

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

PROTOTYPE STEAM PLANT
SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA LISTRIK
PADA SISTEM *VESSEL TO GRID* (V2G)



RAY VARGAS
NIT 09.21.011.107

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

PROTOTYPE STEAM PLANT
SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA LISTRIK
PADA SISTEM *VESSEL TO GRID* (V2G)



RAY VARGAS
NIT 09.21.011.107

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ray Vargas

Nomor Induk Taruna : 09.21.011.1.07

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

“PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA LISTRIK PADA SISTEM VESSEL TO GRID (V2G)”

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 22 JULI 2025



METERAI
TEMPEL
2CEB3AMX393327573

RAY VARGAS
09.21.011.1.07

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA
SUMBER DAYA LISTRIK PADA SISTEM VESSEL
TO GRID (V2G)**

Program Studi : **TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

Nama : **RAY VARGAS**

NIT : **0921011107**

Jenis Tugas Akhir : **Prototype / ~~Proyek~~ / Karya Ilmiah Terapan***

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

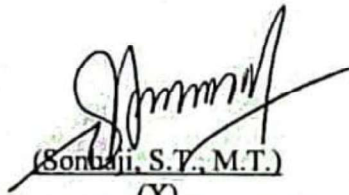
Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 30 Januari 2025

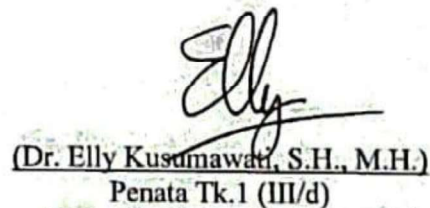
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

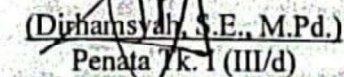

(Sonuaji, S.T., M.T.)
(X)

NIP. 19770713 202321 1 004


(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19811112 200502 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


(Dirhamsyah, S.E., M.Pd.)
Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19750430200212 1 002

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA
SUMBER DAYA LISTRIK PADA SISTEM VESSEL
TO GRID (V2G)**

Program Studi : **TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

Nama : **RAY VARGAS**

NIT : **0921011107**

Jenis Tugas Akhir : **Prototype / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah~~***

Keterangan: * (coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya 10 Juli 2025


Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Sonbani, S.T., M.T.)
(X)

NIP. 19770713 202321 1 004


(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 19811112 200502 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


(Dirhamshyan, S.E., M.Pd.)
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 19750430200212 1 002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA
LISTRIK PADA SISTEM VESSEL TO GRID (V2G)**

Disusun oleh:

RAY VARGAS
NIT. 0921011107

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 26 Februari 2025

Dosen Penguji I

(Diana Ayu S.T., M.Eng.)
Penata (III/c)
NIP. 19910606 201902 2 003

Mengesahkan,
Dosen Penguji II

(Capt. Firdaus Sitepu S.S.T., M.Si., M.Mar.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19780227 200912 1 002

Dosen Penguji III

(Rontol S.T., M.T.)
(X)
NIP. 19770713 202321 1 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

(Dirhamsyah S.E., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19750430 200212 1 002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA
LISTRIK PADA SISTEM VESSEL TO GRID (V2G)**


Disusun oleh:

RAY VARGAS
NIT. 0921011107


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 22 Juli 2025


Dosen Penguji I


(Diana A. S.T., M.Eng.)
Penata (III/c)
NIP. 19910606 201902 2 003


Mengesahkan,
Dosen Penguji II


(Capt. Firdaus Sitopu, SST., M.Si., M.Mar)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19780227 200912 1 002

Dosen Penguji III


(Sontaji, S.T., M.T.)
(X)
NIP. 197707132023211004

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


(Dirhamsyah, S.E., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

RAY VARGAS, “*Prototype Steam Plant* Sebagai Penyedia Sumber Daya Listrik Pada Sistem *Vessel To Grid* (V2G)”. Dibimbing oleh Bapak Sonhaji, S.T.,M.T. dan Ibu Elly Kusumawati,S.H.,M.H.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengevaluasi kinerja dari sebuah *prototype steam plant* yang dirancang sebagai sumber energi listrik alternatif dalam mendukung sistem *Vessel to Grid* (V2G). Sistem ini mengandalkan teknologi *mikrokontroler ESP32* sebagai pusat kendali yang berfungsi melakukan proses *monitoring* sekaligus pengaturan (*controlling*) terhadap sejumlah parameter utama, seperti tekanan uap, suhu pembakaran, ketinggian *level* air dalam *boiler*, serta tegangan listrik yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan pendekatan pengujian statis maupun dinamis guna mengetahui kinerja dari komponen utama yang terdiri atas *boiler*, turbin, dan generator, beserta sensor dan aktuator pendukung lainnya. Data hasil pengujian diolah secara kuantitatif untuk menilai respons sistem terhadap perubahan parameter operasional. Uap dari *boiler* digunakan untuk memutar turbin yang kemudian menggerakkan generator dan menghasilkan tegangan listrik. Sistem ini mampu mengubah panas dari LPG menjadi listrik melalui proses konversi uap dengan efisiensi tertinggi 4% dan terendah 0,9%. Tegangan maksimum yang dicapai adalah 25,7 *volt* pada tekanan uap 50 *psi*. *Prototype* ini berfungsi sebagai solusi cadangan darurat dan mendukung konsep *vessel-to-grid*.

Kata kunci : *Steam plant, Vessel to Grid (V2G), Boiler, Generator*

ABSTRACT

RAY VARGAS, “Prototype Steam Plant as a Power Supply for the Vessel to Grid (V2G) System”, supervised by Mr Sonhaji, S.T., M.T., and Ms Elly Kusumawati, S.H., M.H.

This study aimed to develop and evaluate the performance of a prototype steam plant designed as an alternative electrical power source to support the Vessel-to-Grid (V2G) system. The system employed an ESP32 microcontroller as the central unit for both monitoring and controlling key parameters, including steam pressure, combustion temperature, boiler water level, and generated voltage. An experimental method was used, incorporating both static and dynamic tests to assess the performance of core components of boiler, turbine, and generator, as well as the supporting sensors and actuators. Test data were quantitatively analysed to evaluate the system's response to changes in operational parameters. Steam produced in the boiler drove the turbine, which then powered the generator to produce electricity. The system successfully converted LPG heat into electrical energy through steam conversion, achieving a maximum efficiency of 4% and a minimum of 0.9%. The highest recorded voltage output was 25.7 volts at a steam pressure of 50 psi. This prototype serves as an emergency backup solution and supports the vessel to grid concept.

Keywords: *Steam plant, Vessel to Grid (V2G), Boiler, Generator*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kuasanya yang telah melimpahkan karunia sehingga peneliti dapat menyelesaikan penulisan karya tulis ini dengan judul *Prototype Steam Plant* Sebagai Penyedia Sumber Daya Listrik Pada Sistem *Vessel To Grid* (V2G). Proposal ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Sarjana Terapan di Politeknik Pelayaran Surabaya. Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya ilmiah terapan ini kepada :

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan fasilitas terhadap pengerjaan karya ilmiah terapan
2. Bapak Dirhamsyah, S.E, M.Pd selaku Ketua Prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
3. Bapak Sonhaji, S.T, M.T dan Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, kritikan dan saran selama proses mengerjakan karya ilmiah terapan
4. Ibu Sutra Wardatul Jannah, M.T selaku Dosen pemberi saran dan masukan selama proses perancangan alat untuk karya ilmiah terapan
5. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Pelayaran Surabaya
6. Terkhusus kepada kedua orang tua yang saya cintai Marulitua Malau, juga Rindawati Simanjuntak yang telah memberikan dukungan, doa, kasih sayang, didikan sikap, moral ,dan mentalitas selama menempuh pendidikan di Politeknik Pelayaran Surabaya
7. Kakak Perempuan saya dr. Maytie Retnowulan, S.Ked dan Kakak Laki-laki saya Willy
8. Teman – teman taruna/i Angkatan 12 atau 40 yang sudah bersedia membantu dan memberi dukungan, doa serta semangat dalam penulisan karya ilmiah terapan saya. Khususnya, Rekan-rekan ETO, Muhammad Yafi' Chesta dan Muhammad Taufiq Hidayat
9. Sahabat-sahabat saya, Fredericus Daru, Prakasa Mufiz, Kiran Raj, Albert Muliawan Saputra, Bernardus Zerabhim Misel, Thalia Nethanya, Febrian Antonius Kale, Virzio Prima Akbar, Nur Wahid Dino, dan Pandu Sulisty Wiratama yang telah mendukung dan menemani saya selama proses perjuangan baik suka maupun duka
10. Seluruh *crew* kapal MT. SEMAR 77 yang telah memberikan pola didik asah, asih, asuh dan mental dalam bekerja kepada saya selama praktik di atas kapal

Akhir kata, Peneliti berharap tugas akhir karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat pada para pembaca agar dapat dikembangkan menjadi penelitian yang lebih maju untuk era *Society 5.0*.

TAK ADA LAUT YANG TERLALU DALAM,
TAK ADA GUNUNG YANG TERLALU TINGGI.
-RAY VARGAS

SURABAYA,

RAY VARGAS
NIT 09.21.011.1.07

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori.....	8
C. Kerangka Pikir	23

BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Perancangan Sistem	26
B. Perancangan Alat	27
C. Rencana Pengujian.....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Uji Coba Produk	33
B. Analisa Data.....	54
C. Kajian produk akhir	64
BAB V PENUTUP.....	67
A. Simpulan	67
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Water tube boiler 1	12
Gambar 2. 2. Water Tube Boiler 2	12
Gambar 2. 3. Mikrokontroler Esp32	15
Gambar 2. 4. Generator Dc	15
Gambar 2. 5. Turbin Uap	16
Gambar 2. 6. Sensor Ina219	17
Gambar 2. 7. Pompa Air	18
Gambar 2. 8. Non-Contact Liquid Level Sensor	19
Gambar 2. 9. Safety Valve 1	20
Gambar 2. 10. Safety Valve 2	20
Gambar 2. 11. Thermocouple Tipe K	20
Gambar 2. 12. Motor Servo.....	21
Gambar 2. 13. Sensor Piezoresistive.....	22
Gambar 2. 14. Kerangka Pikir.....	23
Gambar 3. 1. Blok Diagram Perancangan Sistem	26
Gambar 3. 2. Diagram Perancangan Alat.....	27
Gambar 3. 3. Flowchart Program Sistem Steam Plant.....	29
Gambar 4. 1. Prototype steam plant dalam sistem vessel to grid (v2g)	33
Gambar 4. 2. Aplikasi boiler iot smart system.....	40
Gambar 4. 3. Grafik Uji Perbandingan Monitoring Output Tegangan	51
Gambar 4. 4. Grafik Tekanan Uap Dan Status Safety Valve Terhadap Waktu	55
Gambar 4. 5. Grafik Uji Non Contact Liquid Level Sensor Terhadap Pompa Air..	56
Gambar 4. 6. Grafik Uji Thermocouple Tipe K Terhadap Motor Servo	58
Gambar 4. 7. Grafik Uji Controlling Set Point Tekanan Uap	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Review penelitian sebelumnya.....	6
Tabel 4. 1. Part Pendukung Steam Plant.....	34
Tabel 4. 2. Pengujian Safety Valve.....	43
Tabel 4. 3. Pengujian Non-Contact Liquid Level Sensor Dan Pompa Air	44
Tabel 4. 4. Pengujian Motor Servo Dan Thermocouple Tipe K	45
Tabel 4. 5. Pengujian Sensor Ina219.....	47
Tabel 4. 6. Data Uji Perbandingan Sensor Ina219 Dan Multitester Digital.....	48
Tabel 4. 7. Controlling Set Point Tekanan Uap Terhadap Output Tegangan	52
Tabel 4. 8. Data Uji Safety Valve	55
Tabel 4. 9. Data Uji Non Contact Liquid Level Sensor Dan Pompa Air	56
Tabel 4. 10. Analisa Data Motor Servo Dan Thermocouple Tipe K	57
Tabel 4. 11. Data Pengujian Controlling Set Point Tekanan Uap.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Sistem kelistrikan yang terdapat pada kapal meliputi mesin pembangkit tenaga listrik, sistem distribusi, serta berbagai jenis peralatan listrik (Masringgit Marwiyah Nst, dkk., 2023). Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan, termasuk sistem penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, sistem alarm dan *monitoring*, pengaturan udara dan sistem refrigerasi, motor pompa, permesinan dek, hingga propulsi kapal. Pada umumnya, kebutuhan daya listrik di kapal dipenuhi oleh generator. Namun, dalam kondisi tertentu seperti *blackout*, beban listrik akan disuplai oleh generator darurat atau baterai yang ditempatkan di ruang *Emergency Source of Electrical Power* (Bobby Demeianto, dkk., 2020).

Generator merupakan salah satu permesinan bantu di kapal yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik bagi seluruh peralatan di atas kapal. Sementara itu, *genset* atau generator *set* adalah perangkat yang berfungsi mengubah energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran menjadi energi mekanik (gerak). Sebagai bahan bakar, *genset* umumnya menggunakan minyak berkadar rendah (solar), yang proses pembakarannya memanfaatkan udara bertekanan tinggi (Danny Faturachman & Shahrin Febrian, 2020). Penentuan kapasitas generator dipengaruhi oleh *load factor* dari setiap peralatan. *Load factor* masing-masing peralatan di kapal berbeda-

beda, tergantung pada jenis kapal dan daerah pelayarannya. Faktor-faktor yang memengaruhi di antaranya adalah medan pelayaran, kondisi beban listrik yang berubah-ubah, serta durasi penggunaan yang bervariasi atau tidak konsisten (Djoko Prasetyo, dkk., 2021). Jika terjadi kerusakan pada *auxiliary engine*, maka olah gerak kapal tidak berjalan dengan lancar. Hal tersebut dapat terjadi karena tidak adanya energi listrik untuk menjalankan pesawat bantu lainnya di atas kapal (Muhamad Jefrianto, dkk., 2024). Sehingga bagi peneliti dibutuhkan adanya hal yang dapat dijadikan sebagai opsi darurat jika terjadi kerusakan pada *auxiliary engine* atau generator sebagai tenaga pembangkit listrik.

Indonesia memiliki berbagai jenis pembangkit listrik, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), serta jenis-jenis pembangkit listrik lainnya (Aulia Vici Yunitasari & Subuh Pramono, 2020). Di antara semua jenis pembangkit tersebut, PLTU merupakan yang paling dominan dalam menghasilkan energi listrik di Indonesia. Pada teknologi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) terdapat sistem pembangkit yaitu *boiler* (Kartika Rahmawati, 2019). Ketel uap atau *boiler* adalah bejana tertutup di mana panas pada pembakaran berputar melalui air lalu menjadi air yang bersifat panas atau uap sebagai energi mekanik (Yuda Saputra, 2023). Energi mekanik digunakan untuk menggerakkan turbin generator yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik.

Melalui situs *BlueGrid.energy*, *Vessel to Grid* menyelesaikan tantangan besar dengan mengubah kapal laut listrik menjadi pembangkit listrik *virtual* untuk penyimpanan energi dengan kapasitas skala besar. *BlueGrid* menghadirkan teknologi dan kemampuan untuk mengoptimalkan sistem kapal ke jaringan (*vessel to grid*), memungkinkan kapal listrik tidak hanya mengonsumsi daya secara efisien, tetapi juga mengembalikan daya ke jaringan listrik ketika diperlukan tanpa mengganggu operasional kapal.

Pada penelitian ini, peneliti menerapkan pendekatan model *prototype* pada sistem steam plant sebagai tahap awal dalam pengembangan sistem *Vessel to Grid* yang ditujukan untuk mendukung pembangkit listrik pada jenis lainnya. Model dari *prototype* ini digunakan untuk menggambarkan struktur, fungsi, dan tampilan perangkat secara visual, baik dalam skala sebenarnya, diperbesar, maupun diperkecil. Dalam konteks ini, peneliti merancang suatu alat dalam bentuk *prototype* berbasis *mikrokontroler ESP32* yang diaplikasikan pada sistem *boiler*, yang berfungsi sebagai alternatif penyedia energi listrik darurat di atas kapal. Alat ini diharapkan dapat mendukung ketersediaan daya pada saat darurat, baik ketika kapal sedang berlayar maupun bersandar di pelabuhan, dengan mengusung judul penelitian **“PROTOTYPE STEAM PLANT SEBAGAI PENYEDIA SUMBER DAYA LISTRIK PADA SISTEM VESSEL TO GRID (V2G)”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini mengenai Bagaimana hasil

pengujian rancangan *prototype steam plant* berbasis *mikrokontroler* dengan menggunakan *ESP32* ?

C. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan permasalahan dalam laporan ini agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan yang akan dicapai. Beberapa batasan masalah meliputi :

1. Penelitian fokus pada perancangan *steam plant*
2. Implementasi hanya berbentuk *prototype*
3. Hanya melakukan *monitoring* dan *controlling* pada *prototype steam plant*
4. Melihat seberapa besar tegangan (V) yang dihasilkan
5. Tidak membahas cara melakukan integrasi dengan pembangkit listrik tenaga lainnya
6. Bahan bakar yang digunakan yaitu LPG yang tersebar dalam pasaran.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan peneliti dalam penyusunan tugas akhir ini ialah untuk mengetahui hasil pengujian rancangan alat dalam *monitoring* dan *controlling* *prototype steam plant* guna mendukung sistem *Vessel to Grid* (V2G) berbasis *mikrokontroler* dengan menggunakan *ESP 32*.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya karya tulis diharapkan dapat diambil manfaatnya antara lain :

1. Secara Teoritis

Manfaat teoritis yaitu hasil penelitian ini sebagai tambahan ilmu pengetahuan dan meningkatkan wawasan dibidang akademik bagi masyarakat, awak kapal, taruna/i Politeknik Pelayaran Surabaya maupun instansi lainnya mengenai *prototype steam plant* sebagai penyedia sumber daya listrik pada sistem *Vessel to Grid* (V2G).

2. Secara Praktis

a. Bagi peneliti

Penelitian ini bermanfaat untuk ditingkatkan atau dikembangkan tentang perancangan dan sistem kerja *prototype steam plant* pada sistem *Vessel to Grid* (V2G)

b. Bagi Perusahaan/Instansi

Alat ini dapat dikembangkan menjadi sistem komponen di atas kapal atau perusahaan sebagai upaya tindakan pertama dalam terjadinya *blackout* di atas kapal, guna menyediakan tenaga listrik sementara jika *emergency* generator dalam keadaan tidak dapat beroperasi, serta sebagai penyedia energi listrik kepada pelabuhan terdekat atau Kapal lain yang membutuhkan

c. Bagi Politeknik Pelayaran Surabaya

Penelitian ini dapat menjadi referensi di perpustakaan Politeknik Pelayaran Surabaya, khususnya para Taruna/I Politeknik Pelayaran Surabaya dalam hal pembelajaran praktik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. *Review Penelitian Sebelumnya*

Berkaitan dengan topik yang dibahas dalam karya tulis ilmiah ini, maka perlu didukung dari penelitian-penelitian terdahulu sebagai pembanding dan sebagai referensi untuk lebih baik kedepannya. Pada penelitian ini, peneliti melakukan *review* 5 penelitian sejenis sebagaimana pada Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2. 1. *Review Penelitian Sebelumnya*
Sumber: Diolah Oleh Peneliti

NO	NAMA	JUDUL PENELITIAN	HASIL	PERBEDAAN
1	Alfitroh, Muhammad Ibrahim, dan Wardana, Humaidillah Kurnaidi REKAYASA <i>Journal of Science and Technology</i> Vol. 16(1): 9-16 (2023)	Rancang bangun sistem <i>monitoring</i> ,arus, tegangan, kecepatan turbin, dan suhu berbasis iot pada pembangkit listrik tenaga uap mini skala laboratorium	Menggunakan alat dan bahan yaitu <i>arduino uno, ESP 01</i> , dan bagian-bagian lainnya. Selain itu, terjadi kerusakan pada sensor <i>LM393</i> dikarenakan peletakan terlalu dekat dengan celah turbin dan tidak adanya pengaman jika terjadi tekanan uap berlebih.	Perbedaan Pada penelitian sebelumnya dengan penelitian ini ialah penggunaan <i>mikrokontroler</i> yang digunakan dengan <i>ESP 32</i> dan adanya Sensor <i>piezoresistif</i> untuk deteksi besarnya tekanan uap serta <i>safety valve</i> untuk mencegah terjadinya tekanan uap berlebih.
2	Rona Yusron Arif, Heris Syamsuri, dan Irna Sari Maulani Program Studi Teknik Mesin Fakultas Mesin Universitas Galuh, Jurnal Mahasiswa Mesin Galuh Vol. 1 No 2 (2024)	Rancang bangun <i>prototype</i> pembangkit listrik tenaga uap menggunakan sistem torak pada silinder	Pengujian <i>prototype</i> dilakukan dengan uji coba lampu menggunakan sistem torak pada silinder untuk menggerakkan <i>flywheel</i> . <i>Flywheel</i> kemudian menggerakkan puli yang terhubung	Penelitian ini menggerakkan turbin uap generator dengan part yang bersamaan dan menggunakan aki sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan sesuai saran peneliti sebelumnya agar energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan

NO	NAMA	JUDUL PENELITIAN	HASIL	PERBEDAAN
			dengan V-belt, dan V-belt menggerakkan <i>generator</i> DC. Pengujian dilakukan dengan alat uji lampu.	sementara.
3	Sri Endah Susilowati dan Arif Budiman Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol. 8 No.1 (2023)	Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga uap dengan turbin impuls diameter 70 cm	Material <i>boiler</i> harus diubah karena bahan yang digunakan perlu mendapatkan pemanasan secara efektif, tahan tekanan tinggi dan mudah menyerap panas.	Penelitian ini akan menggunakan karet tahan panas (EPDM/silikon/P TFE), serat penguat, dan lapisan luar tahan panas seperti fiberglass agar <i>boiler</i> tingkat keselamatan <i>Boiler</i> lebih terjaga dari kecelakaan kerja.
4	Anggi Juliant Hidayat, Imam Marzuki, dan Indro Wicaksono Universitas Panca Marga JISE Vol. 1, No. 1, Juni 2022 pp. 17-22	Rancang bangun pengendali <i>temperature</i> berbasis arduino uno pada ketel uap di pabrik gula wonolangan	Prototipe sistem pengendalian suhu ini telah berhasil diuji dan menunjukkan kinerja yang memuaskan. Sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur-fitur seperti kontrol PID untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas sistem.	Penelitian dilakukan menggunakan <i>smartphone</i> sebagai perangkat untuk <i>monitoring</i> secara jarak jauh.
5	Muhammad Zainuddin , Aan Burhanudin, dan Yuris Setyoadi Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri Volume (09)04: 1181-1186, (2023)	Rancang bangun sistem kontrol air umpan <i>boiler</i> berbasis wlc (<i>water level control</i>) omron 61F-G-AP	Mekanisme sistem kontrol burner dirancang untuk mengatur proses pembakaran berdasarkan tekanan uap. Sistem ini mengontrol solenoid valve yang berfungsi	Peneliti menggunakan <i>motor servo</i> dengan kontrol yang lebih presisi dengan kemampuan untuk mengatur sudut buka katup secara bertahap, sehingga memungkinkan

NO	NAMA	JUDUL PENELITIAN	HASIL	PERBEDAAN
			<p>untuk membuka katup bahan bakar dan udara. Dalam proses pembakaran burner, pipa bahan bakar yang diinjeksi dari pompa solar terhubung dengan solenoid valve, yang dikendalikan oleh sistem kontroler boiler. Ketika tekanan uap mencapai nilai set-point, sistem kontroler akan menutup solenoid valve dan katup udara, sehingga pembakaran tidak terjadi. Sebaliknya, jika tekanan uap menurun hingga mencapai set-point bawah akibat penggunaan, sistem kontrol akan mengaktifkan kembali proses pembakaran</p>	<p>pengaturan aliran bahan bakar dan udara yang lebih efisien.</p>

B. Landasan Teori

Landasan teori sebagai sumber dasar dari sebuah penelitian dimana menyajikan kerangka atau dasar secara sistematis dengan memahami konteks di mana masalah muncul. Berikut ini adalah beberapa landasan teori yaitu :

1. Teori

Hukum konversi energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk

ke bentuk lainnya. Dalam konteks *prototype steam plant* yang dirancang untuk penyedia sumber daya listrik pada sistem *Vessel to Grid* (V2G), hukum ini sangat relevan. Proses konversi energi dalam sistem ini melibatkan beberapa tahap, mulai dari pemanasan air dalam boiler hingga pengubahan energi mekanik menjadi energi listrik.

Proses Konversi Energi :

a. Pemanasan Air dalam Boiler

Energi termal yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar (seperti LPG) digunakan untuk memanaskan air dalam boiler. Proses ini mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas. Setelah itu, Energi panas ini kemudian mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi.

b. Konversi Energi Uap menjadi Energi Mekanik

Uap bertekanan tinggi yang dihasilkan dari boiler diarahkan ke turbin. Di sini, energi termal dari uap diubah menjadi energi mekanik saat uap memutar sudu-sudu turbin. Kemudian, Energi mekanik ini dihasilkan berdasarkan prinsip kerja turbin uap, di mana tekanan dan kecepatan uap berkontribusi pada rotasi turbin.

c. Pengubahan Energi Mekanik menjadi Energi Listrik

Putaran turbin yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan generator. Generator ini berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Kemudian, Energi listrik yang dihasilkan kemudian disimpan dalam aki untuk digunakan dalam sistem kelistrikan kapal.

2. Perhitungan Energi

Energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air dalam *boiler* ialah :

$$Q = M \cdot C \cdot \Delta T$$

Ket:

M = massa air (kg)

C = kapasitas panas spesifik air ($4.186 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$)

ΔT = perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

Contoh Perhitungan:

a. Jika kita memiliki 10 kg air yang dipanaskan dari 25°C menjadi 100°C .

Maka, energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air adalah:

$$\Delta T = 100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 75^\circ\text{C}$$

Konversi Energi Uap ke Energi Mekanik: $Q = 10 \text{ kg} \cdot 4,168 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot$

$$75^\circ\text{C} = 31395 \text{ J}$$

b. Misalkan efisiensi turbin adalah 80% , maka energi mekanik yang dihasilkan dari energi uap adalah:

$$\text{Energi Mekanik} = 0,8 \cdot Q = 0,8 \cdot 31395 \text{ J} = 25116 \text{ J}$$

c. Pengubahan Energi Mekanik ke Energi Listrik: Jika efisiensi generator adalah 90% , maka energi listrik yang dihasilkan adalah:

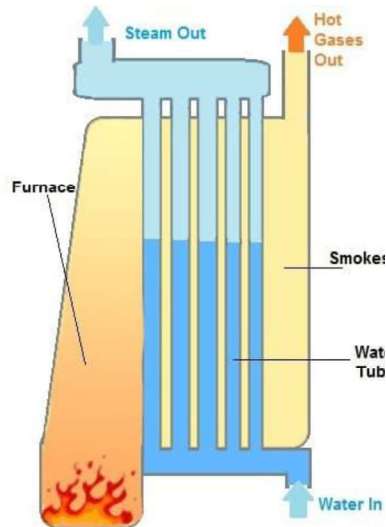
$$\text{Energi Listrik} = 0,9 \cdot \text{Energi Mekanik} = 0,9 \cdot 25116 \text{ J} = 22604,4 \text{ J}$$

3. Boiler

Secara sederhana, *Boiler* adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan uap atau panas dengan cara memanaskan air (Alva Saritua S. Ritonga, 2024). Terdapat tiga jenis *boiler*, yaitu *boiler* pipa api, *boiler* pipa air, dan *boiler* stoker. Pada *boiler* pipa api, gas panas hasil

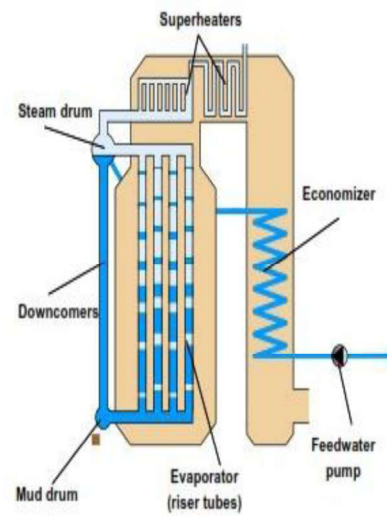
pembakaran mengalir melalui pipa yang dilapisi air di bagian luar, sehingga panas berpindah ke air dan mengubahnya menjadi uap. *Boiler* pipa air memiliki air di dalam pipa dan gas panas di luar pipa, serta dapat beroperasi pada tekanan tinggi (lebih dari 100 *bar*). Sementara itu, *boiler* stoker memiliki sistem pembakaran di atas rantai yang bergerak, dengan efisiensi antara 80% hingga 85% (Maidi Saputra & Ari Ferdian Syah, 2020). Proses kerja *boiler* dimulai dengan mengisi air ke dalam *boiler* hingga memenuhi seluruh permukaan pemindah panas. Air ini kemudian dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dan udara, sehingga berubah menjadi uap. Selanjutnya, uap yang dihasilkan dengan tekanan dan suhu tertentu digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan daya mekanik berupa putaran. Terakhir, putaran turbin yang terhubung langsung dengan generator menghasilkan energi listrik melalui perputaran medan magnet dalam kumparan (Deny Oky Tambun, 2024). Hasil pembakaran bahan bakar didalam *boiler* menghasilkan panas dari *boiler* dan bahan bakar yang biasa dipakai adalah batu bara, minyak bumi, gas bumi, ataupun reaksi nuklir (Ahrum Nanjar, 2021). Pada pembahasan ini, peneliti akan membahas mengenai *boiler* pipa air atau *boiler water tube*.

Boiler pada gambar 2.1. di halaman berikutnya, merupakan jenis *water tube*, pada *boiler* ini proses perapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir ke dalam pipa. Berikut ini bagaian-bagian dari *boiler* dan fungsinya :



Gambar 2. 1. *Water Tube Boiler 1*

Sumber: <https://www.processtechacademy.com/intro-to-package->



Gambar 2. 2. *Water Tube Boiler 2*

Sumber: <https://shasolo.com/mengenal-water-tube-boiler/>

Boiler pada gambar 2.1. merupakan jenis *water tube*, pada *boiler* ini proses perapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir ke dalam pipa. Berikut ini bagaian-bagian dari boiler dan fungsinya :

a. *Furnace* (Ruang bakar)

Ruang bakar berfungsi sebagai tempat untuk membakar bahan bakar. Bahan bakar dan udara masuk ke dalam ruang bakar, di mana proses pembakaran terjadi. Hasil dari pembakaran ini adalah panas dan nyala api/gas asap yang digunakan untuk memanaskan air dalam ketel. Dinding ruang bakar biasanya dilapisi dengan pipa-pipa yang berisi air ketel (*waterwall*). Air dalam pipa-pipa ini terus bersirkulasi untuk mendinginkan dinding pipa sekaligus berfungsi sebagai pipa penguap. Air dari drum atas mengalir turun melalui pipa *downcomer* atau pipa-

pipa konveksi, kemudian naik kembali melalui pipa-pipa *waterwall* menuju *drum* atas. Semakin cepat peredaran air, semakin baik pendinginan dinding pipa, yang pada akhirnya meningkatkan kapasitas uap yang dihasilkan (Kartika Rahmawati, 2018).

b. *Steam drum*

Steam drum adalah komponen penting dalam *boiler*, di mana proses perubahan air menjadi uap berlangsung secara terus-menerus. *Level* air pada *steam drum* harus dijaga pada posisi *Normally Water Level* (NWL) dan tidak boleh terlalu rendah atau tinggi. Jika level air terlalu rendah, dapat menyebabkan panas berlebih pada pipa *boiler* yang bisa merusak pipa tersebut. Sementara itu, jika *level* air terlalu tinggi, kualitas uap yang dihasilkan bisa menurun karena banyak mengandung air, yang menyebabkan uap menjadi basah (Rudito Prayogo, 2014)

c. *Superheater*

Superheater adalah kumpulan pipa di dalam *boiler* yang berada di jalur aliran gas panas hasil pembakaran. Gas panas ini akan mengirim panasnya ke *saturated steam* yang mengalir dalam pipa *superheater*, sehingga mengubahnya menjadi *superheated steam*. *Superheater* terdiri dari dua bagian, yaitu *primary superheater* dan *secondary superheater*. *Primary superheater* adalah pemanas pertama yang dilewati oleh *saturated steam* setelah keluar dari *steam drum*, kemudian uap tersebut melewati *secondary superheater* untuk menjadi *superheated steam*. Uap ini kemudian dialirkan untuk memutar turbin bertekanan tinggi,

dan, tekanan dan suhunya akan menurun (Bahtiar Dresta Huda, 2018)

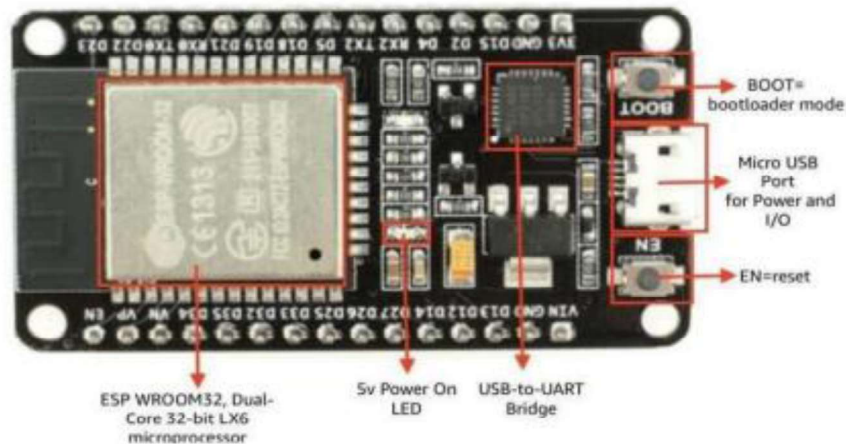
d. *Ecomizer*

Untuk meningkatkan efisiensi *boiler*, digunakan alat yang disebut *economizer*. Fungsi *economizer* pada *boiler* adalah untuk memanaskan air pengisi *boiler* dengan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran di dalam *boiler*. Dengan meningkatnya suhu air pengisi, efisiensi *boiler* juga akan meningkat. Gas sisa pembakaran dalam boiler masih memiliki suhu yang cukup tinggi. Dengan mengalirkan gas sisa pembakaran melalui pipa-pipa *economizer*, panas dari gas tersebut akan ditransfer dan diserap oleh pipa-pipa *economizer*, lalu diteruskan ke dalam air pengisi boiler yang ada di dalam pipa-pipa tersebut (Pafh Rizki Ananda Nst, dkk., 2017).

4. *NodeMCU ESP32*

Pengembangan dari *mikrokontroler ESP8266* ialah *mikrokontroler ESP32* atau yang dikenal sebagai *Espresif System*. *Mikrokontroler ESP32* sangat tepat untuk penggunaan aplikasi yang berhubungan dengan *Internet of Things* dikarenakan spesifikasi yang dimiliki *ESP32* sangat lengkap. *Mikrokontroler* ini bisa berkomunikasi menggunakan *Bluetooth*, *Wi-Fi*, dan *BLE* (Arjun Pratikto Wahyu Hendrawan & Ni Putu Agustini, 2022).

Pada gambar 2.3 merupakan *pin out* dari *mikrokontroler NodeMcu ESP32*. Pin yang terdapat pada *NodeMcu ESP32* dapat digunakan sebagai *Input* dan *Output*.



Gambar 2. 3. Mikrokontroler ESP32

Sumber: <https://dSPACE.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/46622/19522048.pdf?sequence=1>

5. Generator DC



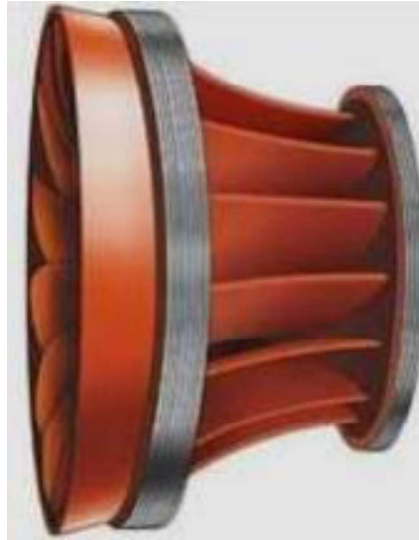
Gambar 2. 4. Generator DC

Sumber: (Yuda Saputra: 2023)

Generator DC dirancang dengan menggunakan magnet *permanent* dengan *regulator* tegangan digital, starter eksitasi, 4 kutub rotor, penyearah, proteksi terhadap beban lebih, *bearing* dan rumah generator atau casis, serta bagian *rotor* (Sri Endah Susilowati dan Arif Budiman, 2023). Menurut Ady Prasetyo dan Hasyim Asy'ari (2023), Prinsip kerja generator ini didasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana putaran kumparan dalam medan magnet menghasilkan gaya gerak listrik sehingga proses ini menghasilkan energi listrik searah (DC) yang dapat

dimanfaatkan sebagai sumber daya untuk komponen-komponen listrik berbasis DC.

6. Turbin Uap



Gambar 2. 5. Turbin Uap

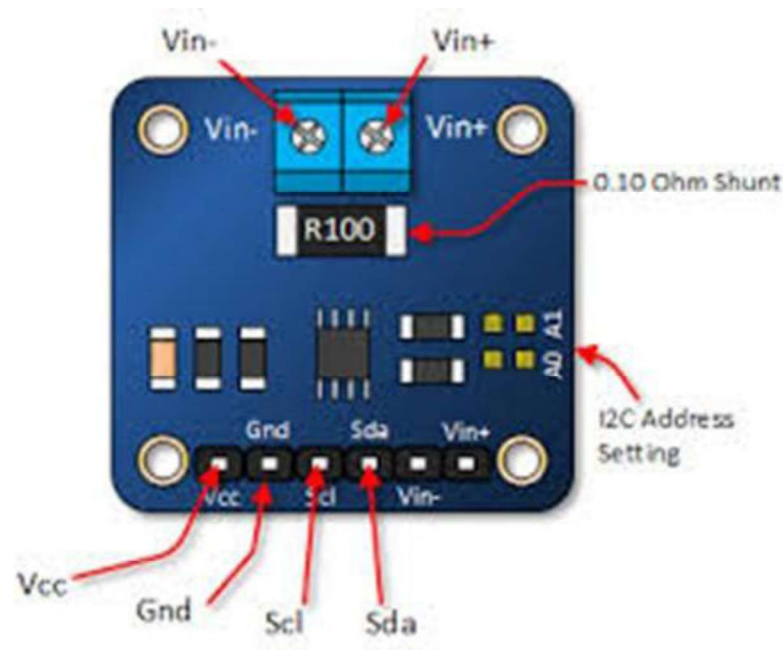
Sumber: green-mechanic.com

Turbin uap berperan dalam mengonversi energi panas yang terkandung dalam uap menjadi energi mekanik berupa gerakan rotasi. Uap bertekanan dan suhu tinggi dialirkan melalui nosel, yang meningkatkan kecepatannya dan mengarahkan aliran tersebut secara presisi untuk mendorong sudu-sudu turbin yang terhubung ke poros. Hal ini menyebabkan poros turbin berputar, sehingga menghasilkan energi mekanik dalam bentuk putaran (Deny Oky Tambun, 2024).

7. Sensor *INA219*

Sensor *INA219* adalah sebuah modul sensor yang bekerja dengan *input* daya 3-5,5 *Volt DC* dan digunakan untuk mengukur arus dan tegangan DC (Deni Wijayanto, 2022). Dengan tingkat akurasi yang tinggi, Sensor ini dirancang untuk mengukur tegangan dan arus listrik serta memiliki

kemampuan untuk mengukur arus hingga $3.2A$ dengan resolusi $0.8mA$, tegangan hingga 26 dan resolusi $4mV$. Sensor ini dilengkapi dengan fitur-fitur seperti proteksi arus berlebih, proteksi tegangan berlebih, dan deteksi tegangan *input* yang rendah (Akhmad Mursidan Al Farizi, 2023).



Gambar 2. 6. Sensor INA219

Sumber: https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/09/belajar-modul-ina219-sensor-arus-tegangan-daya-dengan-arduino/#google_vignette

8. Pompa Air

Menurut Okie Yudha Ferdiansah (2023), Pompa air adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain melalui pipa atau saluran dengan cara menambahkan energi ke cairan tersebut. Alat ini bekerja secara terus menerus dengan menciptakan perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Mekanisme perbedaan tekanan biasanya dihasilkan oleh putaran roda impeler, yang menciptakan kondisi hampir vakum pada sisi

hisap. Hal ini memungkinkan cairan terisap dan berpindah dari satu wadah ke tempat lainnya. Air sering disimpan di tower air untuk memanfaatkan gaya gravitasi agar mengalir tanpa bantuan pompa tambahan.

Jenis-Jenis Pompa Air :

a. Pompa Internal

Pompa ini harus selalu berada di dalam air karena menghasilkan panas yang cukup tinggi sehingga memerlukan air untuk mendinginkan motornya. Keunggulan pompa internal adalah harganya yang relatif terjangkau. Pompa ini harus selalu berada di dalam air karena menghasilkan panas yang cukup tinggi sehingga memerlukan air untuk mendinginkan motornya. Keunggulan pompa internal adalah harganya yang relatif lebih terjangkau.

b. Pompa Eksternal

Pompa eksternal dipasang di luar air dan tidak menimbulkan panas pada air. Meski harganya cenderung lebih mahal, jenis ini cocok untuk penggunaan di luar akuarium. Beberapa pompa dari produsen tertentu bahkan dirancang fleksibel untuk digunakan baik di dalam maupun di luar air.



Gambar 2. 7. Pompa Air

Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/1005001771854957.html>

9. *Non-Contact liquid level sensor*



Gambar 2. 8. *Non-contact liquid level sensor*

Sumber: (Muhamad Khoerul Anam, dkk: 2024)

Sensor *XKC-Y25-V* merupakan jenis sensor level cairan non kontak yang menggunakan teknologi pemrosesan sinyal berkecepatan tinggi serta chip berpresisi tinggi dalam pengoperasiannya. Instalasi sensor ini tergolong praktis karena tidak memerlukan komponen tambahan untuk mendeteksi keberadaan cairan di dalam wadah. Sensor ini kompatibel dengan berbagai jenis material wadah seperti plastik galon, ember, dan kaca, namun tidak dapat digunakan pada wadah berbahan dasar logam atau besi karena interferensi material terhadap sensor (Muhamad Khoerul Anam, dkk., 2024).

Pengujian terhadap sensor *XKC-Y25-V* dilakukan melalui perakitan dalam sebuah sistem sederhana, di mana sensor ditempatkan pada dinding *glass duga* di luar dari tungku *boiler*. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yakni saat *water drum* terisi penuh dan saat kosong. Indikasi hasil pengukuran ditampilkan melalui LED indikator, dengan warna merah menunjukkan kondisi mencukupi tangki.

10. Safety Valve



Gambar 2. 9. *Safety Valve 1*
 Sumber:(Ilham Ramadan &
 Maxi Mamesha:
 2024)



Gambar 2. 10. *Safety Valve 2*
 Sumber:(Bahtiar Dresta Huda: 2018)

Safety valve adalah komponen keselamatan yang sangat penting dalam sistem *boiler*, pipa, tangki, atau peralatan lain yang beroperasi dengan tekanan tinggi (Ilham Ramadan & Chrestian Maxi Mamesah, 2024). *Safety valve* diatur sedemikian rupa sehingga saat tekanan uap mencapai titik tertentu, alat ini akan otomatis bekerja untuk melepaskan uap. Hal ini bertujuan mencegah terjadinya ledakan pada *boiler* akibat tekanan yang berlebih (Muh Thohirin, dkk., 2023).

11. Themocouple tipe k



Gambar 2. 11. *Thermocouple Tipe K*

Sumber:<https://elmechtechnology.com/blog/penjelasan-thermocouple-tipe-k>

Thermocouple tipe k adalah jenis sensor suhu yang menimbulkan efek *thermoelektrik* untuk mengukur atau mendeteksi suhu dengan 2 jenis logam konduktor yang materialnya berbeda (Anggi Juliant Hidayat, dkk., 2022).

Saat sebuah logam konduktor diberi perbedaan suhu yang tinggi secara waktu laju perubahan, Efek *thermoelektrik* akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara dua sambungan ini dinamakan dengan efek *Seebeck*. Efek *Seebeck* menyatakan bahwa arus yang sangat kecil akan mengalir melalui sebuah rangkaian konduktor yang memiliki perbedaan temperatur. Hal ini disebut sebagai efek *thermoelektrik*. Keluaran tegangan akan muncul akibat adanya perbedaan temperatur antara ujung-ujung dua material yang berbeda (Fachnur Firdaus I. T. & Syamsir Abduh, 2020).

12. Motor Servo



Gambar 2. 12. Motor Servo

Sumber:(Putri Merlisa Wahyuningrum: 2017)

Motor servo adalah jenis motor atau aktuator yang dilengkapi dengan sistem kontrol umpan balik (*closed-loop*). Sistem ini

memungkinkan motor untuk diatur dan menyesuaikan posisi porosnya sesuai sudut yang diinginkan. Komponen utama *motor servo* meliputi potensiometer, motor DC, *gearbox*, dan rangkaian kontrol. *Gearbox* atau roda gigi yang terpasang pada poros motor DC berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor (Moh. Alif Fathoni, dkk., 2024).

13. Sensor Piezoresistif

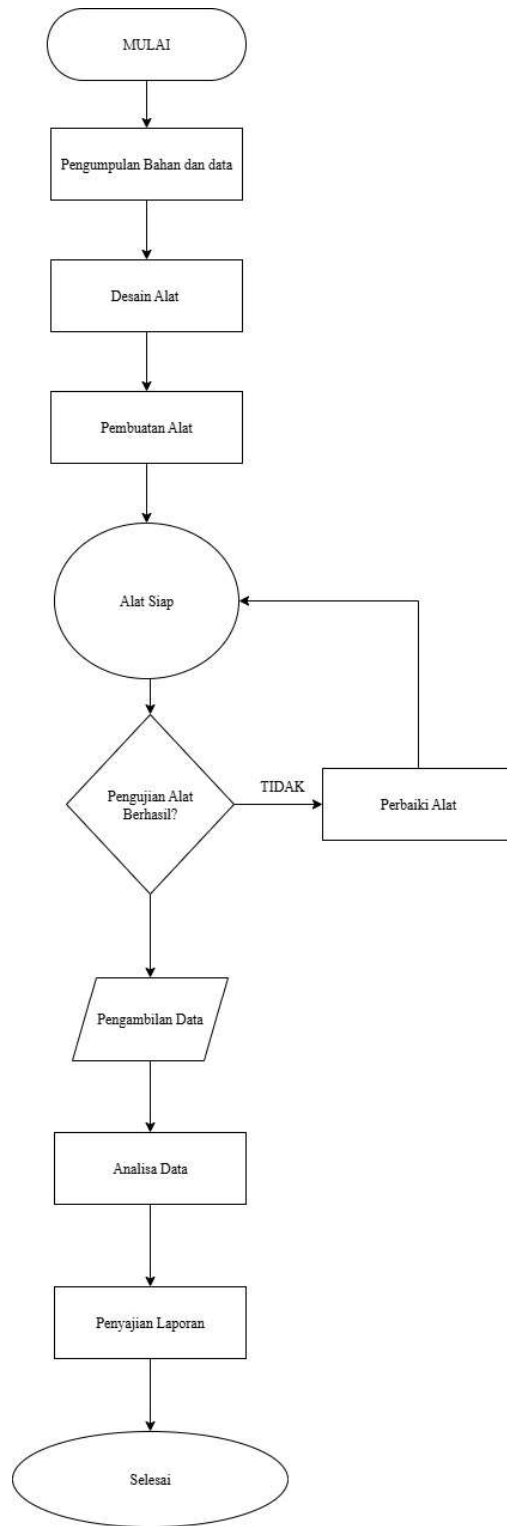
Prinsip kerja sensor tekanan didasarkan pada perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Ketika sensor terpapar pada tekanan, terjadi perubahan fisik yang mengubah sifat listrik dari elemen sensor. Perubahan ini dideteksi dan oleh rangkaian elektronik. Proses kalibrasi memastikan keteraturan antara besaran input (tekanan) dan output (sinyal listrik). Sensor memiliki peran penting dalam kontrol proses dan pemantauan kondisi peralatan. (Deny Oky Tambun, 2024).



Gambar 2. 13. Sensor *Piezoresistive*

Sumber: <https://id.silverinstruments.com/product/pressure-measurement/diffusive-silicon-pressure-transmitters/sh316-pressure-transmitters.html>

C. Kerangka Pikir



Gambar 2. 14. Kerangka Pikir
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 2.14. merujuk mengenai alur sistematis dalam pelaksanaan penelitian terapan yang berfokus pada perancangan dan evaluasi sebuah alat atau *prototype*. Proses dimulai dengan tahap pengumpulan bahan dan data, yang mencakup pencarian referensi teknis serta spesifikasi komponen yang diperlukan. Selanjutnya, dilakukan desain alat berdasarkan data teknis yang telah dikaji, dilanjutkan dengan tahap pembuatan alat sesuai dengan rancangan.

Setelah alat selesai dirakit, masuk ke tahap kesiapan alat untuk diuji coba. Pada fase pengujian, dilakukan verifikasi terhadap fungsi alat. Jika hasil pengujian belum sesuai, maka dilakukan perbaikan alat hingga alat dinyatakan siap dan berfungsi sesuai rencana. Tahap berikutnya adalah pengambilan data dari alat yang telah beroperasi, kemudian data tersebut diolah pada fase analisis data untuk menilai performa sistem secara objektif. Hasil analisis selanjutnya disusun dalam penyajian laporan, yang menjadi bagian akhir dari kegiatan penelitian sebelum dinyatakan selesai.

BAB III

METODE PENELITIAN

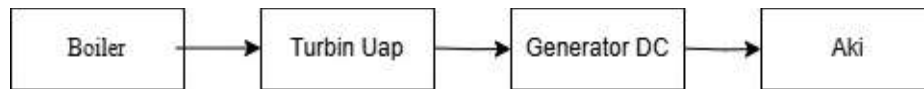
Menurut Solso dan MacLin (2002), penelitian eksperimen merupakan jenis penelitian di mana minimal terdapat satu variabel yang dimanipulasi untuk mengamati hubungan sebab-akibat. Metode ini memberikan peneliti kemampuan untuk mengontrol variabel lain yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian, sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan yang lebih akurat terkait pengaruh langsung dari perlakuan yang diterapkan. Sumber lain mengemukakan bahwa penelitian eksperimen juga dapat diartikan sebagai suatu pendekatan ilmiah yang dilakukan terhadap variabel yang datanya belum tersedia, sehingga memerlukan pelaksanaan prosedur melalui perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian. Dampak dari perlakuan tersebut kemudian diamati dan diukur untuk memperoleh data yang bersifat prospektif atau akan datang (M. Farhan Arib, dkk., 2024)

Melansir dari *lppm.tazkia.ac.id*, Dalam pelaksanaan metode eksperimen pada penelitian kuantitatif, terdapat beberapa tahapan utama yang perlu dilaksanakan secara sistematis. Tahap awal dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan penelitian. Selanjutnya, perancangan eksperimen dilakukan secara cermat. Pada tahap ini juga ditentukan kelompok eksperimen dan kontrol, serta strategi untuk meminimalkan pengaruh variabel pengganggu. Proses berikutnya adalah pengumpulan data sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan, dengan memperhatikan prosedur eksperimental yang valid dan reliabel. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik yang relevan, tergantung pada karakteristik data dan rumusan masalah. Hasil dari analisis tersebut

diinterpretasikan untuk menilai apakah hipotesis yang diajukan dapat diterima atau ditolak, serta memahami dampaknya terhadap fokus penelitian. Temuan eksperimen selanjutnya disajikan secara informatif melalui grafik, tabel, dan penjelasan deskriptif agar mudah dipahami. Akhirnya, simpulan diambil berdasarkan keseluruhan hasil yang diperoleh, disertai pembahasan mengenai implikasi teoretis maupun praktis dari penelitian, yang kemudian dirangkum dalam laporan ilmiah sesuai dengan struktur penulisan karya ilmiah standar

A. Perancangan Sistem

Kerangka proses perencanaan sistem berdasarkan gambar pada halaman selanjutnya :



Gambar 3. 1. Blok Diagram Perancangan Sistem

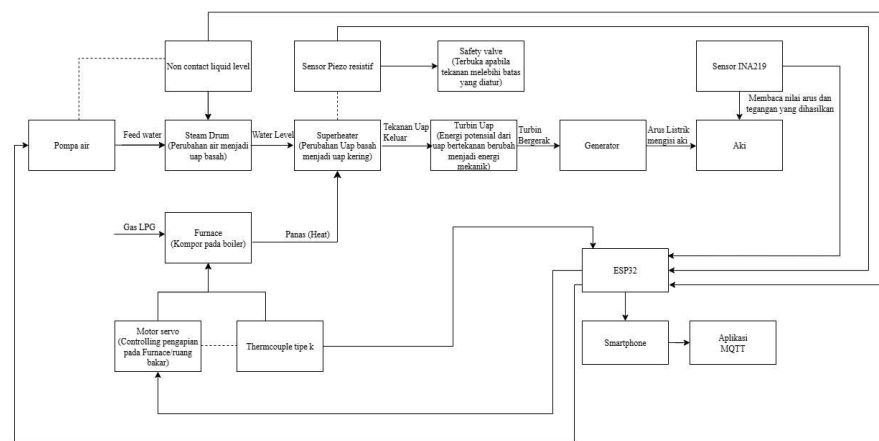
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 3.1. *Boiler* berfungsi sebagai perangkat untuk memanaskan air hingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi. Uap yang dihasilkan kemudian diarahkan menuju turbin, yang berperan mengonversi energi dari uap menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan melalui putaran turbin selanjutnya digunakan untuk menggerakkan gir transmisi. Gir transmisi ini menggerakkan generator, yang bertugas mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan ke aki. Siklus ini menjelaskan proses konversi energi dari *boiler* yang menghasilkan energi mekanik untuk menggerakkan turbin uap menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk penyimpanan energi listrik pada aki.

B. Perancangan Alat

Perancangan alat adalah proses yang melibatkan identifikasi alat dan bahan yang diperlukan, serta penyusunan gambaran mengenai alat yang akan dibuat. Di bawah ini disajikan skema perancangan alat untuk *steam plant*. Setiap komponen dalam sistem ini memiliki peran penting dalam memastikan operasional *steam plant* berjalan dengan optimal.

1. Blok Diagram



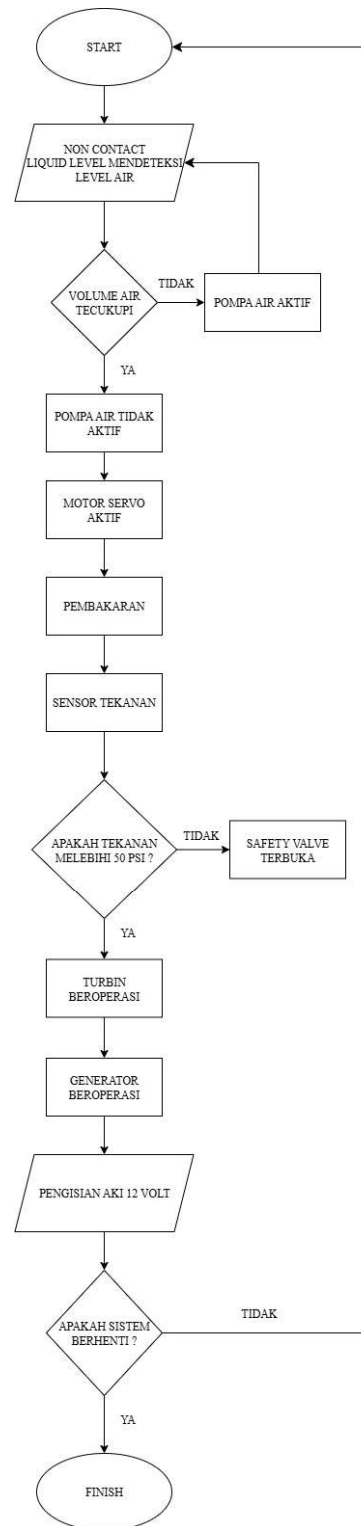
Gambar 3. 2. Diagram Perancangan Alat
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3.2. menggambarkan proses yang terjadi dalam *boiler*. Proses ini dimulai dengan air umpan yang dialirkan ke *steam drum*. Di dalam *steam drum*, terjadi pemisahan antara fase air dan fase uap. Penting untuk menjaga ketinggian air dalam *steam drum*, sehingga sistem kontrol *level* diterapkan menggunakan *Non contact liquid level sensor* dan pompa air. Selain itu, pada ruang bakar atau *furnace* terdapat sistem kontrol *temperature* yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan api secara otomatis menggunakan *motor servo*. Tekanan yang dihasilkan dalam sistem ini dilindungi oleh *safety valve* untuk mencegah terjadinya tekanan

uap yang berlebihan, yang dapat berpotensi menyebabkan ledakan dan dideteksi menggunakan sensor *piezoresistive* untuk memantau seberapa besar tekanan uap yang dihasilkan. Sebelum mencapai *steam drum*, air dipanaskan hingga menjadi uap jenuh, yang kemudian dialirkan ke *superheated steam*. Pada tahap ini, uap yang dihasilkan adalah uap kering bertekanan tinggi, dan sistem pengendalian tekanan diterapkan untuk memutar turbin. Tekanan yang dihasilkan oleh boiler harus berada pada tingkat tinggi dengan temperatur yang tinggi pula, dan pengawasan terhadap tekanan ini juga dilakukan oleh *safety valve* untuk mencegah risiko ledakan. Setelah itu, Turbin Uap menghasilkan energi mekanik yang digunakan untuk memutar gir dari generator. Energi listrik yang dihasilkan selanjutnya diukur oleh sensor *INA219* dan disimpan dalam aki.

Mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali dari sistem *monitoring* dan *controlling* pada *termocouple tipe k*, pompa air, *non contact liquid level sensor*, *motor servo*, sensor *INA219*, dan Sensor *Piezoresistive*. Sebagai perangkat untuk pemantauan dari jarak jauh, penelitian ini menggunakan perantara *MQTT* dengan menggunakan *smartphone*.

2. Perancangan perangkat lunak (*Software*)



Gambar 3. 3. *Flowchart* Program Sistem *Steam Plant*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 3.3. proses kerja sederhana dari sebuah sistem pembangkit uap. Sistem ini dimulai dengan mengisi *boiler* dengan air, kemudian air dipanaskan hingga menguap menjadi uap bertekanan. Uap bertekanan ini kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator listrik. Proses ini melibatkan beberapa komponen penting seperti pompa air, pembakar, sensor tekanan, katup pengaman, turbin, dan generator.

Hal pertama yang dilakukan ialah *non contact liquid level* membaca *level* dari air. Apabila level air tidak tercukupi, pompa air akan mengisi *water drum* dan pompa akan mati jika *level* air sudah tercukupi. Dalam keadaan *level* air yang sudah tercukupi sistem akan langsung menuju *motor servo* untuk membuka aliran gas LPG dan menyalakan api untuk melakukan pembakaran, Panas dari pembakaran akan menguapkan air dalam *boiler*, menghasilkan uap bertekanan tinggi. Tekanan uap akan terus dipantau oleh sensor *piezoresistive*, dan jika tekanan melebihi batas aman, *safety valve* akan terbuka untuk mencegah terjadinya ledakan. Uap bertekanan tinggi kemudian akan menggerakkan turbin, yang akan memutar generator untuk menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk penyimpanan pada Aki duabelas *volt*. Proses ini akan terus berulang selama sistem beroperasi. Sistem ini dirancang dengan beberapa mekanisme pengaman untuk mencegah terjadinya kecelakaan.

Salah satu mekanisme pengaman yang penting adalah *safety valve*. *Safety valve* akan terbuka secara otomatis jika tekanan uap dalam *boiler* melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga mencegah terjadinya

ledakan. Selain itu, penggunaan sensor juga memantau berbagai hal seperti *level* air dan tekanan uap, sehingga kondisi operasi sistem dapat selalu terkendali.

C. Rencana Pengujian

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan secara dinamis dan statis untuk mengevaluasi kinerja *Prototype Steam Plant* Sebagai Penyedia Sumber Daya Listrik Pada Sistem *Vessel To Grid* (V2G).

1. Rencana Pengujian Statis

- a. Pompa air: Menguji apakah pompa dapat mengalirkan air ke *boiler* dengan tekanan dan laju aliran yang sesuai.
- b. *Boiler*: Memastikan air dapat dipanaskan hingga menghasilkan uap bertekanan tinggi.
- c. Sensor *INA219*: Mengukur akurasi tegangan (*volt*) yang dihasilkan.
- d. *Thermocouple tipe k*: Memeriksa keakuratan pengukuran suhu dalam ruang boiler.
- e. *Motor Servo*: Menguji kontrol buka dan tutup otomatis pada ruang bakar.
- f. *Non contact liquid level sensor*: Memastikan kontrol *level* air berjalan sesuai batas atas dan bawah.
- g. Menguji kerja *safety valve* dalam melepaskan tekanan berlebih untuk mencegah ledakan.

2. Rencana Pengujian Dinamis

Pengujian Dinamis dilakukan untuk menganalisis data hasil eksperimen secara kuantitatif. Data yang dikumpulkan mencakup variabel seperti tegangan (*volt*) untuk memastikan hasil yang representatif. Hasil pengujian akan digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan uap dan *output* tegangan listrik. Kesimpulan ditarik berdasarkan analisis hasil pengujian untuk menentukan apakah *prototype* memenuhi target kinerja yang diharapkan.