LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SIMULASI MINI ASTRO (*AERATOR STORAGE*) UNTUK TAMBAK UDANG

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan

mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:

Salman Ali Akbar Hasemi Rafsanjani

12524083

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2019

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SIMULASI MINI ASTRO (*AERATOR STORAGE*) UNTUK TAMBAK UDANG

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Salman Ali Akbar Hasemi R
12524083

Yogyakarta, 26 Februari 2019

Menyetujui,

Pembimbing 1

Husein Mubarok, S.T., M.Eng
155241305

i

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN SIMULASI MINI ASTRO (*AERATOR STORAGE*) UNTUK TAMBAK UDANG

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Salman Ali Akbar Hasemi R

12524083

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 8 Maret 2019

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarok, S.T., M.Eng., _____

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T., _____

Anggota Penguji 2: Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng., _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 02 April 2019

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D

045240101

ii

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 8 Maret 2019



Salman Ali Akbar Hasemi Rafsanjani

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdhulillahirabbil'alamin, rasa syukur dan terima kasih penulis haturkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah di berikan sehingga skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Mini ASTRO (*Aerator Storage*) untuk Tambak Udang" telah selesai dengan baik dan lancar. Tidak lupa sholawat dan salam tercurah kepada Nabi Muhammad ﷺ. yang menjadi teladan hidup bagi kita.

Rasa Syukur penulis haturkan atas selesainya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca kedepannya. Banyak kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih juga penulis haturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan skripsi ini. Atas bimbingan, dukungan kerja sama, dan fasilitas diucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Husein Mubarok s.T., M.Eng, Selaku pembimbing I skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama duduk di bangku kuliah.
4. Kedua orang tuaku, Bapak H Bay Arifin dan Ibu Hj Hoiriyah dan serta kakak dan adik terbaik, Salman Al Farisi, Salman Ali Akbar Felayati, dan Desy Arifin Putri yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan inspirasi dalam bentuk apapun.
5. Khairun Nisa Wulandari S.T., yang selalu memberikan semangat, motivasi dan inspirasi dalam bentuk apapun.
6. Mohammad Fanriado S.T., yang selalu bersama dalam mengerjakan serta meminjamkan tempat untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Saudara-saudara teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2012 atas do'a dan dukungannya.

8. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

   Adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

   Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 8 Maret 2019

Salman Ali Akbar Hasemi Rafsanjani

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

ASTRO	: *Aerator Storage*
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
ATS	: *Automatic Transfer Switch*
NO	: *Normally Open*
NC	: *Normally Close*
DO	: *Dissolve Oxygen*
PLC	: *Programable Logic Controller*
Li-On	: *Lithium Ion*
Li-Po	: *Lithium Polimer*
VRLA	: *Valve Regulated Lead-Acid*
AC	: *Alternating Current*
DC	: *Direct Current*
PBP	: *Payback Period*
f	: Frekuensi
V	: Tegangan (*Voltage*)
I	: Arus (*Current*)
P	: Daya (*Power*)
ϕ_{mm}	: Fluks Magnet Maxwell
ϕ_{mw}	: Fluks magnet Weber
η	: Efesiensi
V	: Volt
A	: Ampere
Ah	: Ampere*hour*
W	: Watt
Hz	: *Hertz*
lux	: Satuan intensitas cahaya
Rp	: Rupiah

ABSTRAK

Aerasi merupakan salah satu kebutuhan penting bagi pembudidaya tambak udang. Petani tambak udang biasanya menggunakan tenaga mesin diesel yang dikombinasikan dengan kincir air sebagai alat untuk aerasi. Biaya operasional dan perawatan mesin diesel membutuhkan anggaran yang besar. Oleh karena itu peneliti menyarankan mengganti mesin diesel dengan menggunakan sistem energi cadangan bernama *Aerator Storage* (ASTRO). ASTRO ini menggunakan sumber tenaga listrik dari PLN dilengkapi dengan sumber tenaga cadangan untuk mengatasi pemadaman listrik. Penggunaan relay *Automatic Transfer Switch* (ATS) sebagai kontrol otomatis untuk mengganti sumber catu daya penggerak aerator pada saat terjadi pemadaman. Pada penelitian ini, penulis merancang simulasi mini ASTRO yang dimana memiliki daya yang lebih kecil dari alat ASTRO yang sesungguhnya. Pengujian dilakukan dengan cara mencari efesiensi dan durasi baterai pada alat simulasi mini ASTRO di dua kondisi cuaca (cerah dan hujan). Hasil dari pengujian ini telah sesuai dengan indikator kinerja yang telah ditentukan dengan tetap bekerjanya aerator disaat terjadi pemadaman listrik.

Kata kunci : Aerator, Baterai (aki), Relay ATS, Inverter, Energi Alternatif

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN vi
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 1
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Studi Literatur 3
2.2 Tinjauan Teori 4
2.2.1 *Power Supply* (*Charger*) 4
2.2.2 Dioda Penyearah 4
2.2.3 Transformator 6
2.2.4 Baterai 7
2.2.5 Inverter 10
2.2.6 Relay ATS (*Auto Transfer Switch*) 11
2.2.7 *Payback Period* (PBP) 12

BAB 3 METODOLOGI 13
3.1 Alat dan Bahan 13
3.2 Alur penelitian 14
3.3 Perancangan Alat 15
3.4 Cara Kerja Sistem 15
3.5 Metode Pengujian dan Anilisis Sistem Simulasi Mini ASTRO 16
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 18
4.1 Hasil Penelitian 18
4.1.1 Sistem Sumber AC (Pembangkit Listrik PLN) 18
4.1.2 Sumber Sistem ASTRO (Baterai/aki) 20
4.1.3 Perhitungan Biaya *Payback Period* (PBP) 22
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 24
5.1 Kesimpulan 24
5.2 Saran 24
DAFTAR PUSTAKA 25
LAMPIRAN 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dioda Secara Skematik[5] 4
Gambar 2.2 Rangkaian *Half Wave Rectifier*[6] 5
Gambar 2.3 Sinyal Keluaran *Half Wave Rectifier*[6] 5
Gambar 2.4 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh[6] 5
Gambar 2.5 Sinyal Keluaran Rangkaian Gelombang Penuh[6] 5
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Transformator[7] 6
Gambar 2.7 Beterai Proses *Discharge*[9] 8
Gambar 2.8 Baterai Proses *Charge*[9] 8
Gambar 2.9 Baterai Lithium-ion (Li-ion) 9
Gambar 2.10 Baterai Lithium Polimer (Li-Po) 9
Gambar 2.11 Baterai *Lead Acid* 10
Gambar 2.12 Gelombang Sinus Murni (*Pure Sine Wave*) 10
Gambar 2.13 Contoh Relay Berdasarkan *Pole* dan *Throw*[11] 11
Gambar 3.1 Alur Diagram Penelitian 14
Gambar 3.2 Blok Diagram ASTRO 15
Gambar 3.3 Sistem ketika Sumber Listrik dari PLN 16
Gambar 3.4 Sistem ketika Sumber Listrik dari Aki 16

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Simulasi Alat Sistem Aerator Storage (ASTRO) 13
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pada Komponen *Charger* 18
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Cerah 19
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Hujan 19
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cerah 20
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Hujan 21
Tabel 4.6 Harga alat-alat ASTRO 22

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tambak udang adalah salah satu mata pencaharian dari masyarakat di desa Jogoboyo, Purwodadi, Purworejo. Salah satu hal yang menarik dari mata pencaharian ini adalah penghasilan yang dari setiap panennya dapat dikatakan besar, walaupun modal yang dibutuhkan juga besar. Selain itu dapat dikatakan mata pencaharian ini cukup beresiko, karena sedikit kelalaian dapat menyebabkan penambak udang gagal panen sehingga mengalami rugi besar.

Salah satu faktor perlu diperhatikan dalam melakukan usaha ini adalah pada aerator. Aerator berfungsi untuk memberikan sirkulasi oksigen pada air agar udang mendapatkan oksigen yang cukup untuk hidup. Pada saat udang berumur lebih dari 40 hari, aerator harus menyala 24 jam tanpa berhenti. Jika aerator mati untuk beberapa jam maka udang akan kekurangan oksigen, sehingga udang-udang tersebut akan mengalami stres dan akhirnya mati. Hal ini dapat menyebabkan penambak udang gagal panen. Selain itu aerator yang dipakai oleh kebanyakan masyarakat Jogoboyo pada saat ini masih menggunakan tenaga diesel, yang mana walaupun memiliki tenaga yang besar akan tetapi memerlukan biaya operasional yang tinggi. Hal ini menyebabkan penghasilan penambak udang kurang optimal.

Untuk mengatasi masalah tersebut, diusulkan sebuah sistem baru dengan menggunakan tenaga listrik. Berdasarkan survey beberapa penambak udang dapat disimpulkan bahwa, penggunaan energi listrik dapat mengurangi biaya operasional hingga 50%. Namun keluhan dari penambang udang dalam penggunaan tenaga listrik pada aerator adalah aerator dapat mati tiba-tiba saat pemadaman listrik bergilir oleh PLN. Untuk menanggulangi hal tersebut sistem dilengkapi dengan sumber tenaga cadangan berupa aki sebagai energi cadangan. Sistem ini dapat menyuplai aerator saat listrik sedang padam. Alat ini diberi nama ASTRO yang merupakan singkatan dari *Aerator Storage*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan gambaran latar belakang diatas, permasalahan yang didapat adalah :

1. Bagaimana cara merancang alat sistem simulasi mini ASTRO untuk tambak udang ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem ini diterapkan untuk kendali otomatis aerator tambak udang.
2. Sistem ini menggunakan inverter amplifier linear kelas AB dengan menggunakan transformator *step up*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas maka pada penelitian kali ini bertujuan untuk :

1. Merancang energi cadangan untuk aerator dengan *switch* otomatis menggunakan relay *Automatic Transfer Switch* (ATS).
2. Sebagai sistem alternatif pada saat terjadi pemadaman listrik dari PLN..

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan diatas, manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dihasilkannya suatu sistem alternatif pengganti penggerak aerator menggunakan sistem listrik dengan kendali ATS.
2. Menanggulangi pemadaman listrik PLN bergilir.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang pengoperasian aerator secara otomatis tidak begitu banyak dilakukan. Menurut penelitian dari Ari Fiyanti tentang *Sistem Otomasi Kincir Air Untuk Respirasi Udang Tambak Menggunakan Sensor Dissolved Oxygen (DO)*[1].Dalam penelitiannya, untuk kendali otomatis sistem aerator kincir air menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan sensor *dissolved oxygen* (DO). Sistem otomatis kincir air ini akan bekerja pada nilai kadar DO dengan jangka nilai acuan kadar DO 4,00mg/L-550mg/L.

Kemudian penelitian dari Abdul Gafar dan Iswadi Hasyimrosma[2] tentang *Rancang Bangun Aerator Menggunakan Penggerak Motor Satu Fasa dan Sistem Otosimasi Bebasis Smart Relay*. Dalam penelitian yang dilakukan, sistem kendali otomatis menggunakan *Smart Relay* yang dimana menggunakan PLC yang khusus dan telah diprogram. Sistem kendali otomatis yang akan bekerja berdasarkan intensitas cahaya. Kondisi intensitas cahaya untuk bekerja ialah < 40 lux dan berhenti dengan waktu tunda apabila intensitas cahaya > 40 lux, serta akan berhenti seketika jika intensitas cahaya sebesar > 100.000 lux[2].

Aerasi merupakan penambahan udara ke dalam air sehingga kadar oksigen dalam air menjadi cukup dengan bantuan alat aerasi (aerator). Aerator adalah sebuah alat mekanik yang bertujuan untuk meningkatkan oksigen yang masuk ke dalam air[3]. Adapun beberapa fungsi dari aerator sebagai berikut [4]:

1) Menambahkan oksigen lebih kedalam air.
2) Mencampurkan permukaan air dengan dasar air untuk menambah kandungan oksigen yang ada didasar air benar-benar merata.
3) Memindahkan air yang telah teraerasi dengan cepat ke area sekelilingnya sehingga air yang belum teraerasi dapat teraerasi.
4) Dengan lapisan sedimen organik didalam kolam, akan menciptakan permukaan yang teroksigenisasi sehingga gas-gas dan cairan beracun seperti *hydrogen sulfide* dan ammonia tidak dapat memasuki air.
5) Sirkulasi akan memindahkan berbagai macam gas berbahaya seperti nitrogen berlebih dan karbondioksida untuk lepas ke atmosfer.

Menurut Boyd [3] teknik dasar dalam aerasi air kolam ada dua, yang pertama gelembung udara dilepaskan ke dalam air (*Bubbler aerator*), dan yang kedua udara dimasukkan ke dalam air

dengan cara dideburkan (*Splasher aerator*). *Bubble aerator* mencakup *diffusir* dan aspirator pompa. Sedangkan *Splasher aerator* terdiri dari pompa vertikal, popa *sprayer* dan kincir aerator.

2.2 Tinjauan Teori

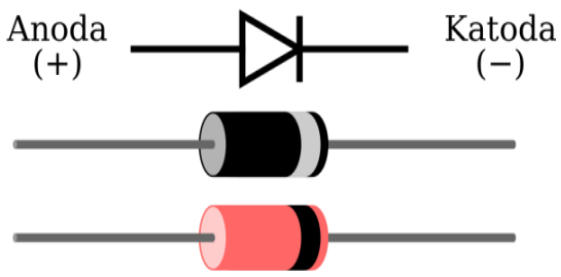
2.2.1 *Power Supply* (*Charger*)

Pengertian *power supply* secara umum ialah sebuah sistem filter penyearah (*rectifier-filter*) yang dapat mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC[5]. Sudah banyak rangkaian *power supply* yang ada dan sangat membantu untuk beberapa pekerjaan. *Power Supply* ini juga dapat berfungsi sebagai pengisian (*charge*) untuk alat elektronik. Umumnya digunakan dalam pengisian baterai yang dimana sumber listriknya menggunakan tegangan AC. Komponen rangkaian yang sederhana dapat menggunakan transformator dan penyearah. Tambahan rangkaian kompleksnya dapat menambahkan dioda zener sebagai tegangan acuan dan transistor untuk mengatur tegangannya

Perangkat listrik agar dapat disuplai tegangan membutuhkan catu daya. Sumber *power supply* dapat dihasilkan melalui sumber AC dan sumber DC. Sumber AC dapat dihasilkan oleh tegangan pembangkit tenaga listrik, sedangkan sumber DC dapat dihasilkan dari baterai atau aki untuk memberikan arus searah DC yang baik. Untuk sumber AC memerlukan suatu perangkat catu daya untuk mengubah tegangan AC menjadi DC[5]. Pada umumnya *power supply* terdiri dari transformator, rangkaian penyearah dan filter kapasitor.

2.2.2 Dioda Penyearah

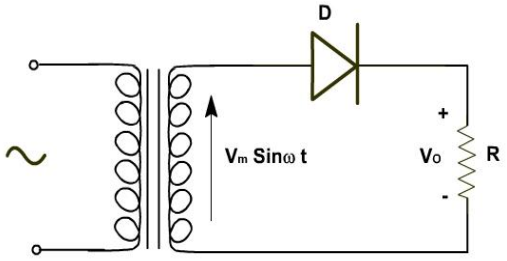
Dioda terbuat dari silikon. Sifat dari silikon berbeda dengan konduktor biasa karena silikon tidak memiliki sifat penghantar dan isolasi. Dioda memiliki dua kawat terminal yang disebut anoda (positif) dan katoda (negatif) dan disampul kedalam kapsul kecil yang biasanya dirakit menggunakan plastik atau kaca. Gambar 2.1 menunjukan simbol dioda.



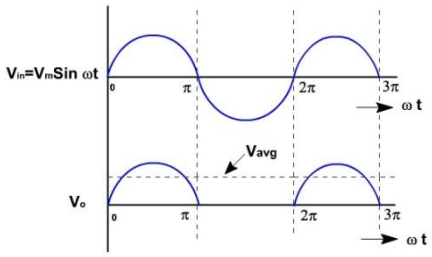
Gambar 2.1 Dioda Secara Skematik[5]

Salah satu penggunaan terpenting adalah sebagai penyearah gelombang AC untuk dirubah ke gelombang DC. Ada dua macam dioda penyerah yaitu setengah gelombang dan gelombang penuh.

a. Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave Rectifier*)



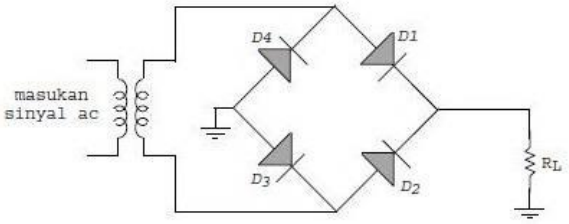
Gambar 2.2 Rangkaian *Half Wave Rectifier*[6]



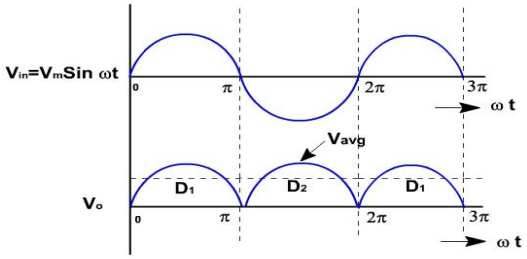
Gambar 2.3 Sinyal Keluaran *Half Wave Rectifier*[6]

Dapat terlihat pada Gambar 2.2 bahwa, untuk menghasilkan penyearah setengah gelombang hanya perlu menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen yang berfungsi untuk menyearahkan gelombang AC[6]. Proses ini hanya melewatkan sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator seperti pada Gambar 2.3.

b. Penyearah Gelombang Penuh (*Full Wave Rectifier*)



Gambar 2.4 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh[6]



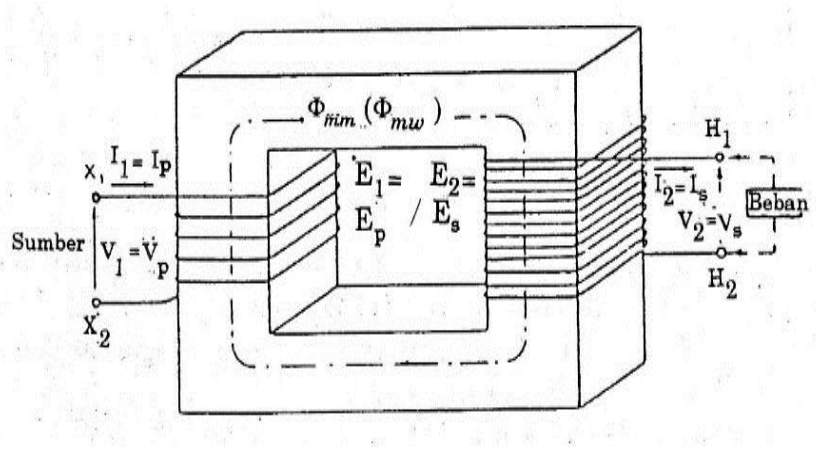
Gambar 2.5 Sinyal Keluaran Rangkaian Gelombang Penuh[6]

Pada Gambar 2.4 rangkaian penyearah gelombang penuh dapat dihasilkan dengan dioda yang terdiri dari empat buah dioda. Pada kondisi setengah siklus positif, dioda D1 dan D3 diberi bias maju sehingga keduanya menghantarkan arus, namun dioda D2 dan D4 diberi bias mundur sehingga tidak menghantarkan arus[5]. Pada kondisi setengah siklus negatif, dioda D2 dan D4 diberi bias maju sehingga keduanya menghantarkan arus listrik, namun dioda D1 dan D3 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan listrik. Hasil sinyal keluaran rangkaian ini dapat terlihat pada Gambar 2.5. Perbedaan antara rangkaian setengah gelombang dengan rangkaian gelombang penuh ialah, pada kedua kondisi siklus (positif maupun negatif) penyearah gelombang penuh tetap menghasilkan keluaran sedangkan penyearah setengah gelombang hanya menghasilkan keluaran disiklus positif atau disiklus negatif saja.

2.2.3 Transformator

Transformator sudah banyak digunakan untuk sistem tenaga listrik maupun rangkaian elektronik. Dalam sistem tenaga listrik, untuk memindahkan energi dari satu rangkaian ke rangkaian listrik tanpa merubah frekuesnsi disebut transformator[7].

Prinsip keja transformator[5] berdasarkan induksi elektromagnetik, untuk mempermudah memahami prinsip kerja tersebut dapat melihat Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Transformator[7]

Belitan X_1X_2 adalah bagian tegangan rendah dan belitan H_1H_2 adalah bagian tegangan tinggi. Bila salah satu satu sisi tegangan tinggi, maupun tegangan rendah dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, sisi tersebut disebut sisi primer, sedangkan sisi lain yang dengan beban disebut sisi sekunder.

Belitan X_1X_2 dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik sebesar $V_1=V_p$ maka fluks bolak balik akan dibangkitkan pada inti sebesar ϕ_{mm} atau sebesar ϕ_{mw}. Fluks tersebut akan

melingkar dengan menghubungkan belitan primer dan sekunder serta menghasilkan tegangan induksi baik pada belitan primer dan sekunder serta menghasilkan tegangan induksi baik pada belitan primer sebesar $E_1=E_P$ maupun pada belitan sekunder sebesar $E_2=E_S$. Hubungan antara E_1 dengan fluks ialah :

$$E_1=E_P=4{,}44 \; x \; f \; x \; N_P \; x \; \phi_{mm} \; x \; 10^{-8} \quad (2.1)$$

atau

$$E_1=E_P=4{,}44 \; x \; f \; x \; N_P \; x \; \phi_{mw} \quad (2.2)$$

Adanya fluks tersebut juga memberikan aliran fluks pada sisi sekunder dan menghasilkan GGL induksi pada sisi sekunder

$$E_2=E_s=4{,}44 \; x \; f \; x \; N_s \; x \; \phi_{mm} \; x \; 10^{-8} \quad (2.3)$$

atau

$$E_2=E_s=4{,}44 \; x \; f \; x \; N_s \; x \; \phi_{mw} \quad (2.4)$$

Dengan :

$E_1 = E_P$= GGL dikumparan primer (Volt)

$E_2 = E_s$ = GGL dikumparan sekunder (Volt)

f = Frekusensi (*Hz*)

N_P = Jumlah lilitan primer

N_s = Jumlah lilitan sekunder

ϕ_{mm} = Fluks magnet (*Maxwell*)

ϕ_{mw} = Fluks magnet (*Weber*)

Dari persamaan (2.1) dan (2.3) didapat perbandingan lilitan berdasarkan perbandingan GGL induksi yaitu :

$$\text{a} = \frac{Ep}{Es} = \frac{Np}{Ns} \quad (2.5)$$

dengan :

a = Nilai perbandingan lilitan transformator (*turn ratio*).

a < 1, maka transformator berfungsi untuk menaikkan tegangan disebut *step up transformer*.

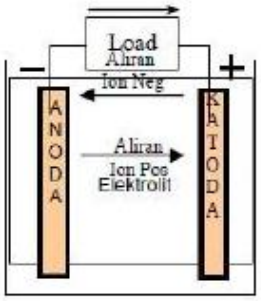
a > 1, maka transformator berfungsi untuk menurunkan tegangan disebut *step down tranformer*.

2.2.4 Baterai

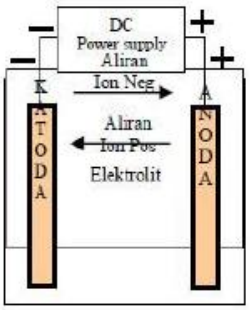
Pengertian secara umum baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia reversible (dapat berbalikan) dengan memiliki efisiensi yang

tinggi. Proses reversible yang dimaksud adalah proses pengubahan dari energi kimia menjadi energi listrik dan biasanya disebut dengan proses pengosongan (*discharge*). Baterai juga mengalami proses pengisian (*charge*) yang dimana perubahan dari energi listrik ke energi kimia.

Setiap baterai memiliki sel kutub positif dan kutub negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. Kutup positif berarti memiliki energi potensial yang lebih besar dibandingkan dengan kutub negatif. Ketika aki (baterai) disambung dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika aki (baterai) dihubungkan dengan rangkaian eksternal elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion didalm aki akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Untuk memudahkan penjelasan dari proses pengosongan (*discharge*) dan proses pengisian (*charge*) dapat dilihat pada gambar di bawah ini[8].



Gambar 2.7 Beterai Proses *Discharge*[9]



Gambar 2.8 Baterai Proses *Charge*[9]

Gambar 2.7 menunjukkan proses *discharge*, bila sel dihubungkan dengan beban maka elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negative mengalir ke anoda dan ion-ion positif menuju ke katoda. Sedangkan Gambar 2.8 menunjukkan proses *charge*, bila sel dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan mengalami proses kimia. Proses kimia yang terjadi pada pengisian sebagai berikut [8]:

1) Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* menuju ke katoda.
2) Ion-ion negatif mengalir dari katoda menuju ke anoda.
3) Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda.

Beberapa jenis baterai yang dapat diketahui adalah beterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupkan jenis baterai sekali pakai atau setelah digunakan maka tidak dapat digunakan kembali. Beberapa contoh untuk macam baterai primer adalah AAA (sangat kecil), AA (kecil), A (menengah) dan D (besar). Sedangkan baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang dengan cara mengecasnya. Beberapa macam baterai sekunder : baterai Li-ion, baterai Li-Po, dan *Lead Acid*[9].

Kelebihan dari baterai Li-ion (Lithium-Ion) memiliki daya tahan yang tinggi, tingkat penurunan daya saat tidak digunakan lebih rendah, dan lebih ramah lingkungan. Namun baterai ini memiliki zat berbahaya untuk manusia. Baterai jenis ini biasa digunakan pada handphone, laptop, dan jam tangan. Untuk mengetahui bentuk baterai Li-ion dapat melihat Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Baterai Lithium-ion (Li-ion)

Kelebihan dari beterai Li-Po (Lithium Polimer), bila dibandingkan dengan Li-Ion , Li-Po memiliki daya tahan jauh lebih baik terutama saat panas, bentuknya fleksibel karena bahaanya menggunakan senyawa polimer. Namun baterai Li-Po lebih mahal dan masih jarang ditemukan dipasaran. Untuk mengetahui bentuk baterai Li-Po dapat melihat Gambar 2.10



Gambar 2.10 Baterai Lithium Polimer (Li-Po)

Untuk baterai *Lead Acid* atau biasa disebut aki, baterai ini biasa digunakan pada kendaraan bermotor. Jenis ini memiliki bentuk yang besar dan berat dan tidak memungkinkan untuk digunakan dalam perangkat portable. Namun baterai ini sangat dibutuhkan untuk membuat robot

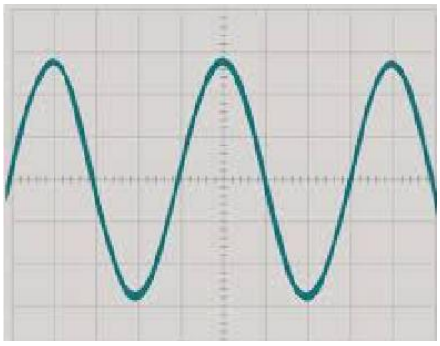
mobile yang membutuhkan daya dan berukuran besar. Salah satu contoh fisik dari baterai *Lead Acid* dapat melihat Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Baterai *Lead Acid*

2.2.5 Inverter

Inverter adalah perangkat yang dapat mengubah tegangan searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa jenis inverter salah satunya adalah inverter gelombang sinus murni (*Pure Sine Wave*). Inverter jenis ini memiliki keluaran gelombang sinus yang murni sehingga lebih efisien daripada jenis inverter yang lain[10]. Gelombang atau bentuk gelombang adalah suatu grafik yang menyatakan sinyal sebagai fungsi dari waktu. Sedangkan bentuk gelombang sinus merupakan pengulangan tanpa henti dari suatu osilasi antara dua nilai puncak, yaitu puncak negatif dan puncak positif. Bentuk gelombang dari sinus murni dapat terlihat pada Gambar 2.12. Memproduksi sumber gelombang sinus yang paling mudah untuk aplikasi daya tinggi melalui mesin listrik berputar seperti generator turbin gas angkatan laut, generator yang digunakan oleh perusahaan listrik yang menggunakan torsi poros untuk menciptakan arus AC. Sumber ini menghasilkan gelombang sinus murni yang relatif bersih (kurang harmonik dan noise frekuensi tinggi) dikarenakan susunan rotasi analognya. Namun mesin tersebut tidak sesuai untuk penggunaan cadangan daya rendah karena biaya yang tinggi, ukuran besar dan perawaran yang dibutuhkan. Dengan demikian inverter gelombang sinus murni digital yang lebih kecil dapat sangat berguna.



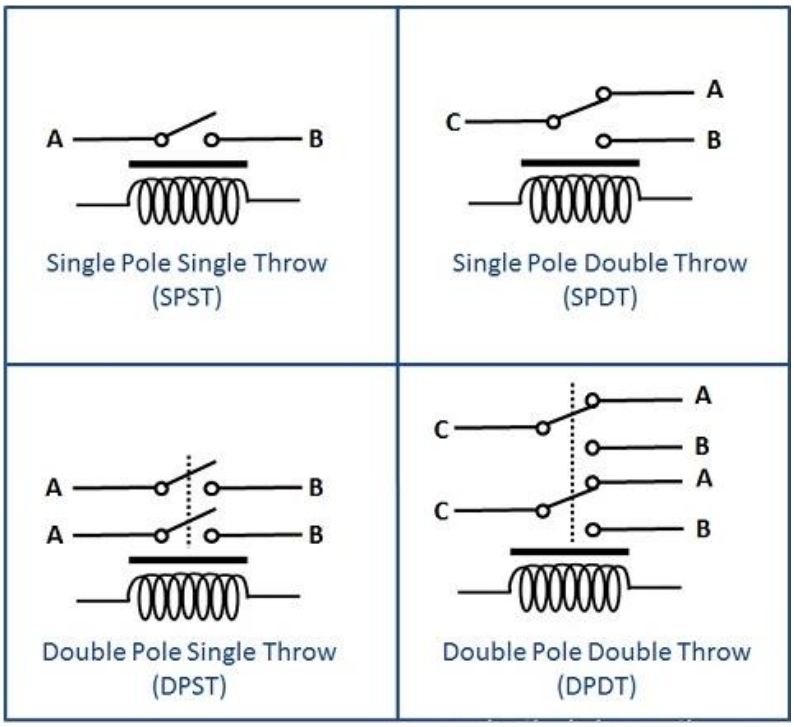
Gambar 2.12 Gelombang Sinus Murni (*Pure Sine Wave*)

2.2.6 Relay ATS (*Auto Transfer Switch*)

Relay adalah sebuah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang memiliki dua bagian yaitu coil dan separangkat kontak saklar atau switch. Relay juga memiliki *pole* dan *throw*. *Pole* adalah banyaknya kontak yang dimiliki oleh sebuah relay, sedangkan *Throw* adalah banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah kontak. Berdasarkan jumlah *pole* dan *throw*-nya dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu :

- *Single Pole Single Throw* (SPST) : Relay ini memiliki 4 kaki yang terdiri dari 2 kaki untuk saklar dan 2 kaki lagi untuk koil.
- *Single Pole Double Throw* (SPDT) : Relay yang memiliki 5 kaki terdiri dari 3 kaki sebagai saklar dan 2 kaki lagi untuk koil.
- *Double Pole Single Throw* (DPST) : Relay ini memiliki 6 kaki yang terdiri 4 kaki yang dimana 2 pasang kondisi SPST dan 2 kaki lainnya untuk koil. kondisi ini dapat dijadikan 2 saklar yang kendalikan oleh 1 koil.
- *Double Pole Double Throw* (DPDT) : Relay ini memiliki 8 kaki yang terdiri dari 6 kaki untuk 2 pasang kondisi SPDT yang dikendalikan oleh 1 koil, dan 2 kaki lainnya adalah untuk koil.

Untuk mengetahui tipe berdasarkan *pole* dan *throw*-nya dapat melihat Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Contoh Relay Berdasarkan *Pole* dan *Throw*[11]

Automatic Transfer Switch dapat juga disingkatan ATS, dapat dipahami berdasarkan arti kata tersebut maka ATS adalah saklar yang bekerja secara otomatis. Alat ini dirancang untuk mendukung *power supply*[12]. Relay ini akan bekerja bila sumber listrik dari PLN terputus atau mengalami pemadaman maka saklar akan berpindah kesumber listrik yang lainnya misalnya pada penelitian ini dipakai untuk inverter. Semua ATS memiliki 3 bagian, yaitu[13] :

- Kontak untuk menghubungkan dan memutuskan beban ke sumber energi
- Mekanisme memindahkan kontak dari satu energi ke energi yang lainnya.
- Unit kontrol otomatis untuk memantau kondisi sumber daya agar dapat beroperasi dengan baik.

Alat ini merupakan saklar power inverter dengan PLN yang sudah *full automatic*, jadi berguna untuk menghidupkan dan menghubungkan power inverter ke beban secara otomatis pada saat sumber listrik pada PLN padam/mati.

2.2.7 *Payback Period* (PBP)

Payback Period (PBP) adalah salah satu metode *capital budgeting* yang sering digunakan pengusaha agar dapat mengevaluasi layak atau tidaknya suatu investasi[14]. Metode PBP merupakan teknik untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan sebuah proyek untuk mengganti biaya awal dari pendapatan yang dihasilkannya[15]. Beberapa alasan teknik PBP sering digunakan dalam mengevaluasi sebuah investasi antara lain [16]:

1) Tehnik ini sangat mudah diaplikasikan dan dimengerti.
2) Tehnik yang memudahkan manajer untuk mengukur resiko investasi dengan memeriksa berapa lama untuk memulihkan biaya investasi.
3) Tehnik yang sering digunkaan oleh perusahaan kecil dan menengah karena sederhana dan mudah dipahami.

Adapun untuk mengetahui rumus PBP sebagai berikut [15]:

$$Payback\ Period = \frac{\text{Investasi(modal awal)}}{\text{keuntungan(pendapatan)}} \tag{2.6}$$

Kriteria investasi akan layak jika nilai PBP lebih kecil dibandingkan dengan target kembalinya investasi, sebalikanya akan dinyatakan tidak layak nilai PBP lebih besar dibandingkan dengan target kembalinya investasi[17].

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan untuk merancang simulasi mini ASTRO adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Simulasi Alat Sistem Aerator Storage (ASTRO)

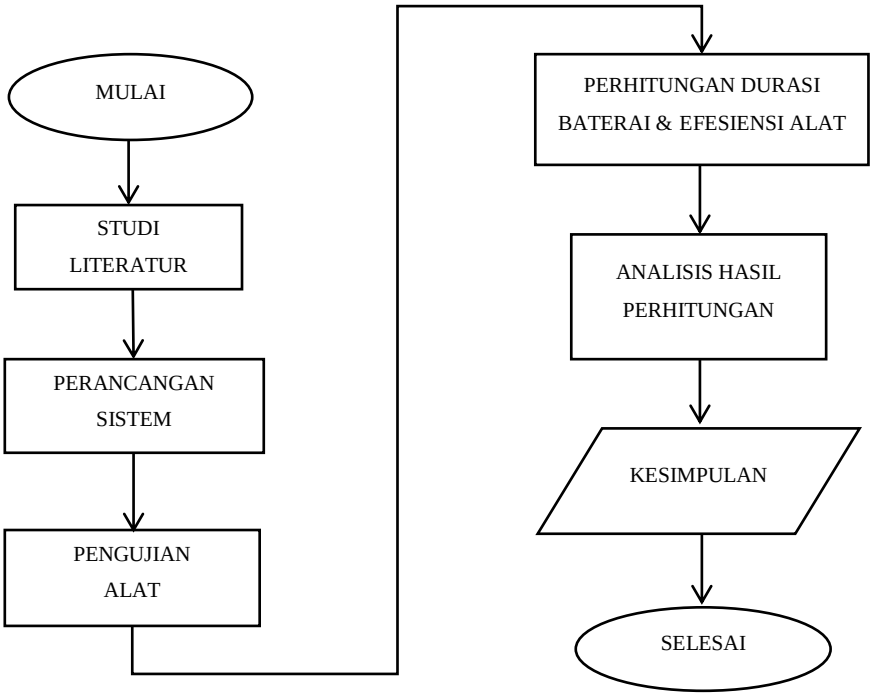
No	Alat dan Bahan	Spesifikasi		
1	*Charger*	Transformator *Step Down*	*Diode Bridge*	
		24 *V*	1buah	
2	Baterai VRLA	12 *V*	7,2 *Ah*	2 buah
3	Inverter	Transformator *Step Up*	Amplifier	Laptop
		220 *V*	100 *W*	*Software Audacity*
4	Relay ATS	DPDT		
5	Motor Induksi (Kipas)	18 Watt		
6	Baling-Baling	6 *Paddle*		
7	Saklar	DPDT		
8	Kabel	tembaga +- 1 meter	Serabut +- 1 meter	
9	Stop Kontak	1 buah		
10	Box	1 buah		

Tabel 3.1 membahas alat dan bahan yang akan digunakan dalam rancang bangun simulasi sistem ASTRO. *Charger* akan digunakan adalah rangkaian sederhana menggunakan transformator *step down* dan *diode bridge*. Sebagaimana transformator akan menurunkan tegangan dari 220*V* menjadi 24*V* dan dioda sebagai penyearah dari tegangan AC menjadi tegangan DC. Baterai yang akan digunakan adalah tipe *valve regulated lead acid* (VRLA) yang dimana baterai ini memiliki kemampuan untuk menstabilkan tegangan pada saat pengisian supaya tidak mengalamai *over charger*. Hal ini dikarenakan tipe ini memiliki katub yang dapat mengontrol siklus tegangan tetap stabil. Untuk inverter yang digunakan adalah rangkaian dari beberapa komponen yaitu amplifier sebesar 100Watt, dan transformator *step up*. Cara kerja inverter ini mengaktifkan amplifier dengan bersumber baterai (aki) dengan ditambahkan sinyal gelombang sinus menggunakan *software audacity*, dan menyalurkan tegangan yang dihasilkan menuju transformator *step up* untuk dinaikan tegangannya. Relay ATS yang digunakan adalah tipe DPDT 8 kaki, yang berfungsi sebagai kendali otomatis untuk merubah sumber tegangan.

Beban yang digunakan adalah kipas yang memiliki daya sebesar 18Watt dengan baling-baling sebanyak 6 *paddle*. Box akan berfungsi sebagai wadah untuk sistem simulasi mini ASTRO.

3.2 Alur penelitian

Adapun alur penelitian dalam merancang mini aerator storage (ASTRO) dapat melihat pada Gambar 3.1.

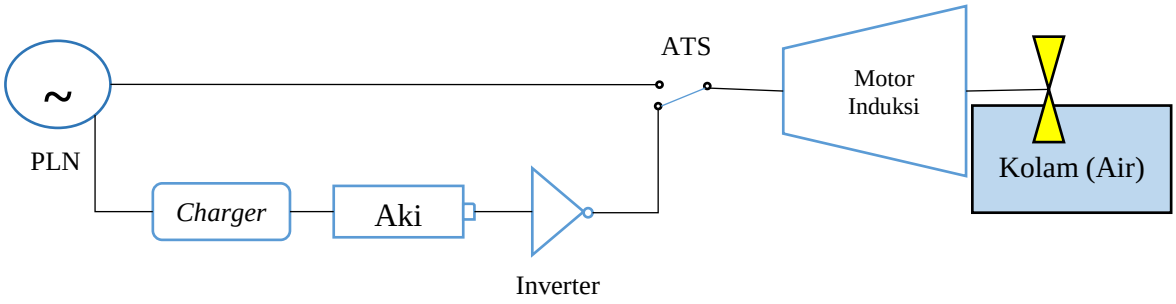


Gambar 3.1 Alur Diagram Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur, dimana penulis mencari dan mempelajari literatur-literatur yang dibutuhkan untuk mendukung perancangan sistem simulasi mini ASTRO yang dilakukan. Dalam perancangan sistem, penulis melakukan pencarian alat dan bahan serta merancang alat simulasi mini ASTRO. Pengujian alat dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dapat bekerja atau tidak. Dalam tahap perhitungan penulis mencari nilai tegangan, arus, dan daya, serta melakukan perhitungan pada sistem untuk mencari durasi baterai yang dimana mencari waktu pengisian (*charge*), pengosongan (*discharge*) dan efesiensi pada sistem simulasi mini ASTRO. Pada proses analisa perhitungan, penulis menganalisa hasil perhitungan pada penelitian untuk memastikan penelitian tidak melenceng dari literatur yang sudah dipelajari. Tahap terakhir adalah proses kesimpulan, dimana penulis mendapatkan kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa pada sistem simulasi mini ASTRO yang dilakukan.

3.3 Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini akan digambarkan dalam blok diagram dibawah ini.

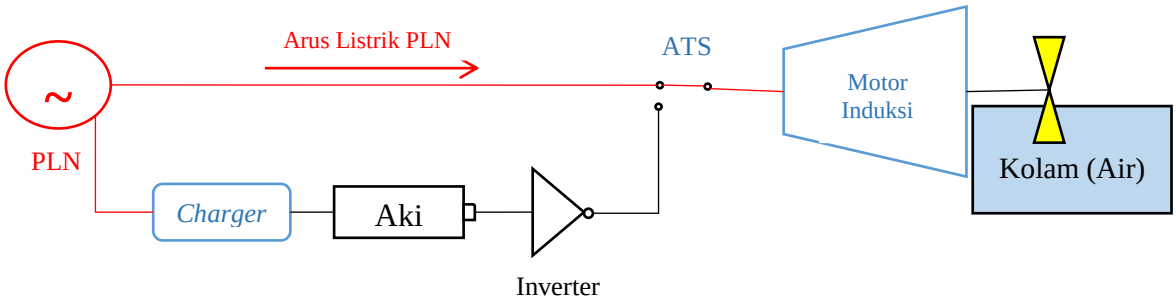


Gambar 3.2 Blok Diagram ASTRO

Gambar 3.2 menjelaskan tentang blok diagram ASTRO. Simulasi mini ASTRO ini terdiri dari *power supply* sederhana (*charger*), baterai, rakitan inverter sinus 1 fase 100W dan relay *Automatic Transfer Switch* (ATS). Sistem *power supply* disini hanya menggunakan transformator *step down*, dan rangkaian penyearah gelombang penuh. Sistem tersebut berfungsi sebagai menurukan tegangan sumber PLN dan disearahkan menggunakan penyearah sistem jembatan yang bertujuan untuk mengubah tegangan AC yang dihasilkan oleh transformator menjadi tegangan DC, sehingga dapat mengisi baterai (aki) yang akan menjadi sumber cadangan. Baterai yang dipakai dalam penelitian ini adalah 2 baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) dengan masing-masing tegangan 12V dan memiliki arus sebesar 7,2Ah. Baterai ini berfungsi sebagai energi cadangan untuk sistem ASTRO pada saat sumber tegangan listrik dari PLN mengalami pemadaman. Karena *output* dari baterai masih memiliki tegangan DC, maka dibutuhkan pendukung yaitu inverter. Inverter ini berfungsi sebagai pengubah sumber tegangan DC yang dihasilkan dari baterai menjadi tegangan AC dan dinaikkan tegangannya untuk menggerakkan motor agar dapat bekerja. Sistem ini dilengkapi relay ATS yang digunakan sebagai saklar otomatis yang membuat sistem ini bekerja.

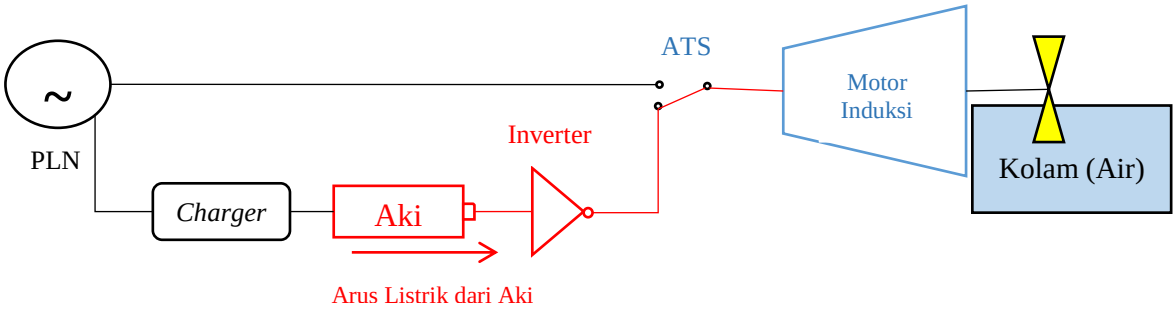
3.4 Cara Kerja Sistem

Proses kerja diawali dengan mengisi daya baterai (aki) dari listrik PLN, sekaligus mengaktifkan relay pada kondisi *normally open* (NO) dan memutar motor induksi pada sistem. Kondisi *normally open* (NO) akan bekerja pada saat adanya arus listrik menuju menuju koil pada relay ATS, yang dimana koil menyebabkan adanya gerak magnet sementara untuk menggerakkan saklar pada relay ATS. Pada situasi ini aerator akan terus dicatu oleh listrik PLN, ilustrasinya terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sistem ketika Sumber Listrik dari PLN

Pada saat sumber listrik PLN mengalami pemadaman, sistem akan menggunakan energi cadangan menggunakan baterai (aki) yang secara otomatis mengganti kondisi saklar relay ATS. Ilustrasinya dapat terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sistem ketika Sumber Listrik dari Aki

Gambar 3.4 menjelaskan cara kerja pada saat sumber listrik mengalami pemadaman. Pada saat sumber listrik PLN padam, relay ATS akan berubah kondisi menjadi *normally close* (NC) dimana relay akan bekerja mengganti sumber listrik PLN ke sumber energi cadangan pada baterai. Karena beban kipas untuk memutar kincir membutuhkan tegangan AC maka ditambahkan inverter sebagai pengubah tegangan dari baterai. Inverter akan mengubah tegangan DC baterai menjadi tegangan AC dan menaikkan tegangannya untuk dapat menggerakkan aerator.

3.5 Metode Pengujian dan Anilisis Sistem Simulasi Mini ASTRO

Pengujian sistem dilakukan dua kali yaitu pada saat kondisi cuaca cerah dan kondisi cuaca hujan serta mengukur tegangan (V), arus (I), dan daya (P) pada power supply (charger), baterai, dan motor induksi. Untuk mengukur tegangan (V), arus (I) pada tegangan DC menggunakan multimeter. Sedangkan pada tegangan AC untuk mengukur tegangan (V), arus (I) dan daya (P) menggunakan alat ukur beban. Hasil pengukuran akan digunakan untuk menghitung efisiensi setiap komponen. Perhitungan efesiensi mengabaikan nilai rugi-rugi dan cos phi pada alat yang

sedang diujikan. Serta menghitung biaya *payback period* untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan kembalinya investasi atau biaya awal yang dikeluarkan.

Metode analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung durasi baterai pada saat kondisi pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) serta efisiensinya. Motor induksi dalam penelitian ini menggunakan kipas angin sebesar 18 Watt sebagai pengganti motor induksi sesungguhnya yang memiliki beban sebesar 1100 Watt.Untuk menghitung durasi baterai pada kondisi pengisian (*charge*) dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$t_{charge} = \frac{V_{aki} * I_{aki}}{V_{charge} * I_{charge}} \tag{3.1}$$

Dimana :

t_{charge} = Durasi Baterai (Jam)
V_{aki} = Tegangan Baterai (Volt)
I_{aki} = Kapasitas Baterai (A*h*)
V_{charge} = Tegangan *Charger* (Volt)
I_{charge} = Arus *Charger* (Ampere)

Sedangkan untuk menghitung durasi baterai pada kondisi pengosongan (*discharge*) dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$t_{discharge} = \frac{V_{aki} * I_{aki}}{P_{beban}} \tag{3.2}$$

Dimana :

$t_{discharge}$ = Durasi Baterai (Jam)
V_{aki} = Tegangan Baterai (Volt)
I_{aki} = Kapasitas Baterai (A*h*)
P_{beban} = Daya Beban (Watt)

Untuk mengetahui efesiensi setiap alat dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\% \tag{3.3}$$

Dimana :

η = Efisiensi
P_o = Daya *Output* (Watt)
P_i = Daya *Input* (Watt)

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Sistem Sumber AC (Pembangkit Listrik PLN)

Dalam sub ini akan membahas hasil pada saat sistem menggunakan pembangkit Listrik PLN, yang akan diamati adalah *charger* dan motor induksi (kipas). *Charger* yang diamati mencari efisiensinya untuk mengetahui lama waktunya proses pengisian terhadap baterai. Setelah melakukan pengujian pada sistem yang bersumber dari pembangkit (PLN), maka diperoleh data-data seperti daya (P), tegangan (V), dan arus (I). Hasil pengukuran saat pengujian sistem bersumber dari PLN dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pada Komponen *Charger*

Alat/Beban	*Input*			*Output*		
	V	I	P	V	I	P
Charger	211 VAC	0,023 A	3,6 W	28 VDC	0,12 A	3,36 W

Dari tabel 4.1 data diatas dapat dihasilkan daya *input* untuk *charger* sebesar 3,6 W dan daya *output*nya sebesar 3,36 W. Efisiensi dari komponen *charger* tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\%$$

$$\eta = \frac{3{,}36\ W}{3{,}6\ W} * 100\%$$

$$\eta = 93{,}3\%$$

Pada saat menggunakan sumber tenaga listrik PLN, efisiensi dari *charger* tersebut sebesar 93,3%. Hasil efisiensi ini akan digunakan untuk menghitung durasi pada pengisian baterai. Untuk mengetahui durasi pengisian pada baterai dapat dihitung dengan persamaan (3.1)

$$t_{charge} = \frac{V_{aki} * I_{aki}}{V_{charge} * I_{charge}}$$

$$t_{charge} = \frac{24\ \text{VDC} * 7{,}2\ \text{A}h}{24\ \text{VDC} * 1\ \text{A}} = \frac{172\ \text{W}h}{24\ \text{W}} = 7{,}2\ h$$

Durasi pengisian baterai sebesar 7,2 jam. Hasil tersebut dalam kondisi efisiensi pada *charger* sebesar 100%. Karena kondisi efisiensi *charger* pada sistem ini sebesar 93 %, maka 7,2 jam +

0,504 = 7,7 jam. Jadi durasi pengisian pada saat kondisi kosong baterai butuh waktu selama kurang lebih 7 jam.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Cerah

Kondisi Cerah						
Alat/Beban	*Input*			*Output*		
	V	I	P	V	I	P
Kipas	213 VAC	0,17 A	21 W	212 VAC	0,15 A	20 W

Dari tabel 4.2 diatas dapat terlihat adanya perbedaan daya *input* dengan daya *output* pada beban (kipas). Data tersebut didapat dari pembacaan alat ukur pengukur beban. Daya *input* yang terbaca oleh alat ukur sebesar 21 W sedangkan daya *output*-nya sebesar 20 W. Daya *output* mengalami penurunan karena sumber tegangan yang dihasilkan oleh PLN tidak stabil. Stabil tidaknya tegangan sumber PLN disebabkan oleh jaringan dan adanya beban-beban yang lain. Efisiensi dari beban tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\%$$

$$\eta = \frac{20\ W}{21\ W} * 100\%$$

$$\eta = 95{,}2\%$$

Efisiensi pada saat berbeban motor induksi (kipas) sebesar 95,2%. Efisiensi ini akan digunakan sebagai acuan untuk simulasi.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Hujan

Kondisi Hujan						
Alat/Beban	*Input*			*Output*		
	V	I	P	V	I	P
Kipas	211 VAC	0,14 A	19 W	210 VAC	0,13 A	18 W

Dari tabel 4.3 dapat terlihat bahwa pengukuran beban pada saat kondisi hujan. tegangan *input* yang terbaca oleh alat ukur beban sebesar 211 VAC dan tegangan *output*-nya 210 VAC. Adanya penurunan tegangan yang terjadi pada saat kondisi hujan dibandingkan dengan kondisi cerah. Hal ini disebabkan oleh gangguan jaringan dan tidak stabilnya aliran listrik dari PLN. Adanya ketidakstabilan jaringan listrik pada PLN dapat menyebabkan terjadinya pemadaman. Efisiensi dari beban saat kondisi hujan dapat dihitung dengan persamaan (3.3).

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\%$$

$$\eta = \frac{18\ W}{19\ W} * 100\%$$

$$\eta = 94{,}7\%$$

Hasil efesiensinya sebesar 94,7%, dapat terlihat bahwa ada penurunan efesiensi dari kondisi hujan dibandingkan dengan kondisi cerah.

4.1.2 Sumber Sistem ASTRO (Baterai/aki)

Pada sub ini akan membahas analisis pada sistem ASTRO yang dimana untuk mengetahui durasi pengosongan baterai (*discharge*) dan efisiensi motor induksi (kipas). Hasil pengukuran sistem ASTRO pada beban dapat dilihat pada tebel berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Cerah

Kondisi Cerah						
Alat/Beban	*Input*			*Output*		
	V	I	P	V	I	P
Tanpa beban	26 VDC	0,52 A	6,76 W	163 VAC	0 A	0 W
Kipas	26 VDC	1,04 A	13,52 W	163 VAC	0,1 A	10 W

Dari tabel 4.4 menjelaskan tegangan *input* terbaca sebesar 26 VDC, karena baterai mencatu inverter secara hubung simetris, maka tegangan yang digunakan dalam perhitungan adalah 13 VDC. Berdasarkan cara kerja amplifier simetris, proses operasi baterai 26 VDC dilakukan secara bergantian masing-masing 13 VDC untuk mencatu amplifier. Arus *input* yang terbaca adalah 0,52 A untuk tanpa beban dan 1,04 A untuk beban kipas. Nilai daya didapatkan dengan cara perkalian tegangan dan arus. Tegangan yang digunakan adalah 13VDC dikalikan dengan 0,52 A sehingga hasil daya *input* untuk tanpa beban adalah 6,76 W. Daya tersebut dihasilkan karena adanya beban yang dibutuhkan inverter untuk bekerja. Tegangan yang dihasilkan inverter sebesar 163 VAC. Tegangan yang dihasilkan sistem simulasi ini hanya sebesar 163 VAC dikarenakan inverter yang digunakan adalah amplifier kelas AB. Arus output tanpa beabn terbaca sebesar 0 A, dengan demikian daya *output*-nya adalah 0 W. Karena tegangan yang dihasilkan sebesar 163 VAC maka daya *output* yang terbaca pada alat ukur sebesar 10 W. Sedangkan nilai daya inputnya pada saat menggunakan beban kipas adalah 13,52 W. Efisiensi dari sistem ASTRO ini dapat dihitung menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\%$$

$$\eta = \frac{10\ W}{13{,}52\ W} * 100\%$$

$$\eta = 73\%$$

Pada saat menggunakan sistem simulasi ASTRO, efisiensi beban kipas tersebut sebesar 73%. Hasil efisiensi akan digunakan dalam perhitungan durasi pengosongan baterai. Untuk mengetahui durasi pengosongan baterai pada sistem ASTRO ini dapat menggunakan persamaan (3.2).

$$t_{discharge} = \frac{V_{aki} * I_{aki}}{P_{beban}}$$

$$t_{discharge} = \frac{13\ V * 7{,}2\ Ah}{10\ W} = \frac{93{,}6\ Wh}{10\ W} = 9{,}36\ h$$

Durasi pengosongan baterai sebesar 9,36 jam. Hasil tersebut dalam kondisi efisiensi sebesar 100%. Karena kondisi efisiensi pada sistem sebesar 73%, maka 9,36 jam * 73% = 6, 83 jam. Jadi Baterai akan habis dalam pemakaian kurang lebih selama 6 jam.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Pada Beban Kondisi Cuaca Hujan

Kondisi Hujan						
Alat/Beban	*Input*			*Output*		
	V	I	P	V	I	P
Tanpa beban	26 VDC	0,52 A	6,76 W	163 VAC	0 A	0 W
Kipas	26 VDC	1,04 A	13,52 W	163 VAC	0,1 A	10 W

Dari tabel 4.5 dapat terlihat arus *input* pada baterai sebesar 0,52 A, jadi daya dapat dihasilkan dengan mengkalikan tegangan dan arus. Jadi daya yang dihasilkan sebesar 6,76 W. Pada saat tanpa beban, energi baterai telah digunakan sebesar 0,52 A yang dimana energi tersebut dibutuhkan untuk inverter. Tegangan yang dihasilkan inverter sebesar 163 VAC. Sama hal seperti hasil pengamatan pada saat kondisi cuaca cerah. Efisiensi dari sistem ASTRO ini dapat dihitung menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100\%$$

$$\eta = \frac{10\ W}{13{,}52\ W} * 100\%$$

$$\eta = 73\%$$

Pada saat menggunakan sistem simulasi ASTRO, efisiensi beban tersebut sebesar 73%. Hasil efisiensi akan digunakan dalam perhitungan durasi pengosongan baterai. Untuk mengetahui durasi pengosongan baterai pada sistem ASTRO ini dapat menggunakan persamaan (3.2).

$$t_{discharge} = \frac{V_{aki} * I_{aki}}{P_{beban}}$$

$$t_{discharge} = \frac{13\ \text{VDC} * 7{,}2\ \text{A}h}{10\ \text{W}} = \frac{93{,}6\ \text{W}h}{10\ \text{W}} = 9{,}36\ h$$

Durasi pengosongan baterai sebesar 9,36 jam. Hasil tersebut dalam kondisi efisiensi sebesar 100%. Karena kondisi efisiensi pada sistem sebesar 73%, maka 9,36 jam * 73% = 6, 83 jam. Jadi Baterai akan habis dalam pemakaian kurang lebih selama 6 jam.

Dari pengamatan yang dilakukan pada dua kondisi cuaca dapat terlihat bahwa daya yang dihasilkan pada saat kondisi hujan sama dengan daya kondisi cuaca saat cerah. Hal ini disebabkan karena sumber energi yang digunakan adalah baterai yang tidak dapat dipengaruhi oleh cuaca. Tidak seperti pengunaan energi dari sumber PLN yang mengalami gangguan atau penurunan tegangan pada saat kondisi cuaca hujan.

4.1.3 Perhitungan Biaya *Payback Period* (PBP)

Dalam sub ini untuk mengetahui durasi lama kembalinya biaya awal yang dikeluarkan sebagai investasi membuat sistem ASTRO (*aerator storage*). Adapun biaya awal yang harus dikeluarkan untuk membeli alat dan bahan sebagai berikut.

Tabel 4.6 Harga alat-alat ASTRO

No	Alat dan Bahan	Harga	Total
1	*Charger* Aki	Rp. 160.000,-	Rp. 160.000,-
2	Baterai VRLA	Rp. 2.650.000,- * 3 buah	Rp. 7.950.000,-
3	Inverter	Rp. 2.824.468,-	Rp. 2.824.468,-
4	Relay ATS	Rp. 25.000,-	Rp. 25.000,-
	Total Biaya		Rp. 10.959.468,-

Tabel 4.6 menerangkan tentang biaya awal untuk merancang sistem ASTRO. Pendapatan petani tambak dalam sekali panen jika menggunakan sistem lama yaitu menggunakan mesin diesel untuk menggerakkan kincir air sebesar enam juta rupiah. Namun jika penambak menggunakan energi listrik dari PLN dapat menurunkan biaya operasional untuk membeli bahan bakar. Penambak dapat menekan biaya opesional sebesar 50% jika menggunakan sistem listrik

dari PLN. Untuk sekali panen membutuhkan waktu selama 3 bulan. Untuk menghitung berapa lama kembalinya biaya awal yang digunakan untuk membuat sistem ASTRO dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6).

$$\text{PBP} = \frac{\text{Investasi(modal awal)}}{\text{keuntungan(pendapatan)}}$$

$$\text{PBP} = \frac{\text{Rp. } 10.959.468}{\text{Rp. } 3.000.000}$$

$$\text{PBP} = 3{,}6531$$

PBP yang dihasilkan sebesar 3,6531 atau dapat dibulatkan menjadi 4 kali panen. Jadi untuk mengembalikan biaya awal yang digunakan membeli alat-alat tersebut memerlukan waktu selama 12 bulan atau 1 tahun.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem simulasi mini ASTRO yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil efisiensi dari sistem simulasi mini ASTRO lebih rendah dari efisiensi acuan, karena tegangan yang dihasilkan oleh inverter hanya mampu sebesar 163 Volt.
2. Sistem simulasi mini ASTRO dapat bekerja secara efektif karena jumlah energi yang tersimpan lebih banyak dari pada energi *output* atau energi yang dibutuhkan beban (kipas) untuk bekerja.
3. Sistem simulasi mini ASTRO bekerja dengan baik pada saat terjadi pemadaman PLN.
4. Dalam pembuatan sistem ASTRO membutuhkan biaya yang cukup mahal, namun biaya tersebut dapat kembali selama 4 kali panen dalam waktu 1 tahun.
5. Sistem listrik PLN dapat mengurangi biaya operasional sebesar 50% dibandingkan menggunakan sistem mesin diesel.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang diberikan adalah :

1. Perancangan yang digunakan masih menggunakan spesifikasi yang kurang, seperti inverter yang digunakan adalah rakitan dari amplifier dan transformasi *step up*, jadi disarankan menggunakan inverter yang bagus.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Fiyanti, "Sistem Otomasi Kincir Air Untuk Respirasi Udang Tambak Menggunakan Sensor Dissolved Oxygen (DO)," *Skripsi*, 2017.

[2] A. G. Arsaf and I. Hasyimrosma, "Rancang Bangun Aerator Menggunakan Penggerak Motor Satu Fasa dan Sistem Otomatisasi Berbasis Smart Relay," *J. FTEKNIK*, vol. 5, 2018.

[3] C. E. Boyd and F. Lichtkoppler, "Water Quality Management in pond fish culture Research and Development Series," *Int. Cent. Aquac.*, vol. 22, no. 22, 1979.

[4] S. Rosmawati, "Pengaruh Modifikasi Aerator kincir Tipe Pedal Lengkung Pada Peningkatan Kadar Oksigen Air," *Skripsi*, 2009.

[5] D. Wicaksono, "Rancang Bangun Catu Daya Tegangan Tinggi AC Dengan Mode Switching," *Skripsi*, 2016.

[6] B. Erwanda, "Rancang Bangun Transformator Step Up 220 V / 5 KV. 0, 5 A. 50Hz.," *Skripsi*, 2016.

[7] H. Berahim, "Pengantar Teknik Tenaga Listrik," in *Buku*, Pertama., Yogyakarta: ANDI OFFSET, 1991.

[8] U. Hasan, "Sistem Charging Baterai Pada Perancangan Mobil Hybrid," *J. Politek. Elektron. Negeri Surabaya*, pp. 1–9, 2017.

[9] S. Hidayatullah, "Sistem Monitoring Baterai Mobil Listrik," *Skripsi*, 2016.

[10] B. D. Bangun, "Rancang Bangun Inverter Sinus Murni DC ke AC Berdaya Rendah Berbasis Mikrokontroller Atmega328," *Skripsi*, 2017.

[11] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 3, pp. 87–94, 2017.

[12] G. Adedokun, J. A. Oladosu, R. O. Amuge, and A. A. Baruwa, "Development of an Intelligent Automatic Transfer Switch for Single Phase Electrical," *Int. J. Eng.*, vol. 1, no. February, pp. 1–6, 2016.

[13] A. F. Agbetuyi, A. A. Adewale, J. O. Ogunluyi, and D. S. Ogunleye, "Design and Construction of an Automatic Transfer Switch for a Single Phase Power Generator," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 2, no. May, pp. 1–8, 2011.

[14] J. X. L. Yasuha and M. Saifi, "Analisis Kelayakan Investasi Atas Rencana Penambahan Aktiva Tetap," *J. Adm. Bisnis*, vol. 46, no. 1, 2017.

[15] P. Selvam and N. Punitavati, "A Fundamental Study On Long-term Investment Decision," *Int. J. Manag. Res. Rev.*, vol. 2, no. 1, 2012.

[16] M. K. Al-Ani, "A Strategic Framework to Use Payback Period (PBP) in Evaluating the Capital Budgeting in Energy and Oil and Gas Sectors in Oman," *Int. J. Econ. Financ. Issues*, vol. 5, no. 2, pp. 469–475, 2015.

[17] D. Purnatiyo, "Analisis Kelayakan Investasi Alat DNA Real Time Thermal Cycler (RT-PCR) Untuk Pengujian Gelatin," *J. PASTI*, vol. VIII, no. 2, pp. 212–226, 2016.

LAMPIRAN

Gambar Alat Simulasi mini *Aerator Storage* (ASTRO)



