

Rancang Bangun Deteksi Kualitas Limbah Pabrik Kelapa Sawit Dengan Parameter pH, Suhu, Dan Tds Berbasis Esp-32

Desy Kristiani Simamora¹, Venny Herita², Sheiya Uly Artha Sihite³, Junaidi⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater no. 1 Kampus USU Medan, 20155

¹desykristianisimamora@students.polmed.ac.id, ²vennyherita@students.polmed.ac.id,

³sheyiaulyartha@students.polmed.ac.id, ⁴Junpolmed@gmail.com

Abstrak— Kelapa Sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan dan utama di Indonesia. Tanaman yang produk utamanya terdiri dari minyak sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO) ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan menjadi salah satu penyumbang devisa negara terbesar dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya. Pertambahan dan peningkatan areal pertanaman kelapa sawit diiringi Bertambah jumlah industri pengolahannya juga sehingga menyebabkan jumlah limbah yang dihasilkan semakin banyak . Hal tersebut disebabkan oleh bobot limbah pabrik kelapa sawit (PKS) yang harus dibuang semakin bertambah. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, baik kuantitas sumber daya alam, kualitas sumber daya alam, maupun lingkungan hidup. Untuk itu perlu adanya alat untuk mendeteksi kualitas limbah cair salah satunya mendeteksi zat padat terlarut, Tingkat keasaman, dan suhu dari limbah cair tersebut.

Kata kunci : Deteksi Kualitas Limbah PKS, Total Dissolved Solid, Potential Of Hydrogen, Temperature, dan Esp-32

Abstract— Palm oil is a leading and primary plantation commodity in Indonesia. This plant, whose main products consist of crude palm oil (CPO) and palm kernel oil (PKO), has high economic value and is one of the largest contributors to the country's foreign exchange compared to other plantation commodities. The increase and expansion of oil palm plantation areas is accompanied by an increase in the number of processing industries, resulting in an increasing amount of waste produced. This is due to the increasing weight of palm oil mill (PKS) waste that must be disposed of. Waste generated from the palm oil processing process will have a negative impact on the environment, both the quantity of natural resources, the quality of natural resources, and the environment. Therefore, a tool is needed to detect the quality of liquid waste, one of which is to detect dissolved solids, acidity levels, and temperature of the liquid waste.

Keywords : Detection of PKS Waste Quality, Total Dissolved Solids, Potential of Hydrogen, Temperature, and Esp-32

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan luas kebun kelapa sawit di Indonesia ini cukup pesat, seiring dengan tingginya, permintaan dunia, akan minyak sawit (CPO). Dengan semakin luas lahan dan penambahan pabrik kelapa sawit menyebabkan banyaknya limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Zat yang terkandung dalam Limbah cair pabrik kelapa sawit jika tidak di kelola dengan baik akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Berdasarkan perbandingan pengukuran tds atau jumlah padatan terlarut, nilai Tds yang tinggi menunjukkan adanya banyak zat terlarut yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain Tds, parameter lain seperti pH dan suhu juga sangat berpengaruh terhadap tingkat pencemaran dan harus dikontrol secara berkala. Untuk itu, diperlukan pendeteksi kualitas limbah yang mampu mendeteksi nilai Tds, pH, dan suhu secara akurat, dan efisien.

B. Fokus Bidang Kajian

Penelitian ini berfokus pada perancangan deteksi kualitas limbah pabrik kelapa sawit dengan menggunakan komponen-komponen elektronika sebagai berikut : Esp-32, Sensor Tds, Sensor pH, Temperature Sensor, Lcd 12C, Buzzer, Power Supply, Kabel Jumper, Kabel Listrik, dan Pcb Bolong.

II. STUDI PUSTAKA

A. Landasan Teori

Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah cair dari berbagai proses produksi seperti klarifikasi minyak, pemisahan serat, dan pendinginan. Limbah cair ini mengandung zat organik dan anorganik yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan jika tidak diawasi dan diolah dengan baik. Oleh karena itu, sistem monitoring yang dapat mendeteksi kandungan zat dalam limbah cair sangat dibutuhkan.

1. *Total Dissolved Solid Sensor Gravity*

Sensor Tds adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah zat yang terlarut dalam air, seperti garam, mineral, dan senyawa kimia lainnya. Dalam limbah pabrik kelapa sawit, sensor ini berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak kandungan bahan terlarut yang dapat mencemari lingkungan. Sensor TDS bekerja dengan mendeteksi kemampuan air dalam menghantarkan listrik. Semakin banyak zat terlarut, semakin tinggi nilai TDS yang diukur. Nilai ini biasanya ditampilkan dalam satuan ppm (part per million).



Gambar 2.1 Sensor Total Dissolved Solids(TDS)

Sumber(<https://i.ebayimg.com/images/g/PlwAAeSwiWpn9Sgh/s-1960.jpg>)

2. Sensor pH 4502C

Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air limbah. Skala pH berkisar dari 0 (sangat asam) hingga 14 (sangat basa), dengan nilai 7 sebagai netral. Dalam limbah pabrik kelapa sawit, pengukuran pH penting karena air limbah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat merusak ekosistem perairan sekitar. Sensor pH bekerja dengan mengukur konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam air, yang menghasilkan sinyal yang kemudian dikonversi menjadi nilai pH yang bisa dibaca.



Gambar 2.2 Sensor pH 4502C

Sumber(<https://static.rapidonline.com/catalogueimages/product/75/02/s75-0249p01wc.jpg>)

3. Temperatur Sensor DS18B20 (Sensor Suhu)

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat panas atau dinginnya suatu benda, seperti air limbah dari pabrik kelapa sawit. Alat ini bekerja dengan mendeteksi perubahan suhu di sekitarnya, lalu mengubahnya menjadi angka yang menunjukkan seberapa panas limbah tersebut. Pengukuran suhu penting karena suhu yang terlalu tinggi bisa memengaruhi proses pengolahan limbah dan merusak lingkungan jika dibuang langsung.



Gambar 2.3 Temperatur Sensor DS18B20

Sumber(<https://shopofthings.ch/wp-content/uploads/2020/06/DS18B20WDX0.jpg>)

4. ESP-32 Development Board 38 Pin

ESP-32 Development Board 38 Pin adalah papan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat kendali dalam sistem monitoring. Board ini memiliki 38 pin input/output, serta sudah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth sehingga cocok untuk sistem berbasis IoT. Cara kerjanya, ESP32 menerima data dari sensor-sensor seperti TDS, pH, dan suhu, lalu mengolah data tersebut menggunakan program yang telah dipasang sebelumnya. Setelah itu, hasil pengukuran dapat langsung ditampilkan pada layar LCD yang terhubung ke ESP32, misalnya dengan menampilkan nilai pH, TDS, dan suhu secara real-time.

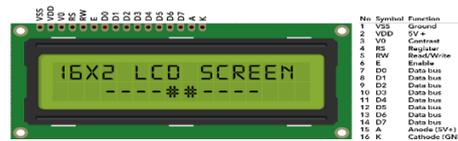


Gambar 2.4 ESP-32 Development Board 38 Pin

Sumber (<https://down-id.img.susercontent.com/file/sg-11134201-22110-a1wa2szwzjv31>)

5. LCD (Liquid Crystal Display) 16X2 Character Green Backlight

LCD 16x2 Character Green Backlight adalah layar kecil yang bisa menampilkan tulisan sebanyak 16 karakter dalam 2 baris, atau total 32 karakter. Layar ini sering digunakan di alat elektronik sederhana seperti jam digital, termometer digital, atau proyek mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32. Disebut "green backlight" karena bagian belakang layarnya menyala hijau, sementara tulisan di atasnya biasanya berwarna hitam, sehingga mudah dibaca. LCD ini bekerja dengan memanfaatkan cairan kristal di dalamnya untuk mengatur cahaya. Saat mendapat perintah dari mikrokontroler, cairan kristal akan berubah posisi dan mengatur bagian mana yang membiarkan cahaya lewat dan mana yang tidak, sehingga membentuk huruf atau angka di layar. Karena cairan kristalnya tidak bisa menghasilkan cahaya sendiri, LCD ini dilengkapi dengan lampu latar hijau di belakangnya agar tampilannya terlihat jelas. Ibaratnya seperti jendela dengan tirai tipis: saat tirai dibuka atau ditutup oleh listrik, cahaya dari belakang akan membentuk pola yang bisa kita baca sebagai tulisan.



Gambar 2.5 LCD 16x2 Character Green Backlight

Sumber (<https://kut.ai/microcontrollers/img/16X2-LCD-PINS.PNG>)

6. Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bunyi sebagai tanda, peringatan, atau indikator dalam berbagai perangkat, seperti alarm, timer, microwave, dan sistem keamanan. Buzzer terbagi jadi dua jenis, yaitu aktif dan pasif. Buzzer aktif bisa langsung berbunyi saat diberi tegangan karena sudah punya rangkaian osilator di dalamnya, sedangkan buzzer pasif butuh sinyal frekuensi dari luar untuk menghasilkan bunyi. Fungsinya sangat luas, mulai dari penanda waktu, sistem keamanan, sampai sekadar indikator bunyi dalam alat elektronik.



Gambar 2.6 Buzzer

Sumber (<https://gekelectronics.io/wp-content/uploads/2019/01/buzzer.png>)

III. METODE

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Untuk mempermudah proses pengerjaan rancangan ini diperlukan alat-alat yang lengkap agar pemanfaatan waktu dapat terlaksana seefisien mungkin.

Tabel 3.1 Alat-alat yang di gunakan:

NO	Alat-Alat	Jumlah
1	Solder	1 Buah
2	Laptop	1 Buah
3	Multi Meter Digital	1 Buah

- 1) Solder, untuk menghubungkan kabel atau konektor pin dari komponen- komponen yang digunakan dengan timah.
- 2) Laptop/PC, untuk menulis dan mengunggah pemrograman.
- 3) Multi Meter Digital, untuk mengukur tegangan, arus, dan resistansi saat pengujian rangkaian .

2. Bahan

Dalam Pembuatan alat ini diperlukan bahan-bahan berupa komponen elektronika sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan agar alat dapat bekerja sesuai dengan apa yang dituju. Bahan-bahan tersebut adalah seperti:

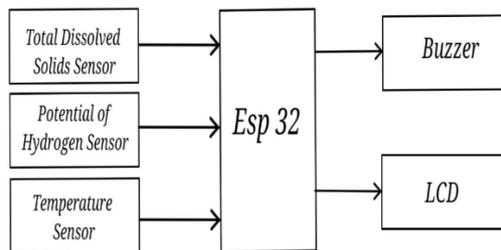
Tabel 3.2 Bahan yang di gunakan:

NO	Bahan	Jumlah
1	Sensor pH	1 Buah
2	Sensor TDS	1 Buah
3	Sensor Suhu	1 Buah
4	ESP-32	1 Buah
5	LCD	1 Buah
6	Buzzer	1 Buah
7	Power Supply 5V	1 Buah

8	Kabel Jumper Female Tomale, Male to male	20 Buah
9	Breadboard	1 Buah
10	Enclosure	1 Buah
11	PCB	1 Buah
12	Timah	1 Gulung
13	Kabel Listik	1 Meter

B. Blok Diagram

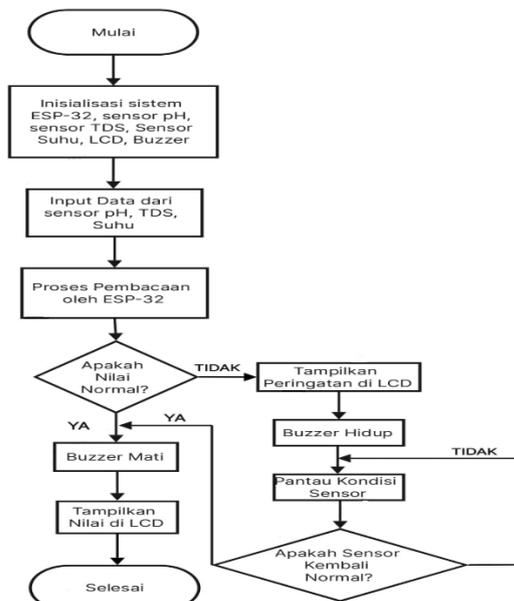
Pembuatan diagram blok merupakan langkah yang sangat penting dalam proses perancangan dikarenakan diagram blok ini membantu pembaca untuk mengenali titik masalah atau fokus perhatian secara cepat.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

C. Flowchart

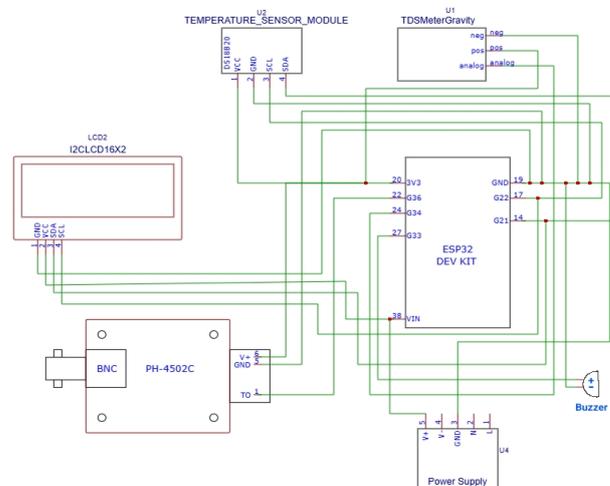
Flowchart berfungsi menjelaskan alur sistem kerja alat agar pembaca dapat memahami dengan mudah dan praktis.



Gambar 3.2 Flowchart

D. Rangkaian Interface

Rangkaian adalah gambar atau skema yang menunjukkan hubungan atau sambungan antar komponen elektronik atau listrik menggunakan simbol-simbol standar. Diagram ini menggambarkan bagaimana kabel-kabel atau jalur listrik dihubungkan, termasuk letak pin, sumber daya, serta koneksi antar sensor, modul, dan mikrokontroler seperti ESP32.



Gambar 3.3 Rangkaian Interface Keseluruhan

Pada **gambar 3.3** Rangkaian ini ESP32 menerima sinyal analog dari sensor pH dan sensor TDS melalui pin input analog. Kedua sensor ini mengirimkan tegangan yang merepresentasikan nilai keasaman dan kandungan zat terlarut dalam air. Sementara itu, sensor suhu DS18B20 mengirimkan data suhu dalam bentuk sinyal digital melalui protokol komunikasi 1-Wire. Semua sinyal tersebut diproses oleh ESP32 menjadi data digital yang dapat dihitung dan diinterpretasikan sebagai nilai pH, suhu, dan TDS aktual. Setelah memproses data, ESP32 mengeluarkan hasil pengolahan dalam dua bentuk. Pertama, data ditampilkan melalui LCD 16x2 menggunakan komunikasi I2C untuk memudahkan pemantauan secara visual. Kedua, jika salah satu sensor melebihi batas ambang yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan suara bahwa kondisi air diambang batas yang di tentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil dan pembahasan meliputi hasil yang diperoleh setelah perancangan sistem dan terakhir adalah analisis sistem dari yang telah diselesaikan di jelaskan dibawah ini :

Pada Bab 4 ini dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk menilai keandalan dan efektivitas sistem monitoring limbah cair yang telah dirancang. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi akurasi sensor hasil dari pengujian ada pada **Tabel 4.1**. Pengujian ini di lakukan pada

tanggal 30 Juli 2025 di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV REGIONAL 1 yang beralokasikan di Kawasan Industri Khusus Sei Mangkei, Kec. Bosar Maligas, Kab. Simalungun – Sumut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor

Tanggal Percobaan 30/06/2025			
Waktu	pH TA	Temperatur TA	TDS TA
14:00	5,4	28,2°C	581 ppm
14:35	5,8	29,4°C	774 ppm
15:00	6,0	29,8°C	893 pmm
15:30	6,4	32,3°C	1129 ppm
16:10	6,6	33,8°C	1204 ppm

B. Pembahasan

Analisis keseluruhan sistem pada **Tabel 4** dilakukan pada tanggal 30 Juli 2025 di Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV Regional 1, yang berlokasi di Kawasan Industri Khusus Sei Mangkei, Kecamatan Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun – Sumatera Utara. Pada pukul 14:00, alat menunjukkan nilai 581 ppm, sedangkan alat perusahaan menunjukkan 655 ppm. Selisih ini masih dalam batas toleransi dan menunjukkan bahwa alat rancangan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Selain itu, hasil sensor pH dan suhu juga menunjukkan peningkatan seiring waktu yang mencerminkan perubahan alami pada sampel limbah, misalnya pH meningkat dari 5,4 menjadi 6,6 dan suhu dari 28,2°C menjadi 33,8°C. Secara keseluruhan, pendeteksi yang dirancang mampu bekerja secara responsif dan akurat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan serta pengujian yang di lakukan, Sistem mampu menampilkan hasil monitoring melalui LCD yang menampilkan nilai TDS dari 581ppm hingga 1204ppm, pH 5,4 hingga 6,6, dan suhu 28,2°C hingga 33,8°C. Hasil pembacaan sensor menunjukkan bahwa alat ini mampu memberikan data yang cukup akurat untuk digunakan sebagai alat pemantauan kualitas limbah cair pabrik kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Simbolon, G., Hermantoro, H., & Suparman, S. (2023). Rancang Bangun Alat Ukur TDS dan pH Air dalam Pengambilan Keputusan di Stasiun Boiler Pabrik Kelapa Sawit. *AE Innovation: Agricultural Engineering Innovation Journal*, 1(1). Institut Pertanian STIPER Yogyakarta. Diakses dari <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/AEI>
- Cahyaning Putri, G., & Yushananta, P. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan dan TDS berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 18(4). <https://doi.org/10.19184/ikesma.v18i4.30510>
- Anto, A., & Prameswari, D. (2023). *Sistem Monitoring dan Pengukuran Kadar pH, Jarak, dan Suhu pada Limbah Cair Kelapa Sawit (POME) Berbasis Display Digital IoT*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. <https://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/811/>
- Haq, I. S. (2024). *Perancangan Alat Monitoring Turbidity dan Total Dissolved Solid pada Clarifier Tank Menggunakan Mikrokontroler di Pabrik Kelapa Sawit PT. Perawang Agro Sejahtera (Tugas Akhir, Institut Teknologi Sains Bandung)*. <https://repository.itsb.ac.id/id/eprint/1063/>
- Silaban, Y. (2023). *Pembuatan Sistem Monitoring TDS Berbasis Mikrokontroler Pada Clarifier Tank di Pabrik Kelapa Sawit Anugerah Tani Makmur* <https://repository.itsb.ac.id/id/eprint/951/>
- Susilawati dan Supijatno, *Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau*, *Buletin Agrohorti* 3, no. 2 (2015): 203–212.
- Henry Loekito, *Teknologi Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*, *Jurnal Teknologi Lingkungan* 3, no. 3 (2002): 242–250.
- Muhamad Abdullatif, Andi Kurniawan Nugroho, dan Satria Pinandita, *Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Berbasis PID Pada Prototipe Alat Dekomposter Limbah Organik Rumah Tangga*, Fakultas Teknik, Universitas Semarang.