

Perancangan Alat Ukur Berbasis Internet Of Things (IoT) Pada Instrument Autoclave Dengan Pendekatan 8Steps dan Seventools di Laboratorium Mikrobiologi

Design of an Internet of Things (IoT)-Based Measuring Device for Autoclave Instruments Using the 8Steps and Seventools Approaches in the Microbiology Laboratory

Cika Marshanda Chaerani¹, Arif Nuryono^{2*}, Rifki Muhendra³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: arif.nuryono@dsn.ubharajaya.ac.id

Abstrak

Proses sterilisasi sangat penting dalam menunjang kegiatan penjaminan kualitas dari produk terutama pada produk pangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomasi pada instrumen Autoclave dengan menggunakan sensor suhu dan tekanan yang berbasis pada Internet of Things (IoT). Di Laboratorium Mikrobiologi PT WCN beberapa kali mengalami hasil Sample pengujian produk Tidak Sesuai Standar (TMS), hal ini kemungkinan terjadi karena suhu dan tekanan pada saat proses sterilisasi tidak tercapai. Oleh karena itu, sistem yang dirancang bertujuan untuk meningkatkan kualitas pada proses penjaminan kualitas dengan pendekatan 8 Steps dan Seven Tools. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi menggunakan Internet of Things (IoT), dan pengujian kinerja sistem. Sensor suhu dan tekanan dipilih sebagai komponen utama dalam mendeteksi suhu dan tekanan didalam Autoclave. NodeMCU digunakan sebagai otak sistem untuk mengolah data dari sensor suhu dan mengontrol tindakan yang diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mendeteksi suhu dan tekanan yang sesuai dengan akurat dan memberikan peringatan kepada pengguna Autoclave.

Kata kunci: Autoclave, Internet of Things, Otomasi, Seventools, 8 Steps.

Abstract ((10pt Bold Italic))

The sterilization process is crucial in supporting quality assurance activities, especially in food products. This research aims to design an automation system for the Autoclave instrument using temperature and pressure sensors based on the Internet of Things (IoT). In the Microbiology Laboratory of PT WCN, there have been several instances of non-compliant test results for product samples, possibly due to the failure to achieve the required temperature and pressure during the sterilization process. Therefore, the designed system aims to enhance the quality assurance process through the 8 Steps and Seven Tools approach. The research methodology includes literature review, system requirements analysis, system design, implementation using the Internet of Things (IoT), and system performance testing. Temperature and pressure sensors are chosen as the main components to detect the conditions inside the Autoclave. NodeMCU is used as the system's brain to process data from the temperature sensor and control necessary actions. The research results indicate that the designed system is capable of accurately detecting temperature and pressure conditions and providing alerts to Autoclave users.

Keywords: Autoclave, Internet of Things, Otomation, Seventools, 8 Steps.

1. Pendahuluan

Penggunaan alat ukur berbasis Internet of Things (IoT) di Indonesia mengalami pertumbuhan signifikan karena kesadaran akan efisiensi dan akurasi pengukuran serta perkembangan infrastruktur teknologi. IoT memungkinkan pemantauan dan analisis data real-time, yang bermanfaat dalam sektor pertanian,

industri, kesehatan, dan lingkungan. Namun, tantangan seperti infrastruktur internet yang belum merata dan isu keamanan data masih ada.

PT WCN, didirikan pada tahun 1999, adalah produsen minyak sawit dan turunannya, seperti minyak kelapa sawit, stearin, Refined Bleached and Deodorized Palm Oil, dan soft oil, yang digunakan dalam berbagai produk makanan dan minuman. Untuk memastikan kualitas produk, perusahaan melakukan pengujian mikrobiologi dengan sterilisasi alat menggunakan autoclave manual pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 15-20 menit. Namun, autoclave manual ini belum dilengkapi dengan sensor untuk memastikan suhu dan tekanan standar, yang berpotensi menyebabkan kegagalan proses sterilisasi dan mempengaruhi kualitas produk. Penelitian ini mengusulkan perancangan alat ukur berbasis Internet of Things (IoT) untuk autoclave dengan sensor suhu dan tekanan serta notifikasi real-time melalui alarm/buzzer yang terhubung ke telepon genggam, untuk mengurangi produk yang tidak memenuhi standar.

2. Metode

Plan – Do – Check – Action (PDCA) merupakan siklus manajemen kualitas yang dijadikan panduan dalam kegiatan penjaminan mutu. PDCA ini merupakan prinsip dasar untuk perbaikan secara terus menerus (continuous improvement).

1. *Plan* (Perencanaan)

Menetapkan atau merancang apa masalah inti yang akan dihadapi dan disusun berdasarkan prinsip 5W+2H (*What, Why, Who, When, Where, dan How, How Much*) serta menetapkan target yang harus dicapai dengan prinsip SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Reasonable, Time Base*).

2. *Do* (Melaksanakan)

Melakukan kegiatan perbaikan dan mengimplementasikan secara bertahap, merata sesuai kapasitas kemampuan tiap personil.

3. *Check* (Memeriksa)

Memeriksa atau meneliti apakah pelaksanaan sesuai rencana serta memantau perkembangan perbaikan yang direncanakan.

4. *Action* (Melakukan Tindakan)

Tindakan penyesuaian yang dilakukan berdasarkan analisis pada tahapan *check*. Penyesuaian ini dapat berupa standarisasi baru untuk mencegah masalah yang sama terulang lagi atau berupa penetapan sasaran baru untuk perbaikan berikutnya

2.1 *Steps Improvement*

Metode Eight Steps merupakan kerangka kerja yang bisa digunakan untuk memecahkan permasalahan dan melakukan perbaikan. Dengan metode ini pengelolaan data menggunakan Seven Tools QC pada masing-masing langkah. Berikut merupakan 8 langkah perbaikan:

1. Menentukan Tema

Langkah pertama adalah mengidentifikasi masalah atau menentukan tema dalam proses atau produk. Peneliti harus memahami sumber masalah secara jelas sebelum dapat memperbaikinya.

2. Menyajikan Data dan Fakta

Setelah menentukan tema, selanjutnya mengumpulkan data dan informasi terkait untuk memahami akar penyebab masalah tersebut. Data ini akan membantu dalam menganalisis situasi dengan lebih baik.

3. Analisa Data Faktor dan Menemukan sumber penyebab

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab akar dari masalah. Analisis ini membantu untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk atau proses.

4. Mencari Ide – Ide & Membuat Rencana Perbaikan

Berdasarkan analisis data, selanjutnya merencanakan tindakan perbaikan yang akan dilakukan. Rencana perbaikan harus jelas, terukur, dan dapat dilaksanakan.

5. Implementasi Ide – Ide Perbaikan

Setelah rencana perbaikan disusun, tindakan perbaikan dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Ini melibatkan implementasi solusi untuk mengatasi masalah yang diidentifikasi.

6. Evaluasi Hasil

Proses perbaikan yang dilaksanakan dipantau secara teratur untuk memastikan bahwa perubahan yang dilakukan berhasil. Pengukuran hasil dilakukan untuk membandingkan dengan tujuan yang telah ditetapkan.

7. Standarisasi dan Rencana Pencegahan

Jika ditemukan ketidaksesuaian antara hasil yang diharapkan dan yang dicapai, selanjutnya adalah mengambil tindakan korektif untuk menyesuaikan proses atau tindakan yang dilakukan.

8. Penetapan Rencana Berikut

Langkah terakhir adalah memastikan bahwa organisasi belajar dari pengalaman tersebut dan menerapkan perbaikan secara berkelanjutan serta melakukan peninjauan ulang dari seluruh proses untuk memastikan bahwa standar kualitas terus ditingkatkan.

2.2 *Sevntools*

Menurut Girish (2013), Seven Tools adalah alat bantu dalam manajemen kualitas yang berguna untuk memetakan lingkup persoalan, menyusun data dalam diagram agar lebih mudah dipahami, menelusuri berbagai kemungkinan penyebab persoalan, dan memperjelas kenyataan atau fenomena otentik dalam persoalan (Herlina & Mulyana, 2022). Alat ini sering digunakan oleh pakar untuk mengendalikan kualitas karena kemampuannya dalam mengemukakan fakta dan fenomena yang relevan. Adapun 7 tools pada pengendalian kualitas yaitu sebagai berikut :

1.Lembar Periksa (Check Sheet)

2.Histogram

3.Diagram Pareto

4. Diagram Alur (Flow Chart)

5.Diagram Tebar (Scatter Diagram)

6.Peta Kendali (Control Chart)

7.Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram-Diagram Sebab Akibat).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Perencanaan Perbaikan (Plan)

Langkah 1: Menentukan Tema

Di bawah ini merupakan tabel standard acuan dalam proses sterilisasi.

Tabel 1 Tabel Standard Proses Sterilisasi dengan Instrument *Autoclave*

Standard Proses Sterilisasi	
Indikator	Standard
Suhu	121°C
Tekanan	17 psi
Waktu	90 Menit

Sumber: Instruksi Kerja PT WCN

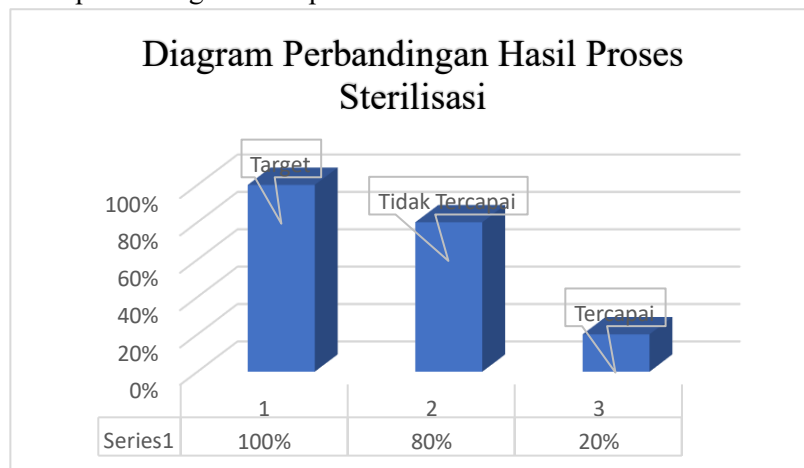
Data jumlah proses sterilisasi dan kegagalan dalam proses sterilisasi diambil pada periode bulan Januari 2024 sampai dengan Mei 2024. Berikut merupakan data proses sterilisasi:

Tabel 2 Data Proses Sterilisasi dengan Autoclave Periode Januari - Mei 2024

Tanggal	Suhu (°C)	Tekanan (Psi)	Waktu (Menit)	Hasil
2-Jan-24	121	12	90	Tidak Tercapai
4-Jan-24	120	13	90	Tidak Tercapai
8-Jan-24	110	11	90	Tidak Tercapai
10-Jan-24	110	15	90	Tidak Tercapai
16-Jan-24	121	17	90	Tercapai
1-Feb-24	120	12	90	Tidak Tercapai
5-Feb-24	121	17	90	Tercapai
14-Feb-24	110	11	90	Tidak Tercapai
27-Feb-14	121	15	90	Tidak Tercapai
20-Mar-24	120	13	90	Tidak Tercapai
22-Mar-24	121	17	90	Tercapai
27-Mar-24	110	14	90	Tidak Tercapai
15-Apr-24	110	16	90	Tidak Tercapai
18-Apr-24	100	11	90	Tidak Tercapai
22-Apr-24	100	11	90	Tidak Tercapai
23-Apr-24	121	13	90	Tidak Tercapai

6-May-24	120	13	90	Tidak Tercapai
12-May-24	121	17	90	Tercapai
20-May-24	121	17	90	Tercapai
31-May-24	100	11	90	Tidak Tercapai

Gambar 1 berikut merupakan diagram dari proses sterilisasi.



Gambar 1 Diagram Perbandingan Hasil Proses Sterilisasi

Pada diagram di atas dapat diketahui bahwa masalah yang dihadapi bagian Laboratorium Mikrobiologi untuk periode Januari – Mei 2024 adalah pada proses sterilisasi yang lebih sering tidak mencapai standar yang telah ditetapkan.

Langkah 2: Penetapan Target

Penentuan target di PT WCN merupakan bagian dari pengolahan berkelanjutan untuk mengidentifikasi penyebab masalah. Data dari 5 bulan terakhir menunjukkan bahwa target toleransi kegagalan diinginkan kurang dari 20%. Berdasarkan data tersebut, penelitian lebih lanjut akan dilakukan.

Langkah 3: Analisa Sebab - Akibat

Setelah pengumpulan data proses sterilisasi dan menentukan target, diperoleh kegagalan pada saat proses dengan jumlah yang tinggi yaitu sekitar 80%. selanjutnya dilakukan analisis untuk menemukan faktor penyebab terjadinya kegagalan pada proses sterilisasi pada instrumen *Autoclave*. Analisis menggunakan pendekatan 3M1E yaitu *Man*, *Machine*, *Method*, dan *Environment*. Berikut tabel identifikasi faktor penyebab masalah. Berikut merupakan analisis identifikasi tidak tercapainya indikator proses sterilisasi pada instrumen *Autoclave*.

Tabel 3 Identifikasi Sumber Kegagalan dalam Proses Sterilisasi

No	Faktor	Kondisi Yang Ada	Kondisi Ideal
1	Manusia (Man)	Penggunaan alat tidak sesuai	Penggunaan alat harus sesuai

		Tidak teliti terhadap penggunaan alat	teliti dalam penggunaan alat
2	Mesin (Machine)	Belum dilengkapi Sensor	dilengkapi dengan sensor alarm
3	Metode (Methode)	Salah penggunaan Metode	Metode yang benar
4	Lingkungan (Environment)	Kondisi udara yang lembab	suhu ruang sesuai standar

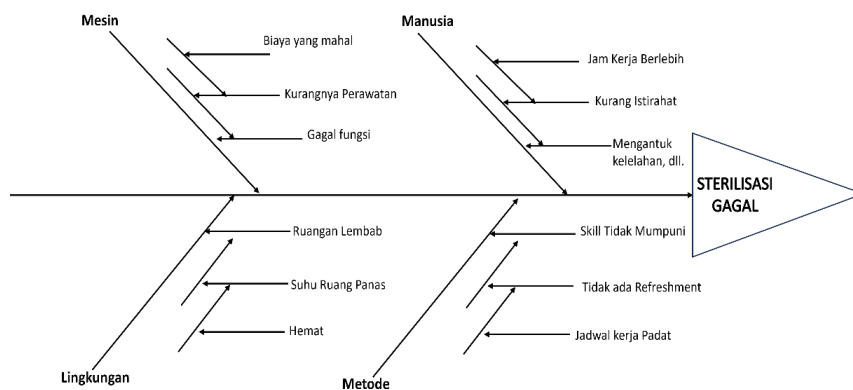
Tabel 4 Brainstorming dari sumber penyebab kegagalan proses sterilisasi

No	Pengawas	Why 1	Why 2	Why 3
1	Supervisor 1	Tidak Fokus	Kurang istirahat	Jam kerja berlebih
		Skill yang tidak mumpuni	Tidak ada jadwal refreshment	Jadwal kerja padat
		Kelembaban ruangan tinggi	Suhu ruangan yang panas	Hemat
2	Supervisor 2	Tidak Fokus	Kurang istirahat	Jam kerja berlebih
		Gagal fungsi pada saat proses	Kurangnya perawatan	Biaya yang mahal
		Salah teknik pengoperasian	Tidak ada jadwal refreshment	Jadwal kerja padat
		Kelembaban ruangan tinggi	Suhu ruangan yang panas	hemat
3	Supervisor 3	Tidak Fokus	Kurang istirahat	Jam kerja berlebih
		Salah teknik pengoperasian	Tidak ada jadwal refreshment	Jadwal kerja padat
		Kelembaban ruangan tinggi	Suhu ruangan yang panas	Hemat

4	Supervisor 4	Tidak Fokus	Kurang istirahat	Jam kerja berlebih
		Kondisi Mesin yang kurang optimal	Kurangnya perawatan	Biaya yang mahal
		Salah teknik pengoperasian	Tidak ada jadwal refreshment	Jadwal kerja padat
		Kelembaban ruangan tinggi	Suhu ruangan yang panas	Hemat

Langkah 4: Analisis Faktor – Faktor Penyebab

Pada langkah ke-2, ditemukan penyebab dari permasalahan penyebab terjadinya tidak tercapainya proses sterilisasi dengan pendekatan *brainstorming* dan diagram *fishbone* adalah sebagai berikut:



Gambar 2 *Fishbone*

a. Faktor manusia

Sering tidak tercapainya proses sterilisasi dipengaruhi oleh kelalaian analis dalam menggunakan *intrument* dan kelelahan yang dialami oleh analis.

b. Faktor Mesin (*Machine*)

Tidak tercapainya proses sterilisasi dipengaruhi oleh pemeliharaan yang mahal dan belum terdapat alarm pada *instrument*.

Berikut merupakan analisis dari setiap faktor penyebab kegagalan sterilisasi menggunakan *Instrument Auctovlave*.

Tabel 5 Faktor Penyebab Kegagalan Sterilisasi

No	What	How	Why	When	Where	Who
1	Kurangnya Pelatihan dan Edukasi	Menjadikan pelatihan atau training sebagai prioritas	Peningkatan keterampilan dari karyawan dan menambah nilai plus dari semua aspek	Mei 2024	Ruang Meeting PT WCN	QA Departement

			Dapat			<i>Human Resources Department</i>
2	Analisis Kelelahan	Menambah tenaga kerja	meningkatkan produktivitas pekerja	Mei 2024	Ruang HRD PT WCN	
		Kebutuhan Akan Suku Cadang	Mendapatkan keuntungan karena dapat dengan harga yang			
3	Berkualitas Tinggi serta preventive yang maksimal.	Mencari vendor dengan harga paling murah dengan kualitas yang tetap sama	murah tetapi preventive yang tetap maksimal	Mei 2024	PT WCN	<i>Maintenance Departement.</i>
4	Pentingnya Alarm pada Autoclave	Merancang Alat pendeteksi indikator Autoclave	Dengan merancang alat dapat menghemat biaya yang diperlukan	Mei 2024	Laboratorium Mikrobiologi PT WCN	<i>Engineering</i>

Setelah dilakukan analisis 5W+1H maka akan dibuat action plan atau rencana perbaikan dari setiap root cause yang diperoleh dari masing masing faktor tersebut. Berikut ini merupakan action plan untuk pengurangan terjadinya kegagalan dalam proses sterilisasi.

Tabel 6 Analisis 5W Terhadap kurangnya pelatihan

Kurangnya Pelatihan	
W1	karena tidak mengikuti prosedur operasi standar yang ditetapkan
W2	Karena tidak sepenuhnya memahami SOP tersebut
W3	Karena tidak menerima pelatihan yang memadai tentang penggunaan tentang instrumen dan SOP terkait.
W4	karena manajemen tidak mengatur pelatihan yang cukup atau berkelanjutan untuk analis ataupun staff
W5	keterbatasan anggaran atau prioritas yang lebih rendah terhadap pelatihan berkelanjutan dibandingkan dengan kebutuhan operasional lainnya
Rootcause	Kurangnya Pelatihan dan Edukasi: Analis tidak menerima pelatihan yang memadai dan berkelanjutan tentang penggunaan <i>autoclave</i> dan prosedur operasi standar (SOP).

Tabel 7 Analisis 5W terhadap kelelahan yang dialami oleh Anallis

Kelelahan Yang Dialami Oleh Anallis

W1	Bekerja dalam jangka waktu yang panjang tanpa istirahat yang maksimal.
W2	Ada beban kerja yang berlebihan dan kurangnya staff yang cukup untuk menangani tugas - tugas tersebut.
W3	Karena manajemen belum melakukan rekrutment yang memadai atau tidak mengatur distribusi pekerjaan dengan baik.
W4	Kendala pada anggaran atau kurangnya perencanaan yang efektif dalam manajemen SDM
W5	Prioritas anggaran dialokasikan ke area lain yang dianggap lebih mendesak dan tidak memiliki strategi jangka panjang yang jelas untuk pengelolaan sumber daya manusia
Rootcause	Kurangnya pekerja dan Perencanaan yang Efektif: Beban kerja berlebihan dan kurangnya staf yang memadai disebabkan oleh kendala anggaran dan kurangnya perencanaan sumber daya manusia yang efektif.

Tabel 8 Analisis 5w terhadap Preventive Maintenance yang Mahal

Preventive Maintenance yang Mahal	
W1	Karena suku cadang dan bahan yang digunakan untuk preventive berharga tinggi.
W2	Suku cadang harus diimpor atau diproduksi oleh produsen spesialis dengan standa kualitas yang tinggi.
W3	Karena autoclave merupakan instrument yang memerlukan akurasi yang tinggi untuk memastikan keefektifitas dan keamanan dari proses sterilisasi.
W4	Kegagalan dalam proses steril dapat menyebabkan kontaminasi yang berpotensi membahayakan customer atau hasil penelitian.
W5	<i>Autoclave</i> digunakan untuk mensterilkan bahan atau peralatan laboratorium yang harus bebas dari mikroorganismen untuk mencegah infeksi dan kontaminasi silang

Rootcause	Kebutuhan Akan Suku Cadang Berkualitas Tinggi: Biaya tinggi preventive maintenance disebabkan oleh kebutuhan untuk menggunakan suku cadang dan bahan berkualitas tinggi yang harus diimpor atau diproduksi oleh produsen spesialis, guna memastikan keamanan dan keandalan proses sterilisasi.
------------------	---

Tabel 9 Analisis 5W terhadap belum terdapat alarm pada instrument

Belum Terdapat Alarm pada <i>Instrument</i>.	
W1	Model <i>Autoclave</i> yang digunakan adalah versi lama.
W2	Anggaran terbatas untuk membeli <i>Autoclave</i> model terbaru yang dilengkapi dengan fitur alarm.
W3	karena prioritas anggaran difokuskan pada kebutuhan operasional yang lain yang dianggap lebih mendesak.
W4	Manajemen mungkin belum sepenuhnya menyadari pentingnya fitur alarm dalam <i>autoclave</i> untuk memastikan keamanan dan efektivitas sterilisasi.
W5	Kurangnya informasi tentang resiko dan manfaat tambahan pada fitur alarm pada instrument <i>Autoclave</i> .
Rootcause	Pentingnya alarm pada <i>Autoclave</i>: Manajemen belum sepenuhnya menyadari pentingnya fitur alarm dalam autoclave, disertai dengan prioritas anggaran yang lebih tinggi untuk kebutuhan operasional lainnya.

3.2 Tahap Pelaksanaan (Do) Langkah 5: Melaksanakan Rencana

Pada tahap ini merupakan tahap pelaksanaan dari setiap *action plan* yang telah direncanakan dimana perencanaan ini akan dilakukan. Berikut ini merupakan ide perbaikan yang dilakukan yaitu:

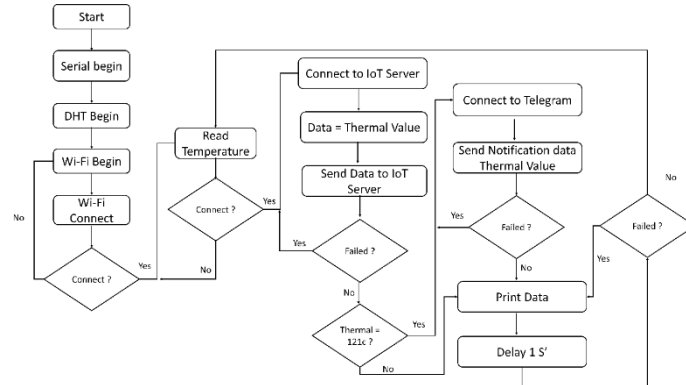
1. Mengadakan training refreshment secara berkala.

Tabel 10 Perencanaan Jadwal Refreshment Training terhadap Analisis Mikrobiologi

No	Tanggal	Materi Training	Jadwal		Peserta
			Jam	Kegiatan	
1	4/6/2024	Standar Indikator Sterilisasi Dengan Autoclave	09.00 - 09.30	1. Pretest 2. Penyampaian Materi 3. Post Test dan Tanya Jawab	Semua Analisis Mikrobiologi

Gambar 4 Prototype Monitoring Pendeteksi Suhu

Berikut merupakan diagram blok dari algoritma pemrograman NodeMCU.



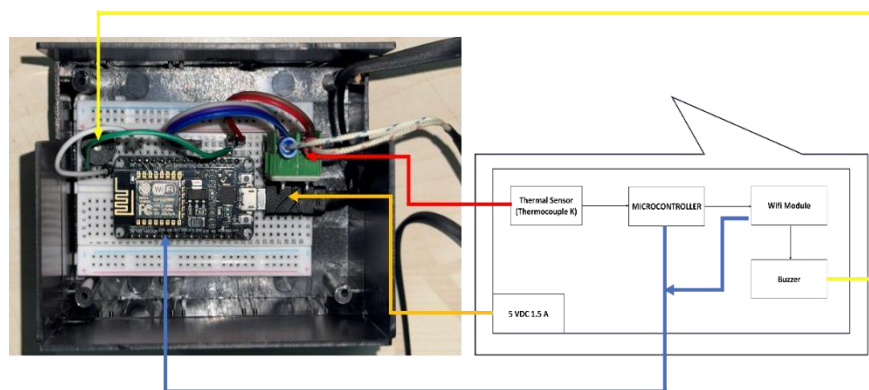
Gambar 5 Diagram Blok Pemrograman Sistem Pendeteksi Suhu

c. Pemberitahuan Suhu Tercapai menggunakan Pengirim Pesan Aplikasi Telegram

Telegram adalah aplikasi pesan instan multi-platform berbasis cloud yang gratis dan non-profit. Aplikasi Telegram tersedia untuk perangkat seluler (Android, iOS, Windows Phone, Ubuntu Touch) dan sistem komputer (Windows, OS X, Linux). HTTPS sederhana yang menawarkan versi sederhana dari API Telegram, yang dikenal sebagai API Bot. Untuk menghubungkan bot Telegram dengan perangkat sensor, pengguna perlu membuat akun bot. Setelah akun bot dibuat, Telegram akan memberikan Bot Token yang kemudian akan digunakan dalam pemrograman NodeMCU.

d. Hasil Perancangan

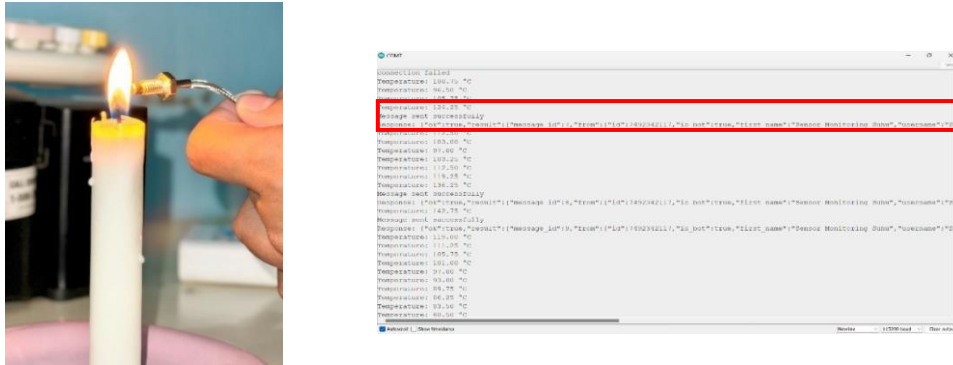
Berikut merupakan perangkat sensor berbasis Internet of Things yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 6 Bentuk Fisik dari Perangkat Sensor Suhu

e. Simulasi Alat Ukur Berbasis Internet of Things

Pada tahap ini dilakukan pelaporan simulasi respon perangkat sensor terhadap lingkungan sekitarnya. Simulasi ini dilakukan dengan pemantik api.



Gambar 7 Bentuk Fisik dari Perangkat Sensor Suhu

3.2 Tahap Analisa Setelah Dilakukan Perbaikan (Check)

Langkah 6:

Adapun hasil dan dampak dari improvement dengan merancang alat pendeteksi indikator sterilisasi sebagai berikut.

Tabel 11 Rekapitulasi Data Sterilisasi Sesudah dilakukan perbaikan

Data Sterilisasi Setelah Dilakukan Perbaikan.

	Jumlah	%
Total Proses	20	100%
Total Proses Tidak Tercapai	2	10%
Total Proses Tercapai	18	90%

3.3. Siklus Aksi (Action)

Langkah 7: Tahap Membuat Standarisasi

Berikut merupakan beberapa standarisasi yang dilakukan.

Tabel 12 Standardisasi Perbaikan

Tabel Standardisasi Perbaikan

No	Aktivitas Penanggung	Standar	PIC
1	Membuat usulan form checklist terhadap indikator	Pengecekan terhadap indikator sterilisasi yaitu suhu, tekanan, dan waktu dan dicatat di form checklist	Analisis dan Supervisor
2	Penjadwalan refreshment atau training	Refreshment kepada Analis tentang penggunaan dan standar proses sterilisasi	Quality section head
3	Validasi terhadap alat pengukur suhu	pengecekan dan pengujian terhadap alat pendeteksi suhu secara berkala	QA

Langkah 8: Mmpersiapkan Rencana Berikutnya.

Setelah siklus Plan-Do-Check-Action selesai, peneliti melanjutkan dengan perbaikan berkesinambungan. Pada langkah ke-8, persiapan dilakukan untuk siklus berikutnya dengan memilih tema yang sama jika perbaikan belum mencapai tujuan, atau mengatasi akar masalah yang belum terselesaikan. Jika semua masalah telah diperbaiki, peneliti mencari masalah baru melalui brainstorming. Proses ini terus berlanjut hingga tercapai perubahan signifikan pada fokus perbaikan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah pada pengoperasian autoclave di PT WCN menunjukkan gagalnya proses sterilisasi, yang disebabkan oleh kurangnya sensor dan alarm pada instrumen. Masalah ini mempengaruhi hasil pengujian kualitas mikrobiologi karena sterilisasi adalah proses krusial. Untuk meminimalisir kegagalan, digunakan metode PDCA dan Seventools untuk menentukan perbaikan yang diperlukan.
2. Sistem pendeteksi suhu dan tekanan memiliki spesifikasi sebagai berikut: Jika sensor suhu mendeteksi suhu 121°C, buzzer menyala dan notifikasi dikirim ke telepon genggam melalui aplikasi Telegram. Jika suhu tidak tercapai dalam 90 menit, notifikasi juga akan dikirim. Sistem ini dirancang sesuai kebutuhan analisis laboratorium yang mengoperasikan autoclave di PT WCN

Daftar Pustaka

- Ashshaff, A. M. (n.d.). *ABSTRACT THE IMPLEMENTATION OF ANDROID-BASED INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGY AS THE SMART ROOM CONTROLLER*.
- Handayani, R., Rachmat, Z., Studi Manajemen Informatika, P., Amika Soppeng, S., & Artikel, S. (2022). *PERANCANGAN APLIKASI E-LEARNING BERBASIS WEBSITE PADA SMP NEGERI 3 WATANSOPPENG INFO ARTIKEL*. 1(1), 43–54.
- Hutapea, H. P., & Setyowati, F. E. (2023). Perbandingan Proses Sterilisasi Kalsium Karbonat (CaCO₃) sebagai Bahan Baku Probiotik Hewan Berdasarkan Jumlah Total Sel Bakteri. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 9(1). <https://doi.org/10.30738/st.vol9.no1.a14164>
- Jiwatami, A. M. A. (2022). Aplikasi Termokopel untuk Pengukuran Suhu Autoklaf. *Lontar Physics Today*, 1(1), 38–44. <https://doi.org/10.26877/lpt.v1i1.10695>
- Khoirul Anaam, I., Hidayat, T., Yuga Pranata, R., Abdillah, H., & Yhuto Wibisono Putra, A. (2022) 4650 1,2,3,4,5 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. In *Jl. Ciwaru Raya No (Vol. 25)*.
- Safrudin, Y. N., & Sari, D. P. (n.d.). *ANALISIS PENYEBAB KETIDAKSESUAIAN PRODUK ADIPRIMA PADA PT. ADPS MENGGUNAKAN METODE SEVEN TOOLS*.
- Studi Manajemen Bisnis Internasional Jurusan Administrasi Niaga Politeknik Negeri Bali, P. (n.d.). *SKRIPSI PENERAPAN METODE SEVEN TOOLS OF QUALITY CONTROL DALAM MENGURANGI IRREGULARITY CARGO PADA POS OPERASIONAL CARGO EXPORT PT. GAPURA ANGKASA CABANG DENPASAR Disusun untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Syarat Lulus Diploma IV. UNIVERSITAS INDONESIA*. (n.d.).
- Utari Turyadi, I., Johan, F., Widyanto, D., Studi Magister Operasi Laut Dikreg Seskoal Angkatan ke-, P., Staf dan Komando Angkatan Laut, S., Artikel, R., Kunci, K., & Utari Turyadi, I. (2021). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelejen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur*. 7, 29–39. <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>

Wulandari, S., Sholihatun Nisa, Y., Indarti, S., & Rr Rahmi Sri Sayekti, dan. (n.d.). STERILISASI PERALATAN DAN MEDIA KULTUR JARINGAN 1 1 2 2 1*. In *Agrinova: Journal of Agrotechnology Innovation* (Vol. 4, Issue 2). <https://jurnal.ugm.ac.id/Agrinova/>

