

**PENEREPAN SISTEM KONTROL PADA SISTEM *FOGPONIC*  
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN PAKCOY  
(*Brassica rapa subsp. Chinensis*)**

**NUR ARMY PRANATASARI**

**G041 18 1304**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**PENERAPAN SISTEM KONTROL PADA SISTEM *FOGPONIC*  
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN PAKCOY  
(*Brassica rapa subsp. Chinensis*)**



**Nur Army Pranatasari**

**G041 18 1304**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN SISTEM KONTROL PADA SISTEM *FOGPONIC* DENGAN  
MENGUNAKAN TANAMAN PAKCOY  
(*Brassica rapa subsp. Chinensis*)**

**Disusun dan diajukan oleh  
NUR ARMY PRANATASARI  
G041 18 1304**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

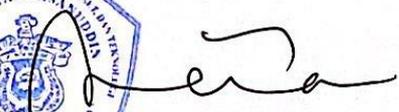
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
**Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si.**  
NIP. 19821209 201212 1 004

  
**Dr. Suhardi, S.TP., M.P.**  
NIP. 19710810 200502 1 003

Ketua Program Studi  
Teknik Pertanian

  
  
**Diyah Yumeina RD, S.TP., M.Agr., Ph.D.**  
NIP. 19810129 200912 2 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Army Pranatasari  
NIM : G041 18 1304  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Penerapan Sistem Kontrol Pada Sistem *Fogponic* Dengan Menggunakan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa subsp. Chinensis*) adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 29 November 2022

Yang Menyatakan,



Nur Army Pranatasari

## ABSTRAK

NUR ARMY PRANATASARI (G041 18 1304). Penerapan Sistem Kontrol Pada Sistem *Fogponic* Dengan Menggunakan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa subsp. Chinensis*). Pembimbing: ABDUL AZIS dan SUHARDI.

Kendala yang ada pada lahan pertanian yaitu terbatasnya luas lahan yang dapat ditanami, terutama di daerah perkotaan yang sistem pembangunannya berkembang pesat membuat para petani harus memikirkan solusi agar kegiatan bercocok tanam tetap dapat dilakukan. Seiring berkembangnya teknologi yang semakin canggih demikian juga dengan cara bercocok tanam yang semakin *modern* seperti teknik penanaman tanpa menggunakan media tanam tanah (*soiless*). *Fogponic* sebagai salah satu teknik penanaman *soiless*, *fogponic* menggunakan suspensi air yang diperkaya nutrisi untuk mengantarkan nutrisi dan oksigen ke akar tanaman dengan sistem pengabutan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem *fogponic* yang dilengkapi sistem kontrol. Metode penelitian dimulai dari perancangan sistem, perancangan *hardware* dan *software*, pemrograman Arduino IDE dengan membuat kaidah program. Kemudian, dilakukan serangkaian pengujian dengan menggunakan tanaman pakcoy. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengontrol sistem *fogponic*. Hal ini ditunjukkan dari RH stabil, *settling time* pendek, tidak terjadi *overshoot* dan *error steady state* 0%. Efisiensi dari sistem *fogponic* dapat dilihat dari penggunaan air yang berkurang hingga 96% dan penggunaan energi listrik pada *fogponic* sebesar 5,112 kWh. Kesimpulan dari penelitian bahwa sistem kontrol pada sistem *fogponic* telah berjalan sesuai dengan kaidah yang diberikan serta sistem telah mampu mengontrol kelembaban udara dengan stabil.

**Kata Kunci:** *Fogponic*, Kontrol sistem, Pakcoy

## **ABSTRACT**

NUR ARMY PRANATASARI (G041 18 1304). “Application of Control System on Fogponic System Using Pakcoy Plants (*Brassica rapa subsp. Chinensis*)”. Supervised by: ABDUL AZIS and SUHARDI.

*The constraints on agricultural land, namely the limited area of land that can be planted, especially in urban areas where the development system is growing rapidly, make farmers have to think of solutions so that farming activities can still be carried out. Along with the development of increasingly sophisticated technology as well as increasingly modern farming methods such as planting techniques without using soil (soiless) planting media. Fogponic as a soilless planting technique, fogponic uses nutrient-enriched water suspension to deliver nutrients and oxygen to plant roots with a fogging system. This study aims to produce a fogponic system equipped with a control system. The research method starts from system design, hardware and software design, Arduino IDE programming by making program rules. Then, a series of tests were carried out using the pakcoy plant. The results of this study indicate that the application of the control system has a very good performance in controlling the fogponic system. This is shown from the stable RH, short settling time, no overshoot and 0% steady state error. The efficiency of the fogponic system can be seen from the use of water which is reduced by up to 96% and the use of electrical energy in the fogponic of 5.112 kWh. The conclusion from the research is that the control system on the fogponic system has been running according to the rules given and the system has been able to control the air humidity stably.*

**Keywords:** Fogponic, Control system, Pakcoy

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul Penerapan Sistem Kontrol Pada Sistem *Fogponic* Dengan Menggunakan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa subsp. Chinensis*). Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa-doa serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **A. Amiruddin**, Ibunda **Mukminati** dan Adek terkasih **A. Nurul Haq Arma Prasetyo** dan **A. Try Suci Ramdhani** atas setiap doa tulus yang senantiasa dipanjatkan baik dalam sehat maupun sakit, nasehat, motivasi, bantuan dana serta dukungan dan pengorbanan keringat yang diberikan kepada penulis mulai dari hal kecil hingga sampai kepada tahap ini.
2. **Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si, Dr. Suhardi, S.TP., M.P.** dan **Dr. Ir. Abdul Waris, M.T.** selaku dosen pembimbing yang meluangkan banyak waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk, motivasi dan segala arahan yang telah diberikan dari tahap penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. **Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng.** dan **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritikan dan ilmunya kepada penulis agar skripsi ini menjadi lebih baik.
4. **Muh. Naufal Zahran** yang telah banyak memberi masukan, motivasi dan bantuan dalam proses pelaksanaan penelitian dan pembuatan skripsi ini.
5. **Sermani Hidroponik** yang telah banyak membantu selama penelitian ini berlangsung.

Semoga segala kebaikan mereka akan berbalik ke mereka sendiri dan semoga Allah SWT. senantiasa membalas segala kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 29 November 2022

Nur Army Pranatasari

## RIWAYAT HIDUP



**Nur Army Pranatasari**, lahir di Pinrang pada tanggal 21 Juni 2000, anak Sulung dari tiga bersaudara pasangan bapak A. Amiruddin dan Ibu Mukminati. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SD Negeri 71 Parepare, pada tahun 2006 sampai tahun 2012.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 10 Parepare pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Parepare, pada tahun 2015 sampai tahun 2018.
4. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2018 sampai tahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam bidang akademik ditunjukkan dengan mengikuti berbagai seminar dan menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Teknik Instrumentasi, Listrik dan Elektrifikasi Pertanian, Hidrologi Teknik, Mekanika Fluida, Alat dan Mesin Pertanian dan Tenaga Pertanian. Penulis juga aktif menjadi Koordinator asisten pada mata kuliah Praktikum Listrik dan Elektrifikasi Pertanian di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club* (AESC). Selain itu, penulis juga tergabung dalam organisasi kampus sebagai Pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA-UH).

## DAFTAR ISI

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL.....                                    | i                                   |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| ABSTRAK.....  | v                                   |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                 | vi                                  |
| PERSANTUNAN .....                                     | vii                                 |
| RIWAYAT HIDUP.....                                    | viii                                |
| DAFTAR ISI.....                                       | ix                                  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                   | xi                                  |
| DAFTAR TABEL.....                                     | xii                                 |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                  | xiii                                |
| 1. PENDAHULUAN  |                                     |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                             | 2                                   |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                            | 2                                   |
| 1.4 Batasan Masalah.....                              | 2                                   |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA                                   |                                     |
| 2.1 <i>Fogponic</i> .....                             | 3                                   |
| 2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman..... | 4                                   |
| 2.3 Sistem Kontrol.....                               | 7                                   |
| 2.4 Sistem Pakar ( <i>Expert System</i> ).....        | 7                                   |
| 2.5 Mikrokontroler .....                              | 8                                   |
| 2.6 Aktuator.....                                     | 9                                   |
| 2.7 Sensor .....                                      | 9                                   |
| 2.8 Tanaman Pakcoy .....                              | 10                                  |
| 2.9 <i>Fogger</i> .....                               | 11                                  |
| 3. METODE PENELITIAN                                  |                                     |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                            | 12                                  |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                              | 12                                  |
| 3.3 Prosedur Penelitian.....                          | 12                                  |

|   |    |
|---|----|
| 3.4 Diagram Alir .....                              | 16 |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN                             |    |
| 4.1 Deskripsi <i>Fogponic</i> Hasil Rancangan ..... | 17 |
| 4.2 Uji Fungsional .....                            | 18 |
| 4.3 Uji Kinerja Sistem.....                         | 20 |
| 5. PENUTUP  |    |
| 5.1 Kesimpulan.....                                 | 24 |
| 5.2 Saran.....                                      | 24 |
| DAFTAR PUSTAKA                                      |    |
| LAMPIRAN  |    |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1. Sistem desain <i>fogponic</i> .....                                      | 4  |
| Gambar 2. Sistem kontrol <i>loop</i> tertutup ( <i>close loop</i> ).....           | 7  |
| Gambar 3. Konsep dasar sistem fungsi pakar .....                                   | 8  |
| Gambar 4. <i>Fogger</i> .....  | 11 |
| Gambar 5. Diagram blok mikrokontroler dari sistem kontrol.....                     | 13 |
| Gambar 6. Diagram alir prosedur penelitian.....                                    | 16 |
| Gambar 7. Hasil rancangan sistem <i>fogponic</i> .....                             | 17 |
| Gambar 8. Sketsa tampilan dalam sistem <i>fogponic</i> .....                       | 18 |
| Gambar 9. Grafik perubahan kelembaban udara uji fungsi sistem kontrol.....         | 19 |
| Gambar 10. Grafik perubahan suhu dan kelembaban udara sistem <i>fogponic</i> ..... | 21 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Spesifikasi sensor DHT11.....  | 10 |
| Tabel 2. Data hasil pengujian pertumbuhan tanaman pakcoy sistem <i>fogponic</i> dan sistem hidroponik ..... | 22 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Uji Fungsi Sistem<br><i>Fogponic</i> .....      | 27 |
| Lampiran 2. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Uji Kinerja Sistem<br><i>Fogponic</i> .....     | 29 |
| Lampiran 3. Hasil Pengukuran Daya dan Energi Listrik Pada Sistem <i>Fogponic</i> .                     | 32 |
| Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi Penggunaan Air <i>Fogponic</i> .....                                 | 33 |
| Lampiran 5. Perhitungan Efisiensi Penggunaan Air Hidroponik.....                                       | 33 |
| Lampiran 6. Biaya Instalasi, Energi Listrik dan Biaya Operasional Sistem<br><i>Fogponic</i> .....      | 34 |
| Lampiran 7. Perkiraan Biaya Instalasi, Energi Listrik dan Biaya Operasional<br>Sistem Hidroponik ..... | 35 |
| Lampiran 8. Uji Pertumbuhan Tanaman Pakcoy Nauli F1 .....  | 36 |
| Lampiran 9. Kaidah Program Untuk Kontrol RH.....   | 39 |
| Lampiran 10. Pengujian Posisi <i>Fogger</i> .....  | 43 |
| Lampiran 11. Rangkaian Sistem .....  | 44 |
| Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....   | 46 |

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia adalah tumbuhan. Selain merupakan sumber pokok utama bagi manusia, tumbuhan juga menjadi sumber kehidupan utama bagi keberlangsungan makhluk hidup lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan hidup serta meningkatkan perekonomian sehingga akan mendapatkan penghidupan yang layak, maka perlu dilakukan kegiatan budidaya tanaman pangan. Namun, kendala yang ada pada lahan pertanian yaitu terbatasnya luas lahan yang dapat ditanami, terutama di daerah perkotaan yang sistem pembangunannya berkembang pesat membuat para petani harus memikirkan solusi agar kegiatan bercocok tanam tetap dapat dilakukan. Seiring berkembangnya teknologi yang semakin canggih demikian juga dengan cara bercocok tanam yang semakin *modern* seperti teknik penanaman tanpa menggunakan media tanam tanah (*soiless*).

*Fogponic* sebagai salah satu teknik penanaman *soiless* yang menggunakan suspensi air yang diperkaya nutrisi untuk menghantarkan nutrisi dan oksigen ke akar tanaman dengan sistem pengabutan. Beberapa kelebihan pada sistem *fogponic* yaitu penyerapan oksigen (O<sub>2</sub>) yang lebih baik, penggunaan air lebih minim dan efisien serta tahan terhadap kondisi lingkungan. Sentuhan teknologi yang dikombinasikan dengan metode cocok tanam pada sistem *fogponic* ini yaitu dengan menerapkan sistem kontrol pada sistem pengabut. Untuk menghasilkan produksi tanaman yang lebih baik penting dilakukan pengontrolan pada sistem *fogponic*, agar kelembaban udara yang dihasilkan dalam bak *fogponic* tidak bervariasi sehingga suspensi air yang dihasilkan dapat stabil melalui pemanfaatan kontrol dan menunjang pertumbuhan tanaman. Metode sistem kabut ini menggunakan kabut untuk menghidrasi dan mengangkut mineral dan nutrisi penting ke akar tanaman yang tersuspensi di udara dengan oksigen yang cukup dan kelembaban yang terus-menerus dipasok ke tanaman.

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukanlah penelitian tentang penerapan sistem kendali pada sistem *fogponic*. Untuk dapat menghasilkan sistem penanaman *modern* yang lebih efisien dibanding pertanian konvensional dan diharapkan dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian permasalahan dari latar belakang di atas maka disusunlah rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk sistem *fogponic* yang dilengkapi dengan sistem kendali?
2. Bagaimana kaidah kontrol sehingga suspensi air dapat stabil?
3. Bagaimana kinerja sistem *fogponic* yang dilengkapi dengan sistem kendali?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem *fogponic* yang dilengkapi dengan sistem kontrol.

Kegunaan penelitian adalah sebagai informasi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat tani dan dapat menjadi model dalam pengembangan usaha tanaman *fogponic* melalui pemanfaatan teknologi kontrol dalam peningkatan produktivitas pertanian.

## **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki batasan-batasan masalah dalam perancangan dan pelaksanaannya, batasan masalah-masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sistem kendali didasarkan pada kelembaban udara (RH) disekitar perakaran tanaman.
2. Metode kontrol yang digunakan adalah *expert*.
3. Menggunakan tanaman pakcoy.

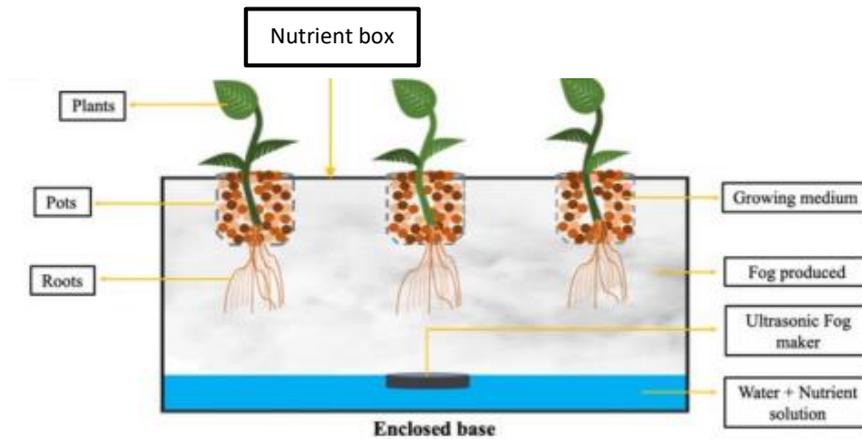
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Fogponic*

*Fogponic* merupakan metode tanam yang dikembangkan dari metode aeroponik. Cara kerja *fogponic* dan aeroponik hampir sama hanya saja berbeda dengan cara penerapannya, dimana pada sistem *fogponic* menggunakan kabut untuk menghidrasi, mengangkut mineral dan nutrisi penting ke akar tanaman yang tersuspensi di udara dengan oksigenasi yang cukup dan kelembaban yang terus-menerus dipasok ke tanaman. Sedangkan pada sistem aeroponik, akar tanaman dibiarkan menggantung di udara dan air tanaman diberikan larutan hara lalu disemburkan ke akar tanaman menggunakan penyemprot *nozzle* yang menghasilkan partikel air untuk memberikan nutrisi ke akar tanaman (Uddin & Suliaman, 2021)

Sistem *fogponic* salah satu metode budidaya tanaman yang efisien untuk pemanfaatan sumber daya air, penggunaan nutrisi dan biaya instalasi yang lebih rendah dibandingkan sistem pertanian yang hemat air lainnya. *Fogponic* dalam penerapannya sangat mudah, karena itu menghemat air. Metode *fogponic* ini cenderung ke praktik pertanian organik dengan harga yang lebih baik daripada pertanian anorganik. Hasil produksi dari *fogponic* aman dan bebas dari penggunaan pestisida dalam jumlah besar, sehingga menghasilkan produksi dengan cara yang ekonomis (Venkatesh, 2020).

*Fogponic* menjadi solusi dari permasalahan bercocok tanam akibat ketersediaan lahan serta menjadi metode bercocok tanam yang efisien dalam menghadapi penggunaan lahan yang semakin terbatas saat ini. Sistem *fogponic* salah satu kelebihanannya yaitu efisien dalam penggunaan air, dimana hanya menggunakan 10% air dibandingkan dengan pertanian konvensional. *Fogponic* merupakan revolusi baru dan lompatan teknologi dalam teknik penanaman tanpa media tanam tanah (*soiless*) dimana nutrisi tanaman dalam bentuk kabut. Teknik penanaman *soiless* diantaranya adalah hidroponik, aeroponik, *fogponic* dan *aquaponic* (Intan, Nurimansyah, Adam, & Marausna, 2020).



Gambar 1. Sistem desain *fogponic*  
(Sumber: Udin dan Suliaman, 2021)

## 2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal merupakan faktor yang berasal dari tanaman itu sendiri atau yang terdapat pada benih tanaman seperti gen dan hormon. Sedangkan, faktor eksternal adalah faktor yang ada di luar benih atau tanaman seperti nutrisi, cahaya matahari, suhu, kelembaban dan pH (Darmawan, Yusuf, & Syahrudin, 2015).

### 2.2.1 Nutrisi

Nutrisi dapat diartikan sebagai proses untuk mendapatkan nutrisi. Sedangkan, nutrisi diperlukan sebagai zat-zat untuk keberlangsungan hidup. Untuk keperluan hidupnya tumbuhan memerlukan *nutrient* berupa air dan mineral. Kuantitas dan kualitas nutrisi akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Melalui proses fotosintesis yang mengubah air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi zat makanan tumbuhan akan memperoleh nutrisi dan energi untuk kelangsungan hidup (Darmawan, Yusuf, & Syahrudin, 2015).

### 2.2.2 Cahaya Matahari

Pada tahapan proses fotosintesis ada dua tahapan reaksi yang terjadi yaitu reaksi *light dependent* dan siklus Calvin, dimana kedua reaksi tersebut akan melakukan proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari sebagai sumber energi utama

yang diserap oleh daun sebesar 1-5%, sisanya dikeluarkan melalui proses transpirasi. Reaksi *light dependent* atau reaksi terang yang terjadi di tilakoid dan siklus Calvin yang terjadi di stroma. Faktor intensitas cahaya sangat berpengaruh pada LDR (*Light Dependent Reaction*) dan LIR (*Light Independent Reaction*) fotosintesis suatu tanaman, hal tersebut diperlukan untuk mendapatkan proses fotosintesis yang efisien sehingga tanaman perlu melakukan penyesuaian terhadap intensitas cahaya yang diterima (Yustiningsih, 2019).

### 2.2.3 Kelembaban Udara (*Humidity*)

Banyaknya uap air yang terkandung di udara biasanya dihasilkan dari air tanah yang berasal dari penguapan tumbuhan yang akan membentuk uap air atau penguapan air yang ada dipermukaan bumi. RH (*Relative Humidity*) menjadi salah satu indikator penting dalam pertumbuhan tanaman selain faktor nutrisi, cahaya matahari dan lainnya. Kelembaban yang optimum untuk tumbuhan berkisar 70-95%. Jika kelembaban udara terlalu rendah atau kering, maka tumbuhan akan kekurangan air untuk melangsungkan proses fotosintesis. Kelembaban yang tidak sesuai, menyebabkan stomata pada tanaman akan tertutup dan penyerapan O<sub>2</sub> terganggu. Kelembaban di lingkungan tempat tumbuh tanaman sangat bervariasi dan terkadang tidak sesuai dengan syarat pertumbuhan ideal tanaman. Untuk menghasilkan produksi tanaman yang baik penting dilakukan pengontrolan kelembaban dengan menggunakan sistem tanam *fogponic* (Friadi & Junadhi, 2019).

### 2.2.4 Suhu Udara (*Temperature*)

Suhu udara (*temperature*) adalah keadaan udara pada waktu dan tempat tertentu. Celcius (C), Fahrenheit (F) dan Reamur (R) merupakan satuan derajat yang digunakan untuk mengukur temperatur udara yang ada. Suhu berpengaruh penting dalam proses fisiologis tanaman seperti pembentukan primordia bunga. Untuk tanaman hortikultura seperti sawi, pakcoy dan selada dalam pertumbuhannya membutuhkan suhu yang optimal. Adapun suhu optimal yang dimaksud adalah suhu kerdinal dimana dalam suhu kerdinal sudah meliputi suhu optimum, suhu maksimum dan suhu minimum, dimana tumbuhan memiliki suhu optimum antara 10-38 °C. Untuk suhu pertumbuhan ketika fase vegetatif berkisar 21-27 °C, sedangkan untuk fase generatif berkisar 16-23 °C. Suhu yang terlalu ekstrim atau

di bawah batas maksimum akan berpengaruh buruk untuk tanaman, karena suhu yang tinggi dapat merusak enzim pada tanaman sehingga proses metabolisme tidak berjalan dengan baik. Sedangkan, untuk tanaman yang berada di suhu rendah akan menyebabkan proses metabolisme terhenti, karena enzim pada tanaman tidak aktif (Maharani, Sutan, & Arimurti, 2018).

#### 2.2.5 pH (*Power of Hydrogen*)

pH (*Power of Hydrogen*) merupakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu zat yang diukur dengan skala dari 1 hingga 14. Pengukuran biasanya menggunakan kertas lakmus untuk menentukan apakah kondisi tanah dalam keadaan asam atau basa, untuk larutan yang netral akan memiliki pH =7 dan untuk larutan asam akan memiliki pH kurang dari 7, sedangkan untuk larutan basa memiliki pH > 7. Kisaran optimal pH agar tanaman dapat tumbuh dengan baik berada pada konsentrasi pH 5,5–6,6 dan 6,5 (Aulia, 2017).

#### 2.2.6 Hormon

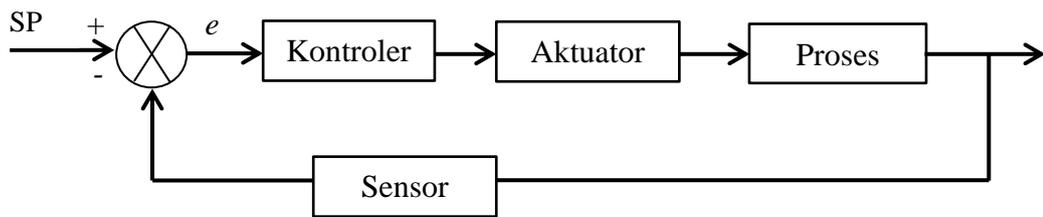
Hormon pada tumbuhan sangat berperan penting dalam mengendalikan berbagai fungsi seperti mengatur proses metabolisme. Salah satu hormon yang dimiliki tumbuhan dan sangat mempengaruhi laju pertumbuhan suatu bagian tertentu pada tumbuhan adalah hormon fitohormon. Kondisi hormon ketika berada pada konsentrasi yang rendah akan menimbulkan efek fisiologis, efek tersebut muncul akibat adanya proses perkembangan pada tumbuhan. Hormon pada tumbuhan seperti hormon auksin, sitokinin, giberelin, etilen dan asam absisat berperan penting sebagai regulator pertumbuhan yang sangat esensial (Yustiningsih, 2019).

#### 2.2.7 Gen

Gen merupakan faktor penting dalam peran pewarisan sifat yang diturunkan dari induk ke generasi selanjutnya. Gen pada tanaman sangat mempengaruhi ciri dan sifatnya tanaman seperti, warna bunga yang muncul, tinggi tumbuhan, rasa buah dan ukuran buah. Ketika tumbuhan memiliki gen yang baik maka proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan cepat sesuai dengan periodenya. Dalam hal ini faktor lingkungan juga dapat berpengaruh pada proses perkembangan tumbuh tanaman (Yustiningsih, 2019).

## 2.3 Sistem Kontrol

Salah satu hal yang dapat memudahkan pekerjaan manusia adalah dengan pemanfaatan kaidah sistem kendali atau sistem kontrol di berbagai bidang, salah satunya bidang industri dimana pemanfaatan sistem kontrol sangatlah berperan penting untuk meningkatkan keakuratan, kecepatan, ketepatan dan meningkatkan mutu serta mengurangi biaya produksi. Komponen-komponen yang telah terhubung satu sama lain disebut dengan kaidah kontrol, sehingga sistem yang diharapkan akan memiliki nilai keluaran variabel sesuai dengan yang diinginkan atau yang sudah dirancang (*setting point*). Tujuan tertentu dari suatu sistem kontrol (*control system*) adalah untuk mengendalikan atau mengatur suatu sistem yang ada, adapun bentuk dasar dari suatu sistem kontrol yaitu sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup (Hakim, 2012).



Gambar 2. Sistem kontrol *loop* tertutup (*close loop*)

## 2.4 Sistem Pakar (*Expert System*)

Salah satu metode yang digunakan dalam sistem kontrol adalah sistem pakar, merupakan cabang dari *Artificial Intelligence (AI)* yang telah banyak berkembang di berbagai bidang. Pengetahuan yang dimiliki manusia kemudian akan disimpan dan dipindahkan ke komputer merupakan awal ide dari terbentuknya sistem pakar. Secara umum sistem *expert* mengadopsi pengetahuan manusia dan akan disimpan ke komputer dengan tujuan agar sistem dapat menyelesaikan berbagai permasalahan tertentu dengan meniru kinerja dari para ahli. Sistem *expert* merupakan sistem kontrol *loop* tertutup, dimana nilai  $y$  yang dihasilkan dari proses dan dibandingkan dengan *setting point* kemudian akan didapat nilai *error*. Nilai *error* nantinya akan menjadi umpan balik *input* untuk sistem *expert*. Hasil inferensi akan diteruskan ke aktuator dan dieksekusi dalam sistem. Sistem pakar yang menggunakan kaidah dalam bentuk *IF THEN*. Pada bagian *IF* sebagai *evidence*

(fakta) dan bagian *THEN* sebagai hipotesa atau kesimpulan. Adapun penulisan kaidah *expert* sebagai berikut:

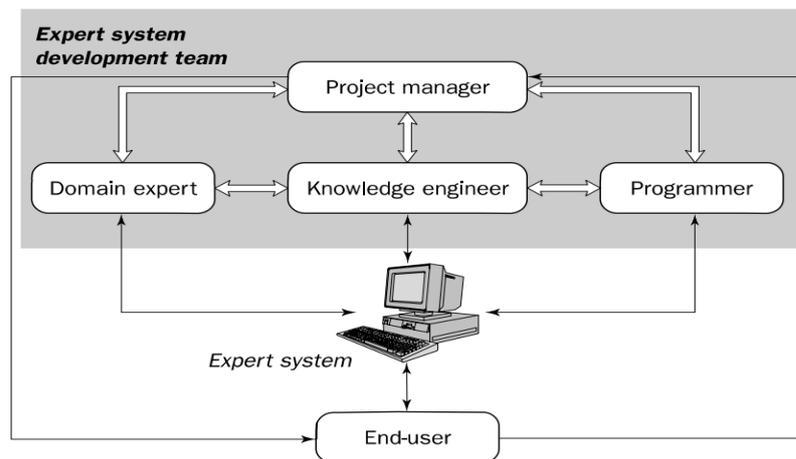
$$IF A THEN B \quad (1)$$

Penulisan kaidah disusun lebih dari satu *evidence* (fakta) yang dihubungkan dengan kata *AND* atau *OR*.

$$IF A_1 AND A_2 AND A_3 \dots \dots AND A_n THEN B \quad (2)$$

$$IF A_1 OR A_2 OR A_3 \dots \dots OR A_n THEN B \quad (3)$$

Sistem pakar terdiri dari dua bagian komponen utama, yaitu *knowledge-base* yang berisi pengetahuan dan mesin inferensi yang menggambar suatu kesimpulan merupakan respon dari sistem pakar atas permintaan pengguna. Pada sistem pakar pengguna akan menyampaikan fakta-fakta atau informasi pada lingkup permasalahan tertentu untuk sistem pakar dan kemudian menerima saran dari pakar atau jawaban ahlinya (Dahria, 2011).



Gambar 3. Konsep dasar sistem fungsi pakar  
(Sumber: Michael Negnevitsky, 2005)

## 2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip *IC (Integrated Circuit)* yang didalamnya sudah terintegrasi sinyal *input* dan *output* yang saling memberi dan menerima sinyal sesuai dengan yang di program. Pada umumnya mikrokontroler adalah komputer dalam satu chip yang di dalamnya terdapat *input* dan *output*, *memory*, *timers* dan *counters*, *ports*, *analog to digital converters*, *interrupt controls*, *oscillatory circuits* dan *serial interfacing ports* (Najmurrakhman, Kusnandar, & Amrulloh, 2017).

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam berbagai rancangan sistem kontrol adalah mikrokontroler berbasis ATmega 328 atau biasa dikenal Arduino UNO yang memiliki 14 *input* dan *output* digital, fungsi *input* dan *output* ini diatur oleh program (6 output untuk PWM (*Pulse Width Modulation*)), 6 analog input, koneksi USB (*Universal Serial Bus*), resonator kristal keramik 16 MHz, pin header ICSP, soket adaptor dan tombol reset. Hal tersebut membuat penggunaan mikrokontroler ATmega 328 menjadi sangat mudah hanya dengan menghubungkan kabel *power supply* pada adaptor AC (*Alternating Current*) ke DC (*Direct Current*) dan baterai (Fathulrohman & Saepuloh, 2018).

## 2.6 Aktuator

Aktuator merupakan penggerak atau pengontrol alat yang digunakan pada mekanisme tertentu, mekanisme baik dalam suatu sistem kontrol atau sistem otomasi di industri. Salah satu aktuator adalah SSR (*Solid State Relay*) merupakan saklar elektromekanik yang biasa digunakan sebagai *device* pengendali. SSR yang dilengkapi dengan SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) dan TRIAC (*Triode Alternating Current*) sebagai semikonduktor yang *modern*, sedangkan *output* transistornya sebagai pengganti saklar kontak mekanik. *Output device* semikonduktor adalah optikal dari penggabungan sumber cahaya LED (*Light Emitting Diode*) yang berada dalam relay. Kelebihan yang dimiliki SSR dibanding relay elektromekanik terletak pada isolasi optik antara *input* dan *output* yang dimilikinya, pada SSR juga jarang terjadi aus dikarenakan SSR tidak mempunyai bagian yang bergerak, SSR juga lebih cepat menghidupkan dan mematikan dibanding relay elektromekanik, SSR aman digunakan dari masalah korosi kontak karena tidak ada pemicu percikan api antar kontak. Sedangkan, kekurangan SSR yaitu biaya pembuatan yang terlalu mahal untuk pembuatan rating arus yang tinggi. Oleh karena itu, banyak pengguna khususnya pada industri dimana penerapan aplikasi-aplikasinya lebih memilih menggunakan relay konvensional (Kustiawan, 2018).

## 2.7 Sensor

Sensor merupakan komponen penting yang banyak dijumpai dalam berbagai peralatan teknologi *modern*. Sensor sering didefinisikan sebagai perangkat yang

menerima dan menganggapi sinyal atau stimulus yang berfungsi memberikan sinyal *input* ke sistem kontrol utama serta digitalisasi pengolahan *output* sensor. Salah satunya sensor DHT11 adalah salah satu sensor kelembaban dan suhu dengan biaya rendah dan banyak digunakan oleh peneliti untuk pencatatan data dasar. DHT11 memiliki dua bagian utama yaitu, sensor kelembaban kapasitif dan thermistor. Sensor terdiri dari *chip* yang mengubah analog ke digital sinyal kemudian diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. DHT11 yang memiliki kualitas pembacaan data yang lebih responsif dan memiliki kecepatan dalam sensing objek serta data yang terbaca tidak mudah terinterferensi menjadikan sensor ini sebagai kelebihan dari modul sensor lainnya. Pada sensor DHT11 terdapat fitur kalibrasi sehingga nilai kelembaban dan suhu dapat terbaca cukup akurat. Adapun kisaran pengukuran dari 10-95% RH dengan akurasi absolut  $\pm 5\%$ , sedangkan akurasi pengukuran suhu  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada suhu 13-50  $^{\circ}\text{C}$  (Shrestha, 2019).

Tabel 1. Spesifikasi sensor DHT11

| Jenis                   | DHT11                           |
|-------------------------|---------------------------------|
| Tipe                    | Sensor Suhu dan Kelembaban      |
| Ukuran                  | 15.5 x 12 x 5.5 mm (p x l x t)  |
| <i>Range tempt</i>      | [13-50] $^{\circ}\text{C}$      |
| <i>Range RH</i>         | [10-95] % RH                    |
| <i>Akurasi tempt</i>    | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| <i>Akurasi RH</i>       | $\pm 5\%$                       |
| Tegangan                | 3,3–5 V                         |
| Arus                    | 2.5 Ma                          |
| <i>RH response time</i> | 1 Hz (setiap detik)             |

Sumber: *Electronic Wings*, (2022)

## 2.8 Tanaman Pakcoy

Tanaman pakcoy salah satu tanaman sayuran dengan nama latin *Brassica rapa subsp. Chinensis* dan masih satu genus dengan tanaman sawi. Komoditas perkebunan dan pertanian seperti pakcoy di Indonesia masih kurang dengan kendala keterbatasan lahan yang digunakan untuk menanam, sedangkan pakcoy sendiri memiliki banyak kandungan gizi yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh, nilai ekonomis yang tinggi, dapat tumbuh di daerah dataran manapun dan juga minat masyarakat terhadap permintaan sayuran ini sangatlah tinggi seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Oleh karena itu, penggunaan sistem *fogponic*

diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman pakcoy. Untuk budidaya tanaman pakcoy banyak hal yang perlu diperhatikan agar produktivitas hasil panen yang didapatkan baik. Tanaman pakcoy hanya bisa dipanen sekali dalam satu musim tanam, tanaman pakcoy dapat dipanen 40-50 hari setelah tanam (apabila ditanam dari benih) atau 25-30 hari setelah tanam (apabila ditanam dari bibit). Budidaya pakcoy dapat cepat tumbuh di daerah yang sejuk, iklim dengan suhu 15-30 °C, kelembaban udara yang sesuai dengan pertumbuhan pakcoy berkisar 80-95%, cukup terkena sinar matahari, jumlah curah hujan yang didapatkan lebih dari 200 mm/bulan sehingga tanaman ini dapat tumbuh baik pada dataran rendah (Sipayung, Meriaty, & Alfaryzy, 2021).

## 2.9 Fogger

*Fogger* adalah alat untuk menghasilkan kabut yang praktis dan mudah digunakan. *Fogger* yang terdiri dari perangkat semprotan air, bagian penghubung dan sirkit atomisasi kekuatan kabut memanfaatkan osilasi frekuensi tinggi sehingga *fogger* bisa menghasilkan kabut tebal yang dapat meningkatkan kelembaban udara dan udara segar. Pada *fogger* terdapat sensor tinggi muka air dimana sensor tersebut akan bekerja sesuai dengan tinggi muka air, jika air terlalu rendah maka secara otomatis *fogger* akan dimatikan. Untuk Kedalaman operasi ideal pada *fogger 2*” sampai dengan 4” air, *fogger* akan menghasilkan kabut sekitar 1 lt air dengan waktu 4-5 jam dengan tingkat air 80 ml/h. Komponen *fogger* ada yang dilengkapi dengan 5 LED yang berfungsi untuk mendeteksi *fogger* sudah berjalan dengan baik dan menghasilkan kabut. *Fogger* ditempatkan pada bak dimana larutan nutrisi sudah dituangkan, *fogger* akan tetap menyala dan bekerja selama 24 jam dan ditutup rapat sehingga tidak ada kabut yang keluar dari bak tertutup (Iswahyudi, Anshory, & Jamaaluddin, 2020).



Gambar 4. *Fogger*