

# Smart Warehouse: Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembaban Gudang

Hery Dian Septama, Titin Yulianti, Wahyu Eko Sulistyono, Afri Yudamson, Reksa Suhud Tri Atmojo  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
Bandar Lampung, Indonesia  
hery@eng.unila.ac.id, titin.yulianti@eng.unila.ac.id

**Abstrak**—Penyimpanan beras di dalam gudang perlu mendapat perhatian yang khusus. Kondisi suhu dan kelembaban mempengaruhi kualitas dan ketahanan beras terhadap jamur ataupun kutu. Untuk itu kondisi gudang penyimpanan beras senantiasa perlu diawasi dan dikondisikan sesuai dengan standar. Penelitian ini membuat rancang bangun sistem monitoring dan kontrol suhu dan kelembaban gudang beras. Perancangan dilakukan dengan membangun prototipe gudang yang akan diawasi oleh sistem. Teknologi ini terhubung melalui website yang telah disematkan seluruh informasi yang diperoleh oleh rancangan sensor. Keunggulan pemantauan suhu dan kelembaban berbasis *Internet of Things* (IoT) yaitu suhu dan kelembaban gudang dapat dipantau secara *real-time* melalui *website*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembaban gudang dan mengirimkan datanya kepada pengguna. Sistem juga mampu mengkondisikan suhu dan kelembaban gudang dengan menyalakan kipas dan pemanas jika suhu dan kelembaban telah mencapai ambang batas. Dengan adanya rancangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT, mampu membantu menjaga kualitas hasil pertanian yaitu beras selama penyimpanan.

**Kata Kunci**—*smart warehouse; sistem pemantauan dan kontrol; internet of things*

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, dengan luas lahan pertanian berupa sawah seluas 8.087.393 ha [1]. Produksi padi pada tahun 2015 di Indonesia diperkirakan mencapai 75,40 juta ton gabah kering giling (GKG). Beras merupakan hasil pertanian yang merupakan makanan pokok dan sumber nutrisi penting dalam struktur pangan mayoritas penduduk Indonesia. Berdasarkan data data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2015, rata-rata konsumsi beras terhadap konsumsi tanaman sumber karbohidrat secara keseluruhan mencapai 89,20 persen.

Besarnya konsumsi beras di Indonesia dan banyaknya produksi beras membutuhkan ruang penyimpanan seperti gudang Bulog. Proses penyimpanan perlu diperhatikan untuk mempertahankan kualitas beras agar layak dikonsumsi.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ratnawati, dkk [2], beras mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban selama penyimpanan. Dalam penelitian tersebut digunakan tiga jenis beras yaitu beras yang mendekati SNI mutu III, memenuhi SNI mutu IV, dan beras yang tidak memenuhi standar mutu SNI. Beras disimpan dengan suhu relatif penyimpanan 29-32°C dan kelembaban relatif 65-95%. Hasilnya ketiga jenis beras tersebut mengalami penurunan kualitas, baik dari sisi

peningkatan jumlah butir patah, butir menir, maupun butir menguning. Selain itu, munculnya kutu beras dengan kecepatan pertumbuhan 3 ekor/100g beras/minggu. Hal ini menunjukkan bahwa beras dengan mutu yang baik tetap akan mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban saat penyimpanan. Oleh karena itu, pengaturan suhu dan kelembaban penyimpanan beras sangat penting untuk menjaga kualitas beras.

Pengaturan suhu dan kelembaban tentunya sulit dilakukan secara manual, terlebih penyimpanan beras dalam kapasitas besar seperti di gudang Bulog. Perubahan suhu ruangan yang terjadi secara acak sehingga tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban gudang secara otomatis. *Smart Warehouse* dengan menggunakan perangkat cerdas tertanam/*Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi yakni dengan algoritma yang ditanamkan pada mikrokontroler, aktuator dapat mengeksekusi perintah sesuai dengan hasil pengukuran atau pendeteksian oleh sensor.

Permasalahan lainnya yakni fleksibilitas dalam pemantauan suhu dan kelembaban gudang. Lokasi gudang yang jauh ataupun kurangnya ketersediaan waktu menjadi kendala untuk melakukan pemantauan suhu dan kelembaban gudang secara langsung di gudang tersebut. Saat ini, tengah berkembang teknologi IoT yang dimanfaatkan untuk mengontrol peralatan elektronik di rumah, monitoring penggunaan daya listrik, serta pemberitahuan jika terjadi pemadaman listrik di rumah [3].

Penelitian terkait penerapan IoT telah banyak dilakukan. Salah satunya penelitian sebelumnya yang mengimplementasi internet of things dengan menggunakan protokol *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) [4]. Protokol MQTT tersebut digunakan untuk sistem monitoring suhu. Pengukuran suhu menggunakan LM35 sedangkan koneksi internetnya menggunakan Arduino UNO dan modul wifi Esp8266 ver 01. Penelitian lainnya yaitu sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan [5]. Selain monitoring sistem yang dikembangkan juga memberikan notifikasi apabila kondisi udara sudah melewati ambang batas toleransi. Penelitian tersebut menggunakan *Wemos board* yang di dalamnya terdapat mikrokontroler dan modul *wifi*. Saat ini telah ada teknologi NodeMCU yang merupakan gabungan dari mikrokontroler dan modul *wifi*. Salah satu penelitian terkait yang menggunakan NodeMCU yaitu untuk sistem monitoring tangki air [6].

Pada penelitian ini dilakukan penerapan *embedded system* dan IoT untuk mengontrol suhu dan kelembaban gudang penyimpanan beras. Selain menggunakan sensor

untuk mengukur suhu dan kelembaban, terdapat juga aktuator sebagai penstabil kondisi suhu dan kelembaban di gudang. Pemantauan suhu dan kelembaban dari jarak jauh ini akan menjadikan pekerjaan lebih efektif dan fleksibel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

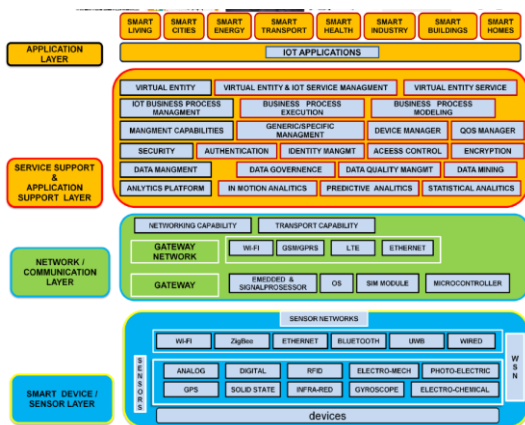
A. Kualitas beras

Penelitian oleh Ratnawati, dkk [2] merekomendasikan untuk menyimpan beras dengan kelembaban udara di unit penyimpanan harus dijaga serendah mungkin yaitu <65% dan kadar air <14%. Jika kelembaban berada pada level tinggi, maka uap air akan terabsorpsi ke dalam beras, sementara apabila kelembaban turun, maka air akan terdesorpsi keluar dari beras. Koefisien ekspansi higroskopis beras pada saat absorpsi lebih besar daripada saat desorpsi. Perbedaan koefisien ekspansi inilah yang menyebabkan butir beras menjadi retak, apalagi proses absorpsi dan desorpsi ini berlangsung berulang-ulang.

B. Internet of Things

Konsep IoT pertama kali dicetuskan oleh komunitas pengembang *Radio Frequency Identification* (RFID) sekitar tahun 1999. Konsep ini makin relevan dengan masa sekarang mengingat makin banyaknya pertumbuhan perangkat baik berupa telepon pintar, perangkat tertanam, sensor dan komputasi awan. Perangkat sensor dapat menangkap kondisi lingkungan dan berkomunikasi dengan menyebarkan informasi tersebut ke berbagai perangkat lain. Kemudian, informasi tersebut bisa digunakan oleh sistem lain untuk menganalisa perilaku menentukan keputusan yang harus diambil. Dengan konsep dan skema tersebut dapat dibuat sebuah sistem yang cerdas [7] Arsitektur IoT ditunjukkan oleh Gbr. 1.

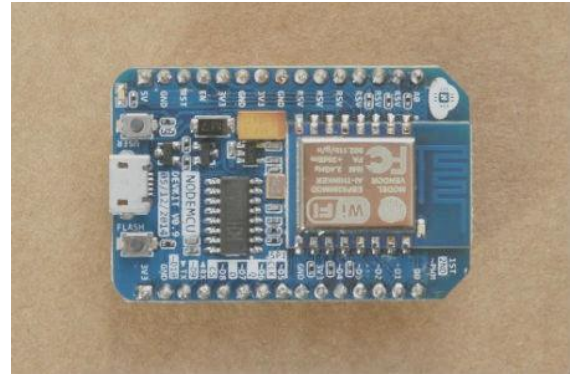
Model komunikasi IoT dapat berupa komunikasi *devices to devices*, model ini menghubungkan dua atau lebih perangkat yang saling terhubung dan berkomunikasi langsung tanpa harus melewati server atau perangkat penghubung lain. Model kedua ialah *devices to cloud*, pada model ini, setiap perangkat harus terhubung ke aplikasi berbasis *cloud* untuk saling mengirimkan dan mendapatkan data. Model komunikasi ketiga ialah *devices to gateway*, bedanya dengan model kedua ialah setiap perangkat atau kelompok perangkat terhubung dahulu melewati perangkat *gateway*. [8].



Gbr. 1. Arsitektur IoT [7]

C. NodeMCU

NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan Wifi antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan Wifi. NodeMCU berbasis bahasa pemrograman Lua namun dapat juga menggunakan Arduino IDE untuk pemrogramannya [9].

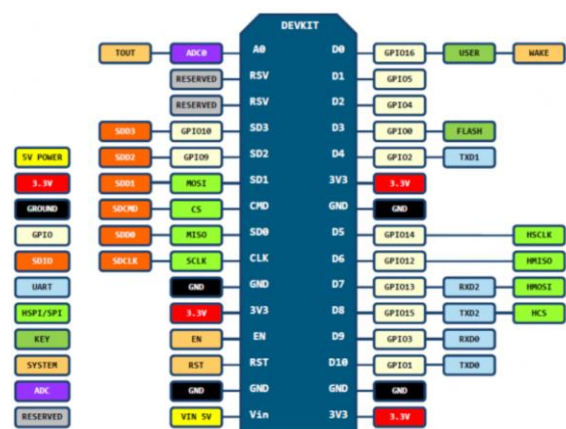


Gbr. 2 NodeMCU ESP8266

Berikut ini spesifikasi NodeMCU ESP8266.

- Voltage: 3.3V
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.
- Current consumption: 10uA~170mA.
- Flash memory attachable: 16MB max (512K normal).
- Integrated TCP/IP protocol stack.
- Processor: Tensilica L106 32-bit.
- Processor speed: 80~160MHz.
- RAM: 32K + 80K.
- GPIOs: 17 (multiplexed with other functions).
- Analog to Digital: 1 input with 1024 step resolution.
- +19.5dBm output power in 802.11b mode
- 802.11 support: b/g/n.
- Maximum concurrent TCP connections: 5.

Diagram skematik NodeMCU ESP8266 ditunjukkan pada Gbr. 3.

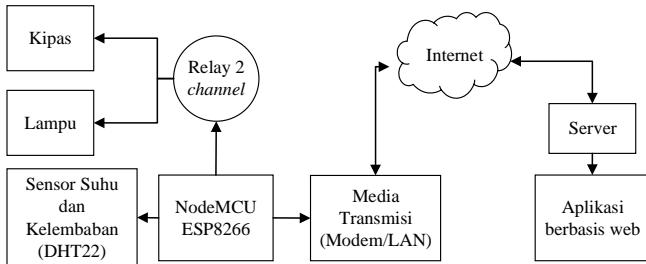


Gbr. 3. Diagram skematik NodeMCU ESP8266 [9]

### III. METODE

#### A. Rangkaian Sistem

Pada penelitian digunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban penyimpanan beras. Sensor DHT22 dihubungkan dengan mikrokontroler yang ada pada NodeMCU. Mikrokontroler tersebut juga terhubung dengan kipas angin dan lampu sebagai aktuator. Hasil pengukuran dikirim ke *cloud storage* melalui jaringan internet. Dengan demikian data hasil pengukuran dapat ditampilkan di aplikasi web. Rangkaian sistem ditunjukkan pada Gbr. 4.



Gbr. 4. Diagram blok sistem pemantauan dan kontrol otomatis

#### B. Prinsip Kerja Alat

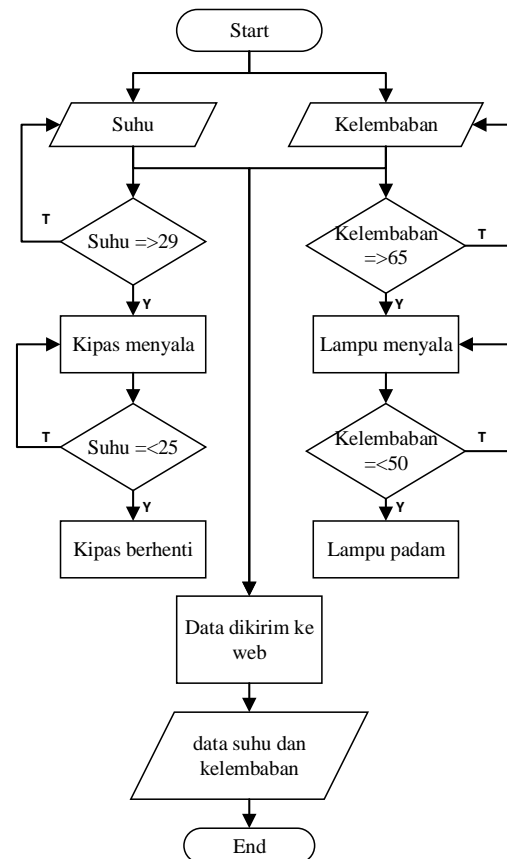
Pada penelitian ini terdapat dua fungsi utama kerja sistem yaitu sistem kontrol otomatis dan sistem pemantauan kondisi gudang penyimpanan. Sistem kontrol otomatis pada *smart warehouse* ini terdiri dari dua rangkaian utama. Pertama, rangkaian sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban. Rangkaian sensor menggunakan sumber tegangan DC. Kedua, rangkaian aktuator. Rangkaian aktuator ini terhubung dengan sumber tegangan AC. Relay digunakan sebagai saklar untuk ON/OFF aktuator. Sementara itu, sistem pemantauan pada *smart warehouse* menggunakan modul ESP8266 pada NodeMCU. Hasil pengukuran sensor dikirim ke website pengguna sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban gudang penyimpanan.

Pada penelitian sensor DHT22 mendeteksi suhu dan kelembaban pada penyimpanan beras. Sensor DHT22 tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler. Pada mikrokontroler ini lah ditanamkan algoritma sistem. Pada saat suhu atau kelembaban di luar batas nilai tertentu maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada aktuator. Adapun yang digunakan sebagai aktuator yaitu kipas angin dan lampu. Kipas angin berfungsi untuk menurunkan suhu sedangkan lampu akan mengurangi kelembaban di dalam gudang penyimpanan beras. Aktuator dapat menyala bergantian ataupun bersamaan. Hal ini tergantung pada hasil pengukuran suhu dan kelembaban. Suhu dan kelembaban yang terukur akan dikirim ke laman web yang sudah dibuat melalui jaringan internet secara real time. Dengan demikian, selain suhu dan kelembaban gudang penyimpanan dapat terjaga pada kondisi yang tertentu, dapat juga dipantau dari luar atau jarak jauh yang dikenal dengan teknologi IoT. Cara kerja sistem ditunjukkan dengan flowchart pada Gbr. 5.

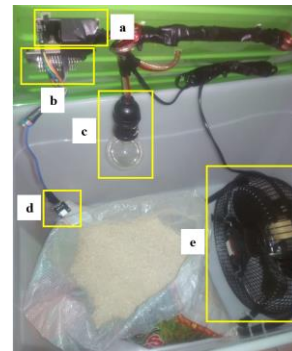
### IV. HASIL PENELITIAN

Rangkaian alat telah dibangun dengan menghubungkan rangkaian sensor, NodeMCU, dan aktuator. NodeMCU terhubung ke modem sebagai akses internet untuk

pengiriman data ke website. Implementasi sistem ditunjukkan pada Gbr. 6.



Gbr. 5. Flowchart kerja sistem



Gbr. 6. Implementasi sistem

Keterangan Gbr.:

- a : relay
- b : node MCU
- c : lampu
- d : Sensor DHT22
- e : Kipas

Pengujian kerja sistem pemantauan dan kontrol suhu dan kelembaban gudang penyimpanan telah dilakukan. Rangkaian sistem diuji dengan seperti pada Gbr. 7. Pengujian pertama yaitu kemampuan sistem kontrol dalam menstabilkan suhu dan kelembaban. Pada mikrokontroler telah diatur suhu ruangan yaitu 25-29°C dan kelembaban 50-65%. Apabila suhu sudah melebihi 29°C, kipas akan menyala secara otomatis untuk menurunkan suhu sampai 25°C. Demikian juga halnya dengan kelembaban, pada saat nilai kelembaban yang terukur oleh sensor melebihi 65%, lampu sebagai pemanas akan menyala secara otomatis untuk

menurunkan kelembaban. *Time delay* mulai dari sensor mendeteksi suhu atau kelembaban yang melebihi batas nilai yang telah ditentukan hingga aktuator menyala diatur selama 3.000 ms.



Gbr. 7. Pengujian sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aktuator dapat menyala sesuai dengan batas nilai hasil pengukuran sensor yang telah diatur. Tabel I menunjukkan hasil pengujian sistem kontrol otomatis. Data secara reguler dikirimkan ke server sehingga bisa ditampilkan grafik catatan pemantauan suhu dan kelembaban gudang tersebut. Pengawas bisa melakukan intervensi jika memantau sistem tidak bekerja optimal saja. Aplikasi pemantauan berbasis web ditunjukkan oleh Gbr. 8.

TABEL I. HASIL PENGUJIAN SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL OTOMATIS GUDANG

No	Kondisi yang diuji	Ekspektasi hasil	berhasil / gagal (√ / x)
1	Koneksi internet	Terhubung ke modem GSM	√
2	Data pengukuran sensor	Suhu Kelembaban	√ √
3	Pengiriman data	Data terkirim ke website	√
4	Respon aktuator	Kipas menyala saat suhu $\geq 29^{\circ}\text{C}$ Kipas berhenti saat suhu $\leq 25^{\circ}\text{C}$ Lampu menyala saat kelembaban $\geq 65\%$ Lampu padam saat kelembaban $\leq 50\%$	√ √ √ √
5	Tampilan dashboard website	Menampilkan grafik suhu Menampilkan grafik kelembaban	√ √
6	Penyimpanan data	Data suhu dalam format excel Data kelembaban dalam format excel	√ √

## V. KESIMPULAN

Penelitian membangun suatu sistem pemantauan dan kontrol suhu dan kelembaban gudang penyimpanan secara otomatis yang merupakan bagian dari *smart warehouse*

*system*. Pada sistem kontrol aktuator menyala pada saat pengukuran sensor menunjukkan nilai maksimum batas yang ditentukan. Aktuator akan berhenti menyala pada saat suhu dan/atau kelembaban yang telah mencapai batas normal. Lama waktu respon aktuator sesuai dengan yang terprogram yaitu 3.000 ms.



Gbr. 8. Tampilan *dashboard* pemantauan suhu dan kelembaban gudang

Pengiriman data suhu dan kelembaban yang terukur oleh sensor berhasil dikirim ke website melalui jaringan internet. Data ditampilkan dalam bentuk grafik yang otomatis tersimpan dalam tabel dengan format excel. Data ini dapat diunduh oleh pengguna jika diperlukan. Perlu untuk mengembangkan sistem ini untuk pemantauan dan pengontrolan otomatis bagian-bagian lain dari gudang penyimpanan hasil pertanian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini melalui dana hibah penelitian DIPA Fakultas Teknik.

## REFERENSI

- [1] Subdirektorat Statistik Perdagangan Dalam Negeri, *Distribusi Perdagangan Komoditas Beras Indonesia*. Indonesia, 2016.
- [2] Ratnawati, M. Djaeni, and D. Hartono, "Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan," *Pangan*, vol. 22, no. 3, pp. 199–207, 2013.
- [3] M. B. Nurfaif, S. R. Sulistiyanti, M. Komarudin, and G. F. Nama, "Telemetry and tele-control of electronic appliances for smart-home-system," in *2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 2017, pp. 18–23.
- [4] T. Budioko, "Sistem monitoring suhu jarak jauh berbasis internet of things menggunakan protokol mqtt," *Semin. Nas. Ris. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 30 July, pp. 353–358, 2016.
- [5] J. Waworundeng and O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT Indoor Air Quality Monitoring and Notification System with IoT Platform."
- [6] U. Ulumuddin, M. Sudrajat, T. D. Rachmildha, N. Ismail, and E. A. Z. Hamidi, "Prototipe Sistem Monitoring Air Pada Tangki Berbasis Internet of Things Menggunakan Nodemcu Esp8266 Sensor dan Ultrasonik," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2017*, no. 2016, pp. 100–105, 2017.
- [7] K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, "THE INTERNET OF THINGS: AN OVERVIEW. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World.," *Internet Soc.*, no. October, p. 80, 2015.
- [8] K. K. Patel and S. M. Patel, "Internet of Things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges," *Int. J. Eng. Sci. Comput.*, vol. 6, no. 5, pp. 6122–6131, 2016.
- [9] Handsontec, "Handson Technology User Manual V1.2," *Hanson Technology*. pp. 1–22, 2017.