SISTEM KENDALI NILAI PH AIR NIRA KELAPA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Reksi Firmansyah[1], Redi Ratiandi Yacoub[2], Muhammad Saleh[3]
d1021201054@student.untan.ac.id[1], rediyacoub@ee.untan.ac.id[2],
muhammad.saleh@ee.untan.ac.id[3]
Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Air nira kelapa merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula kelapa. Namun, air nira sangat mudah mengalami penurunan pH akibat proses fermentasi alami, yang dapat memengaruhi mutu hasil gula. Jika pH terlalu rendah (terlalu asam), maka gula yang dihasilkan dapat menjadi lembek atau bahkan gagal terbentuk. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan sistem kendali pH otomatis yang dapat memantau dan mengatur keasaman air nira secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali nilai pH air nira kelapa berbasis Internet of Things (IoT) Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor pH untuk mendeteksi tingkat keasaman air nira, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur volume air, serta servo untuk mengeluarkan bubuk kapur sirih sebagai zat penetral. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke broker MQTT, disimpan ke dalam database MySQL, dan divisualisasikan melalui dashboard Node-RED. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui Telegram untuk memberikan peringatan apabila nilai pH berada di luar batas normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan pH air nira dari rata-rata awal pH 4.8 menjadi pH 5,5–6,5 setelah penambahan kapur sirih secara otomatis, dengan waktu stabilisasi yang bervariasi. Sistem terbukti bekerja dengan responsif, akurat, dan efektif dalam menjaga kestabilan pH air nira selama pengujian. Dengan adanya sistem ini proses produksi gula kelapa dapat berjalan lebih efisien, terkontrol, dan menghasilkan produk yang lebih berkualitas.

Kata Kunci: Air Nira Kelapa, Iot, Ph, Esp32, Mysql, Mqtt, Node-Red, Telegram, Servo Motor, Kapur Sirih.

ABSTRACT

Coconut sap is the primary raw material in the production of palm sugar. However, the sap is highly susceptible to rapid pH reduction due to natural fermentation processes, which can significantly affect the quality of the resulting sugar. If the pH becomes too low (too acidic), the palm sugar produced may turn out soft or even fail to solidify. Therefore, an automatic pH control system is needed to monitor and regulate the acidity of coconut sap in real-time. This study aims to design and implement a pH control system for coconut sap based on the Internet of Things (IoT) The system uses an ESP32 microcontroller integrated with a pH sensor to detect acidity levels, an ultrasonic sensor (HC-SR04) to measure sap volume, and a servo motor to dispense slaked lime powder (calcium hydroxide) as a neutralizing agent. Measurement data are transmitted via Wi-Fi using the MQTT protocol, stored in a MySQL database, and visualized on a Node-RED dashboard. In addition, the system features automated Telegram notifications to alert users when the pH level falls outside the desired range. Experimental results show that the system successfully increased the pH level of coconut sap from an initial average of pH 4.8 to a stable pH of 5.5–6.5 after the automatic addition of slaked lime powder, with varying stabilization times. The system demonstrated responsive, accurate, and effective performance in maintaining the pH stability of the sap throughout the tests. This system contributes to more efficient, controlled, and high-quality palm sugar production.

Keywords: *Coconut Sap, Iot, Ph Control, Esp32, Mysql, Mqtt, Node-Red, Telegram, Servo, Slaked Lime Powder.*

PENDAHULUAN

Tumbuhan kelapa sangat poly dipergunakan, fungsinya yg beragam untuk bahan baku margarin, kopra putih, pernak-pernik barang seni, bahan pembuatan sampo, kosmetik, karbon aktif, bahan baku obat-obatan hingga gula merah. buat pembuatan gula merah diperlukan cairan yang asal berasal pohon kelapa yaitu nira[1]. Dalam menghasilkan gula merah, pengrajin gula merah memakai bahan campuran selain air nira kelapa yaitu kayu resak, buat kayu resak dipergunakan mitra menjadi pengawet air nira kelapa, yaitu dengan cara dimasukkan di wadah/jerigen yang telah dibersihakan buat menampung air legen asal pucuk manggar yang di sadap. pengrajin di Desa Sungai Kupah meyakini resak bisa mengawetkan air legen agar tak cepat rusak/asam dampak aktivitas mikroorganisme[2]. Aktivitas mikroorganisme bisa menyebabkan penurunan kualitas nira yang ditandai dengan rasa masam, berbuih putih serta berlendir pada nira [3]. Pemberian bahan pengawet pada nira perlu dilakukan buat menjaga mutu nira supaya tak rusak. Bahan pengawet di nira terdiri dari pengawet alami serta kimia. Pengawet alami berfungsi menjadi bahan anti mikroba yang bisa Mengganggu proses fermentasi nira[4]. SNI 3743:2021 menyatakan bahwa karakteristik gula kelapa meliputi kadar sukrosa 80% - 93%, kadar air 3,0%, kadar abu 2,5%, dan Pb negatif. Nira yang berkualitas baik berada pada pH 6 – 7[5], [6]. Muchtadi dkk. (2010) menyatakan bahwa nira yang mempunyai pH 5,5 masih memungkinkan buat diolah sebagai gula [7]. Nilai pH nira yg rendah mengakibatkan gula reduksi meningkat sebab nira pada kondisi asam (pH nira rendah) terjadi hidrolisis sukrosa menjadi glukosa serta fruktosa yang ialah golongan gula reduksi. semakin tinggi kandungan gula pereduksi terutama kandungan fruktosa akan menyebabkan semakin tingginya kadar air pada gula kelapa. Hal ini ditimbulkan sebab sifat fruktosa yang higroskopis ialah kemampuan suatu bahan buat menyerap atau mengikat air dari udara sebagai akibatnya simpel buat menyerap air atau uap air yang terdapat pada lingkungan. Peningkatan kadar air ini pula berdampak di penurunan tekstur serta kekerasan gula kelapa[4]. Berdasarkan Estiasih (2009), nira yg baik memiliki pH 5-7. Nira pada gilingan memiliki pH 5,5 – 5,6 (suasana asam). pada suasana asam, sukrosa bersifat tak stabil yg mana selama proses pembuatan gula memakai suhu tinggi, maka memungkinkan terjadinya perusakan nira yg berpengaruh di kualitas gula. buat mengurangi terurainya sukrosa yg ada pada nira, maka larutan nira wajib pada suasana netral sampai basa [8].

Perubahan nilai pH air nira disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi lingkungan dan penanganan selama penyimpanan. Namun, kualitas gula kelapa sangat bergantung pada pengelolaan air nira, khususnya pada stabilitas pH-nya. Air nira kelapa memiliki sifat yang mudah berubah menjadi asam karena fermentasi, yang dapat menyebabkan produk akhir seperti gula kelapa menjadi lembek atau bahkan gagal terbentuk. Masalah ini sering kali diakibatkan oleh ketidakseimbangan pH saat proses pemasakan. Oleh karena itu, pengawasan pH yang tepat diperlukan untuk memastikan standar kualitas yang konsisten dalam hasil produksi gula kelapa, sehingga produk tidak mengalami kegagalan dalam bentuk dan tekstur. Selain itu, perubahan pH yang bisa terjadi dengan cepat menuntut adanya sistem yang bisa memberikan pemantauan secara real-time dan tindakan yang segera untuk menstabilkan pH air nira. Jika tidak dikelola dengan baik, kualitas gula kelapa dapat bervariasi, yang berdampak pada tidak konsistennya produk seperti tekstur yang lembek atau rasa yang tak sinkron dengan standar. buat mengatasi perseteruan ini, sistem kendali nila pH air nira kelapa berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi solusi yang tepat. Dengan memanfaatkan teknologi seperti MQTT, Node-RED, dan MySQL, sistem ini dapat mengukur, memantau, dan menyimpan data pH air nira secara real-time, serta mengontrol jika ada perubahan pH yang membutuhkan

tindakan lebih lanjut secara otomatis. Node-RED digunakan sebagai platform antarmuka untuk memvisualisasikan data secara langsung, sementara MySQL berfungsi sebagai database untuk menyimpan histori data pH. Protokol MQTT memungkinkan komunikasi cepat dan efisien antar perangkat untuk memastikan sistem selalu responsif. Penggunaan teknologi ini tidak hanya bertujuan untuk menjaga pH air nira dalam kondisi optimal, tetapi juga untuk memastikan bahwa hasil produksi gula kelapa terstandarisasi. Dengan pemantauan dan pengelolaan pH yang tepat, diharapkan tidak ada lagi produk yang gagal atau lembek, sehingga kualitas gula kelapa yang dihasilkan dapat terus dipertahankan. Dengan demikian, penelitian berjudul "Sistem Kendali Nilai pH Air Nira Kelapa berbasis Internet of Things" diusulkan untuk memberikan solusi otomatis dalam menjaga kualitas dan standarisasi hasil produksi gula kelapa melalui sistem monitoring pH yang efisien dan responsif.

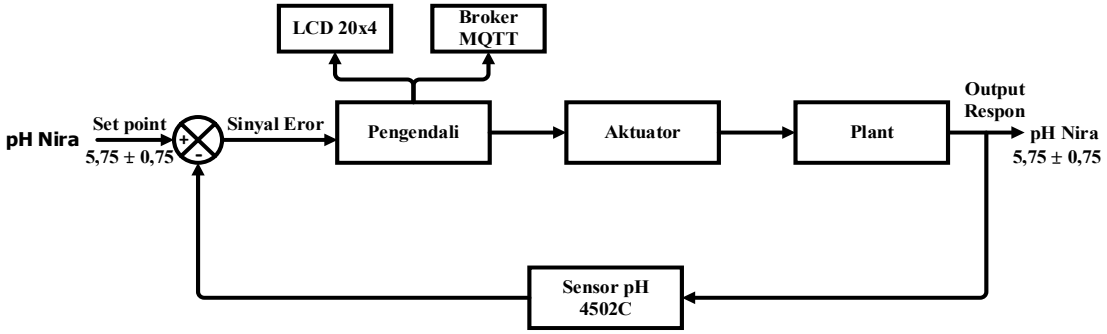
METODE PENELITIAN

Metodologi Penelitian

Didalam metodologi penelitian dimulai dari studi literatur, studi literatur diambil dari pengumpulan data pustaka yang dapat berasal dari buku literatur, manual book, jurnal ilmiah, ataupun dapat berasal dari internet yang relevan dengan topik pembahasan[9], [10]. Data yang didapat selanjutnya akan dipelajari untuk mempermudah dalam proses pengambilan data berupa komponen elektronika, rangkaian skematik, dan kode program yang dipakai untuk membantu proses dalam perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dimulai dengan melakukan pembuatan tempat mikrokntroller beserta sensor yang akan digunakan, pada perancangan perangkat lunak dimulai dengan melakukan merangkai skematik serta pembuatan program untuk membuat sensor bekerja sesuai dengan topik pembahasan.

Perancangan Sistem

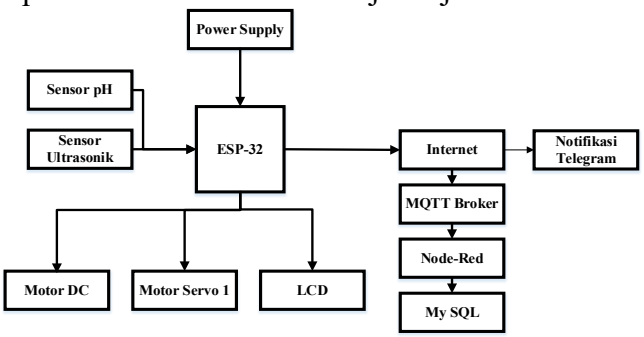
penelitian ini dirancang sistem kendali nilai pH air nira kelapa dengan memonitor kondisi pH air nira dan kendali otomatis jika pH < 5.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali

Gambar 1. Menunjukkan sistem kendali yang dirancang dengan pendekatan loop tertutup (closed-loop system) untuk menjaga nilai pH kelapa agar tetap berada dalam rentang yang ditentukan. Alur sistem dapat dijelaskan dengan dimulai pengukuran parameter utama, yaitu nilai pH menggunakan sensor pH 4502C, sensor ini akan mengirimkan data real-time ke mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler akan membaca data dari sensor dan membandingkannya dengan nilai referensi atau set point..Nilai pH yang diharapkan antara 5,0 - 6,5. Jika data sensor menunjukkan bahwa pH berada di luar rentang normal (misalnya pH < 5), maka sistem akan melakukan koreksi otomatis. Ketika terdeteksi bahwa pH terlalu asam, maka motor servo1 akan membuka tempat penetral secara otomatis, setelah itu motor Dc 12V diaktifkan untuk mengaduk campuran air nira dan penetral agar tercampur merata dan nilai pH bisa stabil. Kedua aktuator ini bekerja

dalam durasi tertentu berdasarkan logika dalam pemrograman. Setelah proses koreksi, sistem kembali membaca nilai pH terbaru menggunakan sensor, jika nilai pH belum stabil atau belum berada dalam rentang normal, sistem akan mengulangi siklus koreksi. Proses ini akan terus berulang secara otomatis hingga pH masuk dalam batas normal. Nilai pH yang terbaca akan ditampilkan pada LCD 20x4, Selain itu sistem mengirimkan data secara real-time melalui MQTT ke platform monitoring berbasis IoT (seperti Node-RED), sehingga pengguna dapat memantau kondisi dari jarak jauh.

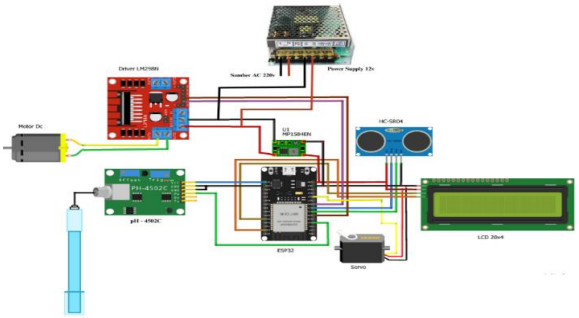


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Perangkat Keras

Gambar 2. menunjukkan blok sistem perangkat keras yang terdiri dari Sensor pH, Sensor Ultrasonik, Motor Servo 1, LCD 20x4, dan Motor DC. Pada diagram blok ini, sensor pH dan sensor ultrasonik, dihubungkan ke ESP-32. Sensor pH berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman (pH) air nira kelapa di penampungan, sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi level volume air nira dalam penampungan tersebut. Motor Servo 1 digunakan untuk membuka penutup bubuk penetral sementara hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20x4 dan juga diakses melalui web menggunakan protokol internet MQTT. Sistem kendali ini menggunakan dashboard Node-RED untuk antarmuka pengguna, dengan data disimpan dalam database MySQL.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras (hardware) merupakan tahap penyusunan komponen-komponen elektronika menjadi kesatuan sistem yang dapat bekerja sesuai yang diharapkan seperti pada Gambar 3.

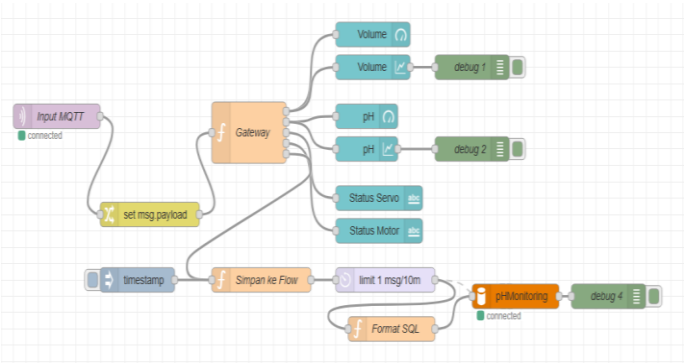


Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras Sistem

Perancangan Perangkat Lunak

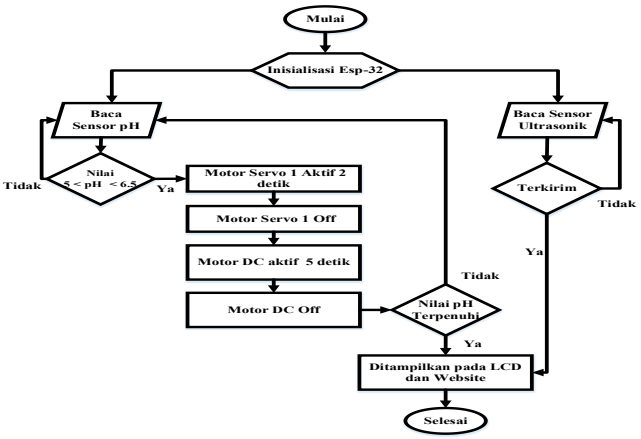
Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini digunakan aplikasi Arduino IDE, Node-Red, MQTT, MySql, Ngrok dan Telegram. Pada Arduino IDE akan di program yang berisikan perintah untuk rangkaian pengendali dan pada Node-Red akan melakukan drag and drop untuk memvisualisasikan program dan menghubungkan tiap-tiap sensor. Sedangkan MQTT digunakan sebagai protokol sebuah sistem yang menghubungkan antara mikrokontroller[11] dan aplikasi software yaitu Node-Red. MySql digunakan untuk menyimpan data yang didapat dari proses pengolahan mikrokontroller[12]. Untuk membuat tampilan dashboardnya perlu di buat menggunakan Node-RED, berikut adalah

langkah-langkah untuk membuat tampilan dashboard menggunakan Node-RED, termasuk elemen-elemen seperti Gauge, Chart, dan teks untuk memantau data yang diterima secara realtime dari sensor dan aktuator.



Gambar 4. Alur Sistem Pada Node-Red

Gambar 4. menunjukkan rancangan alur kerja (flow) pada platform Node-RED yang digunakan untuk memantau dan menyimpan data hasil pembacaan sensor dari sistem kendali nilai pH air nira kelapa berbasis Internet of Things. Flow ini mengintegrasikan komunikasi MQTT, proses pemisahan data, penampilan nilai pada dashboard, serta penyimpanan data ke dalam basis data MySQL. Penjelasan alur kerja sistem dimulai dari node Input MQTT berfungsi sebagai titik masuk data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 melalui protokol MQTT. Node ini terhubung dengan broker MQTT publik dan menerima paket data sensor yang berisi informasi volume air nira, nilai pH, status servo, dan status motor DC. Setelah data diterima, node set msg.payload digunakan untuk memastikan bahwa format data sesuai dengan standar yang akan diproses oleh Node-RED. Proses ini dapat melibatkan parsing data JSON atau konversi nilai agar dapat diolah lebih lanjut. Node Gateway bertugas memisahkan (split) data yang dikirim dari ESP32 menjadi beberapa jalur keluaran sesuai dengan jenis informasinya, yaitu jalur untuk nilai Volume air nira, jalur untuk Status Servo (ON/OFF), jalur untuk Status Motor Pengaduk (ON/OFF). Pada jalur volume dan pH, terdapat node debug yang digunakan untuk menampilkan data secara langsung di console Node-RED. Hal ini memudahkan proses troubleshooting dan validasi apakah data dari sensor sudah masuk dengan benar. Data yang telah dipisahkan kemudian dialirkan ke node Simpan ke Flow, yang berfungsi untuk menyimpan sementara nilai tersebut di dalam memori Node-RED sehingga dapat diakses oleh node lain tanpa harus menunggu data baru masuk. Pembatasan Laju Data (limit 1 msg/10m), Node ini digunakan untuk mengatur frekuensi pengiriman data ke basis data. Pada sistem ini, hanya satu pesan yang dikirim setiap 10 menit, sehingga beban penyimpanan dan penggunaan bandwidth dapat dikendalikan. Setelah itu node Format SQL mengubah data sensor menjadi perintah SQL yang siap dikirim ke basis data MySQL. Proses ini meliputi pengisian nilai pada query Insert sesuai format tabel penyimpanan. Selanjutnya koneksi ke Basis Data MySQL (phMonitoring), node ini menghubungkan Node-RED dengan basis data MySQL yang telah dibuat untuk menyimpan data pH, volume, dan status aktuator. Data yang tersimpan kemudian dapat digunakan untuk analisis tren, pembuatan grafik, dan pelaporan hasil percobaan. Node debug 4 adalah node terakhir digunakan untuk memverifikasi bahwa perintah SQL telah berhasil dieksekusi dan data tersimpan di basis data tanpa error.



Gambar 5 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

Node-Red

Node-Red adalah tool pemrograman berbasis browser yang dirancang untuk memudahkan pembangunan aplikasi Internet of Things (IoT) dibandingkan dengan metode pemrograman tradisional, Node-RED menggunakan pendekatan visual. Penggunaannya menyerupai membangun alur dengan cara drag-and-drop antar node yang memiliki fungsi spesifik[13]. Pemrograman Node-Red bersifat Flow-based programming (FBP) yang artinya seluruh alur pemrograman didesain dalam aliran blok yang terangkai untuk membentuk perintah kerja. Blok-blok fungsional disusun sedemikian rupa untuk menangani pekerjaan yang digunakan dalam komunikasi data atau dashboard Internet of Things (IoT)[14].

Gambar 6. Logo Node-Red

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini penulis melakukan perancangan perangkat keras dengan menggunakan besi hollow sebagai penyangga dan juga sebagai tempat untuk menempelkan sensor-sensor. Untuk penyimpanan nira penulis menggunakan panci berdiameter 36cm yang volume maksimal adalah 7 liter. Untuk hasil rancangan perangkat kerasnya dapat dilihat pada gambar 7. dibawah ini.

Gambar 7. Hasil Rancangan Perangkat Keras

Hasil Rancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini penulis merancang perangkat lunak sesuai dengan Gambar 8. tampilan dashboard ditampilkan untuk menampilkan data sensor secara realtime dan disimpan didatabase MySQL setiap 10 menit sekali pengiriman menggunakan aplikasi

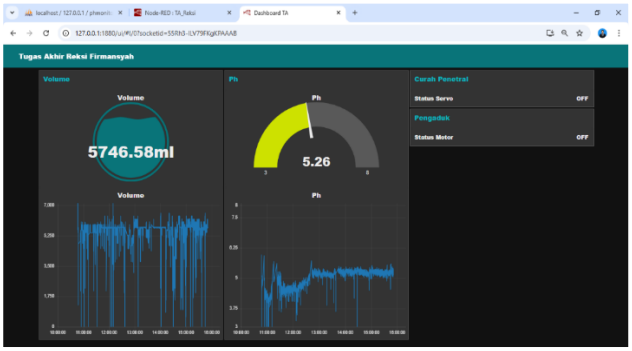
Node-Red.

id	timestamp	volume_ml	pH_value	status_servo_resak	status_motor_pengaduk
2227	2025-06-25 19:47:46	2971.15	4.24	OFF	OFF
2228	2025-06-25 19:57:46	2962.05	4.18	OFF	OFF
2229	2025-06-25 20:07:46	4035.82	4.32	OFF	OFF
2230	2025-06-25 20:14:34	4199.62	5.06	OFF	OFF
2231	2025-06-25 20:14:45	4190.52	5.20	OFF	OFF
2232	2025-06-25 20:24:45	3735.53	5.28	OFF	OFF
2233	2025-06-25 20:34:45	6383.57	5.26	OFF	OFF
2234	2025-06-25 20:44:45	3726.43	5.21	OFF	OFF
2235	2025-06-25 20:54:45	2497.96	5.45	OFF	OFF
2236	2025-06-25 21:04:45	4199.62	5.63	OFF	OFF
2237	2025-06-25 21:14:45	2206.77	5.46	OFF	OFF

Gambar 8. Tampilan Pengirimana Data Menggunakan MySql

Tampilan Dashbooard Menggunakan Node-Red

Untuk membuat tampilan dashboard nya perlu menghubungkan setiap node gauge sehingga dapat tercipta tampilan dashboard. Pada Gambar 9 tampilan dashboard ditampilkan untuk menampilkan data sensor secara realtime dan disimpan didatabase MySQL setiap 10 menit sekali pengiriman menggunakan aplikasi Node-Red.



Gambar 9. Tampilan Dashboard Pada Web dan Smartphonne

Tampilan Notifikasi Pada Telegram

Salah satu fitur utama yang diterapkan pada sistem kendali pH air nira kelapa berbasis Internet of Things ini adalah notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram. Fitur ini dirancang untuk memberikan informasi secara real-time kepada pengguna mengenai kondisi pH air nira, khususnya apabila nilai pH berada di luar rentang ideal yaitu pH kurang dari 5.0.[15] Dengan adanya notifikasi ini, pengguna dapat segera mengambil tindakan jika terjadi kondisi yang tidak diinginkan, seperti pH terlalu rendah yang dapat menyebabkan fermentasi dan kualitas gula kelapa menjadi buruk. Gambar 10. Merupakan tampilan notifikasi dari Bot MonitorpHnira menggunakan aplikasi telegram.

Gambar 10. Tampilan Bot MonitorpHnira

Hasil Pengujian Akurasi Sennsor pH

Metode pengujian dilakukan dengan memanfaatkan larutan aquades sebagai media

dasar yang bersifat netral. Untuk menciptakan variasi nilai pH, larutan asam (cuka) ditambahkan secara bertahap ke dalam aquades dengan takaran tetap, yaitu satu tetes pada setiap siklus percobaan. Hal ini bertujuan untuk mensimulasikan perubahan pH ke arah asam secara terkontrol. Sementara itu, larutan kapur sirih yang bersifat basa ditambahkan ke dalam campuran aquades secara acak, baik dari segi jumlah tetesan maupun waktu pemberiannya, guna menciptakan variasi perubahan pH ke arah basa yang lebih dinamis. Setelah setiap penambahan larutan, pembacaan pH dilakukan menggunakan sensor pH dan alat ukur pH digital sebagai pembanding. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengevaluasi akurasi dan keandalan sensor dalam mendeteksi perubahan pH secara bertahap maupun acak.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor pH

No	Alat Ukur	Sensor pH	Galat	Persentase Galat (%)
1	6.3	6.4	0.1	1.59
2	5.9	5.9	0.0	0.00
3	5.6	5.6	0.0	0.00
4	5	5.2	0.2	4.00
5	4.9	4.8	0.1	2.04
6	4.6	4.6	0.0	0.00
7	4.4	4.5	0.1	2.27

Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk tujuan mendapatkan hasil pengukuran volume air nira, dari sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan uji perbandingan antara hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual dengan menggunakan touples ukuran 16 liter. Pengujian sensor Ultrasonik HC-SR04 dimulai dengan percobaan ke-1 sebanyak 50 ml dengan menggunakan setiap percobaan bertambah 50 ml pembacaan dari teko hingga 5000 ml untuk Ultrasonikmengetahui tingkat akurasi dari sensor utrasonik.

Tabel 2. Hasil Pengujiian Akurasi Sensor

No	Sensor Ultrasonik (ml)	Teko Ukur (ml)	Galat	Persentase Galat (%)
1	0	50	50	100
2	0	100	100	100
3	0	150	150	100
4	237.5	200	-37.5	18.75
5	237.5	250	12.5	5
6	265.7	300	34.3	11.43
7	397.2	350	-47.2	13.48

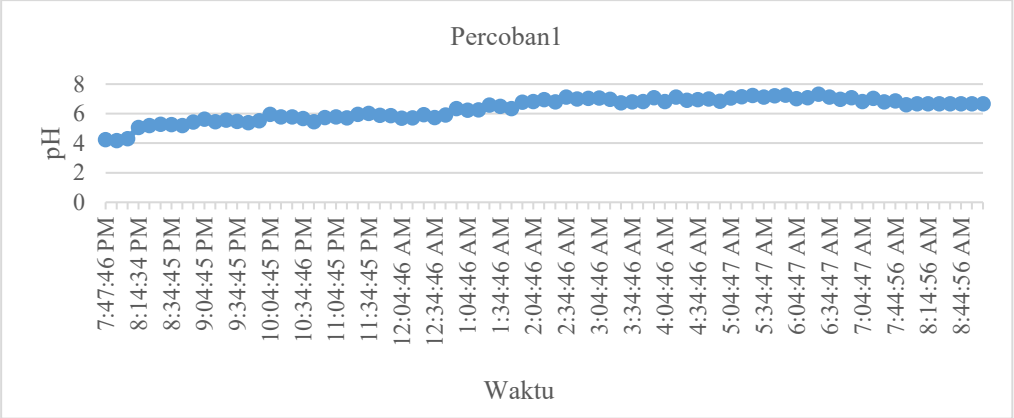
Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	**Tanggal Percobaan**	**Volume (ml)**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Waktu Stabilisasi (menit)**	**Status Notifikasi Telegram**	**Aktuator Aktif**	**Hasil Gula**
1	25 Juni 2025	5264.29	4.24	6.68	100	Terkirim	Motor & Servo Aktif	Keras
2	26 Juni 2025	5901.28	3.33	5.83	90	Terkirim	Motor & Servo aktif	Keras
3	26–27 Juni 2025	7566.54	4.83	5.45	110	Terkirim	Motor & servo aktif	Keras

4	2 Agustus 2025	5150.74	4.98	5.53	70	Terkirim	Motor & servo aktif	Keras

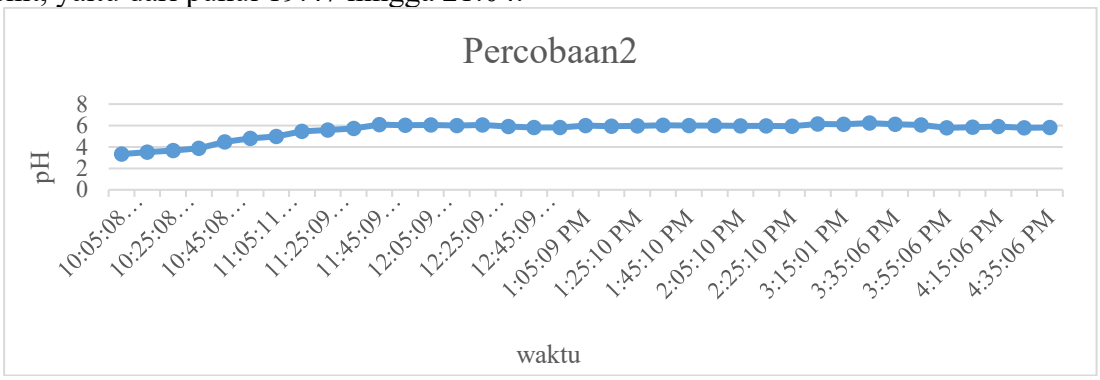
Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menilai kinerja sistem kendali pH air nira kelapa berbasis Internet of Things (IoT), secara terpadu, mulai dari proses pembacaan sensor, kendali aktuator (servo dan motor pengaduk), hingga pengiriman data ke MQTT, Telegram, dan tampilan Node-RED. Pengujian dilakukan dalam empat sesi percobaan berbeda dengan parameter utama berupa nilai pH air nira, volume, status aktuator, dan waktu pengambilan data. Dari hasil pengujian, sistem mampu memantau perubahan pH air nira secara real-time dan memberikan respon kendali otomatis terhadap nilai pH yang terlalu asam. Ketika pH turun di bawah ambang batas (misalnya di bawah pH 5.0), sistem mengaktifkan motor pengaduk dan memberikan bubuk penetral melalui kontrol servo untuk menetralkan keasaman. Setelah tindakan koreksi dilakukan, sistem kembali memantau hingga nilai pH mencapai stabilitas. Pengiriman data sensor ke MQTT berhasil dilakukan secara konsisten dengan interval pengambilan data per 10 menit. Data tersebut divisualisasikan secara langsung melalui dashboard Node-RED dan disimpan ke database MySQL. Selain itu, sistem juga berhasil mengirimkan notifikasi Telegram saat pH berada di bawah ambang batas yang ditentukan, menandakan bahwa fitur pemberitahuan darurat bekerja dengan baik. Berdasarkan empat percobaan, sistem menunjukkan respons yang stabil dan bertahap dalam menaikkan pH dari nilai asam ke nilai netral (sekitar pH 5.5 – 6.5), tergantung dari kecepatan reaksi bubuk penetral dan intensitas pengadukan. Tidak ditemukan kesalahan sistem yang menyebabkan proses terganggu, dan semua komponen bekerja sesuai fungsinya. Volume air nira juga berhasil dimonitor dengan sensor ultrasonik, yang terkonversi ke satuan mililiter. LCD 20x4 berfungsi menampilkan data lokal. Secara keseluruhan, sistem monitoring dan kendali pH air nira kelapa berbasis Internet of Things telah menunjukkan performa yang baik dalam menjaga nilai pH dalam rentang yang diinginkan. Hasil akhir berupa gula kelapa yang dihasilkan dari air nira yang telah distabilisasi menunjukkan kualitas yang baik dari segi kekerasan dan tidak lembek. Dibawah ini merupakan grafik dari ke empat percobaan yang dilakukan pH terhadap waktu.



Gambar 11. Grafik pH vs Waktu pada percobaan 1

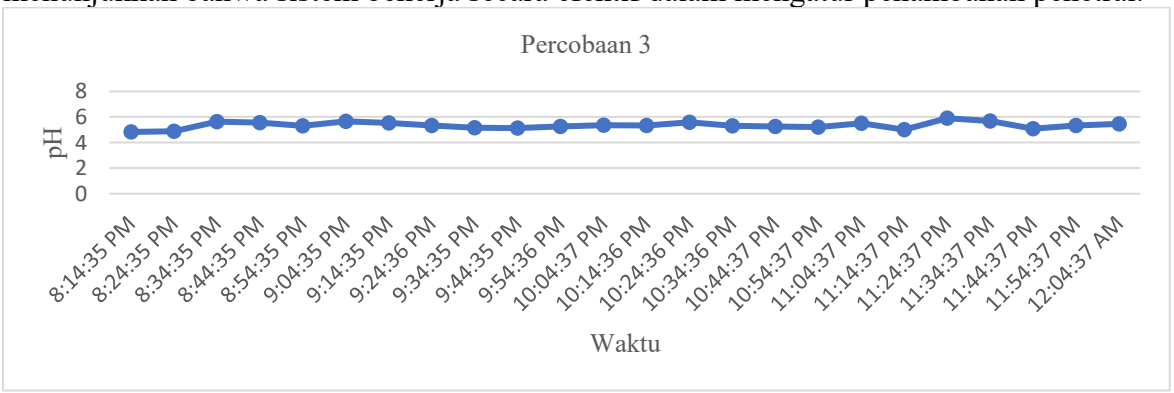
Gambar 11. Grafik Percobaan 1 memperlihatkan perubahan nilai pH air nira kelapa terhadap waktu selama sistem kendali pH otomatis berjalan. Proses koreksi nilai pH dimulai pada pukul 19:47, di mana pH terukur sebesar 4,2, masih berada di bawah batas bawah rentang stabil. Sistem secara otomatis mengaktifkan aktuator untuk menambahkan larutan penetral (larutan kapur sirih) guna menaikkan nilai pH secara bertahap. Pengamatan terhadap perubahan nilai pH menunjukkan tren peningkatan sebagai hasil dari kerja sistem kendali. Nilai pH pertama kali masuk ke dalam rentang stabil (yaitu di atas 5,5) terjadi pada pukul 21:04 dengan nilai 5,63. Setelah waktu tersebut, pH terus

meningkat secara bertahap dan konsisten berada dalam rentang 5,5–6,5 hingga pengukuran terakhir pada pukul 21:34. Tidak terdapat indikasi penurunan pH di bawah 5,5 setelah titik waktu tersebut, menandakan bahwa sistem telah berhasil membawa pH ke kondisi stabil dan mempertahankannya. Dengan demikian, waktu stabilisasi pH yang diperlukan oleh sistem kendali dari awal koreksi hingga pH mencapai rentang stabil adalah selama 30 menit, yaitu dari pukul 19:47 hingga 21:04.



Gambar 12. Grafik pH vs Waktu pada percobaan 2

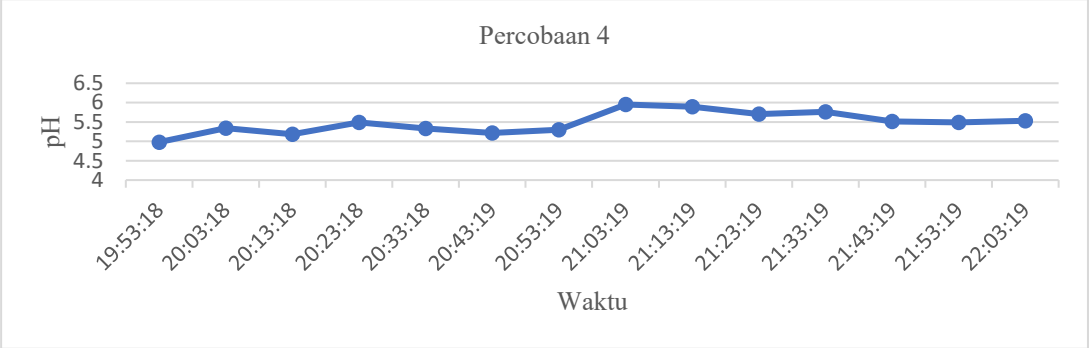
Gambar 12. Grafik Percobaan 2 menunjukkan tren kenaikan nilai pH air nira kelapa terhadap waktu, yang terjadi selama sistem kendali pH otomatis diaktifkan. Pada awal pengujian, pH air nira berada di angka sekitar 3,3 yang termasuk sangat asam dan berisiko tinggi dalam menurunkan kualitas gula kelapa jika tidak segera dinetralkan. Sistem mendeteksi kondisi pH tersebut dan secara otomatis mengaktifkan servo untuk menambahkan bubuk kapur sirih ke dalam air nira. Setelah beberapa siklus penambahan dan proses pengadukan berjalan, nilai pH mulai naik secara bertahap dan mencapai angka diatas 5.5 pada pukul 11:25 dengan pH 5.59, dalam waktu sekitar 90 menit pH mencapai waktu stabilisasi. Setelah mencapai puncaknya, pH mengalami fluktuasi kecil dan kemudian stabil pada rentang 5,8 hingga 6,3 hingga akhir pengujian. Nilai ini masih termasuk dalam rentang ideal untuk pembuatan gula kelapa, yaitu 5,5 – 6,5, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efektif dalam mengatur penambahan penetral.



Gambar 13. Grafik pH vs Waktu pada percobaan 3

Gambar 13. pada Grafik Percobaan 3 menunjukkan pada awal pengujian, pH berada di angka 4,8 yang merupakan kisaran yang cukup ideal untuk fermentasi dan pembuatan gula kelapa. Selama 20 menit pertama (hingga pukul 20:34), nilai pH meningkat signifikan dari 4,83 menjadi 5,64, mendekati batas bawah rentang stabil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh reaksi alami dari bahan penetral yang telah tercampur sebelumnya sebelum data mulai direkam. Selanjutnya, nilai pH mengalami fluktuasi kecil namun tetap berada dalam kisaran 5,13 – 5,66, menunjukkan adanya proses menuju kestabilan kimia. Berdasarkan hasil pengamatan, nilai pH pertama kali memasuki rentang stabil (5,5–6,5) pada pukul 20:34, tetapi belum stabil secara kontinu. Setelah pukul 22:04, nilai pH

cenderung tetap berada dalam kisaran 5,27 hingga 5,90 tanpa mengalami penurunan drastis, yang menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kestabilan. Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi pH yang stabil secara berkelanjutan adalah sekitar 1jam 50 menit sejak awal percobaan.



Gambar 14. Grafik pH vs Waktu pada percobaan 4

Gambar 14. Percobaan 4 pH terhadap Waktu menunjukkan nilai pH awal berada pada angka 4,98, yang menunjukkan kondisi asam dan berada di bawah batas bawah rentang kestabilan yang telah ditentukan, yaitu 5,5–6,5. Terlihat bahwa nilai pH tidak langsung stabil, tetapi mengalami peningkatan bertahap dari 5,18 (pukul 20:13) menjadi 5,30 (pukul 20:53), hingga akhirnya mencapai 5,95 pada pukul 21:03. Nilai ini telah masuk ke dalam rentang kestabilan pH. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memerlukan waktu sekitar 1 jam 10 menit dari kondisi awal hingga pH dapat distabilkan. Selanjutnya, nilai pH tetap berada dalam rentang stabil selama beberapa kali pengukuran berikutnya, yaitu mulai dari pukul 21:03 hingga 22:03 (selama 1 jam), dengan pH berkisar antara 5,49 hingga 5,95. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya mampu meningkatkan nilai pH, tetapi juga mampu mempertahankan kestabilannya tanpa memerlukan aktivasi aktuator kembali. Dari sisi volume, terjadi fluktuasi yang kemungkinan disebabkan oleh proses pengadukan, pengambilan sampel, atau penguapan cairan. Volume tertinggi tercatat sebesar 6719,59 ml, sedangkan volume terendah adalah 4962,85 ml. Namun, perubahan volume ini tidak berdampak signifikan terhadap kestabilan nilai pH karena sistem telah dikalibrasi untuk membaca pH dan volume secara independen. Secara keseluruhan, sistem terbukti mampu Mendeteksi pH rendah dan merespon dengan cepat melalui aktivasi motor pengaduk. Mengembalikan nilai pH ke rentang stabil (5,5–6,5) dalam waktu kurang dari 2 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian sistem maka dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil memantau dan mengendalikan nilai pH air nira kelapa secara otomatis menggunakan sensor pH dan servo yang bertugas memberikan larutan penetral ketika nilai pH turun di bawah ambang batas (pH < 5.0), serta mengaduk larutan menggunakan motor DC untuk membantu proses netralisasi. Monitoring dan kendali sistem terintegrasi dengan platform IoT melalui koneksi WiFi, MQTT, dan Node-RED dashboard, serta pemberitahuan otomatis melalui bot Telegram yang bekerja secara real time saat pH tidak sesuai standar. Dari empat kali pengujian, sistem menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan pH dari nilai awal (rata-rata pH awal antara 3.3 – 4.8) ke nilai akhir yang mendekati netral (rata-rata pH akhir 6.0 – 7.2) dengan waktu stabilisasi berkisar antara 30 hingga 100 menit. Akurasi sensor ultrasonic HC-SR04 untuk mengukur volume air nira sebesar 88,10% sedagkan untuk akurasi sensor pH untuk mengukur pH air nira sebesar 98,22% dengan menghasilkan kualitas gula kelapa menunjukkan perbedaan

signifikan, di mana nira dengan pH yang terjaga menghasilkan gula kelapa yang padat, tidak lembek, dan berwarna normal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali pH berkontribusi langsung terhadap kualitas produk akhir.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

D. Q. Firdaus, A. R. Chaidir, W. Muldayani, G. D. Kalandro, and D. Setiabudi, "Sistem Pemantauan Hasil Tampung Nira Kelapa Berbasis IoT (Internet of Things)," Jurnal J-Innovation, vol. 11, no. 1, 2022.

D. Raharjo and Syahbandi, "Industri Gula Kelapa dan Produk Olahannya di Desa Sungai Kupah Kabupaten Kubu Raya," Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, vol. 24, no. 1, pp. 576–580, Apr. 2018, [Online]. Available: http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpkm/article/view/9080

Ekawati and R. Rizieq, "Peningkatan Pengetahuan dan Pendapatan Perajin Gula Merah Melalui Penggunaan Bahan Tambahan Pangan dan Pemasaran Online," Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat, vol. 2, no. 1, pp. 99–105, Apr. 2021.

V. Zulfia, M. Ainuri, and N. Khuriyati, "Modifikasi Parameter Produksi untuk Meningkatkan Mutu Kimia Gula Kelapa Cetak di Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau," Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, vol. 8, no. 3, pp. 197–208, Dec. 2019, doi: 10.21776/ub.industria.2019.008.03.4.

R. Hutami et al., "Proses Produksi Gula Aren Cetak (Arenga pinnata, Merr) Di Indonesia," Jurnal Ilmiah Pangan Halal, vol. 5, no. 2, pp. 119–130, Oct. 2023, doi: 10.30997/jiph.v5i2.10237.

Meldayanoor, A. G. Ilmannafian, and F. Wulandari, "Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Kualitas Produk Gula Semut dari Nira," Jurnal Teknologi Agro-Industri, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.34128/jtai.v6i1.81.

S. W. Fitri, Y. S. K. Dewi, and D. Raharjo, "Penambahan Kulit Batang Pohon Bawang Hutan (Scorodocarpus Borneensis Becc) Terhadap Kualitas Gula Kelapa," Teknologi Pangan, vol. 1, 2018.

A. D. Oktaviani, H. P. Sudarminto, and M. Yunus, "Pengaruh Suhu Dan pH Terhadap Turbidity Nira Encer Pada Door Clarifier DI PG Modjopanggoong Tuluanggung," Jurnal Teknologi Separasi, vol. 8, no. 1, pp. 232–237, 2022, [Online]. Available: http://distilat.polinema.ac.id

A. Hanif and R. Amri, "Implementasi Internet Of Things Pada Protokol MQTT dan HTTP Dalam Sistem Pendeteksi Banjir," Jurnal Inovtek Polbeng, vol. 8, no. 2, 2023.

Juniarti, H. Hamrul, and Musyrifah, "Perancangan Sistem Monitoring Penampungan Air Nira Berbasis IOT (Internet Of Things)," Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3730.

B. M. Susanto, E. S. J. Atmadji, and W. L. Brenkman, "Implementasi MQTT Protocol Pada Smart Home Security Berbasis Web," Jurnal Informatika Polinema, vol. 4, 2018.

R. F. Ramadhan and R. Mukhaiyar, "Penggunaan Database Mysql dengan Interface PhpMyAdmin sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi," JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, vol. 1, no. 2, pp. 129–134, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.55.

C. F. Naa, "Sistem Pemantauan Rumah Kaca Berbasis Esp32, Raspberry Pi, MQTT dan Node-Red," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 11, no. 3, pp. 133–138, 2022.

I. Albanna and B. Kurniawan, "Komunikasi Multi-Perangkat dan Manajemen Aliran Data dalam Sistem Internet of Things Menggunakan Node-Red," Jurnal Riset Inovasi Bidang Informatika Dan Pendidikan Informatika (KERNEL), vol. 4, no. 1, 2023.

P. Ivan et al., "Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger," J-COSINE, vol. 2, Dec. 2018, [Online]. Available: http://jcosine.if.unram.ac.id/