

**RANCANGAN SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
TEKANAN UDARA DAN AIR DENGAN MEDIA BOTOL PADA
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
PEMBANGUNAN PANCABUDI MEDAN**

Ervin Tri Asmara*

Solly Aryza Lubis**

Pristisal Wibowo**

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

ABSTRAK

Simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol merupakan suatu alat percobaan yang dibuat dengan skala kecil untuk membuktikan tingkat keberhasilan suatu gagasan dalam pengembangan ilmu teknologi khususnya bidang energi terbarukan. Pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol ialah tekanan udara di dalam botol - botol yang didesain sesuai konsep rancangan. Simulator ini dibuat untuk penelitian keberhasilan dalam menghasilkan energi gerak dan dikonversi menjadi energi listrik. Dan hasil penelitian adalah gagalnya alat simulator berputar, sehingga memerlukan pengulangan dan percobaan dan pengujian terus – menerus.

Kata Kunci : Simulator pembangkit listrik, udara dalam botol, air, dan generator.

*** Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : ervinpoy@gmail.com**

****Dosen Program Studi Teknik Elektro**

***DESIGN SIMULATOR OF AIR AND WATER PRESSURE POWER
PLANTS USING BOTTLE MEDIA IN LABORATORY
ELECTRICAL ENGINEERING OF UNIVERSITY
PEMBANGUNAN PANCABUDI MEDAN***

Ervin Tri Asmara *

Solly Aryza Lubis **

Pristisal Wibowo **

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

ABSTRACT

Simulator of air and water pressure power plants using bottle media is an experimental tool made with a small scale to prove the level of success of an idea in the development of technology, especially in the field of renewable energy. Power plants with air and water pressures with bottled media are air pressure in bottles designed according to the design concept. This simulator is made for the research of success in producing motion energy and converted into electrical energy. And the results of the research are the failure of the rotating simulator tool, so that it requires repetition and experimentation and continuous testing.

Keywords: Power plant simulators, air in bottles, water, and generators.

**** Electrical Engineering Study Program students: ervinpoy@gmail.com***

***** Lecturer in Electrical Engineering Program***

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABEL..... v

DAFTAR GAMBAR vi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah..... 5

1.3 Batasan Masalah 5

1.4 Tujuan Penelitian 6

1.5 Manfaat Penelitian 6

1.6 Teknik Pengumpulan Data..... 7

1.7 Sistematika Penulisan 7

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Konversi Energi 9

2.2 Hukum Archimedes 11

2.2.1 Massa Jenis	12
2.2.2 Massa dan Berat.....	13
2.2.3 Volume.....	13
2.3 Hukum Pascal	13
2.3.1 Tekanan.....	14
2.3.2 Gaya	16
2.3.3 Luas.....	19
2.4 Torsi (Momen).....	21
2.5 Daya	22
2.5.1 Daya Mekanik.....	22
2.5.2 Daya Listrik	23
2.6. Generator.....	24

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Metode Penelitian	28
3.2 Lokasi Penelitian.....	29
3.3 Waktu Penelitian.....	29
3.4 Perancangan Alat	31
3.4.1 Menggambar Desain Pola Rangkaian Alat	31
3.4.2 Pengumpulan Bahan dan Persiapan Alat Kerja	33
3.5 Pembuatan Alat Simulator	37
3.5.1 Proses Pembuatan Alat Simulator.....	37
3.5.2 Proses Pembuatan Dudukan Poros Kincir Botol	50

3.5.3 Proses Pemasangan <i>Pulley, Belt</i> , Generator dan Lampu	52
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Pengujian Alat Simulator	53
4.2 Tempat Pengujian Alat Simulator	53
4.3 Proses Pengujian Alat Simulator	56
4.4 Hasil Analisa dan Pembahasan tentang Pengujian Alat Simulator	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
 DAFTAR PUSTAKA	 67
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konversi Satuan Tekanan	16
Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan Penelitian	30
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Rancangan Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Menggunakan Media Botol	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Jaringan Listrik.....	1
Gambar 1.2. Diagram Konversi Energi.....	2
Gambar 1.3. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Menggunakan Media Botol	4
Gambar 2.1. Genset Cummins Power Generation	10
Gambar 2.2. Hukum Archimedes.....	11
Gambar 2.3. Hukum Pascal.....	14
Gambar 2.4. Gaya Terhadap Bidang Lengkung	18
Gambar 2.5. Persegi Panjang	19
Gambar 2.6. Segitiga.....	20
Gambar 2.7. Lingkaran	20
Gambar 2.8. Rumus Torsi	21
Gambar 2.9. Generator.....	24
Gambar 2.10. Hukum Faraday	25
Gambar 2.11. Jumlah Kutub Magnet pada Generator.....	26
Gambar 2.12. Kutub – Kutub Magnet pada Generator	27
Gambar 3.1. Diagram Metode Penelitian.....	28
Gambar 3.2. Desain Pola Rangkaian Alat Simulator	31
Gambar 3.3. Desain Botol Segitiga.....	32
Gambar 3.4. Perencanaan Konsep Kerja Rancangan Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Media Botol	33
Gambar 3.5. Beberapa Bahan-Bahan Pembuatan Alat Rancangan.....	34

Gambar 3.6. Beberapa Peralatan dalam Pembuatan Alat Rancangan.....	35
Gambar 3.7. AVO Meter, Pressure Gauge dan Needle Valve.....	36
Gambar 3.8. Tacho Meter	36
Gambar 3.9. Satu Sisi Botol dibuat Lengkung ke dalam	38
Gambar 3.10. Botol Segitiga dipasang jari- jari untuk disambung ke poros pipa	38
Gambar 3.11. Menggunakan Botol Pocari Sweet ukuran 2 liter.....	39
Gambar 3.12. Botol dibentuk segitiga dan dipasang pipa lengkung	40
Gambar 3.13. Menggunakan Botol Aqua ukuran 1 ½ Liter.....	40
Gambar 3.14. Pipa Adapter sebagaiudukan Botol dan Bearing.....	41
Gambar 3.15. Botol dipasang potongan pipa Lengkung.....	41
Gambar 3.16. Bola Mimis.....	42
Gambar 3.17. Penambahan Bola Mimis dan Pipa Jalur di dalam Botol	42
Gambar 3.18. Penggunaan Karbit untuk meningkatkan tekanan udara dalam botol ..	43
Gambar 3.19. Botol Segitiga yang Dipotong Setelah Menggunakan Karbit	44
Gambar 3.20. Penambahan tampungan air pada botol segitiga	44
Gambar 3.21. Kincir Botol.....	45
Gambar 3.22. Magnet Neodymium	46
Gambar 3.23. Kincir Botol dengan Magnet Neodymium	46
Gambar 3.24. Desain Pembentukan Botol Fleksibel	47
Gambar 3.25. Pembentukan Botol Segitiga berbahan Plastik Fleksibel.....	47
Gambar 3.26. Pemasangan Botol Segitiga dan Botol Le Mineral pada Pipa.....	48
Gambar 3.27. Penggunaan Bola Mimis di dalam Botol.....	49

Gambar 3.28. Kincir dengan Tiga Botol.....	50
Gambar 3.29. Pemasangan Dudukan Poros Kincir pada Kotak Air	51
Gambar 3.30. Poros Kincir Botol telah Terpasang pada dudukan di dalam Kotak	51
Gambar 3.31. Hasil Pekerjaan Akhir Pembuatan Alat Simulator	52
Gambar 4.1. Sumur Tempat Pengujian Simulator	54
Gambar 4.2. Bak Air Tempat Pengujian Simulator	54
Gambar 4.3. Kotak Plastik sebagai Wadah Air untuk Pengujian Kincir botol.....	55
Gambar 4.4. Aliran Air Berarus untuk Pengujian Kincir botol	55
Gambar 4.5. Proses Pengujian Kincir Botol di dalam Bak Air.....	58
Gambar 4.6. Proses Pengujian Kincir Botol di dalam Kotak Air	59
Gambar 4.7. Proses Pengujian Kincir Botolditenggelamkan ke dalam Arus Air	59
Gambar 4.8. Proses Pengujian Kincir Botol di Aliran Air Terjun.....	60

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Rancangan Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Media Botol pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Panca Budi Medan**”. Serta sholawat dan salam kepada Rasulullah Baginda Nabi Muhammad Sholallahu ‘Alayhi Wasalam.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E.,M.M., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Ibu Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Panca Budi.
3. Bapak Hamdani, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.
4. Bapak Solly Aryza Lubis, S.T.,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Satu Universitas Pembangunan Panca Budi.
5. Bapak Pristisal Wibowo, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Dua Universitas Pembangunan Panca Budi
6. Ibu Zuraidah Tharo, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik Universitas Pembangunan Panca Budi.

Dan tidak lupa juga ucapan terimakasih kepada orang tua, keluarga, serta sahabat yang telah banyak membantu serta memberi dukungan dan pengetahuan dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk penyempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan khususnya bagi penulis sendiri.

Medan, Juli 2019

Penulis,

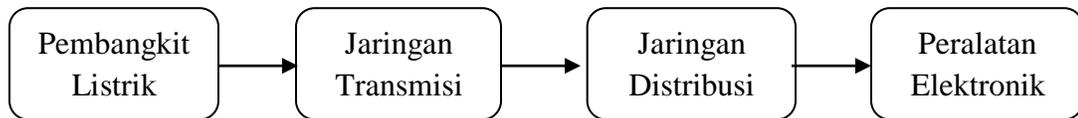
Ervin Tri Asmara

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sains dan teknologi setiap waktu semakin maju dikarenakan berkembangnya pola pikir manusia yang ingin terus menerus melakukan penelitian dalam teori ilmiah dan fakta lapangan hingga bisa membuat beberapa produk untuk memudahkan dan membantu berbagai pekerjaan yang dilakukan oleh manusia yang bisa dilakukan oleh peralatan elektronik. Dimana zaman sekarang ini peralatan elektronik sudah semakin canggih dan bertumbuh pesat dengan berbagai fungsi dan kegunaannya masing-masing. Tidak bisa dipungkiri semua itu pasti membutuhkan energi listrik untuk menjalankannya. Oleh karena itu energi listrik juga pasti akan habis bila tidak dilakukan pengadaan, pemeliharaan dan perkembangan serta pembaruan sumber energi listrik.

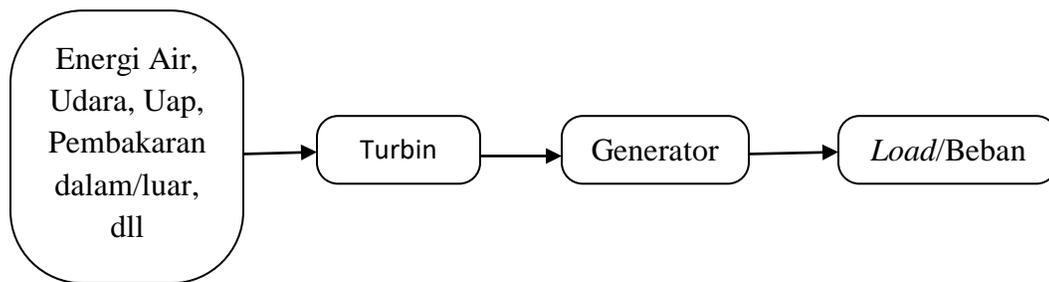


Gambar 1.1. Diagram Jaringan Listrik

Sumber : Penulis, 2019

Perkembangan sumber energi listrik, sekarang ini juga banyak ditemukan energi listrik terbarukan. Yang pada umumnya sumber energi listrik biasanya berasal dari generator listrik yang memanfaatkan medan elektromagnetik. Jika generator berputar maka generator akan menghasilkan energi listrik. Untuk memutar generator

tersebut pasti membutuhkan energi mekanik sebagai penggerak utama yang biasa berasal dari pemanfaatan energi alam seperti energi air, energi udara, energi uap, energi pembakaran dan energi lainnya yang dapat dikonversi menjadi energi mekanik untuk memutar generator yang akan membangkitkan energi listrik.



Gambar 1.2. Diagram Konversi Energi

Sumber : Penulis, 2019

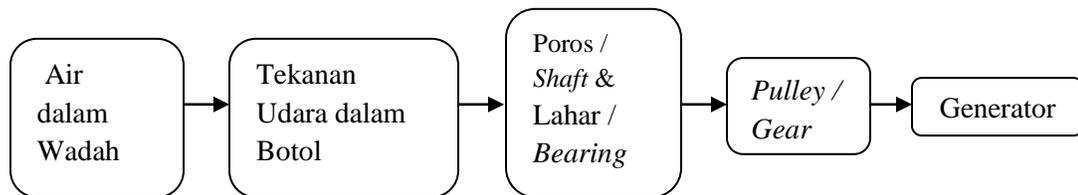
Pembangkit listrik tenaga air pasti akan memanfaatkan pergerakan arus atau gelombang air, begitu juga dengan tenaga udara yang akan memanfaatkan kekencangan hembusan udara. Sedangkan tenaga uap akan memanfaatkan tekanan uap air yang panas hal ini pasti membutuhkan bahan bakar agar terjadi pembakaran. Pembangkit listrik tenaga tersebut sudah terbukti hasilnya dan dapat bermanfaat sebagai sumber energi listrik.

Untuk mengembangkan pembangkit listrik terbarukan, dalam skripsi ini akan dibahas percobaan rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol. Terpikirnya judul ini ditulis, karena penulis tertarik dalam inovasi – inovasi alat yang bermanfaat bagi manusia yang memotivasi

penulis untuk melakukan inovasi sesuatu yang bermanfaat bagi banyak orang. Adapun Hadist Rasulullah Sholallahu 'alayhi wa salam bersabda “ Sebaik – baik manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia “ (Hadist Riwayat Ahmad, ath Thabarani, ad Daruqutni. Hadist ini dishahihkan oleh al Albani di dalam kitab Shahihul Jami' no: 3289).

Penulis sangat tertarik dalam ilmu pembangkit listrik terbarukan, sehingga terus berfikir untuk mencari inovasi apa yang harus dilakukan. Hingga pernah suatu saat penulis melihat sebuah botol plastik minuman yang kosong terapung di atas air dan pernah melihat botol yang beirisi air penuh tenggelam ke dalam air. Berdasarkan hal itu, menimbulkan pertanyaan kenapa botol kosong itu tidak tenggelam. Sehingga melakukan percobaan botol plastik kosong yang tertutup dimasukkan ke dalam air, maka botol tersebut akan melakukan perlawanan naik ke atas permukaan air. Hal ini pasti karena adanya udara yang berat jenisnya lebih ringan dari pada air, terkurung di dalam botol tersebut di tambah lagi botol berbahan plastik. Sehingga menimbulkan gaya apung dan tekanan dari air terhadap botol yang berisi udara tersebut. Apalagi jika udara di dalam botol itu bertekanan, pasti gaya dorongan air terhadap botol itu akan semakin besar dan menghasilkan pergerakan, dengan kata lain ialah pemanfaatan gaya apung dari botol menjadi energi gerak. Dari pergerakan botol itu pasti memiliki energi mekanik, maka energi mekanik inilah yang akan digunakan atau dimanfaatkan dalam konversi energi yaitu untuk menggerakkan sebuah generator yang akan menghasilkan energi listrik. Tetapi harus dilakukan rancang bangun

simulator dan penggunaan beberapa botol plastik yang di design sesuai yang diinginkan serta bahan - bahan pendukung lainnya dalam melakukan penelitian ini.



Gambar 1.3. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Menggunakan Media Botol

Sumber : Penulis, 2019

Apabila percobaan simulasi ini berhasil maka ada harapan untuk mengembangkan energi listrik terbarukan dengan tenaga tekanan udara dan air dengan media botol, karena pembangkit listrik ini tidak membutuhkan pergerakan aliran air atau gelombang air seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air, juga tidak butuh hembusan kekencangan udara seperti Pembangkit Listrik Tenaga Angin, juga tidak membutuhkan pembakaran agar terjadi tekanan uap seperti pembangkit listrik tenaga uap. Serta dengan adanya inovasi ini maka dalam upaya sumber pembangkit listrik tidak lagi dibutuhkan pemakaian bahan bakar minyak yang biasanya digunakan pada pembangkit listrik dengan mesin diesel dan sebagainya, sehingga dapat mengatasi efisiensi bahan bakar fosil, efisiensi biaya dan solusi mengatasi polusi udara dan kelestarian alam.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Bagaimana cara membuat alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
2. Bagaimana cara menguji kerja dari alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
3. Bagaimana cara pengukuran dan perhitungan pada kecepatan putaran yang akan memutar generator serta kemampuan mengeluarkan energi listrik yang dihasilkan dari alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Membahas konsep perencanaan rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
2. Membahas proses pembuatan alat simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
3. Melakukan penelitian hasil kerja pembuatan alat simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
4. Tidak membahas perhitungan beban generator.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Untuk membuat alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
2. Untuk menguji keberhasilan kerja alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.
3. Untuk mengetahui kecepatan dan kemampuan listrik yang dihasilkan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol dalam pengukuran dan perhitungan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pembuktian nyata dan kesimpulan dari sebuah ide penulis dalam pembuatan rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol yang diteliti.
2. Untuk menjadikan rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol bisa dikembangkan lebih lanjut agar bermanfaat bagi banyak orang.
3. Untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan khusus dibidang perkembangan pembangkit listrik terbarukan.

1.6 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data didapatkan adalah :

1. Mencari referensi dari berbagai sumber buku- buku dan internet.
2. Melakukan uji coba dan perhitungan serta pengukuran pada alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol untuk mendapat hasil data.
3. Melakukan diskusi antara penulis dengan dosen serta teman yang dapat memberikan solusi dan informasi terkait dengan dasar teori terhadap rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan tentang rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol di laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi Medan.

BAB 2 DASAR TEORI

Memberikan penjelasan mengenai pengertian dasar – dasar teori yang berhubungan dengan penelitian rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan konsep dan diagram blok perencanaan terhadap subjek penelitian, lokasi, waktu, pengumpulan bahan dan alat serta pembuatan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol dalam melakukan penelitian.

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang pengujian dan analisa serta hasil pembahasan penelitian terhadap alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Penutup berisikan kesimpulan dan saran penulis dari hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Terdiri dari bahan- bahan referensi dalam memperoleh dasar teori dan informasi yang terkait dengan penelitian ini.

LAMPIRAN BERKAS

Berkas yang dilampirkan ialah berupa surat - surat keterangan dan formulir- formulir penting yang mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Konversi Energi

Menurut hukum termodinamika pertama, energi bersifat kekal yaitu energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan atau dirubah dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain. Sehingga energi dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia dengan kemampuan kerja yang dihasilkan dari energi tersebut. Prinsip dasar dalam mempelajari mesin konversi sangat terkait dengan materi yang mendasar sebagai berikut :

1. Energi : Kemampuan untuk Melakukan Kerja,
2. *Availability* / Kemampuan Energi yang Berguna,
3. Klasifikasi Energi : Energi Transisi dan Energi Tersimpan,
4. Macam – macam Energi : Energi Mekanis, Energi Listrik, Energi Elektromagnetik, Energi Kimia, Energi Nuklir Nuklir dan Energi *Thermal*,
5. Sumber – sumber Energi : Asal Sumber Energi (Bumi dan Luar Bumi) dan Sifat Sumber Energi (Dapat Didaur Ulang dan Tidak dapat Didaur Ulang),
6. Klasifikasi Mesin Konversi Energi : Konvensional dan *Non* Konvensional,
7. Hukum – hukum yang Berkaitan,
8. Hukum Kekekalan Gerak,
9. Berbagai Dimensi dan Satuan.

Salah satu contoh mesin konversi energi ialah genset (generator set), dimana penggerak awal (*prime mover*) untuk memutar generator ialah engine. Karena engine memiliki sistem motor pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar minyak bumi (solar/bensin) untuk menghasilkan energi gerak (mekanikal). Oleh karena itu sistem genset ialah merubah energi kimia (bahan bakar) menjadi energi panas , kemudian energi panas dirubah menjadi energi mekanikal, lalu energi mekanikal dimanfaatkan untuk memutar generator, lalu generator berputar sehingga energi mekanikal tersebut dirubah menjadi energi listrik yang dihasilkan dari generator.

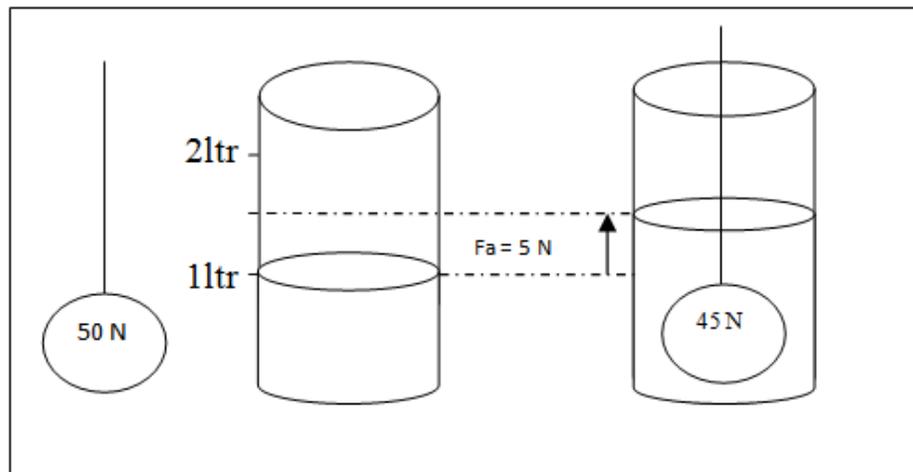


Gambar 2.1. Genset Cummins Power Generation

Sumber: Penulis, 2019

2.2 Hukum Archimedes

Hukum Archimedes berbunyi “Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut”.



Gambar 2.2. Hukum Archimedes

Sumber: Penulis, 2019

$$F_a = V \times g \times \rho \quad (2.1)$$

F_a : gaya apung

V : Volume air yang naik ($V_{akhir} - V_{awal}$)

g : gravitasi bumi

ρ : massa jenis air

2.2.1 Massa Jenis

Massa jenis merupakan tingkat kerapatan molekul/zat suatu benda dengan perbandingan antara massa dengan volume benda tersebut. Setiap benda memiliki massa jenis yang berbeda – beda walaupun massanya sama dan volumenya juga sama. Apabila satu zat yang sejenis pada benda – benda yang massanya berbeda dan volumenya berbeda maka massa jenisnya sama. Sehingga massa jenis berfungsi juga sebagai penentu suatu zat pada benda.

Untuk mengetahui massa jenis pada suatu benda dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.2)$$

ρ = massa jenis (kg/m³)

m = massa (kg)

v = volume (m³)

Secara umum massa jenis air dijadikan pembanding untuk menentukan massa jenis benda- benda yang lain. Hal inilah yang dapat menentukan suatu benda dapat mengapung di atas air, melayang di air dan tenggelam di dalam air. Dapat diketahui massa jenis air ialah 1 g/cm³ atau 1000 kg/m³.

Botol plastik kosong Memiliki massa jenis antara 850 sampai 1000 kg/m³, dan massa jenis udara 1,2 kg/m³ . Oleh karena itu, sebuah botol plastik kosong atau hanya berisi udara dapat mengapung di atas air, karena massa jenis botol plastik lebih kecil

dari pada massa jenis air. Dan juga massa jenis udara di dalam botol lebih kecil daripada massa jenis air.

2.2.2 Massa dan Berat

Massa adalah jumlah materi yang terkandung dari sebuah benda yang dinyatakan dalam kilogram. Sedangkan berat adalah gaya yang disebabkan oleh gravitasi bumi yang ada pada massa benda.

$$W = m \times g \quad (2.3)$$

W = Gaya berat (N)

m = Massa (kg)

g = Gaya gravitasi bumi (m/s^2)

2.2.3 Volume

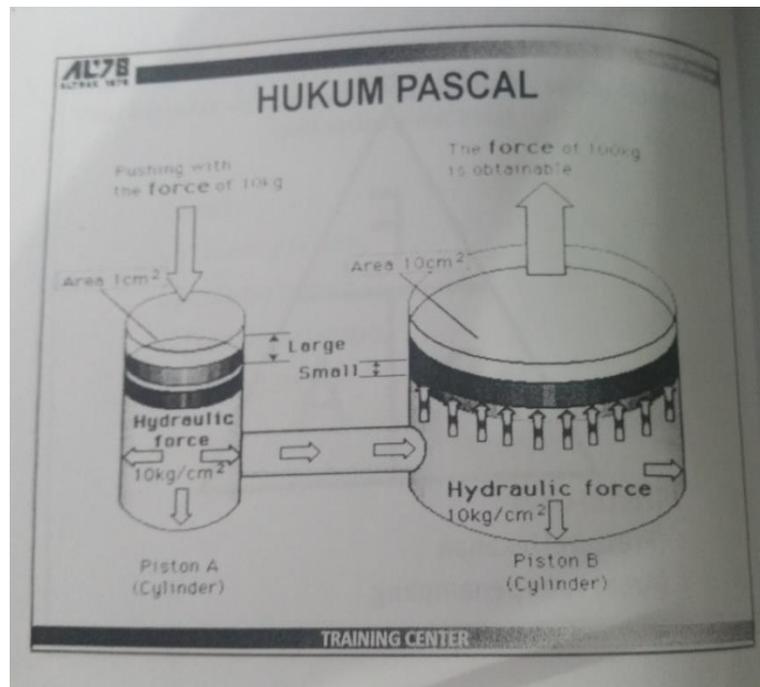
Volume adalah suatu ukuran dalam tiga dimensi pada suatu benda. Semua satuan panjang yang dipangkatkan tiga yang akan menghasilkan satuan volume yang disebut kubik (*cubic*). Seperti nilai satuan dibawah ini :

1 m = 10 dm, maka $1 m^3 = 1000 dm^3 = 1000$ liter

1 dm = 10 cm, maka $1 dm^3 = 1000 cm^3 = 1000$ cc

2.3 Hukum Pascal

Hukum Pascal berbunyi “Tekanan yang diberikan pada fluida di ruang tertutup di teruskan secara merata ke segala arah, dengan gaya yang sama pada luasan area yang sama, tegak lurus terhadap bidang tersebut”.



Gambar 2.3. Hukum Pascal

Sumber : Cummins Training Book PT Altrak 1978

2.3.1 Tekanan

Tekanan adalah suatu gaya yang bekerja pada terhadap bidang atau permukaan objek/benda. Dengan kata lain ialah gaya per satuan luas yang dapat ditulis dengan rumus :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

P = Tekanan (*Pressure*)

F = Gaya (*Force*)

A = Luas (*Area*)

Adapun beberapa jenis - jenis tekanan, beberapa diantaranya ialah sebagai berikut :

A. Tekanan Hidrostatik

Tekanan Hidrostatik adalah tekanan yang terjadi di bawah air atau ilmu yang mempelajari tentang fluida bertekanan. Tekanan ini terjadi karena adanya berat air yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah ruang dan gravitasi juga menentukan tekanan air tersebut. Hubungan ini dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \rho \times g \times h \quad (2.5)$$

P = Tekanan Hidrostatik (Pascal atau N/m^2),

ρ = massa jenis cairan (kg/m^3),

g = percepatan gravitasi ($10 m/s^2$), dan

h = kedalaman cairan (meter), h dihitung dari permukaan air menuju ke kedalaman benda.

B. Tekanan Udara

Atmosfer adalah lapisan yang melindungi bumi. Lapisan ini meluas hingga 1000 km ke atas bumi dan memiliki massa 4.5×10^{18} kg. Massa atmosfer yang menekan permukaan inilah yang disebut dengan tekanan atmosferik. Tekanan atmosferik di permukaan laut adalah 76 cmHg.

Konversi beberapa satuan yang digunakan dalam besaran tekanan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Konversi satuan tekanan

1 atmosfer	101,3 kPa
1 bar	100 kPa
1 bar	14.5 psi
1 in Hg	1 inch kolom air raksa
1 kPa	1000 Pa
1 mH ₂ O	1 m kolom air
1 Mpa	1000 kPa
1 pascal (Pa)	1 N/m ²
1 psi	1 lb/in ²
1 psi	0.07 kg/cm ²

Sumber : *Basic Technical training book PT Altrak 1978*

2.3.2 Gaya

Gaya adalah suatu perlakuan apapun berupa dorongan atau tarikan terhadap benda sehingga menyebabkan benda yang memiliki massa tertentu dapat mengalami pergerakan atau perubahan gerak , arah maupun bentuk. Adapun satuan gaya yang sering digunakan ialah Newton (N), Kilogram (Kg) dan Pounds (Lbs).

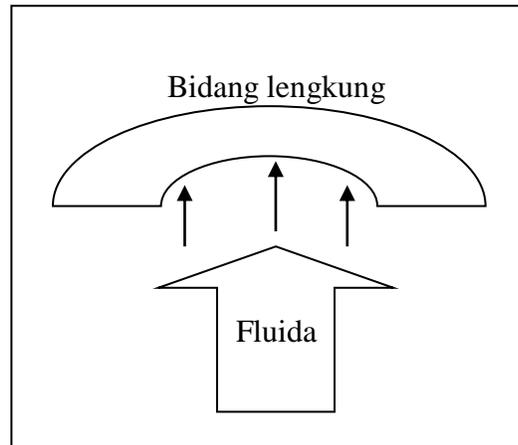
A. Gaya Hidrostatika pada Permukaan Bidang Lengkung

Banyak permukaan bidang yang terbenam fluida *inkompresibel* bukan bidang datar tetapi berupa permukaan yang lengkung, seperti misalnya: pipa-pipa, tangki dan juga bendungan air. Gaya hidrostatika fluida resultan pada permukaan bidang lengkung memang dapat ditentukan dengan integral seperti pada permukaan bidang datar, tetapi merupakan proses yang menjemukan karena tidak ada rumus-rumus yang tidak sederhana yang berlaku umum. Oleh karena itu diperlukan pendekatan alternatif. Berdasarkan analisis pada permukaan bidang datar, gaya hidrostatika mempunyai arah tegak lurus bidang datar tersebut. Bagaimanakah kalau bidangnya berbentuk lengkung? Gaya hidrostatik pada permukaan bidang lengkung akan banyak jumlahnya dan mempunyai arah yang berbeda-beda. Hal ini merupakan hal yang tidak sederhana, oleh karena itu gaya-gaya hidrostatika yang banyak jumlahnya pada permukaan bidang lengkung tersebut akan disederhanakan jumlah dan arahnya.

B. Analisis Gaya Hidrostatika pada Permukaan Bidang Lengkung

Komponen horizontal (FH), sama dengan gaya yang dialami oleh proyeksi permukaan lengkung tersebut pada sebuah bidang vertikal (dalam hal besar dan titik kerjanya). Komponen vertikal (FV), sama dengan berat dari volume fluida yang menempati ruang tepat di atas permukaan bidang lengkung

sampai ke sebuah permukaan bebas bebas fluida dan bekerja pada *centroid* volume tersebut.



Gambar 2.4. Gaya terhadap bidang lengkung

Sumber : Penulis, 2019

Komponen vertikal gaya hidrostatika :

$$FV = W = m \times g = \rho v \times g = \rho g \times v = \rho g A(b) \quad (2.6)$$

$$FV = \rho g A (b) = \gamma g A (b)$$

FV = Komponen vertikal gaya hidrostatika

b = Lebar bidang lengkung yang terbenam fluida

A = Luas bidang lengkung yang terbenam fluida

ρ = Massa jenis

Γ = Berat jenis

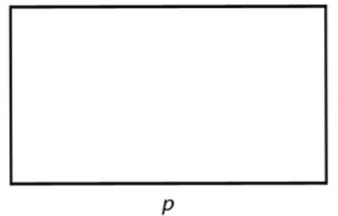
g = Percepatan gravitasi

2.3.3 Luas

Luas adalah besarnya permukaan/penampang suatu daerah atau benda dalam ukuran dua dimensi dengan satuan luas m^2 . Adapun rumus – rumus dalam menghitung luas 8 jenis bangun datar, berikut beberapa di antaranya:

A. Persegi Panjang

Persegi Panjang adalah bangun datar yang memiliki 2 sisi yang sama panjangnya dan 2 sisi yang sama lebarnya.



Gambar 2.5. Persegi panjang

Sumber : Penulis, 2019

$$\text{Luas} = P \times L \quad (2.7)$$

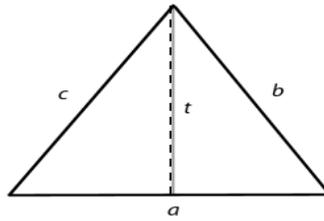
$$\text{Keliling} = 2 \times (P + L) \quad (2.8)$$

P = panjang

L = lebar

B. Segitiga

Segitiga adalah bangundatar yang memiliki 3 sisi dengan ukuran panjang dan sudut – sudut tertentu.



Gambar 2.6. Segitiga

Sumber : Penulis, 2019

$$\text{Luas} = \frac{1}{2} \times a \times t \quad (2.9)$$

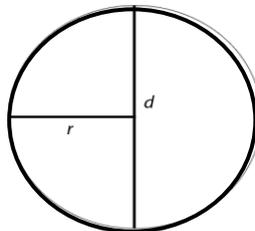
$$\text{Keliling} = \text{sisi a} + \text{sisi b} + \text{sisi c} \quad (2.10)$$

a = alas

t = tinggi

C. Lingkaran

Lingkaran adalah bangun ruang yang memiliki sisi lengkung yang terhubung yang membentuk sudut 360° dan memiliki ukuran diameter tertentu.



Gambar 2.7. Lingkaran

Sumber : Penulis, 2019

$$\text{Luas} = \pi \times r \times r \quad (2.11)$$

$$\text{Keliling} = 2 \times \pi \times r = \pi \times d \quad (2.12)$$

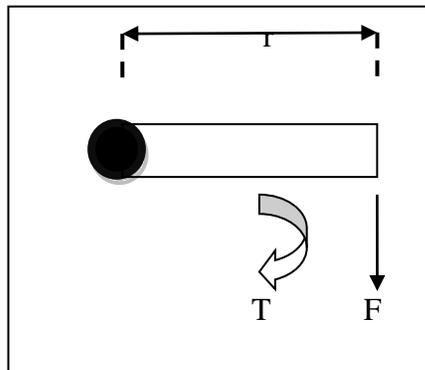
$$\pi = \text{Fi} \text{ (3.14 atau } 22/7\text{)}$$

$$r = \text{Jari - jari}$$

$$d = \text{Diameter}$$

2.4 Torsi (momen)

Konsep torsi dalam fisika, juga disebut momen, diawali dari kerja Archimedes dalam lever. Informalnya, torsi dapat dipikir sebagai gaya rotasional. Analog rotational dari gaya, masa, dan percepatan adalah torsi, momen inersia dan percepatan angular. Gaya yang bekerja pada *lever*, dikalikan dengan jarak dari titik tengah *lever*, adalah torsi. Contohnya, gaya dari tiga newton bekerja sepanjang dua meter dari titik tengah mengeluarkan torsi yang sama dengan satu newton bekerja sepanjang enam meter dari titik tengah. Ini menandakan bahwa gaya dalam sebuah sudut pada sudut yang tepat kepada *lever* lurus. Lebih umumnya, seseorang dapat mendefinisikan torsi sebagai perkalian silang:



Gambar 2.8. Rumus Torsi

Sumber : Penulis, 2019

$$T = r \times F \quad (2.13)$$

T = Torsi

r = Jarak ke titik di mana gaya bekerja

F = Gaya.

2.4 Daya

Daya adalah kemampuan melakukan kerja atau usaha dalam suatu satuan waktu tertentu. Satuan daya ialah joule/detik atau watt.

2.5.1 Daya Mekanik

Daya pada sistem mekanik adalah kombinasi gaya dan perpindahan. Daya merupakan perkalian antara gaya pada objek dengan kecepatan objek, atau perkalian torsi pada poros dengan kecepatan sudut poros.

Daya mekanik juga merupakan turunan kerja terhadap waktu. Dalam mekanika, kerja mekanik yang dilakukan oleh gaya \mathbf{F} pada objek yang bergerak sepanjang kurva C dinyatakan oleh integral garis:

$$W_c = \int_c \mathbf{F} \cdot d\mathbf{x} = \int_c \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} dt \quad (2.14)$$

dengan \mathbf{x} mendefinisikan jalur C dan \mathbf{v} adalah kecepatan gerak.

Daya pada titik manapun sepanjang kurva C adalah turunan waktu

$$P(t) = \frac{dW}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = \frac{dU}{dt} \quad (2.15)$$

Pada satu dimensi, dapat disederhanakan menjadi:

$$P(t) = F \times v \quad (2.16)$$

Pada benda berotasi, daya adalah hasil perkalian torsi τ dan kecepatan sudut ω ,

$$P(t) = \tau \times \omega \quad (2.17)$$

dengan ω diukur dalam radian per detik. melambangkan perkalian skalar.

Pada sistem tenaga fluida seperti aktuator hidrolik, daya dinyatakan dengan

$$P(t) = p \times Q \quad (2.18)$$

dengan p adalah tekanan dalam pascal, atau N/m^2 dan Q adalah kecepatan alir volumetrik dalam m^3/s (satuan SI).

2.5.2 Daya Listrik

Daya listrik adalah nilai besaran yang menunjukkan daya yang diserap oleh beban listrik atau tahanan listrik. Daya listrik yang dihasilkan ialah :

$$P(t) = I(t) \times V(t) \quad (2.19)$$

$P(t)$ adalah daya, diukur dalam *watt* (joule per detik)

$V(t)$ adalah perbedaan potensial sepanjang komponen, diukur dalam *volt*

$I(t)$ adalah arus listrik, diukur dalam *ampere*.

Jika komponen adalah resistor dengan rasio tegangan terhadap arus dengan waktu tetap, maka:

$$P = I \times V = I^2 \times R = \frac{V^2}{R} \quad (2.20)$$

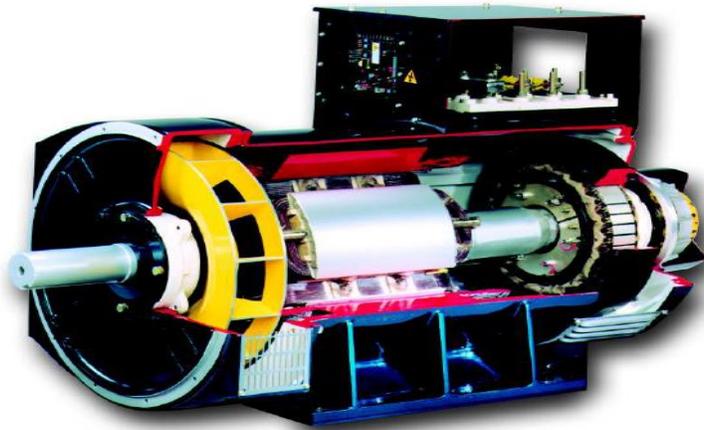
di mana

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.21)$$

adalah hambatan, diukur dalam ohm.

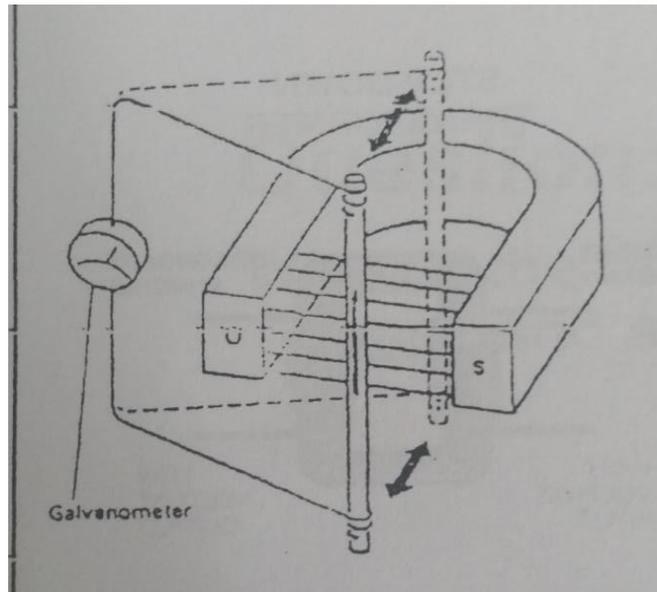
2.6 Generator

Generator adalah suatu alat konversi yang dapat menghasilkan energi listrik atau elektromagnetik apabila generator menerima energi gerak putar. Prinsip dasar generator ialah menggunakan hukum Michael Faraday yang berbunyi “ Bila sebuah konduktor digerak-gerakkan memotong garis gaya magnet, maka konduktor akan menghasilkan gaya listrik (tegangan listrik).



Gambar 2.9. Generator

Sumber : *Stamford Product Guide Cummins Generator Technologies*



Gambar 2.10. Hukum Faraday

Sumber : *Cummins Training Book PT Altrak 1978*

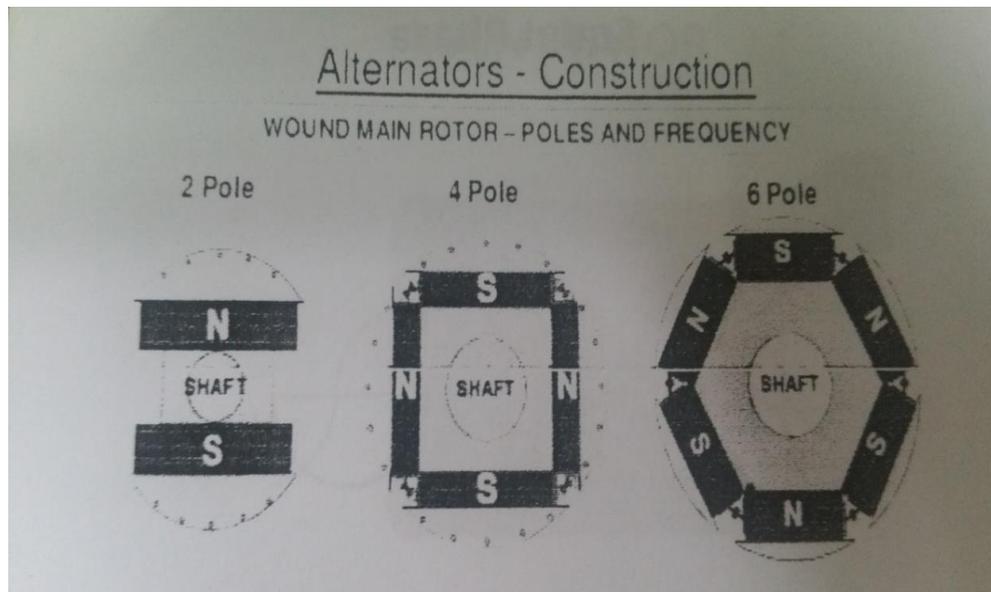
$$E = B \times l \times v \quad (2.22)$$

E : Tegangan listrik

B : *Fluks* / Kuat medan magnet

l : Panjang lilitan pada konduktor

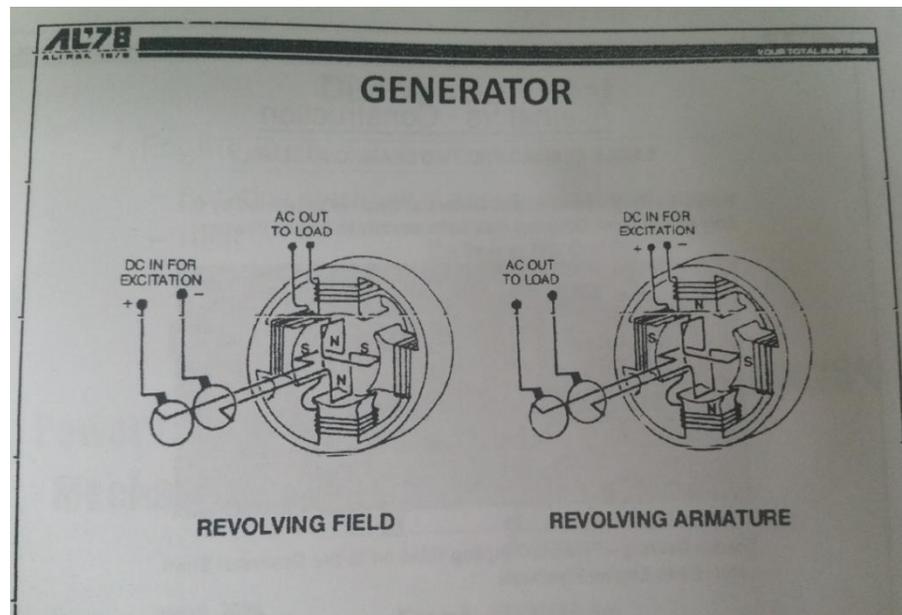
v : Kecepatan potong terhadap garis gaya magnet



Gambar 2.11. Kutub – kutub magnet pada generator

Sumber : *Cummins Training Book PT Altrak 1978*

Pada umumnya pada sebuah generator memiliki 2 , 4 atau 6 gulungan kumparan yang akan menjadi kutub - kutub magnet ataupun magnet permanen yang terletak di posisi rotor yang dipasang pada poros generator. Sedangkan gulungan kumparan yang terletak pada posisi stator ialah sebagai konduktor yang akan memotong garis – garis gaya magnet. Sehingga apabila poros rotor di putar maka garis – garis magnet pada kutub magnet di rotor akan terpotong oleh gulungan kumparan stator, sehingga gulungan kumparan stator akan teralirkan energi listrik. Semakin cepat putarannya maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Juga apabila semakin kuat kemagnetan pada kutub maka semakin besar juga energi listrik yang dihasilkan.



Gambar 2.12. Kutub – kutub magnet pada generator

Sumber : *Cummins Training Book PT Altrak 1978*

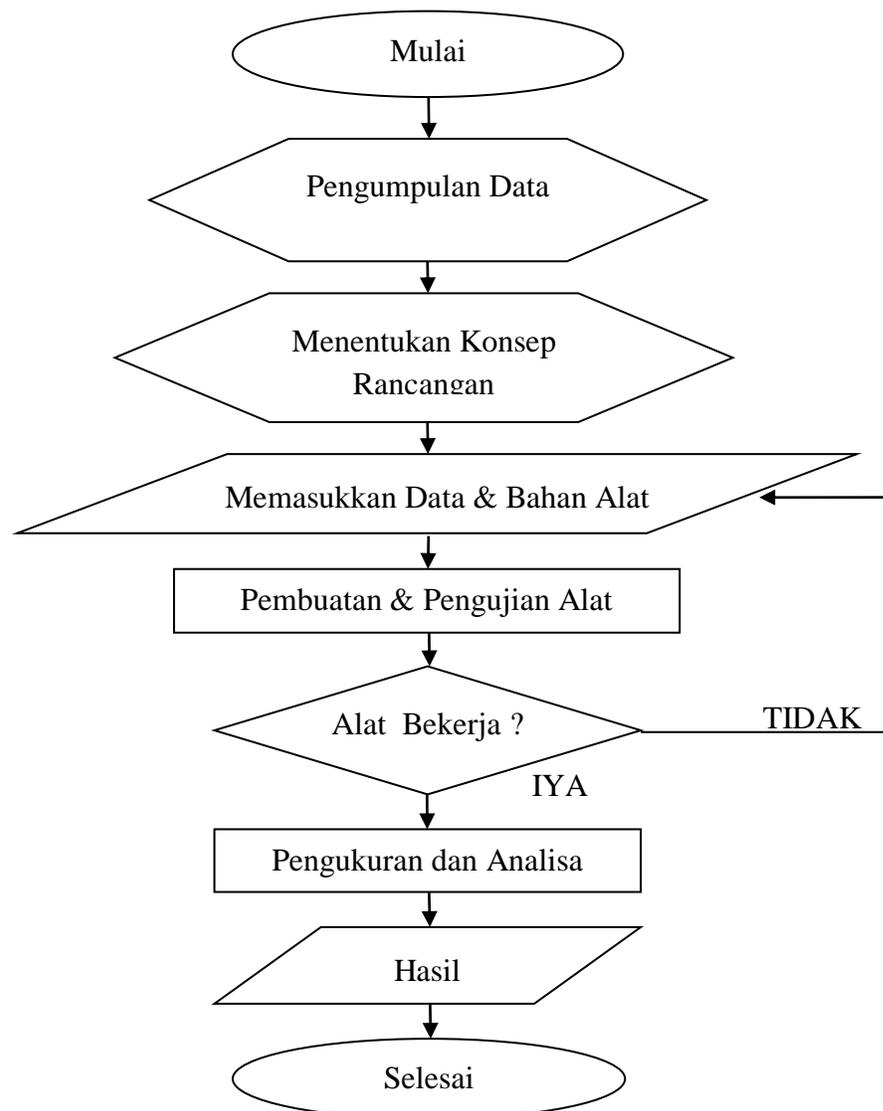
Adapun kutub-kutub magnet bisa terpasang pada posisi stator dan juga bisa terpasang di posisi rotor. Hal ini tergantung desain eksitasi terhadap gulungan kumparan yang akan dibangkitkan menjadi kutub magnet.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Metode Penelitian

Perencanaan untuk melakukan suatu penelitian dibutuhkan langkah - langkah yang tersusun pada diagram metode penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Metode Penelitian

Sumber : Penulis, 2019

Berdasarkan diagram metode penelitian tersebut dapat diketahui langkah – langkah yang akan dilakukan dalam penelitian rumusan masalah hingga mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian. Bila pengujian alat tidak berhasil, maka akan kembali lagi ke perancangan alat agar bisa dilakukan pengecekan ulang terhadap alatnya baik itu dari bahan, design bentuk dan dimensi, perhitungan dan kekurangan – kekurangan pendukung alat rancangannya.

3.2 Lokasi Penelitian

Adapun tempat pelaksanaan penelitian yang mulai dari perancangan dan pembuatan serta pengujian dilakukan di :

Nama Instansi : Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

Alamat : Jalan Jendral Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing Medan Sunggal
Sumatera Utara

Lokasi : Laboratorium Fakultas Teknik Sains dan Teknologi

3.3 Waktu Penelitian

Dalam pelaksanaan perancangan, pembuatan dan pengujian serta penelitian alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol ini dimulai sejak bulan September 2018 hingga bulan Februari 2019, yang dapat terperinci pada tabel waktu pelaksanaan kegiatan penelitian di bawah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

Waktu Pelaksanaan		Kegiatan
Bulan	Pekan	
September 2018	Pertama	Rumusan Masalah dan Pengumpulan Referensi
	Kedua	Perancangan Konsep Dasar Alat Rancangan Simulator
	Ketiga	Mendesain Pola Rangkaian Alat Rancangan Simuator
	Keempat	Pengumpulan Bahan dan Peralatan Kerja
Oktober 2018	Pertama	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Pertama
	Kedua	Pengujian Pertama
	Ketiga	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Kedua
	Keempat	Pengujian Kedua
November 2018	Pertama	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Ketiga
	Kedua	Pengujian Ketiga
	Ketiga	Modifikasi Alat Rancangan Simulator Ketiga
	Keempat	Pengujian Keempat
Desember 2018	Pertama	Modifikasi Alat Rancangan Simulator Ketiga
	Kedua	Pengujian Kelima
	Ketiga	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Keempat
	Keempat	Pengujian Keenam
Januari 2019	Pertama	Modifikasi Alat Rancangan Simulator Keempat
	Kedua	Pengujian Ketujuh
	Ketiga	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Kelima
	Keempat	Pengujian Kedelapan
Februari 2019	Pertama	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Keenam
	Kedua	Pengujian Kesembilan
	Ketiga	Pembuatan Alat Rancangan Simulator Ketujuh
	Keempat	Pengujian Kesepuluh
Mei 2019	Ketiga	Pengujian kesebelas

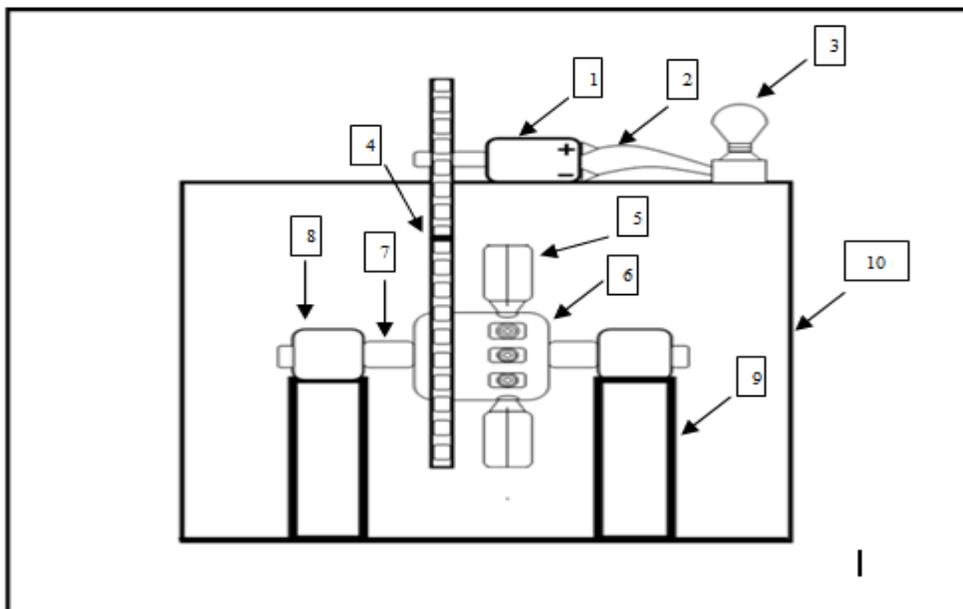
Sumber : Penulis, 2019

3.4 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol ini sangatlah dibutuhkan perencanaan rancangan, pengumpulan konsep ide yang dapat menghasilkan desain pola rangkaian alat. Setelah menentukan desainnya maka dapat digambarkan, kemudian dilakukan penentuan dan pengumpulan bahan serta peralatan kerja. Hal demikian tidaklah terlepas dari pengeluaran biaya dalam pengadaan bahan dan alat untuk membuat alat rancangan simulator ini.

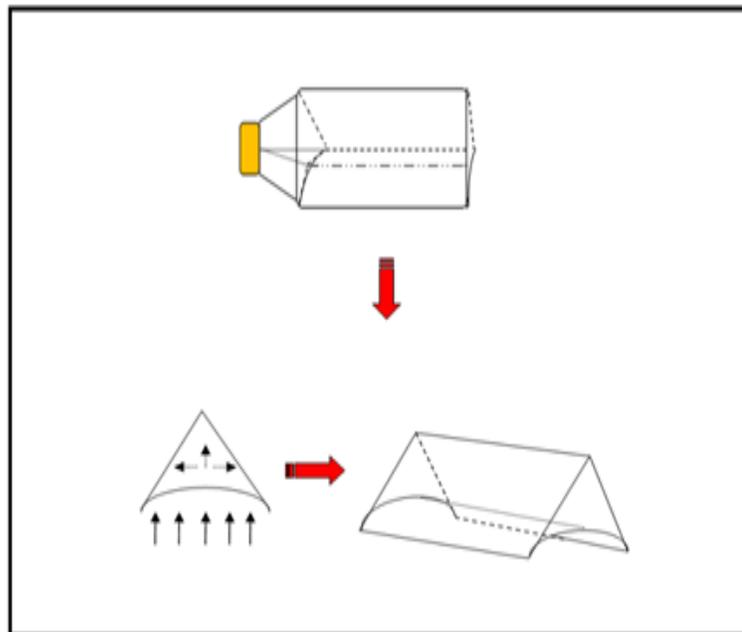
3.4.1 Menggambar Desain Pola Rangkaian Alat

Desain sederhana dari pola rangkaian alat simulator dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

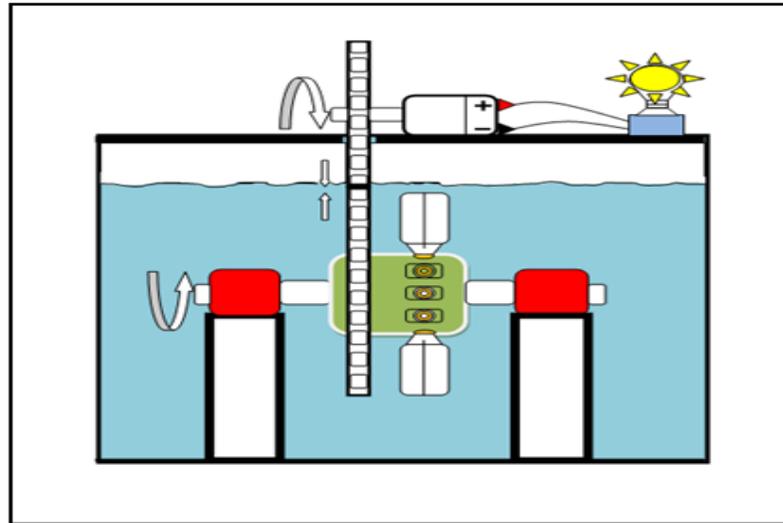


Gambar 3.2. Desain pola rangkaian alat simulator
Sumber : Penulis, 2019

- Keterangan :
1. Generator
 2. Kabel *Power*/Kabel Penghantar
 3. Lampu/Beban
 4. *Gear* Penghubung/*Belt Pulley*
 5. Botol
 6. Pengikat Botol/*Couple*
 7. Pipa Poros/*Shaft*
 8. Bantalan Poros/*Bearing*
 9. Pengikat/Dudukan *Bearing*
 10. Wadah yang akan diisi air/Tempat air



Gambar 3.3. Desain botol segitiga
Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.4. Perencanaan Konsep Kerja Rancangan Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Media Botol
Sumber : Penulis, 2019

3.4.2 Pengumpulan Bahan dan Persiapan Alat Kerja

Dalam pengumpulan bahan – bahan dan alat – alat untuk pembuatan alat simulator pembangkit ini dapat diperoleh dengan pembelian *online* dan juga pembelian langsung ke toko material dan bangunan.

Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol adalah :

1. Botol- botol plastik kosong
2. Pipa diameter $\frac{1}{2}$ inchi, $\frac{3}{4}$ inchi, 1 inchi, $2\frac{1}{2}$ inchi, $3\frac{1}{2}$ inchi dan *adapter* pipa
3. Kawat & Jari- jari bekas sepeda motor sebagai pengikat botol ke pipa poros
4. Bearing / lahar
5. Isolasi hitam dan soltip

6. Karbit
7. Bola mimis
8. Magnet *neodymium*
9. Lem setan dan lem pipa
10. *Belt* dan *Pulley / Gear* penghubung
11. Generator / Dinamo *Output max 12 VDC*
12. Bola lampu 2,4 VDC, 0,5 *Ampere*
13. Kabel
14. Kotak Air / Wadah Air
15. Air



Gambar 3.5. Beberapa Bahan- bahan Pembuatan Alat Rancangan

Sumber : Penulis, 2019

Adapun peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol adalah :

1. Kertas dan Alat Tulis (pensil, pulpen, *white marker* dan *black marker*)
2. Mistar Baja
3. Sarung Tangan (*safety*)
4. Alat Potong (gunting, gergaji dan pisau *cutter*)
5. Lilin dan *Matchis* / Korek api
6. Tang
7. *Glue Gun*
8. *Shoulder*



Gambar 3.6. Beberapa Peralatan dalam Pembuatan Alat Rancangan
Sumber : Penulis, 2019

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengukuran – pengukuran pada alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol adalah :

1. *AVO Meter*
2. *Pressure Gauge* (psi & kg/cm²) dan *Neaple Valve*
3. *Tacho Meter* untuk Mengukur Kecepatan Putar / *RPM*



Gambar 3.7. *AVO meter, pressure gauge dan neaple valve*

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.8. *Tacho Meter*

Sumber : Penulis, 2019

3.5 Pembuatan Alat Simulator

Dalam pembuatan alat simulator tidaklah mudah dikarenakan keterbatasan alat kerja dan waktu. Setiap pembuatan alat simulator langsung diuji, ketika pengujian gagal maka dilakukan pembuatan ulang dengan perubahan desain dan penambahan - penambahan bahan dan memodifikasi ulang. Pembuatan alat simulator ini telah menggunakan beberapa jenis botol dan ukuran serta tambahan – tambahan material pendukung.

3.5.1 Proses Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat simulator dimulai dari penentuan dan pemilihan botol serta mendesain botol lalu cara menjadikan beberapa botol di pasang pada satu poros dan poros dipasang bearing sehingga menjadi kincir botol. Kemudian dilakukan percobaan dan pengujian serta penelitian. Berikut dibawah ini penjelasan dan gambar - gambar proses pembuatan alat simulator dari bahan – bahan yang dikumpulkan.

A. Alat Pertama

Pertama – tama 4 buah botol segitiga ukuran 250 ml yang satu sisinya di panaskan untuk membentuk sisi lengkung ke dalam, kemudian dawah botol dan tutup botol dilubangi untuk memasukkan jari – jari besi dari lingkaran sepeda motor agar jari – jari besi tersebut dicouple atau dipasangkan ke pipa diameter $\frac{3}{4}$ inchi yang menjadi poros yang sudah dilubangi dengan jarak tertentu. Botol yang berlubang pada jari – jari besi di beri lem agar tidak

terjadi kebocoran. Lalu pipa tersebut dipasang bearing, setelah semua botol terpasang pada poros pipa maka dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.9. Satu sisi botol dibuat lengkung ke dalam

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.10. Botol segitiga dipasang jari-jari untuk disambung ke pipa

Sumber : Penulis, 2019

B. Alat Kedua

Alat ini menggunakan 4 buah botol *pocari sweet* ukuran 2 liter yang setiap botol pada sisi nya dibentuk lengkung kedalam untuk mendekati bentuk segitiga,. Kemudian botol tersebut dihubungkan dengan pipa poros diameter $\frac{3}{4}$ inchi yang sudah dilubangi menggunakan jari – jari besi. Setelah keempat botol dipasang pada pipa poros, pipa poros di pasang bearing pada ujung – ujung pipa, lalu dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.11. Menggunakan botol *pocari sweet* ukuran 2 liter

Sumber : Penulis, 2019

Kemudian dimodif lagi dengan tambahan bahan pada sisi lengkung botol tersebut dipasang potongan pipa diameter $3 \frac{1}{2}$ inchi dengan panjang kurang lebih 15 cm yang diikat dengan kawat pada botol. Potongan pipa tersebut untuk mendapatkan sisi lengkung yang sempurna pada botol. Lalu dilakukan pengujian kembali di dalam air.



Gambar 3.12. Botol dibentuk segitiga dan dipasang pipa lengkung

Sumber : Penulis, 2019

C. Alat Ketiga

Pembuatan alat ini menggunakan 6 buah botol aqua ukuran 1 ½ liter yang dipasang pada poros pipa adapter 2 inci - 1 inci, kemudian adapter pipa tersebut dipasang bearing, ketika semuanya sudah terpasang dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.13. Menggunakan botol aqua ukuran 1 ½ liter

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.14. Pipa Adapter didesain sebagaiudukan botol dan *bearing*

Sumber : Penulis, 2019

Setelah itu alat ini dimodif kembali dengan diberi tambahan potongan pipa diameter 2 ½ inchi berbentuk lengkung dengan panjang 10 cm yang dipasang pada sisi botol yang potongan pipa lengkung tersebut diikat kawat pada botol lalu dipasang kembali ke poros adapter pipa yang sudah dipasangkan bearing, lalu dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.15. Botol dipasang potongan pipa lengkung

Sumber : Penulis, 2019

Lalu alat ini juga diberi tambahan bola mimis ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inchi di dalam botol, pada setiap botol diberi 1 buah bola mimis, namun penambahan ini membutuhkan pipa ukuran $\frac{1}{2}$ inchi dengan panjang 32 cm yang dimasukkan kedalam botol kemudian bola mimis di masukkan ke dalam pipa tersebut, hal ini supaya bola mimis dapat bergulir di dalam pipa tersebut sebagai jalurnya dengan memanfaatkan gaya grafitasi ketika botol – botol bergerak atau akan berputar. Setelah semua botol diberi bola mimis, maka dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.16. Bola mimis

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.17. Penambahan bola mimis dan pipa sebagai jalur bola mimis di dalam botol

Sumber : Penulis, 2019

Setelah ini alat ini juga diberi sedikit tambahan serbuk karbit dan sedikit air yang dimasukkan ke dalam setiap botol agar tekanan udara di dalam botol dapat meningkat, lalu dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.18. Menggunakan karbit di dalam botol untuk meningkatkan tekanan udara di dalam botol

Sumber : Penulis, 2019

D. Alat Keempat

Alat ini kembali lagi menggunakan segitiga ukuran 250 ml sebanyak 3 buah botol yang di dalamnya diberi serbuk karbit dan sedikit air untuk meningkatkan tekanan udara di dalam botol, kemudian ditutup rapat dengan tutup yang diberi lem, lalu di pasang ke poros adapter pipa ukuran 3 ½ inchi – 2 ½ inchi yang sudah dipasang bearing, sehingga menjadi kincir botol. Setelah itu dilakukan pengujian di dalam air dan setelah pengujian tersebut, alat ini juga dilakukan pengujian dengan tambahan air aliran deras dari keran air menuju ke sisi botol yang di dalam air.



Gambar 3.19. Botol segitiga yang dipotong setelah menggunakan karbit

Sumber : Penulis, 2019

Kemudian botol – botol pada alat ini ditambah dengan potongan botol segitiga yang dipasang pada sisi botol segitiga yang berfungsi untuk menampung air karena alat ini akan diuji dengan tambahan aliran air dari atas ke bawah melalui keran air menuju tampungan air yang terdapat pada sisi botol yang terpasang potongan botol tersebut.



Gambar 3.20. Penambahan tampungan air pada botol segitiga dalam percobaan menggunakan aliran air

Sumber : Penulis, 2019

Inilah alat kincir botol yang dibuat dengan botol segitiga ukuran 250 ml dan diberi tampungan air pada sisi botol yang telah dibuat dalam percobaan dan penelitian rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan menggunakan media botol yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.21. Kincir Botol

Sumber : Penulis, 2019

E. Alat Kelima

Alat kelima ini tetap menggunakan 3 buah botol segitiga namun diberi tambahan magnet *neodymium* yang dipasang pada tutup botol dan dipasang pada pipa poros di bagian tengah yang di pasang bearing. Setelah itu dilakukan pengujian di dalam air dengan bantuan aliran air dari keran.



Gambar 3.22. Magnet *neodymium*

Sumber : Penulis, 2019



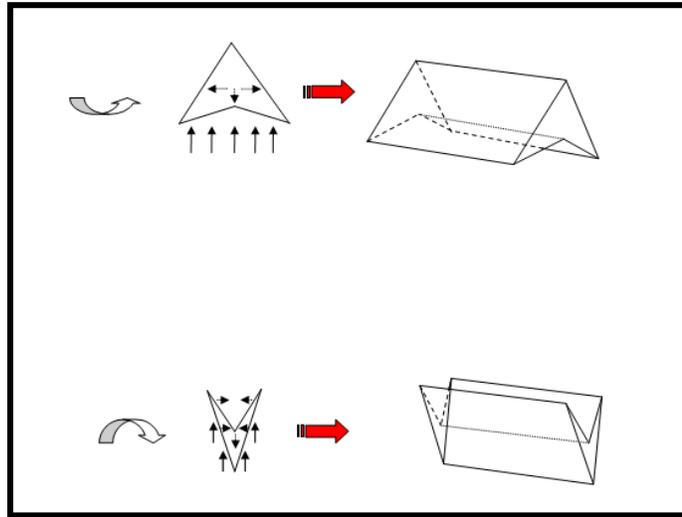
Gambar 3.23. Kincir botol dengan magnet *neodymium*

Sumber : Penulis, 2019

F. Alat Keenam

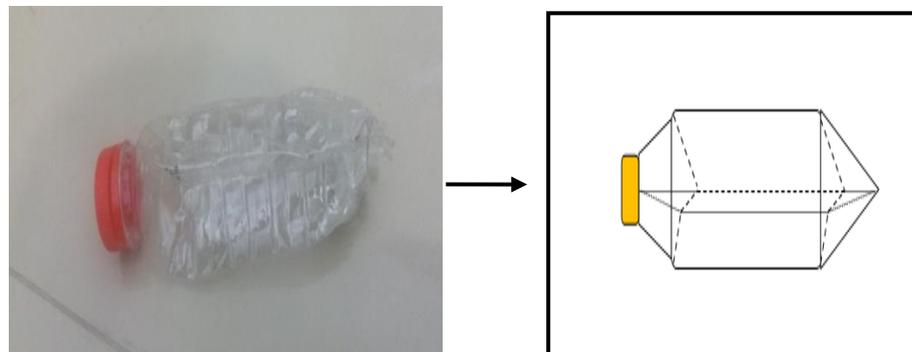
Adapun alat keenam dalam perbuatannya menggunakan botol mineral *cleo* mini yang ukuran 220 ml karena bahan plastik botolnya lebih tipis dan fleksibel agar mudah di bentuk. Botol ini potong bagian bawah lalu didesain mengikuti sesuai gambar desain yang dibuat yaitu bentuk segitiga dengan satu sisinya menekuk ke bagian dalam botol. Botol plastik yang fleksibel ini rencana akan berpengaruh pada gaya dan tekanan air terhadap sisi botol ketika

botol di dalam air ketika dilakukan pengujian di dalam air. Setelah botol – botol didesain, maka botol – botol dipasang ke adapter pipa sebagai poros yang telah dipasang bearing, kemudian alat ini akan dilakukan pengujian di dalam air.



Gambar 3.24. Desain pembentukan botol fleksibel

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.25. Pembentukan botol segitiga berbahan plastik fleksible

Sumber : Penulis, 2019

G. Alat Ketujuh

Alat ini menggunakan 3 buah botol segitiga ukuran 250 ml dan 3 buah botol le mineral ukuran 330 ml karena adapter pipa poros tidak bisa dipasang 6 buah botol segitiga, sebab diameter tutup botol segitiga lebih besar dari pada tutup botol le mineral ukuran 330 ml, maka dari itu hanya bisa menggunakan 3 buah botol segitiga saja dan 3 buah botol lainnya menggunakan botol le mineral 330 ml. Setelah botol – botol dipasang secara bersebrangan antara botol segitiga dan botol le mineral ke adapter pipa poros yang terpasang bearing dan menjadi sebuah kincir botol, maka akan dilakukan pengujian di dalam air dan juga aliran air dari keran menuju ke bodi kincir botol..



Gambar 3.26. Pemasangan botol segitiga dan botol le mineral pada pipa

Sumber : Penulis, 2019

Setelah itu alat kincir botol ini juga diberi tambahan bola mimis ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inchi yang akan dimasukkan ke dalam masing – masing botol. Kemudian dilakukan pengujian di dalam air serta dengan aliran air dari keran air yang akan turun menuju bodi botol pada kincir botol.



Gambar 3.27. Penggunaan bola mimis di dalam botol

Sumber : Penulis, 2019

Setelah semua alat kincir botol dibuat dan dilakukan pengujian di dalam wadah air yang besar, maka kincir botol hanya dengan menggunakan 3 buah botol segitiga saja. Karena kincir botol ini dipasang dan dilakukan pengujian pada tempat wadah / kotak air yang tidak sebesar ukuran wadah air pada pengujian sebelumnya, sehingga apabila menggunakan botol le mineral ukuran 330 ml, kincir tidak dapat berputar di kotak air, sebab ukuran kotak air kurang tinggi dan ukuran botol le mineral 330 ml lebih panjang dari pada botol segitiga, maka botol ini tidak dipakai.



Gambar 3.28. Kincir dengan tiga botol

Sumber : Penulis, 2019

3.5.2 Proses Pembuatan Dudukan Poros Kincir Botol pada Kotak Air

Dalam pembuatan dudukan poros kincir botol dibutuhkan juga beberapa bahan seperti pipa – pipa dan sambungan pipa *leter T* dan *elbow* yang akan mengikat poros atau tempat duduknya poros kincir botol di dalam kotak tampungan air. Setelah kincir botol terpasang pada poros dan poros juga terpasang pada dudukan di kotak air, lalu kotak air akan di isi air sampai air meneggelamkan poros kincir botol. Lalu dipasang juga poros *idler* dengan beraring sebagai *pulley idler* yang nanti nya akan memutar generator / dinamo. Untuk menyampaikan putaran dari kincir botol ke generator / dinamo dibutuhkan *belt* / tali penghubung yang akan dipasang pada *pulley* poros kincir botol dan *pulley idler*. Berikut di bawah ini adalah gambar- gambar proses pembuatan dan pemasangan dudukan poros kincir botol di dalam kotak air.



Gambar 3.29. Pemasanganudukan poros kincir pada kotak air

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.30. Poros kincir botol telah terpasang pada kedudukan di dalam kotak

Sumber : Penulis, 2019

3.5.3 Proses Pemasangan *Pulley*, *Belt*, Generator dan Lampu di Kotak Air

Setelah dudukan poros kincir selesai di pasang maka kincir dapat dipasang di dalam kotak air, kemudian pembuatan *pulley* pada kincir botol dan *pulley idler* sebagai tempat *belt* / tali penghubung yang meneruskan putaran sampai ke generator / dinamo yang telah dipasang di atas tutup kotak air dan dipasangkan juga sebuah bola lampu.



Gambar 3.31. Hasil pekerjaan akhir pembuatan alat simulator

Sumber : Penulis, 2019

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Simulator

Setelah proses pembuatan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol, maka akan dilakukan pengujian untuk mengetahui keberhasilan alat simulator yang dibuat. Apabila alat simulator berhasil bekerja atau dapat berputar, maka akan dilakukan proses pengukuran dan pengambilan data untuk di analisa dan dibahas lebih lanjut. Jika pengujian tidak berhasil atau tidak berhasil berputar, maka akan dilakukan pembuatan ulang alat simulator dengan desain dan bahan yang berbeda serta penambahan – penambahan modifikasi pada alat simulator. Dan apabila tidak berhasil juga pada percobaan alat terakhir maka dalam hal ini tidak dapat dilakukan pengumpulan dan pengambilan data, tetapi akan melakukan analisa dan pembahasan untuk menghasilkan suatu kesimpulan tentang alat simulator pembangkit listrik ini.

4.2 Tempat Pengujian Alat Simulator

Adapun alat – alat simulator yang telah dibuat yang mulai dari percobaan pertama hingga percobaan terakhir, diuji pada tempat seperti sumur, bak air dan kotak plastik sebagai wadah tampungan air serta tempat pengujian di aliran arus air. Hal ini dikarenakan perbedaan ukuran alat simulator yang dibuat, maka tempat pengujiannya juga berbeda- beda. Dalam pengujian di dalam sumur penulis tidak melakukan pengambilan gambar karena pengujian dilakukan seorang diri dan juga demi menjaga keselamatan dan keamanan.



Gambar 4.1. Sumur tempat pengujian simulator yang menggunakan botol besar seperti botol pocarisweet dan aqua

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 4.2. Bak air tempat pengujian simulator yang menggunakan botol kecil seperti botol segitga dan botol le mineral

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 4.3. Kotak tampungan air untuk pengujian kincir botol segitiga

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 4.4. Aliran air berarus untuk pengujian kincir botol segitiga

Sumber : Penulis, 2019

4.3 Proses Pengujian Alat Simulator

Setiap alat simulator yang telah dibuat langsung dilakukan pengujian dan setiap terjadi kegagalan pada pengujian alat pertama maka dilakukan pengujian alat kedua, ketiga dan seterusnya. Maka dalam hal ini adanya perubahan pola dan bentuk pada alat percobaan yang pertama sampai alat percobaan yang terakhir.

A. Pengujian Pertama

Alat simulator yang pertama dibuat menggunakan botol segitiga yang menggunakan jari-jari untuk di pasang pada poros pipa. Dan pengujian rancangan pertama ini diuji di bak air hasilnya gagal, maka dilakukan untuk proses rancangan kedua.

B. Pengujian Kedua

Alat simulator yang kedua menggunakan botol *pocari sweet* ukuran 2 liter yang di bentuk segitiga dan satu sisi cekung di tambah potongan setengah pipa lalu di satukan pada poros pipa. Alat ini diuji di sumur dan hasilnya gagal.

C. Pengujian Ketiga

Alat simulator yang ketiga menggunakan botol aqua ukuran 1 $\frac{1}{2}$ liter di tambah potongan setengah pipa lalu di satukan pada poros pipa. Alat ini diuji di sumur dan hasilnya gagal.

D. Pengujian Keempat

Alat simulator yang ketiga menggunakan botol aqua ukuran 1 $\frac{1}{2}$ liter di tambah potongan setengah pipa lalu di satukan pada poros pipa kemudian di beri tambahan bola mimis diameter $\frac{1}{2}$ inchi pada jalur pipa $\frac{1}{2}$ Inchi di dalam botol. Alat ini diuji di sumur dan hasilnya gagal.

E. Pengujian Kelima

Alat simulator yang ketiga menggunakan botol aqua ukuran 1 $\frac{1}{2}$ liter di tambah potongan setengah pipa lalu di satukan pada poros pipa kemudian di beri tambahan bola mimis pada jalur pipa $\frac{1}{2}$ Inchi serta diberi serbuk karbit dan sedikit air agar tekanan di dalam botol meningkat. Alat ini diuji di sumur dan hasilnya gagal.

F. Pengujian Keenam

Alat simulator yang keempat kembali menggunakan botol segitiga ukuran 250 ml tetapi menggunakan serbuk karbit yang di masukkan ke dalam botol untuk meningkatkan tekanan di dalam botol. Pengujian ini di lakukan di bak air dan hasilnya pun gagal.

G. Pengujian Ketujuh

Alat simulator yang keempat kembali menggunakan botol segitiga ukuran 250 ml dengan pemberian tampungan air di sisi luar botol. Pengujian ini dilakukan di bak air serta menggunakan aliran air dari keran dan hasilnya pun gagal.

H. Pengujian Kedelapan

Alat simulator yang kelima kembali menggunakan botol segitiga ukuran 250 ml dengan pemberian tampungan air di sisi luar botol dan penambahan magnet neodmium pada botol. Pengujian ini dilakukan di bak air serta menggunakan aliran air dari keran dan hasilnya pun gagal.

I. Pengujian kesembilan

Alat simulator yang keenam menggunakan botol mineral *cleo* ukuran 220 ml yang bahan plastiknya lebih fleksible atau lebih tipis dan mencoba membentuk segitiga sesuai desain yang dibuat dan di beri perekat atau lem pada rusuk sudut botol. Dan pengujian ini hasilnya gagal.

J. Pengujian Kesepuluh

Alat simulator yang ketujuh menggunakan botol segitiga 250 ml dan botol le mineral 330 ml yang di pasang pada poros pipa. Alat ini diuji dalam bak air dan juga di kotak wadah air dan hasilnya masih juga gagal.



Gambar 4.5. Proses pengujian kincir botol di dalam bak air

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 4.6. Proses pengujian kincir botol pada kotak air

Sumber : Penulis, 2019

K. Pengujian Kesebelas

Kincir botol dengan menggunakan 3 buah botol dilakukan pengujian di tempat aliran air yang berarus. Kincir botol diuji dengan cara menenggelamkan kincir botol ke dalam arus air maka hasilnya kincir botol hanya bergerak sedikit, jika kincir botol diuji di arus air yang seperti air terjun kecil maka hasilnya ialah kincir botol dapat berputar.



Gambar 4.7. Proses pengujian kincir botol ditenggelamkan ke dalam arus air

Sumber : Penulis, 2019



Gambar 4.8. Proses pengujian kincir botol di aliran air terjun

Sumber : Penulis, 2019

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Rancangan Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Tekanan Udara dan Air dengan Menggunakan Media Botol

Pengujian	Hasil	Analisa
Pertama	Gagal	Terjadi kebocoran pada lubang jari-jari pengikat botol, sehingga air masuk ke dalam botol.
Kedua	Gagal	Tekanan air pada sisi botol yang lengkung terlalu kecil dan tekanan udara di dalam botol juga kecil serta beban botol dan jari-jari pengikat botol terlalu berat.
Ketiga	Gagal	Botol tidak dapat melawan tekanan air yang akan turun ke bawah atau ke dalam air.

Keempat	Gagal	Penambahan bola mimis dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi juga tidak berhasil membuat botol melawan gaya keatas dari air terhadap botol.
Kelima	Gagal	Penambahan campuran serbuk karbit untuk meningkatkan tekanan udara di dalam botol membuat semua botol pada poros menjadi terapung kerna terdorong oleh air.
Keenam	Gagal	Penggunaan botol segitiga kecil agar pengujian dapat dilakukan di wadah air yang kecil, namun tetap juga tidak berputar karena tidak fokusnya tekanan dan gaya air terhadap botol yang akan naik ke atas.
Ketujuh	Gagal	Dengan bantuan aliran air yang akan mengisi tampungan air pada sisi botol yang rencananya botol akan turun ke bawah namun tetap tidak berhasil karena tekanan air tidak maksimal ke botol.
Kedelapan	Gagal	Penggunaan magnet neodmium juga tidak dapat melawan besarnya tekanan dan gaya ke atas dari air terhadap botol, sehingga botol yang hendak berputar turun ke bawah tidak bisa.
Kesembilan	Gagal	Penggunaan botol yang lebih fleksible dan di desain segitiga ini tidak berhasil dalam pengujian di dalam air karena desainnya kurang sempurna dan lem perekatnya tidak sempurna, sehingga terjadi kebocoran pada botol.
Kesepuluh	Gagal	Kembali menggunakan botol segitiga dan botol

		mineral yang kecil tetap juga gagal dikarenakan tekanan air dan gaya ke atas tidak bisa membuat botol berputar kebawah.
Kesebelas	Berputar	Kincir botol di uji pada tempat aliran air yang berarus seperti air terjun kecil, maka hasilnya ialah kincir botol dapat berputar. Hal ini karena arus air cukup kuat untuk mendorong atau menggerakkan kincir botol.

Sumber : Penulis, 2019

4.4 Hasil Analisa dan Pembahasan tentang Pengujian Alat Simulator

Dari semua pengujian alat simulator yang dibuat semua mendapatkan hasil yang gagal karena tidak dapat berputar dikarenakan wadah air yang besar sehingga tekanan dan gaya ke atas dari air tidak fokus menekan sisi botol yang akan berputar ke atas dan botol yang akan berputar kebawah tidak mampu melawan tekanan dan gaya ke atas dari air. Dan secara visual apabila kincir botol diletakkan di dalam air yang tak berarus, maka kincir cenderung akan naik ke atas secara keseluruhan. Namun apabila kincir botol diletakkan atau di uji di aliran air yang berarus seperti air terjun kecil, maka kincir botol dapat berputar. Hal ini karena aliran arus air cukup deras sehingga mampu memutar kincir botol, dengan kata lain kincir botol berputar di sebabkan oleh energi air seperti PLTA. Maka penelitian tentang pemanfaatan gaya apung pada botol kosong di dalam air tidak bisa menghasilkan energi putar dan tidak juga pula bisa memutar dinamo atau generator. Dalam hal ini penulis juga

menemukan beberapa ide yang belum sempat dilakukan dalam penelitian dan pengujian ini karena keterbatasan waktu dan pengadaan bahan yang cukup banyak.

Adapun perencanaan pengukuran dan pengambilan data tidak dapat dilakukan karena semua alat simulator yang dibuat gagal berputar. Apabila alat dapat berputar maka akan dilakukan pengukuran kecepatan putar kincir botol, pengukuran tekanan udara di dalam botol, perhitungan tekanan air terhadap sisi lengkung botol, pengukuran tegangan output yang dihasilkan dinamo atau generator, penelitian dan pengamatan daya putar dan waktu lamanya bekerja serta akan dilakukan pengembangan lebih lanjut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil uji coba membuktikan pembuatan alat rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol ini sangatlah rumit, karena kurangnya peralatan alat kerja dan bahan kerja yang mendukung dalam pembuatan alat ini dan juga keterbatasan waktu, sehingga proses melakukan pembuatan alat ini jadi tidak maksimal dan hasil alat yang dirancang tidak sesuai dengan desain yang diinginkan.
2. Rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol yang telah diuji di dalam air, maka kesimpulannya ialah tidak ada satupun yang berhasil atau mampu menghasilkan putaran atau energi gerak. Karena desain dan bahan botol tidak fleksibel sehingga besar tekanan air tertuju ke semua botol sama serta tekanan udara di dalam botol yang naik ke atas dengan tekanan udara di dalam botol yang turun ke bawah sama, maka dari itu kincir botol tidak dapat berputar. Dan juga di wadah air tidak ada pembatas ruang air sehingga air tidak fokus menekan sisi botol.
3. Hasil rancangan simulator pembangkit listrik tenaga tekanan udara dan air dengan media botol ini gagal bekerja, maka dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran dan perhitungan seperti kecepatan putaran maupun kemampuan energi listrik yang dihasilkan oleh alat ini.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran dari penelitian alat simulator ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan kesimpulan di atas, penelitian ini dibutuhkan waktu yang lebih lama lagi karena setelah hasil akhir, bahwa perlunya mendesign atau membuat botol yang sesuai keinginan bentuknya dan berbahan fleksibel.
2. Setelah botol yang sesuai design dicetak jadi dengan jumlah 6 atau 8 buah botol, kemudian disambung selang antara tutup botol guna untuk jalur perpindahan udara dari botol satu ke botol yang lain, hal ini karena fleksibelisasi botol sehingga botol bisa kembang kempis yang mengakibatkan udara di dalam dapat berpindah sesuai posisi botol di dalam air.
3. Wadah air perlu diberi pembatas agar air tetap berada di sekitar kerja putaran botol sehingga air fokus menekan sisi botol ke atas. Dan usahakan air tidak bocor keluar dari ruangan tersebut. Atau mendesain wadah air yang bagian dalamnya dapat membuat botol fleksibel dapat berubah kembang dan kempis.
4. Proses perpindahan udara di dalam botol melalui selang jalur udara antara dua botol yang berlawanan posisi. Serta tekanan udara di dalam botol yang terisi udara dapat menekan botol ke atas karena botol tersebut mengembang hingga air pun dapat menekan sisi botol yang luas sisinya jadi membesar ke atas. Dan botol yang turun ke bawah akan mengempis

sehingga udara di dalamnya pindah ke botol yang akan hendak naik, kemudian luas sisi botol yang akan turun ke bawah akan mengecil sehingga memperkecil tahanan botol turun ke bawah untuk melawan gaya dan tekanan air.

5. Apabila konsep yang di atas berhasil maka energi mekanisme ini dapat di konversikan menjadi energi listrik dan lebih dikembangkan lagi, yaitu melakukan lanjutan penelitian seperti mengukur rpm, kemampuan daya dan torsi yang dihasilkan serta masih banyak lagi yang harus diteliti bila ingin dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga terbarukan.
6. Apabila konsep di atas gagal maka akan dilakukan konsep penggunaan *gear* dan *bearing* pada setiap botol yang di pasang pada poros serta poros juga dipasang *gear*, sehingga *gear – gear* botol dapat berputar mengelilingi gear pada poros yang dapat merubah posisi botol ketika berada di dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, Supina, Sri Wahyuni, and Eko Hariyanto. "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Dalam." Seminar Nasional Royal (SENAR). Vol. 1. No. 1. 2018.
- Fitriani, W., Rahim, R., Oktaviana, B., & Siahaan, A. P. U. (2017). Vernam Encrypted Text in End of File Hiding Steganography Technique. *Int. J. Recent Trends Eng. Res*, 3(7), 214-219.
- Hardinata, R. S. (2019). Audit Tata Kelola Teknologi Informasi menggunakan Cobit 5 (Studi Kasus: Universitas Pembangunan Panca Budi Medan). *Jurnal Teknik dan Informatika*, 6(1), 42-45.
- Kanginan, Marthen., 1997, “ *Fisika SMU Kelas 2 Caturwulan 2* “, hal 1 – 15, Percetakan Gelora Aksara Pertama, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Muttaqin, Muhammad. "Analisa Pemanfaatan Sistem Informasi E-Office Pada Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dengan Menggunakan Metode Utaut." *Jurnal Teknik dan Informatika 5.1* (2018): 40-43.
- Khairul, K., Ilhami Arsyah, U., Wijaya, R. F., & Utomo, R. B. (2018, September). Implementasi Augmented Reality Sebagai Media Promosi Penjualan Rumah. In Seminar Nasional Royal (SENAR) (Vol. 1, No. 1, pp.429-434).
- Putra, Randi Rian. "implementasi metode backpropagation Jaringan saraf tiruan dalam memprediksi pola Pengunjung terhadap transaksi." *JurTI (Jurnal Teknologi Informasi) 3.1* (2019): 16-20.
- Putri, N. A. (2018). Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa Menggunakan Metode Certainty Factor dalam Mendukung Pendekatan Guru. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 78-90.
- Pudjanarsa, Astu., Nursuhud, Djati., 2008, “ *Mesin Konversi Energi* “, hal 1 – 12, Percetakan Andi Offset, Yogyakarta.
- Pande, Aventus., 2017, “ *Realisasi Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Berdasarkan Metode Tekanan Hidrostatik dengan Menggunakan Sensor Fotodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535* “, Universitas Lampung, hal 6 – 10, Bandar Lampung.

- Ramadhani, S., Suherman, S., Melvasari, M., & Herdianto, H. (2018). Perancangan Teks Berjalan Online Sebagai Media Informasi Nelayan. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).
- Tasril, V., & Putri, R. E. (2019). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Biologi Materi Sistem Pencernaan Makanan Manusia Berbasis Macromedia Flash. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 7(1).
- Training Book, PT Altrak 1978., 2014, “ *Basic Technical* “, hal 2 – 17, Training Center, Jakarta Selatan.
- Training Book, PT Altrak 1978., 2014, “ *Basic Genset Cummins Power Generation* ’ hal 15 – 27, Training Center, Jakarta Selatan.
- Training Book, PT Altrak 1978., 2014, “ *Basic Hydraulic* “, hal 2- 6, Training Center, Jakarta Selatan.
- Training Book, PT Altrak 1978., 2014, “ *Basic Vehicle Engine* “, hal 1 -16, Training Center, Jakarta Selatan.
- Stamford Product Guide., 2005, “ *Cummins Generator Technologies* “, Lincolnshire PE9 2NB, UK.
- Utomo, R. B. (2019). Aplikasi Pembelajaran Manasik Haji dan Umroh berbasis Multimedia dengan Metode User Centered Design (UCD). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(1), 68-79.
- Wahyuni, S., Lubis, A., Batubara, S., & Siregar, I. K. (2018, September). Implementasi algoritma crc 32 dalam mengidentifikasi Keaslian file. In Seminar Nasional Royal (SENAR) (Vol. 1, No. 1, pp. 1-6).
- Wijaya, Rian Farta, et al. "Aplikasi Petani Pintar Dalam Monitoring Dan Pembelajaran Budidaya Padi Berbasis Android." *Rang Teknik Journal* 2.1 (2019).