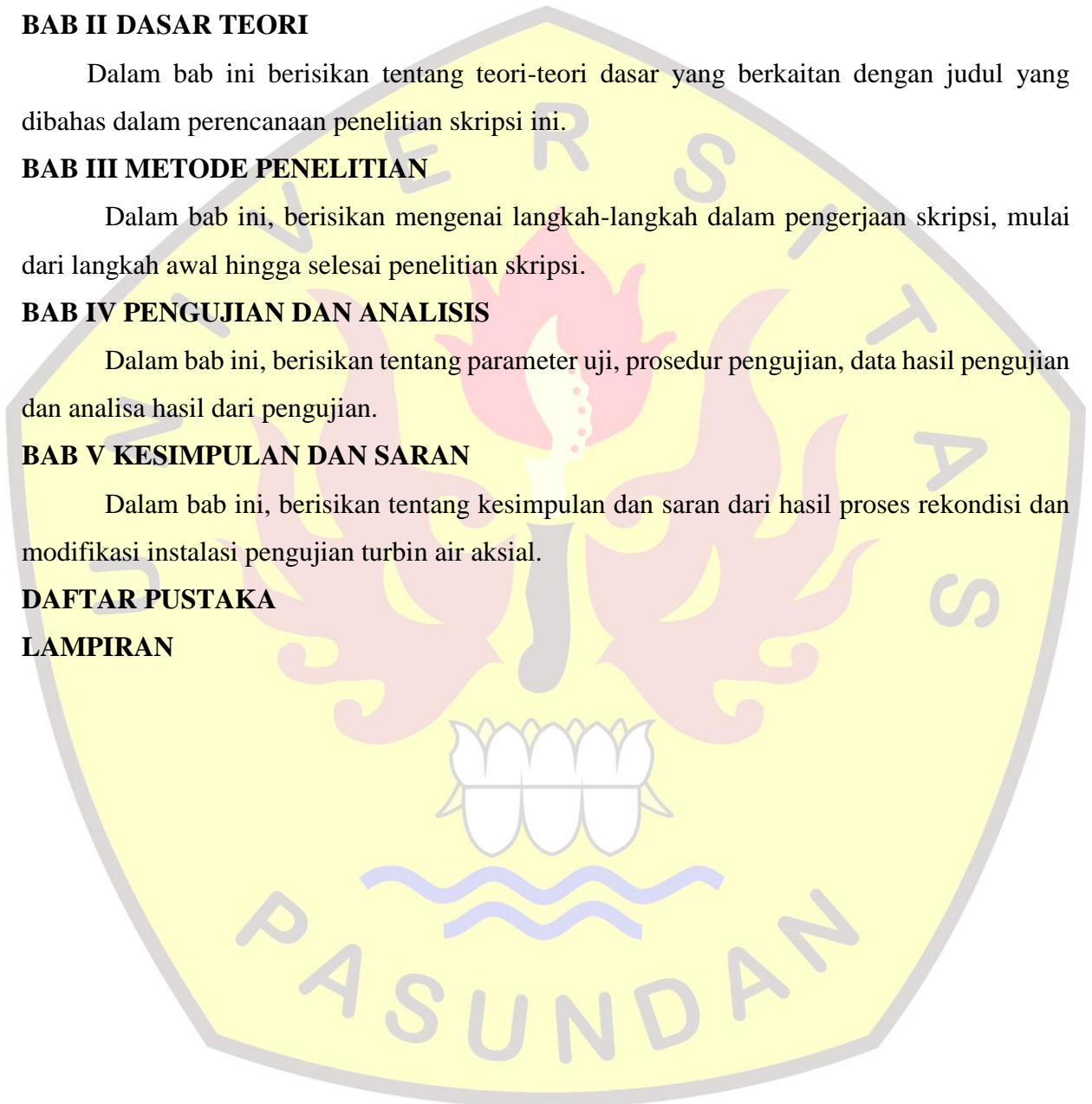
Dalam bab ini, berisikan tentang parameter uji, prosedur pengujian, data hasil pengujian dan analisa hasil dari pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini, berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil proses rekondisi dan modifikasi instalasi pengujian turbin air aksial.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR PUSTAKA

- [1] IPB, "Energi dan Listrik Pertanian," [Online]. Available: <http://web.ipb.ac.id>. [Accessed 18 September 2018].
- [2] S. Fitra, "80 Persen Sumber Daya Air Indonesia Belum Termanfaatkan," Katadata.co.id, 18 Mei 2017. [Online]. Available: <https://www.katadata.co.id>. [Accessed 18 September 2018].
- [3] W. Arismunandar, *Penggerak Mula TURBIN*, Bandung: ITB, 1997.
- [4] Y. Sumargi, "Modifikasi Dinamometer Daya Uji Prestasi Turbin Aksial Laboratorium UPM Teknik Mesin Universitas Pasundan," Universitas Pasundan, Bandung, 2016.
- [5] E. Achdi, "Uji Prestasi Mesin," in *Modul Praktikum*, Bandung, Teknik Mesin UNPAS, 2015, pp. 23-36.
- [6] "Artikel Teknologi," [Online]. Available: <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-generator-dc/>. [Accessed 13 12 2018].
- [7] M. Abdulloh, "Dasar Konversi energi," 04 Agustus 2009. [Online]. Available: <https://mulyonoabdullah.wordpress.com/category/modul-mesin-listrik/>. [Accessed 25 11 2018].
- [8] A. M. Hanafiah, "Makalah generator DC," 5 Agustus 2013. [Online]. Available: <https://electrozone94.blogspot.com/2013/08/generator-dc.html>. [Accessed 23 11 2018].