

**OTOMATISASI DAN *MONITORING* KELEMBAPAN UDARA
DALAM *GREENHOUSE* UNTUK BUDIDAYA TANAMAN
KAILAN (*Brassica oleraceae L.*)**

**IRFAN ABIDIN
G041 18 1325**



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

2023

**OTOMATISASI DAN *MONITORING* KELEMBAPAN UDARA
DALAM *GREENHOUSE* UNTUK BUDIDAYA TANAMAN
KAILAN (*Brassica oleraceae* L.)**

**Irfan Abidin
G041 18 1325**



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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

OTOMATISASI DAN *MONITORING* KELEMBAPAN UDARA DALAM *GREENHOUSE* UNTUK BUDIDAYA TANAMAN KAILAN (*Brassica* *oleraceae L.*)

Disusun dan diajukan oleh

IRFAN ABIDIN

G041 18 1325

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 03 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP
NIP. 19681007 199303 2 002


Muhammad Tahir Sapsal, S.TP, M.Si
NIP. 19840716 201212 1 002


Ketua Program Studi
Teknik Pertanian
Divan Yuncina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129 200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irfan Abidin
NIM : G041 18 1325
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Otomatisasi dan *Monitoring* Kelembapan Udara dalam Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae L.*) 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, 03 Oktober 2023

Yang Menyatakan,



Irfan Abidin

ABSTRAK

IRFAN ABIDIN (G041 18 1325). Otomatisasi dan Monitoring Kelembapan Udara dalam Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae L.*). Pembimbing: SITTI NUR FARIDAH dan MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Greenhouse merupakan bangunan yang dibentuk untuk melindungi dan merawat tanaman dari berbagai macam cuaca dan hama pada tanaman. Selain itu, *greenhouse* juga berfungsi untuk memanipulasi dan mengendalikan kondisi lingkungan agar kondisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman terpenuhi. Kelembapan udara merupakan salah satu kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan dapat dikendalikan dengan cara pengabutan otomatis sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengabutan dan menjaga kelembapan udara dalam *greenhouse* secara otomatis. Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi bagi masyarakat tani untuk mengendalikan kelembapan udara secara otomatis dalam *greenhouse* melalui pemanfaatan teknologi. Penelitian ini dilakukan dengan perancangan pengabutan otomatis untuk menjaga nilai kelembapan udara tetap konstan. Hasil pengujian sensor menunjukkan nilai kelembapan udara (RH) pada saat tanaman berfotosintesis dengan optimal yaitu pagi sampai sore hari dalam rentang waktu 12 jam berkisar 84,17% dengan *setting point* 80% dan 90%. Dan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga nilai kelembapan udara tetap konstan sesuai dengan *setting point* yang diberikan.

Kata Kunci: *Greenhouse*, Kelembapan udara, Sensor, Sistem kontrol.

ABSTRACT

IRFAN ABIDIN (G041 18 1325). "Humidity Automation and Monitoring in the Greenhouse for the Cultivation of Kailan (*Brassica oleraceae* L.)" Supervisors: SITTI NUR FARIDAH and MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Greenhouse is a building formed to protect and care for plants from various kinds of weather and pests on plants. In addition, greenhouses also function to manipulate and control environmental conditions so that the conditions needed for plant growth are met. Air humidity is one of the environmental conditions that affect plant growth and can be controlled by automatic fogging so that plants can grow optimally. This research aims to produce an atomization system and maintain air humidity in the greenhouse automatically. The use of this research is as an information material for farming communities to control air humidity automatically in greenhouses through the use of technology. This research was carried out by designing automatic fogging to keep the air humidity value constant. The sensor test results show that the air humidity (RH) value when plants photosynthesize optimally, namely morning to evening within a 12 hours period, is around 84.17% with setting points of 80% and 90%. And the test results show that the system can maintain the air humidity value constant according to the given setting point.

Keywords: *Greenhouse, Air humidity, Sensor, Control system.*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya skripsi ini tidak terlepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ayahanda **Konaji** dan Ibunda **Juminten**, selaku orangtua yang telah ikhlas dan sabar dalam memberikan kasih sayang, doa serta dukungan berupa materi mulai awal perkuliahan hingga ke tahap penyelesaian skripsi ini.
2. **Khoimah Sriyanti**, selaku saudara kandung dan **Sony Sudarso, Khayla Alesandra Kirani** selaku keluarga penulis yang telah banyak memberikan dukungan baik berupa doa, motivasi dan materi.
3. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP** dan **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP, M.Si** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran dan kritikan mulai dari tahap pemilihan judul penelitian, penyusunan proposal hingga tahap penyusunan skripsi selesai.
4. **Dr. Abdul Azis, S.TP, M.Si** dan **Dr. Gemala Hardinasinta, S.TP** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritikan dan ilmunya kepada penulis agar skripsi ini menjadi lebih baik.
5. **Istiqamah Ainunnisa, Muhammad Yusuf Arif, Musdalifah Sukma, Bahrum Tilas, St. Nurhidayatullah, Hesron Kiding Pallangan, A. Putri Kusumawardani, Risywar Rasyid, Farhan Qibran**, yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian, memberikan saran, dukungan dan banyak bantuan lainnya dari awal perkuliahan hingga dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis berharap semoga segala kebaikan mereka akan dibalas oleh Allah SWT, dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 03 Oktober 2023

Irfan Abidin

RIWAYAT HIDUP



Irfan Abidin, lahir di Lamongan pada tanggal 3 Oktober 1999, dari pasangan bapak Konaji dan ibu Juminten anak kedua dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SDN Pongtiku 1, pada tahun 2006 sampai tahun 2012.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 4 Makassar pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 4 Makassar, 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 2023.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif menjadi asisten praktikum Gambar Teknik, di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club* (TSC). Selain itu, penulis juga terdaftar sebagai anggota dalam organisasi kampus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA-UH).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
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
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 <i>Greenhouse</i>	3
2.2 Kailan (<i>Brassica oleraceae L.</i>)	3
2.3 Kelembapan Udara.....	4
2.4 Pendinginan Evaporatif.....	4
2.5 <i>Exhaust Fan</i>	5
2.6 Sistem Kontrol.....	5
2.7 Mikrokontroler ESP-WROOM-32.....	6
2.8 Sensor DHT22.....	7
2.9 Uji Sensor DHT22.....	7
3. METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat.....	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Metode Penelitian.....	10

3.3.1 Perancangan Sistem	10
3.3.2 Rancangan Fungsional	11
3.3.3 Perancangan Operasional.....	11
3.3.4 Pengambilan Data	12
3.3.5 Analisis Data	12
3.3.6 Parameter Pengamatan	12
3.4 Diagram Alir	13
4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Deskripsi Hasil Perancangan.....	14
4.1.1 Perancangan Sistem Akuisisi Data.....	14
4.1.2 Perancangan Greenhouse	15
4.2 Uji Fungsional.....	17
4.2.1 Pengujian Sistem Kontrol	17
4.2.2 Pembacaan Data	18
4.3 Pengujian Kelembapan Udara (RH)	19
4.3.1 Pengujian Kelembapan Udara Dalam Ruangan	19
4.3.2 Pengujian Kelembapan Udara Luar Ruangan	21
4.3.3 Perbandingan RH Dalam dan Luar <i>Greenhouse</i>	22
4.4 Kebutuhan Air	23
5 PENUTUP	25
Kesimpulan.....	25
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. ESP32 <i>pinout parts</i>	6
Gambar 2. <i>Module</i> sensor DHT22	7
Gambar 3. Diagram blok sistem kelembapan udara.....	11
Gambar 4. Diagram alir prosedur penelitian	13
Gambar 5. Rancangan komponen sistem akuisisi data	15
Gambar 6. Sketsa tampilan ruangan <i>greenhouse</i>	16
Gambar 7. (a) <i>Exhaust fan</i> , (b) <i>Nozzle</i> dan (c)Sensor DHT22.....	16
Gambar 8. Grafik RH uji fungsi sistem kontrol.....	17
Gambar 9. Tampilan pada website iot.agritech.unhas.ac.id	18
Gambar 10. Tampilan pada IP-Address	18
Gambar 11. Grafik hasil pengujian RH dini hari sampai pagi hari.....	19
Gambar 12. Grafik hasil pengujian RH pagi sampai sore hari.....	20
Gambar 13. Grafik hasil pengujian RH sore sampai malam hari	21
Gambar 14. Grafik hasil pengujian RH luar ruangan.....	22

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil pengujian sensor DHT22.....	8
Tabel 2. Perbandingan RH dalam dan luar <i>greenhouse</i>	23
Tabel 3. Kebutuhan air selama 24 jam	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi ESP32-WROOM-32.....	28
Lampiran 2. Spesifikasi Sensor DHT22.....	28
Lampiran 3. Spesifikasi <i>Exhaust fan</i> Sekai WEF 1090	29
Lampiran 4. Spesifikasi <i>Exhaust fan</i> Panasonic FV-30RUN5.....	29
Lampiran 5. Hasil Pengukuran Kelembapan dalam dan Luar <i>Greenhouse</i>	30
Lampiran 6. <i>Script</i> Pemrograman untuk ESP32-WROOM-32	45
Lampiran 7. Hasil perakitan komponen	59
Lampiran 8. Hasil Pemasangan Alat Sistem Kelembapan Udara.....	60
Lampiran 9. Pemantauan Nilai Sensor	61
Lampiran 10. Kebutuhan Air selama 24 Jam.....	61

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Greenhouse merupakan bangunan yang dibentuk untuk melindungi dan merawat tanaman dari berbagai macam cuaca dan meminimalisir hama pada tanaman yang ada di dalamnya. Dalam proses budidaya, penggunaan *greenhouse* berfungsi untuk memanipulasi dan mengendalikan kondisi lingkungan agar kondisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman terpenuhi (Jannah, 2017). Tetapi, penggunaan *greenhouse* juga sering memiliki kendala terkait kondisi lingkungan yang ada di dalamnya, salah satunya kelembapan udara. Misalnya saat musim kemarau, intensitas radiasi dari matahari sangat terik yang berakibat kelembapan udara semakin berkurang dibanding musim hujan. Hal tersebut, mempengaruhi beberapa jenis tanaman sulit tumbuh secara optimal.

Produksi tanaman dalam *greenhouse* dapat dioptimalkan dengan penerapan teknik budidaya yang baik salah satunya dengan mengoptimalkan proses fotosintesis sehingga energi yang didapatkan untuk pertumbuhan tanaman lebih maksimum. Salah satu cara untuk mengoptimalkan proses fotosintesis yaitu dengan cara memberi kelembapan udara 80-90% (kebutuhan RH tanaman Kailan).

Kelembapan udara mempengaruhi proses fotosintesis pada tanaman. Untuk menghasilkan kelembapan udara penelitian ini menggunakan sistem pengabutan, kelembapan udara yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman dengan melambatnya proses fotosintesis sehingga tanaman menjadi layu dan juga menimbulkan jamur dan penyakit. Sebaliknya, jika kelembapan udara rendah dapat meningkatkan laju transpirasi serta penggunaan air dan zat-zat mineral juga meningkat, otomatis akan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Hal tersebut sesuai dengan pendapat (Sujadi & Nurhidayat, 2019) yang menyatakan bahwa kelembapan udara akan berpengaruh terhadap laju penguapan atau transpirasi tanaman. Jika kelembapan rendah, laju transpirasi meningkat sehingga penyerapan air dan zat-zat mineral juga meningkat.

Oleh sebab itu, pengendalian iklim mikro khususnya kelembapan udara perlu diterapkan dalam *greenhouse* agar kebutuhan tanaman dapat terpenuhi.

Pembudidaya akan kewalahan jika mengatur kelembapan udara secara manual setiap hari. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan sistem otomatis sehingga petani atau pembudidaya tanaman dalam *greenhouse* sudah tidak mengontrol kelembapan udara secara manual.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai “Otomatisasi dan *monitoring* kelembapan udara dalam *greenhouse* untuk budidaya tanaman Kailan (*Brassica oleraceae L.*)”, untuk mengontrol kelembapan udara dalam *greenhouse* sehingga mengoptimalkan pertumbuhan tanaman.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem kontrol pengabutan dan menjaga kelembapan udara dalam *greenhouse* secara otomatis.

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi bagi masyarakat tani untuk mengendalikan kelembapan udara secara otomatis dalam *greenhouse* melalui pemanfaatan teknologi.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki ruang lingkup dalam perancangan dan pelaksanaannya, ruang lingkup tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sistem kendali kelembapan udara (RH) didasarkan pada kebutuhan tanaman kailan yaitu 80-90%.
2. Metode yang digunakan adalah sistem *ON OFF* pada rentang kelembapan yang dibutuhkan tanaman kailan.
3. Dimensi ruangan *greenhouse* 8,25 m³
4. Sistem IoT sudah ada sebelumnya

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Greenhouse*

Greenhouse atau rumah kaca adalah bangunan yang kebanyakan terbuat dari kaca atau plastik. Penutup ini membantu kemampuan rumah kaca sepanjang tahun untuk mempertahankan suhu yang sesuai. Atmosfer rumah kaca mendukung berbagai jenis tanaman, sayuran, bunga, dan buah-buahan karena menawarkan kondisi pertumbuhan yang ideal (Jannah, 2017).

Rumah kaca adalah tempat yang sempurna untuk menanam tanaman karena dapat melindungi tanaman dari berbagai elemen, termasuk hujan dan panas. Hal ini membuat kondisi rumah kaca dapat diubah-ubah agar sesuai dengan kebutuhan hidup tanaman di dalamnya. Perawatan tanaman dapat dilakukan dengan baik di dalam rumah kaca, termasuk mengatur kelembapan udara agar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Serangan hama dan penyakit juga dapat dikurangi (Jannah, 2017).

2.2 Kailan (*Brassica oleraceae* L.)

Tanaman sawi jenis kailan ini (*Brassica oleraceae*) merupakan salah satu sayuran jenis keluarga kubis-kubisan (*Brassicaceae*) dari negara China. Sawi ini masuk ke Indonesia sekitar abad ke 17, namun sayuran jenis Kailan ini cukup populer dan diminati dikalangan orang Indonesia. Sawi ini juga salah satu sayuran daun-daunan, yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan tubuh manusia, antara lain 35.00 kalori, 3 gram protein, 0,4 gram lemak, 6,8 gram karbohidrat, 1,2 gram serat, 230 mg kalsium, 56 mg fosfor, 2 mg zat besi, 135 RE vitamin A, 0,1 mg vitamin B1 (tiamin), 0,13 mg vitamin B2 (riboflavin), 0,4 mg vitamin B3 (niasin), 93 mg vitamin C, dan mineral. Kailan memiliki potensi dan nilai komersial yang signifikan karena rasanya yang enak dan kandungan gizinya, yang membuatnya menjadi salah satu produk pertanian yang banyak diminati (Khaidir *et al.*, 2018).

Salah satu usaha yang dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman Kailan yaitu dengan menanamnya dalam *greenhouse*, memperluas daerah penanaman, penerapan Teknik budidaya yang baik, serta menjaga suhu dan kelembapan pada *greenhouse* untuk mengoptimalkan pertumbuhan sawi kailan.

Agar kelembapan *greenhouse* dapat terjaga maka perlu dilakukan pengontrolan otomatis untuk memudahkan petani agar hasil produksi yang didapatkan maksimal (Khaidir *et al.*, 2018).

Ada beberapa faktor dilingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman jenis kailan yaitu intensitas Cahaya, temperature dan kelembapan udara (Susilowati *et al.*, 2015). Kelembapan udara yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kailan adalah 80-90% (Ninja, Wasi'an, 2012).

2.3 Kelembapan Udara

Kelembapan udara adalah total kandungan uap air yang berada di udara, kelembapan udara akan memepengaruhi terhadap laju penguapan pada tanaman (transpirasi). Jika kelembapan rendah, laju penguapan akan tinggi sehingga terjadi penyerapan nutrisi dan mineral oleh tanaman juga ikut tinggi. Hal tersebut akan memboroskan penggunaan nutrisi untuk masa tumbuh tanaman. Agar syarat tanaman dapat terpenuhi dengan baik, maka diaplikasikanlah kelembapan udara yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan juga tidak banyak terjadi transpirasi sehingga kebutuhan air di daerah tanaman tetap tersedia. Jika kelembapan udara cukup, maka tanaman dapat berfotosintesis dengan optimal (Syadza *et al.*, 2018).

2.4 Pendinginan Evaporatif

Sistem evaporatif adalah salah satu usaha untuk mengendalikan iklim dalam rumah tanaman atau *greenhouse* yang berfungsi agar dapat meningkatkan kelembapan udara (RH) dan juga sekaligus menurunkan suhu udara. Ada 3 jenis sistem pendingin yang dapat diaplikasikan dalam *greenhouse* yaitu sistem *pad-and-fan cooling*, sistem *mist cooling* dan sistem pengabutan. *Fog cooling system* merupakan sebuah system yang berdasar pada droplet yaitu tetesan droplet air yang berukuran kabut dan memiliki ukuran diameter kurang lebih 2-6 mm, yang dikeluarkan dari *nozzle* dengan tekanan tinggi. Di antara *pad-and-fan cooling system*, *Fog cooling system* lebih baik karena menghasilkan kelembapan (RH) dan suhu lebih seragam. Tetapi, *Fog cooling system* punya berbagai kekurangan diantaranya yaitu sering terjadi kemacetan (tidak dapat mengeluarkan droplet) pada *nozzle*, ukuran diameter lubang *nozzle* sangat kecil yaitu 0,1 mm (Furqon *et al.*, 2022).

2.5 Exhaust Fan

Exhaust fan memiliki fungsi untuk menyedot udara di dalam ruang untuk dikeluarkan dan pada waktu yang sama juga memasukkan udara segar diluar ruangan ke dalam. Selain menghisap dan mengeluarkan udara *exhaust fan* juga bisa mengontrol volume udara yang akan disirkulasikan dalam ruangan. Agar tetap bersih udara dalam ruang butuh sirkulasi agar selalu ada pergantian udara secara terus menerus (Simanjuntak *et al.*, 2021).

2.6 Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah komponen-komponen fisik yang terhubung sehingga mampu mengarahkan, merekomendasikan dan memerintah sistem, prinsip dari sistem kontrol yaitu untuk mendefinisikan suatu masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Sistem kontrol merupakan pengendalian ataupun proses pengaturan terhadap berbagai besaran (parameter, variabel) sampai pada suatu kesimpulan harga dalam *range* tertentu. Fungsi dari pengendalian sistem yaitu untuk mendapatkan hasil dari kerja sistem seperti yang diperintahkan, disinilah peran kontrol menjadi bagian penting keberhasilan dalam pengendalian sistem dan juga dengan menghilangkan *error* pada sistem (Amal, 2018).

Pada prinsipnya ada dua jenis sistem kontrol yaitu lup terbuka (*open loop*) dan lup tertutup (*closed loop*). Sistem kontrol lup terbuka adalah sistem pengendalian yang mempunyai ciri khas yaitu nilai *output* tidak memberi pengaruh atau umpan balik pada kerja kontrol. Sistem kontrol ini juga lebih mudah dan simpel dalam perangkaiannya. Namun, apabila gangguan eksternal sistem menjadi tidak stabil maka sistem seringkali terjadi kesalahan. Sedangkan sistem lup tertutup adalah sistem kontrol dengan umpan balik, dimana *output* yang dihasilkan dapat berpengaruh terhadap pengontrolanya. Jika dibandingkan sistem kontrol lup terbuka, diketahui bahwa sistem kontrol lup tertutup lebih rumit, mahal, dan juga sulit dalam pengerjaan rangkaian. Tapi tingkat kestabilannya lebih konstan dan tingkat kesalahannya lebih minim. Hal inilah yang membuat perancang lebih memilih sistem kontrol lup tertutup (Nursyamsi, 2020).

Sistem *close loop* mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:(Yudaningtyas, 2017),

Kelebihan:

- Lebih akurat karena terdapat koreksi terhadap harga kesalahan
- Lebih dapat dipercaya
- Efek sinyal gangguan sangat kecil pengaruhnya
- Respon yang dihasilkan bisa sangat cepat

Kekurangan:

- Lebih kompleks
- Harga yang lebih mahal
- Stabilitas adalah masalah utama, karena keluaran sistem dapat beresilasi
- Biaya perawatan mahal

2.7 Mikrokontroler ESP-WROOM-32

Mikrokontroler merupakan komputer kecil yang dibentuk menyerupai chip dan dalam rangkaian elektronik berfungsi sebagai kontrol serta dapat juga menyimpan program di dalamnya (Nursyamsi, 2020).

ESP32-WROOM-32 ini merupakan sebuah mini mikrokontroler yang punya fitur *Bluetooth* LE dan WiFi. Perangkat ini punya beberapa fitur seperti punya lebih banyak pin analog, *Capacitive touch sensors*, *SD card interface*, *Hall sensors*, *Ethernet*, *UART*, *high-speed SPI*, *I2C* dan *I2S*. Dibandingkan dengan ESP8266 (Hudhajanto *et al.*, 2022).



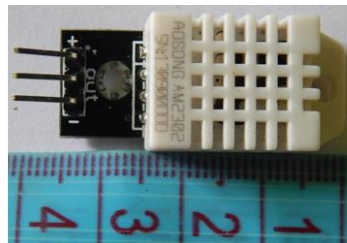
Gambar 1. ESP32 *pinout parts*
(Sumber:Pratama & Kiswantono, 2023)

Memori ESP32 terdiri dari ROM 448 kB, SRAM 520 kB, dua memori RTC 8 kB, dan memori flash 4 MB. Chip ini memiliki 18 pin ADC (12-bit), empat unit SPI, dan dua unit I2C. Keunggulan utama mikrokontroler ini adalah harganya

yang relatif murah, Pemrograman untuk memogram mikrokontroler ESP32 menggunakan perangkat lunak Arduino IDE (Pratama & Kiswantono, 2023).

2.8 Sensor DHT22

Jenis sensor yang digunakan yaitu DHT22. Sensor DHT22 adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan keluaran berupa sinyal digital dan juga memiliki 4 pin yaitu terdiri dari data ground, null, signal dan power supply. Sensor elemennya dibuat dari kapasitor polimer sebagai pengukuran kelembapan udara dan suhu. Rentang pengukuran kelembapan udara yaitu dari 0-100% dan pengukuran pada suhu -40-125°C. Sensor memiliki performa stabil dalam pengukurannya kelembapan udara dan suhu yang lama. Dan mempunyai maksimal jarak antara sensor dan perangkat utama yaitu sejauh 20 m (Rahmatullah, 2014). (Puspasari *et al.*, 2020) Selisih nilai kelembapan udara dan suhu pada sensor DHT22 memberikan hasil sesuai dengan data sheet sensor DHT22 adalah kelembapan udara yang terukur harus memiliki range antara 2-5% dan ± 5 °C untuk nilai suhu.



Gambar 2. *module* sensor DHT22
(Sumber:Rahmatullah, 2014)

Untuk kaki atau pin sensor ini memiliki 4 pin atau kaki, sama dengan sensor yang dimiliki DHT11, tapi yang digunakan hanya 3 pin. Jika berbentuk modul jumlah pin atau kakinya menjadi 3 (Rahmatullah, 2014):

- VCC (+) : *Input (5V)*
- Data : *Output serial*
- GND (-) : *Ground*

2.9 Uji Sensor DHT22

Tujuan pengujian sensor DHT22 untuk melihat keakuratan pembacaan sensor dari besaran perubahan kelembapan udara yang telah di ukur. Pengujian ini dilaksanakan

dengan dibandingkannya hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur Thermohygrometer digital. Pengujian dilakukan dari pukul 08:00 – 16:00 dalam *range* waktu 10 menit sekali dalam waktu satu jam.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor DHT22

No.	waktu pengujian	Rata-rata hasil pengukuran		Penyimpangan (%)	Rata-rata (%)
		DHT22	Thermo hygrometer		
		Kelembapan (%)	Kelembapan (%)		
1	08:00	69,7	68	2,5	
2	08:10	68,9	70	1,57	
3	08:20	67,5	66	2,27	
4	08:30	68,1	67	1,64	1,45
5	08:40	69,3	69	1,43	
6	08:50	68,2	68	0,29	
7	09:00	69	72	4,16	
8	09:10	70,1	71	1,27	
9	09:20	71,6	74	3,24	
10	09:30	70,4	73	3,56	2,55
11	09:40	69	70	1,42	
12	09:50	72,2	71	1,69	
13	10:00	71,3	70	1,85	
14	10:10	71,7	72	0,41	
15	10:20	70,9	67	5,82	
16	10:30	68,9	68	1,32	1,77
17	10:40	67,7	67	0,59	
18	10:50	68,5	69	0,72	
19	11:00	69,5	69	0,72	
20	11:10	70,2	70	0,28	
21	11:20	68,8	66	4,24	
22	11:30	68,2	67	1,79	1,7
23	11:40	69,3	70	1	
24	11:50	67,5	69	2,17	
25	12:00	69,1	71	2,67	
26	12:10	71,3	73	2,32	
27	12:20	72,2	73	1,09	
28	12:30	73,5	74	0,67	1,44
29	12:40	75,9	77	1,42	
30	12:50	75	78	3,84	
31	13:00	74,7	73	2,32	
32	13:10	73,8	71	3,94	
33	13:20	73	72	1,38	
34	13:30	74	76	2,63	2,31
35	13:40	72,4	75	3,46	
36	13:50	71,9	72	0,13	
37	14:00	72,8	77	5,45	
38	14:10	72	75	4	
39	14:20	72,5	76	4,6	3,1
40	14:30	71,3	73	2,32	
41	14:40	70	71	1,4	

Lanjutan Tabel 1

42	14:50	69,4	71	0,85	
43	15:00	72,9	71	2,67	
44	15:10	72,6	70	3,71	
45	15:20	74,7	73	2,32	2,7
46	15:30	73,9	76	2,76	
47	15:40	75,8	78	2,82	
48	15:50	75,5	77	1,94	
Rata-rata Penyimpangan Keseluruhan					2,2

(Sumber: Junaedi et al., 2022)

Berdasarkan pengujian sensor DHT22 yang telah dilakukan, didapatkan rata-rata pembacaan hasil penyimpangan keseluruhan kelembapan udara dari sensor dengan alat thermohygrometer di dapatkan hasil 2,2%. Hal itu menyatakan bahwa sensor DHT22 punya data yang akurat karena data yang dibandingkan tidak jauh dari alat thermohygrometer sebagai pembanding yang memiliki *range* pembacaan kelembapan 5% (Junaedi et al., 2022).