

Monitoring Perbedaan pH Tanah Di Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ganet Kota Tanjungpinang

Samuel Jefry Marthin *¹
Angly Desvina Simbolon ²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji

²Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Indonesia

*e-mail: 2101010060@student.umrah.ac.id¹, anglydesvina1612@gmail.com²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memadukan perbedaan nilai pH tanah di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ganet, Kota Tanjungpinang. Sistem monitoring yang digunakan berbasis mikrokontroler ESP32, dilengkapi dengan sensor pH tanah, modul RTC, layar OLED, dan modul microSD untuk menyimpan data. Pengukuran dilakukan selama 20 menit pada dua titik, yaitu Titik 1 (± 10 meter dari timbunan sampah) dan Titik 2 (± 50 meter sebagai kontrol), dengan interval setiap 1 detik. Hasil menunjukkan bahwa nilai pH rata-rata pada Titik 1 adalah 4,13, yang menunjukkan sifat tanah asam, sedangkan pada Titik 2 adalah 5,42, yang lebih mendekati netral. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas TPA mempengaruhi tingkat keasaman tanah di sekitarnya, kemungkinan akibat infiltrasi lindi. Sistem yang dirancang menyelesaikan pencatatan data secara real-time dan menyimpannya dalam format digital, serta dapat digunakan langsung di lapangan tanpa memerlukan komputer. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis mikrokontroler dapat diterapkan secara efektif dalam pemantauan kualitas lingkungan.

Kata kunci: pH tanah, TPA, ESP32, sensor pH, monitoring lingkungan

Abstract

This study aims to combine the differences in soil pH values around the Ganet Final Disposal Site (TPA), Tanjungpinang City. The monitoring system used is based on the ESP32 microcontroller, equipped with a soil pH sensor, RTC module, OLED display, and microSD module to store data. Measurements were carried out for 20 minutes at two points, namely Point 1 (± 10 meters from the waste pile) and Point 2 (± 50 meters as a control), with an interval of every 1 second. The results showed that the average pH value at Point 1 was 4.13, indicating acidic soil properties, while at Point 2 it was 5.42, which was closer to neutral. This difference indicates that the TPA activity affects the acidity level of the surrounding soil, possibly due to leachate infiltration. The designed system completes real-time data recording and stores it in digital format, and can be used directly in the field without the need for a computer. These findings indicate that microcontroller-based technology can be applied effectively in environmental quality monitoring.

Keywords: Soil pH, TPA, ESP32, pH sensor, environmental monitoring

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah merupakan isu lingkungan yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas manusia, khususnya di wilayah perkotaan. Salah satu sistem pengelolaan sampah yang umum diterapkan di Indonesia adalah metode pembuangan akhir ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). TPA berfungsi sebagai lokasi penampungan akhir dari seluruh limbah domestik maupun non-domestik yang dihasilkan masyarakat. Namun, keberadaan TPA juga memiliki potensi besar menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, terutama pada media tanah dan air tanah di sekitarnya [1].

Salah satu indikator utama yang digunakan untuk menilai kualitas tanah adalah nilai pH. pH tanah yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat berdampak pada keseimbangan kimia tanah, aktivitas mikroorganisme, serta kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Keasaman tanah yang ekstrem dapat menjadi indikator adanya kontaminasi dari bahan-bahan organik yang membusuk, lindi (leachate), atau senyawa kimia dari limbah padat [2].

TPA Ganet yang terletak di Kota Tanjungpinang merupakan fasilitas pembuangan akhir yang aktif digunakan. Pengamatan awal menunjukkan adanya potensi pencemaran tanah di sekitar lokasi tersebut, namun belum terdapat kajian sistematis yang mengevaluasi parameter kualitas tanah secara kuantitatif, khususnya terkait nilai pH. Pemantauan pH tanah sangat penting untuk menilai dampak lingkungan dari aktivitas TPA dan sebagai dasar untuk pengelolaan yang lebih berkelanjutan [3].

Penelitian ini bertujuan untuk memantau dan menganalisis perbedaan nilai pH tanah di dua titik berbeda di sekitar TPA Ganet, yakni titik yang berdekatan dengan timbunan sampah dan titik yang lebih jauh dari lokasi pembuangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi empiris terkait tingkat keasaman tanah di area tersebut, serta memberikan rekomendasi awal terhadap upaya mitigasi pencemaran tanah akibat aktivitas TPA [4].

METODE

Pembuatan alat monitoring pH tanah ini dirancang sebagai sistem pemantauan lingkungan berbasis mikrokontroler yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan nilai pH pada tanah secara otomatis dan real-time. Sistem ini difokuskan untuk mengidentifikasi perbedaan tingkat keasaman tanah di sekitar lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ganet, Kota Tanjungpinang. Alat uji monitoring ini terdiri dari rangkaian elektronik yang ditanamkan dalam sistem tertutup dan portabel. Komponen utama sistem adalah ESP32 sebagai pengendali pusat, dengan dukungan beberapa sensor dan modul untuk pengukuran dan dokumentasi data. Penggunaan sensor pH tanah berfungsi sebagai input utama yang mendeteksi kondisi keasaman tanah secara langsung. Nilai pH yang terbaca kemudian dikirim ke layar OLED untuk ditampilkan secara langsung di lapangan. Untuk mencatat waktu setiap pembacaan, digunakan modul RTC (DS3231) yang memberikan data waktu akurat (timestamp). Seluruh hasil pembacaan, baik nilai pH maupun waktu, direkam oleh ESP32 dan disimpan secara otomatis dalam modul SD Card dengan bantuan kartu memori microSD, sehingga data dapat diakses dan dianalisis lebih lanjut melalui komputer. Perangkat dirancang ringkas dan portabel, dengan komponen-komponen terintegrasi menggunakan protokol komunikasi digital (I2C dan SPI). Pengambilan data dilakukan di dua titik lokasi:

1. Titik 1: Berjarak ± 10 meter dari timbunan sampah aktif.
2. Titik 2: Berjarak ± 50 meter dari lokasi pembuangan, sebagai pembanding.

Pengukuran dilakukan selama 20 menit untuk setiap titik, dengan interval pembacaan setiap 1 detik, sehingga dihasilkan 1.200 data pH untuk masing-masing titik. Seluruh sistem ini dirancang agar dapat digunakan langsung di lapangan tanpa koneksi ke komputer. Hasil dari sistem ini akan memberikan gambaran kondisi tanah berdasarkan nilai pH sebagai salah satu parameter penting pencemaran lingkungan.

Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di TPA Ganet Tanjungpinang, Kepulauan Riau pada bulan April sampai Mei 2025.

Alat Dan Bahan

Sebelum melakukan perancangan, terdapat beberapa alat yang akan menjadi komponen utama dalam membuat alat Pengukur pH antara lain:

ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler terbaru yang didesain oleh Espressif System. Dengan menggabungkan fitur WiFi 2,4 GHz dan Bluetooth dalam satu chip, yang memungkinkan aplikasi Internet of Things (IoT) dengan mudah [5]. ESP32 sering digunakan dengan papan pengembangan ESP32 DEVKIT V1. Berikut adalah ESP32 yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. ESP 32

Sumber: (<https://images.app.goo.gl/H98the524xXydB238>)

RTC DS3231

RTC (Real-Time Clock) merupakan suatu perangkat yang bekerja untuk melacak waktu secara real-time. RTC dilengkapi dengan baterai cadangan agar tetap berjalan meskipun listrik utama mati. Perangkat RTC digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pencatatan waktu yang akurat, seperti pada sistem komputer, perangkat IoT, dan alat-alat elektronik lainnya. RTC juga dapat digunakan untuk mengatur waktu dalam proses otomatisasi, pencatatan data, dan sinkronisasi waktu antar perangkat [6]. Berikut ini adalah RTC DS3231 yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. RTC DS3231

Sumber: (<https://images.app.goo.gl/QXa79nnXHgobythh8>)

Modul Micro SD

Modul Micro SD Card memiliki fungsi utama sebagai penyimpan data dalam format digital. Komponen ini dilengkapi dengan kemampuan untuk membaca dan merekam informasi pada media penyimpanan SD Card. Komunikasi data antara modul dengan perangkat lain menggunakan protokol Serial Peripheral Interface (SPI). Modul ini memiliki enam jalur pin yang terdiri dari Ground (GND) sebagai jalur pentanahan, Power Supply Voltage (VCC), Chip Select (CS), Master Output Slave Input (MOSI) untuk mengirim data dari master ke slave, Master Input Slave Output (MISO) untuk menerima data dari slave ke master, dan Signal Clock (SCK) sebagai sinkronisasi transfer data [7]. Berikut ini adalah Sensor Modul SD Card yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Modul Micro SD

Sumber: (<https://images.app.goo.gl/ZGEEve3pVcUYH1eA7>)

Oled Display 0.96 Inch

OLED Display 0.96 inch yang digunakan dalam sistem ini bekerja dengan menggunakan protokol komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit), yang hanya memerlukan dua jalur data utama, sehingga lebih hemat penggunaan pin dan memudahkan perancangan sistem monitoring. Modul ini memiliki empat pin utama, yaitu VCC, GND, SCL, dan SDA. Pin VCC berfungsi sebagai jalur suplai daya dengan tegangan kerja antara 3.3V hingga 5V dan telah kompatibel dengan mikrokontroler ESP32. Pin GND berfungsi sebagai jalur pentanahan atau ground. Sementara itu, pin SCL (Serial Clock Line) digunakan untuk membawa sinyal clock yang menyinkronkan pengiriman data, dan pin SDA (Serial Data Line) digunakan sebagai jalur utama untuk komunikasi data dua arah antara mikrokontroler dan OLED. Pin VCC dan GND berperan untuk mengaktifkan modul, sedangkan pin SCL dan SDA memungkinkan terjadinya transfer data secara efisien antara ESP32 dengan OLED.

Karena hanya menggunakan dua jalur data digital, komunikasi I2C ini membuat ESP32 cukup mengalokasikan dua pin GPIO untuk mengendalikan layar OLED, menjadikannya solusi praktis dan efisien, terutama dalam proyek sistem tertanam yang melibatkan banyak sensor dan modul lainnya. Berikut ini adalah OLED Display 0.96 inch yang ditunjukkan pada Gambar 4.

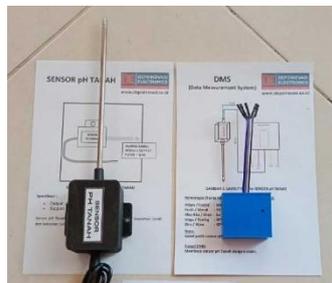


Gambar 4. OLED Display 0.96 inch

Sumber: (<https://images.app.goo.gl/Trcq3tpkd63bQ7w9>)

Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah merupakan komponen utama dalam sistem monitoring ini yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan tanah secara langsung di lapangan. Sensor ini bekerja dengan prinsip elektrokimia, yaitu mengubah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam tanah menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh mikrokontroler, dalam hal ini ESP32. Nilai pH merupakan indikator penting dalam analisis kualitas tanah, karena memengaruhi ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tanah. Sensor pH tanah yang digunakan memiliki bentuk probe batang yang dirancang untuk ditancapkan langsung ke dalam tanah pada kedalaman sekitar 10 cm. Hal ini dilakukan agar pembacaan pH lebih representatif terhadap kondisi lingkungan di sekitar akar tanaman dan tidak hanya mengukur permukaan. Secara umum, sensor ini memiliki tiga jalur koneksi utama, yaitu VCC sebagai jalur suplai daya (umumnya 3.3V atau 5V tergantung model), GND sebagai jalur ground, dan AOUT (Analog Output) yang mengirimkan sinyal analog berupa tegangan ke mikrokontroler. Tegangan ini berkisar antara 0 hingga 3.3V (atau 5V) dan berbanding lurus dengan nilai pH yang terdeteksi. Mikrokontroler ESP32 kemudian mengkonversi sinyal analog ini menjadi nilai digital menggunakan ADC (Analog to Digital Converter) internal, sehingga dapat diolah lebih lanjut, ditampilkan pada OLED, dan disimpan ke dalam microSD.

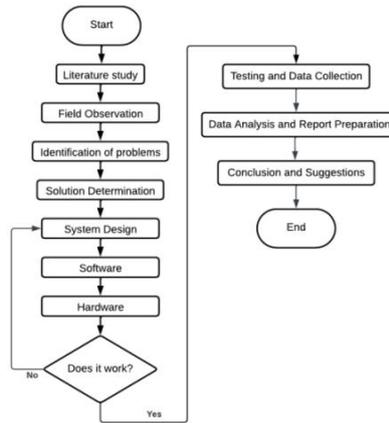


Gambar 5. Sensor pH Tanah

Sumber: (<https://images.app.goo.gl/2QbDJComr17AKi8j8>)

Perancangan Sistem Alat

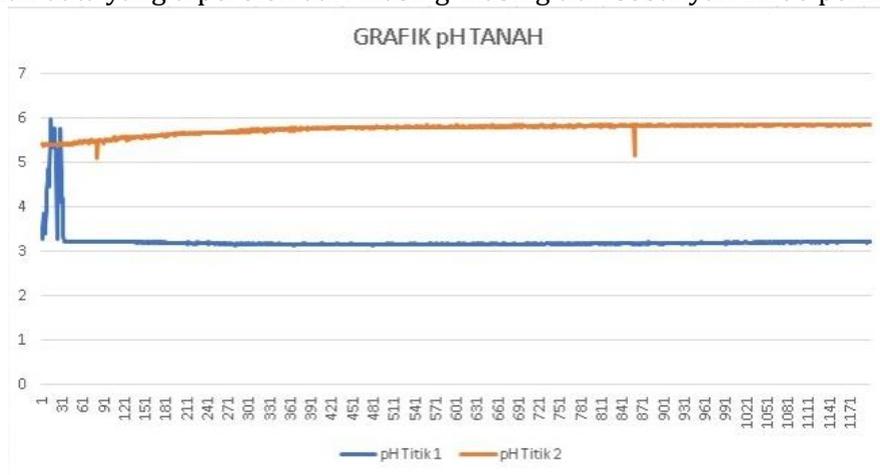
Dalam perancangan sistem, dibuat dengan bentuk diagram alir. Diagram alir merupakan alat yang digunakan untuk memvisualisasikan dan memahami proses kerja dari alat yang telah dirancang. Diagram alir dapat memberikan alur atau langkah-langkah sistem kerja alat yang dapat dijelaskan secara sistematis dan terstruktur, sehingga pembaca dapat lebih mudah memahami tahapan-tahapan yang dilakukan oleh alat tersebut. Alur kerja lengkap ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data nilai pH tanah dilakukan selama 20 menit pada dua titik lokasi di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ganet, Kota Tanjungpinang, dengan interval pembacaan setiap satu detik. Titik pertama berada pada jarak ±10 meter dari timbunan sampah aktif, sedangkan titik kedua berada pada jarak ±50 meter dari lokasi pembuangan yang berfungsi sebagai titik kontrol. Jumlah data yang diperoleh dari masing-masing titik sebanyak 1.200 pembacaan.



Gambar 7. Grafik Perbandingan pH Tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH pada Titik 1 adalah 4,13, sedangkan pada Titik 2 adalah 5,42. Nilai pH pada Titik 1 menunjukkan bahwa tanah di lokasi tersebut cenderung bersifat asam, sedangkan tanah pada Titik 2 memiliki pH yang mendekati netral. Perbedaan nilai pH ini menunjukkan adanya pengaruh aktivitas TPA terhadap kualitas tanah di sekitarnya, khususnya pada area yang lebih dekat dengan timbunan sampah.

Distribusi nilai pH yang diperoleh kemudian dijelaskan berdasarkan rentang pH tertentu. Pada Titik 1, sebagian besar nilai pH berada dalam rentang 3,5 hingga 4,5 , yang mengindikasikan bahwa tanah tersebut mengalami keasaman yang cukup tinggi. Kondisi ini kemungkinan besar disebabkan oleh meresapnya *lindi* ke dalam tanah. Lindi merupakan cairan hasil pelapukan sampah organik dan anorganik yang mengandung senyawa asam serta zat pencemar lain yang dapat menurunkan pH tanah secara signifikan.

Sementara itu, pada Titik 2, nilai pH lebih dekat dalam rentang 5,0 hingga 5,5. Hal ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi tersebut masih memiliki kualitas yang relatif lebih baik dan belum banyak dipengaruhi oleh aktivitas pembuangan sampah. Stabilitas pH pada titik ini menunjukkan bahwa dampak pencemaran belum menjangkau area yang lebih jauh dari sumber sampah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nilai pH tanah yang signifikan antara lokasi yang dekat dengan timbunan sampah di TPA Ganet dan lokasi yang lebih jauh. Titik yang berjarak ± 10 meter dari timbunan sampah memiliki nilai pH rata-rata 4,13, yang menunjukkan kondisi tanah yang bersifat asam. Sementara itu, titik kontrol yang berjarak ± 50 meter memiliki pH rata-rata 5,42, yang berada pada kondisi yang lebih netral.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas pembuangan sampah di TPA memiliki dampak nyata terhadap kualitas tanah, khususnya dalam hal peningkatan keasaman tanah. Sistem monitoring berbasis ESP32 yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil merekam data pH secara real-time dan otomatis, serta memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi tanah di sekitar TPA. Oleh karena itu, sistem ini dapat dijadikan sebagai alat bantu pemantauan lingkungan yang praktis dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N., & Lesmana, R. Y. (2018). PENGARUH AIR LINDI PADA TERHADAP pH DAN ZAT ORGANIK PADA AIR TANAH DI TEMPAT PENAMPUNGAN SEMENTARA KELURAHAN PAHANDUT KOTA PALANGKARAYA (Effect of Leachate to pH and Organic Substances of Ground Water in The Waste Transfer Station in Kelurahan Pahandut Ko. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 25(2), 60. <https://doi.org/10.22146/jml.39489>
- Arbi, Y., Siregar, R. L., & Damanhuri, T. P. (2018). Kajian Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 18(1), 46. <https://doi.org/10.36275/stsp.v18i1.99>
- Fathassabilla, A. G., & Budianta, W. (2023). PENCEMARAN TANAH OLEH Pb DAN Cd DI SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PUTRI CEMPO, KOTA SURAKARTA. *Kurvatek*, 8(1), 81–92. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v8i1.3919>
- Tembusai, Z. R., & Armando, B. (2024). Sistem Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Hias Berbasis IoT dengan Sensor pH. 13, 2030–2035. <https://doi.org/https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14364>
- EW Pratama and A. Kiswantono, "Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime," JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci. , vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2023, doi: 10.54732/jeecs.v7i2.21.
- L. Devy, "Design and Construction of Fish Feeding Device Using Blynk for IoT-Based Floating Net Cages," *Electron J. Ilm.* , vol. 13, no. September, pp. 53–59, 2021, doi: 10.30630/eji.13.2.223.
- R. Pramana, K. Ilham, S. Nugraha, M. Otong, and D. Aribowo, "Design of Mini-Scale Automatic Fish Dryer Device," *J. Sustain. J. Has. Penelek. dan Ind. Terap.* , vol. 8, no. 2, pp. 65– 74, 2019, doi: 10.31629/sustainable.v8i2.1436.