

3.3.4. Perancangan Platform <i>Blynk</i>	32
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	36
4.1. Sistem Kerja Alat Selama Masa Tanam	36
4.2. Perbandingan Laju Pertumbuhan Tanaman Bayam Jepang/Horenso.....	42
4.3. Perbandingan Bobot Masa Panen Bayam Jepang/Horenso.....	48
4.4. Tingkat Kepuasan Pengguna di <i>greenhouse</i> Keboen Umiku	50
BAB V KESIMPULAN.....	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.1. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN 1.....	61
LAMPIRAN II.....	62
LAMPIRAN III	63
LAMPIRAN IV	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Greenhouse Keboen Umiku.....	3
Gambar 2. 1	ESP32 [26].....	14
Gambar 2. 2	RTC DS3231 [28]	15
Gambar 2. 3	DHT22 [30]	16
Gambar 2. 4	Soil Moisture YL-69 [32]	17
Gambar 2. 5	LCD [34].....	17
Gambar 2. 6	Modul Relay [36].....	18
Gambar 3. 1	Blok Diagram Sistem.....	20
Gambar 3. 2	Skematik Rangkaian Sistem	21
Gambar 3. 3	Rangkaian Sistem	23
Gambar 3. 4	Flowchart Sistem	24
Gambar 3. 5	Flowchart Sistem Irigasi	25
Gambar 3. 6	Flowchart Sistem Pengkabutan.....	26
Gambar 3. 7	Flowchart Sistem Pemberian Fertigasi	27
Gambar 3. 8	Flowchart Sistem Pemberian Pestisida.....	28
Gambar 3. 9	Program Pembacaan Sensor Suhu DHT 22	30
Gambar 3. 10	Program Pembacaan Sensor Soil Moisture YL-69	31
Gambar 3. 11	Program Pembacaan RTC DS3231	32
Gambar 3. 12	Perancangan Blynk	33
Gambar 3. 13	Program Mengirim Data ke Blynk	33
Gambar 3. 14	Program Menerima Data dari Blynk.....	34
Gambar 3. 15	Perancangan Aplikasi Blynk di Web.....	35
Gambar 3. 16	Perancangan Aplikasi Blynk di Android.....	35

Gambar 4. 1 Penerapan Sistem.....	36
Gambar 4. 2 Tampilan Aplikasi Monitoring.....	41
Gambar 4. 3 Grafik Rata-rata Tinggi Tanaman	44
Gambar 4. 4 Grafik Rata-rata Jumlah Daun	47
Gambar 4. 5 Bobot Panen Dengan Sistem	50
Gambar 4. 6 Bobot Panen Tanpa Sistem	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rerata Tinggi Tanaman [1]	10
Tabel 2. 2 Rerata Jumlah Daun [1]	10
Tabel 3. 1 Pengkabelan Rangkaian	22
Tabel 4. 1 Pengujian Sistem Selama Masa Tanam	37
Tabel 4. 2 Pengujian Sistem Kendali dan Monitoring IoT	41
Tabel 4. 3 Perbandingan Laju Pertumbuhan Rata-rata Tinggi Tanaman	42
Tabel 4. 4 Perbedaan Laju Pertumbuhan Rata-rata Jumlah Daun	45
Tabel 4. 5 Hasil Bobot Panen	48
Tabel 4. 6 Skala Likert Tingkat Kepentingan [37]	51
Tabel 4. 7 Skala Likert Tingkat Kinerja [37]	51
Tabel 4. 8 Indikator Pertanyaan	52
Tabel 4. 9 Kriteria Tingkat Kepuasan	52
Tabel 4. 10 Tabel Kepentingan	53
Tabel 4. 11 Tabel Kinerja	53
Tabel 4. 12 Tabel CSI	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bayam jepang/horenso (*Spinacia oleracea L.*) merupakan salah satu jenis produk hortikultura sayuran daun introduksi yang masuk ke Indonesia [1]. Bayam jepang/horenso termasuk ke dalam sayuran yang tumbuh pada dataran tinggi dengan umur panen yang cukup singkat [2]. Diperlukan perawatan secara rutin untuk dapat menghasilkan kualitas bayam jepang/horenso, tentunya dibutuhkan pengairan yang baik untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman bayam jepang/horenso.

Irigasi atau pengairan merupakan upaya pemanfaatan sumber daya air dengan tujuan mengairi lahan pertanian secara teratur sesuai dengan kebutuhan [3]. Karena masalah kekurangan atau kelebihan air akan mengganggu proses pertumbuhan tanaman [4]. Dalam mengatasi masalah kekurangan atau kelebihan air dapat dilakukan dengan mengatur sistem irigasi [3]. Sistem irigasi merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pertanian dan budidaya tanaman [3], [5], [6], [7]. Selain itu pemupukan juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Air dan unsur hara berperan sebagai pendukung proses pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman [8].

Terdapat beberapa macam sistem irigasi, salah satunya adalah sistem irigasi tetes (*drip irrigation*). Irigasi tetes adalah metode sistem irigasi yang tidak memerlukan banyak air atau untuk daerah yang ketersediaan airnya terbatas. Sistem kerja dari irigasi tetes adalah dengan menyalurkan air dengan debit yang sama dan konstan [6], [7]. Sistem irigasi tetes dapat juga digunakan untuk mendistribusikan

larutan pupuk atau nutrisi dengan metode fertigasi [9]. Metode fertigasi tetes dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk serta meningkatkan pertumbuhan akar secara stabil. Efisiensi penggunaan air dan pupuk sistem fertigasi cukup signifikan. Dengan ini bisa dikatakan metode fertigasi efektif untuk menghemat sumber daya air dan penggunaan pupuk [10]. Dengan sistem fertigasi tetes penggunaan air dan pupuk dapat terdistribusi secara maksimal.

Penyaluran air dengan debit yang sama dan konstan melalui sistem irigasi tetes bertujuan untuk menjaga kelembaban tanah agar kebutuhan air dapat terpenuhi bagi kelangsungan hidup tanaman [11]. Menjaga kondisi kelembaban tanah sangat penting bagi pertumbuhan tanaman serta suhu udara harus teratur agar menghasilkan tanaman yang berkualitas [12].

Suhu udara dapat dikendalikan atau direayasa dengan melakukan budidaya tanaman pada *greenhouse*. Pengendalian suhu udara pada *greenhouse* agar menghasilkan suhu udara seragam dapat menggunakan sistem pendinginan pengkabutan [13]. Pengkabutan dapat dilakukan pada siang hari ketika suhu udara pada siang hari sangat panas atau sekitar pukul 11.00-13.00 WIB untuk memenuhi kebutuhan air ketika terjadi proses transpirasi pada siang hari agar tanaman tidak terjadi layu sementara. Selain itu sistem pengkabutan dapat difungsikan untuk pengendalian hama. Salah satu cara pengendalian hama adalah dengan pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan pestisida sintetis kimia untuk mengatasi populasi hama dan penyakit [14]. Akan tetapi, penggunaan pestisida sintetis kimia perlu diatur agar tidak meninggalkan residu yang tinggi.



Gambar 1. 1 Greenhouse Keboen Umiku

Pada *greenhouse* keboen umiku membudidayakan bayam jepang/horensa segala sesuatu kebutuhan perawatan tanaman masih dilakukan secara konvensional dengan memperkirakan kebutuhan air, pupuk/nutrisi, suhu udara, kelembaban tanah dan pengendalian hama. Perawatan tanaman berdasarkan perkiraan kurang efisien, karena hal ini dapat mengakibatkan tidak terkendalinya kebutuhan kadar air, kebutuhan pupuk (nutrisi), suhu udara, kelembaban tanah dan kebutuhan pestisida sintetis kimia, karena tidak adanya referensi kebutuhan perawatan tanaman. Sedangkan idealnya tanaman bayam jepang/horensa pada daerah dengan ketinggian 1000-1200 mdpl dengan suhu udara 15°C-30°C[15]. Penyiraman tanaman bayam jepang/horensa dilakukan pada rentang waktu 06.00-09.00 WIB dan 16.00-18.00 WIB. Pemberian pupuk secara konvensional dilakukan setiap 7 hari sekali [2]. Pemberian pupuk biasanya dilakukan dengan cara dikocor [16]. Dalam pengendalian hama dan penyakit pada tanaman bayam jepang/horensa, maka dilakukan penyemprotan pestisida sintetis kimia [2], pemberian pestisida dapat dilakukan setiap 1-2 minggu dengan cara disemprotkan [17]. Bayam

jepang/horenso tumbuh dengan baik pada kelembaban tanah 63-84%, kondisi ini dapat meningkatkan pertumbuhan pucuk dan akar tanaman bayam jepang/horenso [18], sehingga perlu diatur nilai kelembaban tanah untuk meningkatkan produksi tanaman bayam jepang/horenso. Kebutuhan air dari tanaman daun optimalnya sekitar 0.275 liter/hari/tanaman [19]. Perlakuan ini memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman daun.

Untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik, diperlukan perancangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi smartphone. Dengan ini akan membantu petani untuk memantau dan mengendalikan kualitas tanaman di lahan mereka, dari jarak jauh selama sistem dan smartphone terhubung dengan internet, sehingga mengurangi resiko kegagalan panen akibat kurangnya perawatan tanaman karena kesulitan dalam membagi waktu antara berbagai kegiatan [20].

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan pada bagian latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Belum ada sistem kendali yang dapat membantu perawatan tanaman bayam jepang/horenso yang dapat dikendalikan dan dimonitoring dari jarak jauh di *greenhouse* Keboen Umiku.
2. Belum ada penelitian mengenai pemantauan hasil laju pertumbuhan dan bobot panen tanaman bayam jepang/horenso menggunakan sistem kendali dan cara konvensional di *greenhouse* Keboen Umiku.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut ini :

1. Bagaimana merancang sebuah sistem kendali yang dapat membantu perawatan tanaman bayam jepang/horenso di Keboen Umiku yang dapat dikendalikan dan dimonitoring dari jarak jauh ?
2. Bagaimana pengaruh sistem kendali terhadap hasil laju pertumbuhan dan bobot panen tanaman bayam jepang/horenso dibandingkan dengan cara konvensional di Keboen Umiku?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut ini :

1. Merancang sebuah sistem kendali yang mampu membantu perawatan tanaman bayam jepang/horenso di Keboen Umiku yang dapat dikendalikan dan dimonitoring dari jarak jauh berbasis *Internet of Things (IoT)*.
2. Menganalisis pengaruh sistem kendali terhadap peningkatan hasil laju pertumbuhan dan bobot panen tanaman bayam jepang/horenso dibandingkan dengan cara konvensional di Keboen Umiku.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Perancangan sistem kendali semi otomatis untuk pengairan dan pemupukan dengan metode fertigasi tetes, pengkabutan serta pengendalian hama berbasis *Internet of Things (IoT)*.

2. Penelitian dilakukan untuk kebutuhan tanaman bayam jepang/horenso di *greenhouse* Keboen Umiku Cibodas, Lembang.
3. Penelitian dilakukan dengan skala kecil.

1.6. Metode Penelitian

1. Tinjauan Pustaka

Mempelajari dan memahami penelitian-penelitian tentang bayam jepang, sistem irigasi tetes, fertigasi, pengkabutan, dan *Internet of Things (IoT)* yang telah dilakukan penelitian sebelumnya melalui jurnal hasil penelitian sebagai referensi yang relevan untuk penelitian yang akan dilakukan.

2. Perancangan Alat

Merancang sistem dengan program menggunakan perangkat lunak untuk menunjang proses penyiraman otomatis dan kendali berbasis *Internet of Things (IoT)*.

3. Pengujian Kinerja Alat

Pengujian dilakukan mengatur waktu RTC DS3231, sensor suhu DHT22, dan sensor *soil moisture* YL-69 serta pengendalian berbasis *Internet of Things (IoT)* dari jarak jauh sebagai sumber analisa kinerja sistem.

4. Analisa

Setelah pengujian dilakukan, informasi dari kinerja sistem dikumpulkan dan dianalisa untuk menilai sistem yang digunakan dapat memberikan hasil yang sesuai atau tidak sebagai tujuan penelitian, Analisa selanjutnya akan digunakan untuk menunjang penulisan kesimpulan.

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini mengenai “*PENERAPAN SISTEM KENDALI FERTIGASI TETES DAN PENGKABUTAN DENGAN BERBASIS INTERNET of THINGS PADA BAYAM JEPANG DI GREENHOUSE KEBOEN UMIKU*” disusun untuk memberikan gambaran pada penelitian yang dilakukan dengan susunan laporan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan gambaran dasar penelitian yang akan dilakukan. Terdiri dari beberapa bahasan seperti latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metoda penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai landasan teori yang berkaitan dengan penelitian dan memberikan informasi seperti perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan, sistem penyiraman otomatis dan kendali berbasis *Internet of Things (IoT)*.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Bab ini berisi mengenai perancangan alat yang akan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan dan penelitian ini, meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisikan mengenai hasil-hasil pengujian sistem yang diterapkan serta pembahasan tentang analisa dari data secara keseluruhan.

BAB V PENUTUP

Bab ini akan memaparkan kesimpulan yang telah didapat dari proses Analisa ketika pengujian dilakukan. Selain itu terdapat saean untuk penelitian yang sudah dilakukan agar dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang teori berkaitan dengan penelitian dari peneliti-peneliti sebelumnya, Penelitian ini akan dibuat dengan adanya teori pendukung yang digunakan, berikut merupakan beberapa teori pendukung yang akan digunakan.

2.1. Bayam Jepang

Bayam jepang/horenso (*Spinacia oleracea L.*) merupakan salah satu jenis produk hortikultura sayuran daun introduksi yang masuk ke Indonesia. Tanaman bayam jepang/horenso pada daerah dengan ketinggian 1000-1200 mdpl. Namun, masih bisa ditanam pada dataran ketinggian kurang dari 1000 mdpl. dengan suhu udara 15°C-30°C. Tanaman bayam jepang/horenso dapat tumbuh pada daerah dengan ketinggian 1000-1200 mdpl dengan suhu udara 15°C-30°C [15]. Bayam jepang/horenso tumbuh dengan baik pada kelembaban tanah 63-84%, kondisi ini dapat meningkatkan pertumbuhan pucuk dan akar tanaman bayam jepang/horenso [18]. Tanam bayam jepang saat usia panen 30-35 rata-rata memiliki bobot 5-10 gram tergantung dari tingkat pertumbuhan tanaman [16].

Pada penilitan Simanjuntak, dan Heddy(2018) yang berjudul “Respon Tanaman Horenso (*Spinacia Oleracea L.*) Terhadap Media Serbuk Sabut Kelapa (*Cocopeat*) dan Pupuk Cair Kotoran Kelinci”. Pertumbuhan tanaman bayam jepang/horenso dipengaruhi oleh media tanam. Media tanam pada penelitian ini adalah tanah, tanah+*cocopeat*, dan *cocopeat* [1]. Respon dari pertumbuhan bayam jepang menunjukan tinggi tanaman dan jumlah daun pada **Tabel 2. 1** dan **Tabel 2. 2.**

Tabel 2. 1 Rerata Tinggi Tanaman [1]

Hari	Media Tanam		
Tanam	Tanah	Tanah + <i>Cocopeat</i>	<i>Cocopeat</i>
7 HST	5.31 cm	7.24 cm	6.23 cm
14 HST	6.98 cm	9.96 cm	7.94 cm
21 HST	9.24 cm	13.27 cm	16.97 cm
28 HST	11.90 cm	16.97 cm	13.25 cm

Tabel 2. 2 Rerata Jumlah Daun [1]

Hari	Media Tanam		
Tanam	Tanah	Tanah + <i>Cocopeat</i>	<i>Cocopeat</i>
7 HST	2.65 helai	3.72 helai	3.2 helai
14 HST	4.03 helai	5.07 helai	4.27 helai
21 HST	5.33 helai	6.91 helai	5.46 helai
28 HST	6.76 helai	8.76 helai	7.01 helai

2.2. Fertigasi Tetes

Fertigasi merupakan kependekan dari fertilasi (pemupukan) dan irigasi (pengairan) yang bertujuan untuk pendistribusian pupuk cair dan air. Pemupukan dan pengairan sangat penting untuk perawatan tanaman. Dengan sistem fertigasi proses pemupukan dan pengairan lebih efisien dan hemat tenaga manusia. Sistem fertigasi dapat dilakukan dengan metode tetes untuk mengefisiensikan penggunaan cairan fertigasi, sistem pendistribusian cairan fertigasi dilakukan melalui pipa

distribusi bertekanan rendah dari tangki menuju *emitter*. Pada penelitian Rosma dkk(2021) yang berjudul “Otomatisasi Sistem Fertigasi Tetes untuk Tanaman Berbasis Mikrokontroler”. Sistem fertigasi tetes dirancang bekerja berdasarkan waktu pada RTC yang telah ditentukan, nilai kelembaban tanah, dan ketersediaan cairan fertigasi pada tangki untuk mengaktifkan *water valve* melalui *SSR* berdasarkan intruksi Arduino. Pembacaan sensor waktu RTC, sensor kelembaban tanah sekitar tanaman, dan sensor *ultrasonic* pada tangki ditampilkan pada LCD. Apabila sensor waktu RTC telah mencapai waktu yang ditentukan maka Arduino akan melakukan pengecekan terhadap nilai kelembaban tanah, dan ketersediaan suplai pupuk. Jika nilai kelembaban tanah kurang dari 80% dan tangki cairan fertigasi lebih dari 11 cm yang berarti suplai tersedia maka sistem fertigasi berjalan, jika ketinggian cairan fertigasi kurang dari 11 cm maka Arduino akan menampilkan intruksi melalui LCD “Suplai habis silahkan isi cairan fertigasi”. Sistem secara otomatis akan berhenti setelah sensor kelembaban tanah menunjukkan nilai 80% atau selama 45 menit yang berarti cairan fertigasi pada tangki telah habis [8]. Pada penelitian diatas berfokus pada sistem pendistribusian cairan fertigasi, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan berfokus pada pendistribusian cairan fertigasi, rekayasa suhu udara, kelembaban tanah, pengendalian hama dengan pestisida sintetis kimia yang dapat dikendalikan dan dimonitoring dari jarak jauh.

2.3. *Internet of Things (IoT)*

Pada penelitian Jamal dkk(2021) yang berjudul “Sistem Irigasi Tetes Dengan Teknologi *Internet of Things*”. Sistem pada penelitian ini dirancang dengan teknologi *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler dan ESP8255 sebagai pengendali utama rangkaian dan sensor *Soil Moisture*, dan dilengkapi layar

LCD untuk menampilkan kondisi tanah dan pompa. Alat bekerja berdasarkan kelembaban tanah, jika kelembaban tanah $<150\text{ADC}$ maka *Solenoid Valve* akan membuka katup, sedangkan jika nilai kelembaban tanah $>150\text{ADC}$ maka *Solenoid Valve* akan menutup katup. Data nilai kelembaban tanah ditampilkan pada aplikasi yang dibuat berdasarkan data yang diterima *thingspeak* dari sensor *Soil Moisture* melalui mikrokontroler dan ESP8255 sebagai pengendali utama. Selain itu, teknologi *Internet of Things (IoT)* dirancang untuk membantu pemantauan kondisi sistem irigasi dan kelembaban tanah oleh petani [7].

2.4. Pengkabutan

Pengkabutan adalah proses penyemprotan air bertekanan tinggi melalui *nozzle* untuk menghasilkan kabut dengan tetesan diameter 2-60 mikrometer. Pengkabutan biasa dilakukan pada *greenhouse* untuk mengatur suhu udara pada nilai tertentu untuk pertumbuhan tanaman [21]. Sistem pengkabutan lebih baik dibandingkan dengan *pad-and-fan cooling system* karena dapat mengatur suhu udara seragam [13].

Pada penelitian Gunawan, dan Ahmadi (2021) yang berjudul “Sistem Monitoring Dan Pengkabutan Otomatis Berbasis Internet Of Things (IoT) Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan NodeMCU dan Blynk”. Pada penelitian ini menggunakan sensor DHT11 sebagai peengukur suhu dan kelembapan untuk dikirim ke NodeMCU V3 untuk kendali sistem dan monitoring sistem. Dalam monitoring sistem pengguna harus terkoneksi internet terlebih dahulu untuk dapat melihat suhu dan kelembapan melalui aplikasi blynk, Sistem kendali bekerja ketika suhu > 30.200 maka secara otomatis akan mengeluarkan efek kabut dan led pada aplikasi Blynk akan menyala sebagai notifikasi sedang melakukan pengkabutan dan

ketika suhu ≤ 30.00 maka pengkabutan akan berhenti dan lampu led pada aplikasi blynk akan mati [22].

2.5. Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan penyakit merupakan organisme yang dapat mengganggu proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, bahkan kematian pada tanaman [23]. Sehingga hama dan penyakit pada tanaman harus dikendalikan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Salah satu cara pengendalian hama dan penyakit adalah memberikan pestisida sintetis kimia. Akan tetapi pemberian pestisida sintetis kimia harus diatur agar tidak meracuni apabila dikonsumsi. Pemberian pestisida sintetis kimia 20 hari sebelum panen harus dihentikan, hal ini bertujuan untuk menghindari efek residu pestisida dikonsumsi saat dimakan [23]. Sedangkan pada bayam jepang/horensa penyemprotan pestisida sintetis kimia dihentikan sekitar 10 hari sebelum panen [24].

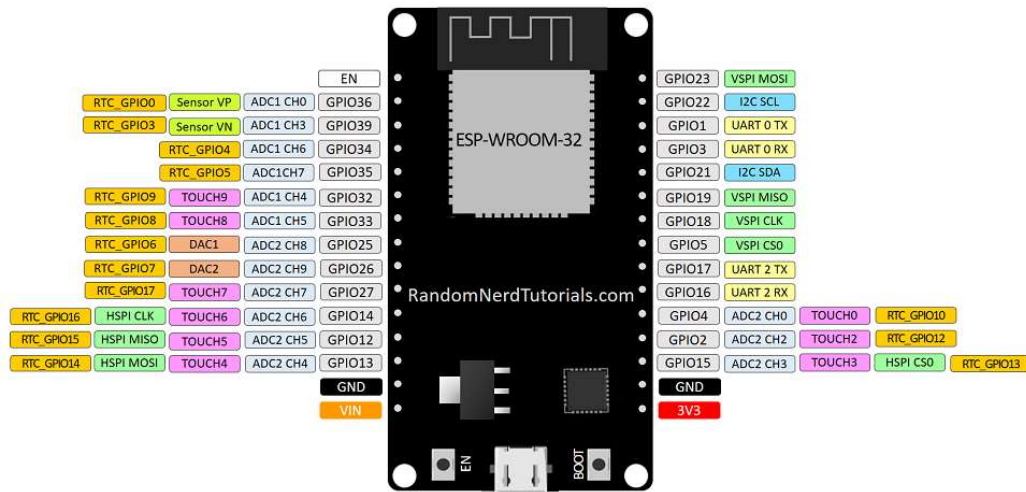
2.6. Mikrokontroler ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang banyak digunakan dalam proyek *Internet of Things (IoT)*. ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferal. Chip ini menggunakan mikroprosesor 32 bit Xtensa LX6 dual-core. Ruang alamat untuk data dan instruksi adalah 4 GB dan ruang alamat periferal 512 kB [25].

ESP32 mampu menangani banyak tugas sekaligus. Selain itu, ESP32 memiliki memori yang cukup besar dan banyak pin yang bisa digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat lain. Ini membuat ESP32 sangat cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan pemrosesan data dan kontrol perangkat keras.

ESP32 DEVKIT V1 – DOIT

version with 30 GPIOs



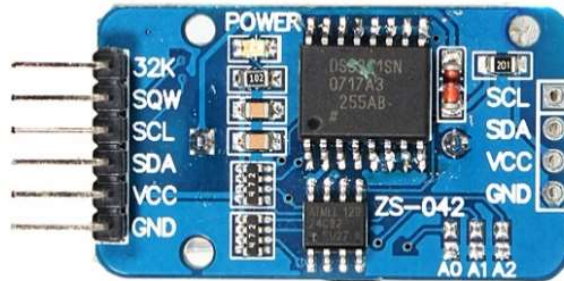
Gambar 2. 1 ESP32 [26]

Keunggulan utama ESP32 adalah konektivitas nirkabelnya. Dengan WiFi dan Bluetooth bawaan, ESP32 dapat terhubung ke internet dan perangkat lain dengan mudah. Ini memungkinkan ESP32 untuk mengirim dan menerima data secara *real-time*, sangat berguna untuk aplikasi seperti pemantauan lingkungan, otomatisasi rumah, dan pertanian pintar. Dengan semua fitur ini, ESP32 menjadi pilihan yang efisien dan andal untuk berbagai proyek IoT.

2.7. RTC DS3231

RTC DS3231 adalah modul *Real-Time Clock* (RTC) yang akurat dan efisien, dirancang untuk menjaga waktu dan tanggal yang tepat bahkan saat daya utama dimatikan. Modul ini dilengkapi dengan kristal osilator terintegrasi dan kompensasi suhu digital, yang memastikan stabilitas waktu dengan akurasi hingga ± 2 menit per tahun dari -40°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$ [27]. DS3231 juga memiliki baterai cadangan (*backup battery*) yang memungkinkan modul ini terus beroperasi dan melacak

waktu saat sumber daya utama tidak tersedia, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan pencatatan waktu yang presisi dan berkelanjutan.



Gambar 2. 2 RTC DS3231 [28]

Selain keakuratannya, RTC DS3231 juga menawarkan berbagai fitur tambahan yang berguna untuk aplikasi embedded systems. Modul ini menyediakan alarm yang dapat diprogram, sehingga dapat digunakan untuk mengaktifkan perangkat atau mengingatkan pengguna pada waktu tertentu. Selain itu, DS3231 memiliki memori non-volatile tambahan untuk menyimpan data penting. Antarmuka komunikasi I2C memungkinkan modul ini mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, dan lainnya, menjadikannya pilihan yang populer untuk proyek-proyek seperti sistem waktu nyata, aplikasi seperti pemantauan lingkungan, otomatisasi rumah, dan pertanian pintar. Dengan kemampuan menjaga waktu yang tepat dan fitur-fitur tambahan yang fleksibel.

2.8. Sensor Suhu DHT22

DHT22 adalah sensor yang sering digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -40 hingga 80 derajat Celsius dengan akurasi ± 0.5 derajat, dan kelembapan dalam rentang 0 hingga 100% dengan akurasi $\pm 2-5\%$ [29]. DHT22