

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT22)

Selain memiliki daya serap tinggi, *silica gel* juga dapat diregenerasi dengan cara melepaskan kembali kelembaban yang telah diserap, sehingga dapat digunakan berulang kali. Hal ini membuat silika gel menjadi material yang efisien dan ekonomis dalam sistem pengeringan berbasis adsorpsi.

Sensor ini bekerja dengan mengubah perubahan kelembaban menjadi sinyal listrik yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Dalam sistem otomatis, sensor ini berperan penting untuk mengontrol kondisi ruang pengering agar tetap stabil.



Gambar 2.1 Sensor DHT22¹

Sensor yang ditampilkan pada gambar tersebut adalah DHT22, atau yang di dunia elektronika juga kerap dikenal dengan nama seri AM2302. Perangkat ini merupakan sebuah sensor digital yang difungsikan secara khusus untuk membaca kondisi suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Secara fisik, komponen utamanya dilindungi oleh penutup plastik berwarna putih dengan lubang-lubang ventilasi kecil, yang terpasang pada sebuah modul sirkuit hitam dengan tiga buah pin konektor. Untuk dapat beroperasi, sensor ini sangat ramah terhadap berbagai jenis mikrokontroler karena hanya membutuhkan tegangan kerja arus searah (DC) yang relatif rendah, yaitu antara 3.3V hingga 5V. Tidak hanya itu, sensor ini juga

1

https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AwrgLjwD1wJqGgIAMU5XNyoA;_ylu=Y29sbwNncTEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=sensor+dht+22&fr2=piv-web&type=E210US91215G0&fr=mcafee&imgurl=https%3A%2F%2Frobu.in%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F06%2FAM2302-DHT22-Digital-Temperature-and-Humidity-Sensor-Module-1.jpg

sangat efisien dalam penggunaan energi dengan konsumsi arus operasi yang sangat kecil, yakni hanya berkisar pada ± 1 hingga 2.5 mA saat sedang aktif membaca data.

Dalam hal kemampuannya mendeteksi kondisi lingkungan, DHT22 menawarkan rentang pengukuran yang sangat luas dan presisi yang andal. Untuk pengukuran suhu udara, perangkat ini mampu bertahan dan mendeteksi suhu dari lingkungan yang sangat dingin hingga sangat panas, dengan rentang pengukuran mulai dari -40°C sampai dengan 80°C . Pembacaan suhu ini juga diiringi dengan tingkat akurasi yang tinggi, di mana toleransi penyimpangan datanya sangat kecil, yaitu hanya sekitar $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Sementara itu, untuk kemampuan membaca kelembaban udara, sensor ini sanggup memantau kondisi lingkungan secara penuh dari tingkat kelembaban 0% hingga udara yang sepenuhnya jenuh di angka 100% RH (Relative Humidity). Tingkat akurasi pada pembacaan kelembabannya pun tergolong baik untuk ukuran sensor portabel, dengan toleransi kesalahan hanya berkisar antara $\pm 2\%$ hingga $\pm 5\%$ RH. Keseluruhan spesifikasi inilah yang membuat DHT22 menjadi salah satu komponen favorit untuk diaplikasikan dalam sistem pemantauan cuaca, perangkat rumah pintar, hingga kebutuhan pertanian cerdas yang membutuhkan data lingkungan secara akurat.

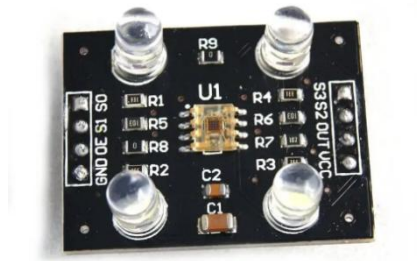
Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor DHT22

Parameter	Spesifikasi
Nama Sensor	DHT22 / AM2302
Jenis Sensor	Sensor suhu dan kelembaban digital
Tegangan Kerja	3.3V – 5V DC
Arus Operasi	$\pm 1 - 2.5$ mA
Rentang Pengukuran Suhu	-40°C sampai 80°C
Akurasi Suhu	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Rentang Kelembaban	0% – 100% RH
Akurasi Kelembaban	$\pm 2\% - \pm 5\%$ RH

2.1.2 Sensor Warna (TCS3200)

Sensor warna digunakan untuk mendeteksi perubahan warna suatu objek berdasarkan komponen RGB (*Red, Green, Blue*). Sensor ini dapat digunakan untuk memantau perubahan fisik bahan selama proses pengeringan, terutama perubahan warna yang berkaitan dengan tingkat kekeringan atau kualitas bahan.

Sensor seperti TCS3200 bekerja dengan mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek, kemudian mengubahnya menjadi data digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler.



Gambar 2.2 Sensor TCS3200 ²

Berdasarkan tabel spesifikasi pada perangkat yang ditampilkan adalah modul TCS3200. Perangkat ini merupakan sebuah sensor warna RGB (*Red, Green, Blue*) yang dirancang khusus untuk mendeteksi dan mengenali komposisi warna dari objek yang ada di depannya. Secara fisik, modul ini sangat mudah dikenali karena memiliki empat buah lampu LED putih di setiap sudutnya yang berfungsi untuk memberikan pencahayaan ekstra pada objek, serta ditenagai oleh IC utama TAOS TCS3200 yang terletak tepat di bagian tengah sirkuit.

Untuk pengoperasiannya, sensor ini membutuhkan tegangan kerja arus searah (DC) yang sangat umum dan ramah mikrokontroler, yakni pada rentang 3V hingga 5V DC, dengan konsumsi arus operasi sekitar ± 15 mA. Kinerja pendeteksian warnanya sangat andal karena di dalam IC utamanya terdapat 64 buah fotodioda yang bertugas menyerap cahaya dengan tingkat resolusi warna 8-bit. Agar pembacaan warna objek bisa dilakukan secara optimal dan presisi, sensor ini perlu diposisikan pada jarak deteksi yang ideal, yaitu sekitar ± 1 sampai 3 cm dari permukaan objek yang diukur.

Hasil deteksi warna dari fotodioda tersebut kemudian diolah dan dikeluarkan dalam bentuk frekuensi digital, di mana rentang frekuensi output yang dihasilkan berada di antara 2 Hz hingga 500 kHz. Karena menggunakan *interface* dan metode *output* yang murni berbasis digital, sensor TCS3200 ini sangat fleksibel dan dijamin

²

https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AwrgNxK22QJqSAIAAtNXNyoA;_ylu=Y29sbwNncTEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=sensor+tcs+3200&fr2=piv-web&type=E210US91215G0&fr=mcafee&imgurl=https%3A%2F%2Fhetpro-store.com%2FTUTORIALES%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F10%2FColor-TS3200.jpg

kompatibel untuk langsung dihubungkan dengan berbagai papan mikrokontroler populer masa kini, seperti Arduino, ESP32, NodeMCU, hingga Raspberry Pi. Kombinasi spesifikasi ini menjadikannya pilihan yang sangat tepat untuk proyek-proyek seperti penyortir barang otomatis berdasarkan warna maupun robotika yang membutuhkan sistem penglihatan dasar.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor TCS3200

Parameter	Spesifikasi
Nama Sensor	TCS3200
Jenis Sensor	Sensor warna RGB
Tegangan Kerja	3V – 5V DC
Arus Operasi	±15 mA
Output Sensor	Frekuensi Digital
Metode Deteksi	RGB (<i>Red, Green, Blue</i>)
IC Utama	TAOS TCS3200
Jumlah Fotodioda	64 fotodioda
Resolusi Warna	8-bit
Jarak Deteksi	±1 – 3 cm
Frekuensi Output	2 Hz – 500 kHz
Interface	Digital
Kompatibel Dengan	Arduino, ESP32, NodeMCU, Raspberry Pi

2.1.2 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler *open-source* yang berbasis pada mikrokontroler Microchip ATmega328P. Papan ini dilengkapi dengan set pin input/output (I/O) digital dan analog yang dapat dihubungkan ke berbagai papan ekspansi (*shield*) dan sirkuit pendukung lainnya. Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital (enam di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Tegangan operasi mikrokontroler ini adalah 5V DC, yang membuatnya sangat kompatibel dengan berbagai modul sensor (seperti DHT22 dan TCS3200) serta aktuator.

Dalam sistem alat pengering ini, *Arduino Uno* bertindak sebagai otak atau pusat pengolahan data (*Central Processing Unit*). *Arduino* secara terus-menerus melakukan proses pembacaan (akuisisi data) dari sensor lingkungan dan sensor warna. Melalui algoritma yang telah diprogram dengan bahasa C/C++ pada *Arduino IDE*, mikrokontroler akan mengevaluasi logika ambang batas (*threshold*).

Jika data warna mengindikasikan kejenuhan, *Arduino* langsung merespons dengan mengirimkan sinyal pulsa (STEP dan DIR) ke *driver* motor dan mengalihkan saklar *relay* untuk mengendalikan *heater*. Kemampuan *multitasking* sederhana dari siklus *loop* *Arduino* menjadikannya instrumen yang handal untuk otomatisasi sistem pengering.



Gambar 2.3 Arduino Uno ³

Perangkat yang ditampilkan pada gambar adalah papan *Arduino Uno*. Otak utama yang mengendalikan papan ini adalah sebuah mikrokontroler ATmega328P, yang merupakan *chip* berarsitektur 8-bit AVR. Dalam operasional kelistrikannya, mikrokontroler ini bekerja secara optimal pada tegangan 5V DC. Untuk memberikan daya pada papan ini, pengguna dapat menyambungkan sumber listrik melalui *Jack DC* berwarna hitam yang terletak di pojok kiri bawah. Tegangan input yang direkomendasikan melalui *jack* ini berkisar antara 7V hingga 12V DC, meskipun papan ini memiliki batas toleransi tegangan input dari 6V hingga maksimal 20V DC.

Papan *Arduino* ini dirancang dengan antarmuka yang sangat memadai untuk berbagai proyek elektronik. Di sepanjang bagian atas papan, terdapat 14 buah pin I/O (*Input/Output*) Digital yang diberi nomor dari 0 hingga 13. Dari keempat belas pin tersebut, 6 pin di antaranya (yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11) memiliki

³

https://www.google.com/search?sca_esv=a3e67f340b857c1a&sxsrf=APpeQnt68UuVYWZ27ahPX9LOqxz-xVmVtg:1786433082531&udm=2&fbs=ABfTbFWmYwLIYNEMFfx8WgwsNlLaHC42JQxROx1t8GoIA3GgK3Ry0icWoR4Jq7psfsRHH-a0TjPd2ADI-8Unp_c68s0oOs5Nf47-4985A0FS32nrj4tMbd_Iw8Zh4ICWWX-PZDYyGGpsnWnMmBlrXIR24WGmRKWGZVu_8Whnwd-CcfwTKthS5xEgfEuP4x-yP0hruEZIF1ZGilsMj_E1Z1Ta8fzpQLBNqQ&q=arduino+uno&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiNlbLqhZiWAxW_yqACHSsqyNkAQtkgLegQIGRAB&biw=1280&bih=585&dpr=1.5#sv=CAMSURoyKhBILXBBR19NeEdxbURHVHFNMG5wQUdfTXhHcW1ER1RxTTToOUkxEd0VIT2hfcUU0b00gBCoXCgFzEhBILXBBR19NeEdxbURHVHFNGAEwARgHILi5qYgMSggQARgBIAEoAQ

kemampuan khusus sebagai pin PWM (*Pulse Width Modulation*), yang dapat dikenali melalui tanda simbol tilde (~) di sebelahnya. Sementara itu, untuk membaca sinyal analog dari sensor, disediakan 6 pin *Input Analog* (A0 – A5) yang berjejer di bagian kanan bawah papan. Setiap pin I/O tersebut dirancang untuk menyalurkan arus DC sekitar 20 mA (dengan batas maksimal hingga 40 mA), dan terdapat pula pin khusus untuk tegangan 3.3V dengan kemampuan arus sebesar 50 mA.

Dari sisi memori dan performa, mikrokontroler ini dibekali dengan *Flash Memory* berkapasitas sekitar 32 KB untuk menyimpan program utama, di mana 0,5 KB di antaranya digunakan oleh sistem *bootloader*. Selain itu, terdapat SRAM sebesar 2 KB untuk menyimpan data sementara, dan EEPROM sebesar 1 KB untuk penyimpanan data permanen. Kecepatan pemrosesan atau kecepatan *clock* papan ini adalah 16 MHz, yang dikendalikan oleh komponen kristal osilator berbentuk oval perak di bagian tengah kiri sirkuit. Sebagai pelengkap untuk kemudahan pengujian program, papan ini juga sudah dilengkapi dengan sebuah LED *built-in* yang terhubung pada Pin 13 dan ditandai dengan huruf "L".

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno

Parameter	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega328P (8-bit AVR)
Tegangan Operasi	5V DC
Tegangan Input (Rekomendasi)	7V – 12V DC (melalui <i>Jack DC</i> hitam di pojok kiribawah)
Tegangan Input (Batas)	6V – 20V DC
Pin I/O Digital	14 Pin (Pin 0 - 13 di bagian atas)
Pin PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	6 Pin (ditandai dengan simbol ~ yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11)
Pin Input Analog	6 Pin (A0 – A5 di bagian kanan bawah)
Arus DC per Pin I/O	20 mA (rekomendasi maksimal 40 mA)
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	±1 32 KB (0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan <i>Clock</i>	16 MHz (menggunakan kristal osilator / komponen berbentuk oval perak di tengah kiri)
LED <i>Built-in</i>	Terhubung pada Pin 13 (ditandai dengan huruf "L")

2.1.4 Silica Gel Indikator

Silika gel (*Silica gel*) adalah material berpori dari silikon dioksida sintetik yang memiliki struktur internal berupa rongga-rongga berskala nanometer. Material ini memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap molekul air, menjadikannya agen pengering (desikan) padat yang sangat efektif. Proses penyerapan kelembaban pada *silica gel* disebut dengan fisisorpsi (adsorpsi fisik), di mana molekul uap air (H_2O) yang melayang di udara akan ditarik ke permukaan pori-pori silika gel oleh gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen, tanpa mengubah struktur kimia silika gel itu sendiri.

Untuk mempermudah pemantauan, sistem ini menggunakan *indicating silica gel* (silika gel indikator). Silika gel jenis ini telah dilapisi dengan agen penunjuk kelembaban seperti kobalt klorida atau zat non-toksik seperti metil violet. Ketika berada dalam kondisi kering (kadar air sangat rendah), indikator ini memantulkan gelombang cahaya pada spektrum warna biru. Namun, seiring terisinya pori-pori mikroskopis oleh molekul air, struktur ikatan cahaya berubah sehingga warna material memudar menjadi merah muda (ungu redup). Sifat fisisorpsi yang reversibel memungkinkan molekul air dilepaskan kembali (desorpsi) saat silika gel dipanaskan di atas suhu $80^{\circ}C - 100^{\circ}C$ dalam ruang regenerasi, mengembalikan warnanya kembali menjadi biru.



Gambar 2.3 Silica Gel⁴

4

https://www.google.com/search?sca_esv=a3e67f340b857c1a&sxsrf=APpeQnv5zLLvfHIIbSTABX1eyfCDkHNn-A:1786432656240&udm=2&fbs=ABfTbFXcxyYw57x6GtcNOYHSg5QD-nhWp5eorN6SUhUGqyUqzOPt4f0-5tCItTW5QuG2MYI4-HQBrps3e_Md_4f3O0dv0Y5Xnfhj1Qcn_IFKtc05zPmMRjBpP4hmNyHfZywhBpMnzuWfEooE4fxF4Lkn57R0wMovaqCuqV8hrnbRtBcNzUGJfOrqShrCaci82yYSUwrr53NvRc-kMGQuKX4Md70ecnqFg&q=silica+gel+indikator&sa=X&ved=2ahUKEwivnY-fhJiWAXUWy6ACHf00HdAQtkgLegQIExAB&biw=1280&bih=585&dpr=1.5#sv=CAMSURoyKhBILWMwZ1hmZmNEQI9LVnhNMg5jMGdYZmZjREJfS1Z4TTtoOc19hcWdEeGxLSmNNaE0gBCoXCgFzEhBILWMwZ1hmZmNEQI9LVnhNGAEwARgHIO_B-c4CSggQARgBIAEoAQ

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Mujumdar, 2014) dalam *Handbook of Industrial Drying* menjelaskan bahwa metode pengeringan berbasis adsorpsi menggunakan material seperti *silica gel* mampu menurunkan kelembaban udara secara efektif tanpa memerlukan suhu tinggi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa material *adsorben* memiliki kemampuan regenerasi sehingga dapat digunakan kembali secara berulang dalam sistem pengeringan.

Penelitian oleh (Wang & Brennan, 2009) pada *Journal of Food Engineering* membahas pengaruh metode pengeringan terhadap kualitas bahan pangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan dengan suhu rendah mampu mempertahankan kualitas warna, tekstur, dan kandungan nutrisi bahan lebih baik dibandingkan pengeringan suhu tinggi.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Rahman, 2007) menyatakan bahwa sistem pengeringan tanpa panas sangat cocok diterapkan pada bahan pangan yang sensitif terhadap suhu, seperti buah-buahan dan tanaman herbal. Sistem ini mampu mengurangi kerusakan fisik bahan selama proses pengeringan.

Dalam bidang otomatisasi, (Banzi & Shiloh, 2014) menjelaskan penggunaan mikrokontroler *Arduino* sebagai sistem kendali otomatis yang mampu membaca data sensor dan mengontrol aktuator. Teknologi ini banyak digunakan dalam pengembangan sistem monitoring dan pengendalian otomatis berbasis sensor.

Selain itu, penelitian mengenai sensor warna oleh (Adafruit, 2019) menunjukkan bahwa sensor warna seperti TCS3200 dan TCS34725 dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan warna objek secara akurat. Sensor ini banyak diterapkan pada sistem monitoring kualitas produk berbasis mikrokontroler.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi pengeringan berbasis adsorpsi menggunakan *silica gel* memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan. Namun, penelitian yang mengintegrasikan sistem adsorpsi, sensor kelembaban, sensor warna, mikrokontroler, serta mekanisme regenerasi otomatis masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem pengering multiguna tanpa panas yang lebih otomatis, efisien, dan mampu memantau kualitas bahan.