

SKRIPSI

**SISTEM PEMILAHAN SAMPAH
DAN *MONITORING* UNTUK PENGELOLAAN
LIMBAH MODERN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Gusti Bagus Bayu Putra Mahagangga

NIM. 2115344033

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah yang sering dianggap sebelah mata di lingkungan kampus khususnya pada area laboratorium jurusan Teknik Elektro yaitu, melakukan pemilahan sampah logam dan non-logam. Dalam penelitian ini, dirancang dan diimplementasikan menggunakan sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things*. Sistem ini mencakup pemilahan sampah dan *monitoring* secara waktu nyata. Metodologi pengujian melibatkan pengaturan motor untuk pemilahan, sensor *proximity* untuk pemantauan kapasitas sampah. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi pada aspek yang telah diteliti, dengan sistem pemilahan sampah berbahan logam (80%) dan non-logam (85%). Pada sensor *proximity* untuk pemantauan kapasitas sampah berfungsi dengan baik dan dapat mengirimkan notifikasi pada sistem. Dengan demikian, implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu menyelesaikan permasalahan pemilahan sampah.

Kata Kunci: Sampah logam, sampah non-logam, sistem pemilahan, IOT.

ABSTRACT

This study aims to address an often-overlooked issue within the campus environment, particularly in the laboratory area of the Electrical Engineering department, by implementing a system for sorting metal and non-metal waste. In this research, an automated system based on the Internet of Things (IoT) was designed and implemented. The system includes real-time waste sorting and monitoring. The testing methodology involved the configuration of motors for the sorting process and the use of proximity sensors to monitor waste bin capacity. The results showed a high level of accuracy, with the waste sorting system achieving 100% accuracy for distinguishing between metal (80%) and non-metal materials (85%). The proximity sensors for monitoring bin capacity also functioned effectively and were able to send notifications to the system. Therefore, the implementation of this system is expected to contribute to solving the problem of waste separation in laboratory environments.

Keywords: *Metal waste, non-metal waste, sorting system, Internet of Things (IoT)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Sebelumnya	5
2.2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Limbah Modern	6
2.2.2. Pemilahan Sampah	6
2.2.3. Sampah Logam.....	7
2.2.4. Sampah Non-logam	8
2.2.5. ESP32	8
2.2.6. Sensor Infrared	9
2.2.8. Sensor <i>Proximity</i>	10
2.2.9. Servo Metal Gear.....	11
2.2.10. <i>Power supply</i>	12
2.2.11. <i>Step Down 3A</i>	12
2.2.12. <i>Internet of Things</i>	13
2.2.13. Telegram.....	14
BAB III.....	15

METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Rancangan Sistem	15
3.1.1. Rancangan Hardware.....	15
3.1.2. Rancangan <i>Software</i>	25
3.2. Pembuatan Alat	25
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat	25
3.2.2. Alat dan Bahan	26
3.3. Analisa Hasil Penelitian	27
3.4. Metode Pengujian Data	27
3.5. Hasil Yang Diharapkan	28
BAB IV.....	29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Hasil Implementasi Sistem.....	29
4.1.1. Implementasi <i>Hardware</i>	29
4.1.2. Implementasi <i>Software</i>	31
4.2. Hasil Pengujian Sistem	33
4.2.1. Pengujian Alat	33
4.2.2. Pengujian Aplikasi.....	37
4.2.3. Pengujian Sistem Pemilahan Sampah	38
4.3. Pembahasan Hasil Implementasi dan Analisa.....	42
4.3.1. Analisa Sistem Pemilahan Sampah	42
4.3.2. Analisa Sistem <i>Monitoring</i> Pemilahan Sampah	46
BAB V	47
KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sampah Logam.....	7
Gambar 2. 2 Sampah Non-logam.....	8
Gambar 2. 3 ESP32	9
Gambar 2. 4 Sensor IR	9
Gambar 2. 5 Sensor <i>Proximity Inductive</i>	10
Gambar 2. 6 Sensor <i>Proximity</i>	11
Gambar 2. 7 <i>Servo Metal Gear</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Power supply</i>	12
Gambar 2. 9 <i>Step Down 3A</i>	13
Gambar 2. 10 <i>Internet of Things</i>	13
Gambar 2. 11 Telegram.....	14
Gambar 3. 1 Blok Diagram	16
Gambar 3. 2 Wiring Diagram.....	17
Gambar 3. 3 <i>Flowchart Sistem</i>	19
Gambar 3. 4 Rancangan Panel Box.....	20
Gambar 3. 5 Rancangan Sistem Pemilahan	21
Gambar 3. 6 Penempatan Sensor.....	22
Gambar 3. 7 (a) Penempatan Servo (b) Pergerakan Servo.....	23
Gambar 3. 8 Rancangan PCB.....	24
Gambar 3. 9 Rancangan Notifikasi	25
Gambar 4. 1 Tampak keseluruhan Alat.....	29
Gambar 4. 2 Tampak Atas Alat.....	30
Gambar 4. 3 Tampak Panel Box	30
Gambar 4. 4 <i>BotFather</i> Telegram	31
Gambar 4. 5 Pembuatan Bot dan API	31
Gambar 4. 6 Pembuatan ID	32
Gambar 4. 7 Pengujian ESP32	33
Gambar 4. 8 Pengujian <i>Sensor Proximity</i>	34
Gambar 4. 9 Pengujian <i>Sensor Proximity Inductive</i>	35
Gambar 4. 10 Pengujian Sensor IR	36
Gambar 4. 11 Pengujian Aplikasi	37
Gambar 4. 12 Pengujian Notifikasi Aplikasi	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Keterangan wiring diagram.....	18
Tabel 3. 2 Penjelasan pin komponen ke pin ESP32.....	18
Tabel 3. 3 Alat-alat keperluan.....	26
Tabel 3. 4 Bahan komponen mikrokontroler	26
Tabel 3. 5 Bahan sistem pemilahan.....	26
Tabel 3. 6 Perangkat lunak yang digunakan	27
Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor proximity	34
Tabel 4. 2 Hasil pengujian sensor proximity inductive.....	35
Tabel 4. 3 Hasil pengujian sensor IR	36
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sampah Logam	38
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sampah Non-logam	39
Tabel 4. 6 Hasil pengujian sampah logam dan non-logam bersamaan	40
Tabel 4. 7 Hasil pengujian notifikasi pada tempat sampah logam.....	41
Tabel 4. 8 Hasil pengujian notifikasi pada tempat sampah non-logam	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan data sampah logam	51
Lampiran 2 Dokumentasi Pengambilan Data Sampah Non-logam	52
Lampiran 3 Hasil pengujian notifikasi pada tempat sampah logam	52
Lampiran 4 Hasil pengujian notifikasi pada tempat sampah non-logam.....	52
Lampiran 5 Pengujian Sampah Logam dan Non Logam Bersamaan	52
Lampiran 6 Implementasi Arduino IDE	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebersihan merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk keberlangsungan seluruh makhluk hidup. Sebagai makhluk sosial yang saling bergantung satu sama lain, manusia memiliki tanggung jawab moral dan sosial untuk menjaga kebersihan, baik pada tingkat individu maupun lingkungan dengan tujuan agar tidak menyebarkan atau menularkan penyakit pada manusia lainnya. Menjaga kebersihan lingkungan dapat dimulai dari langkah kecil seperti membuang sampah pada tempatnya. Perilaku sekecil ini memiliki dampak besar seperti pencegahan pencemaran dan lainnya. Ketidaksadaran untuk mengelola seluruh timbunan sampah ini membawa dampak serius bagi lingkungan dan kehidupan. Pada sektor pendidikan khususnya kampus, pengelolaan sampah menjadi aspek penting dalam menjaga kebersihan lingkungan. Para mahasiswa tidak menyadari akan pentingnya menjaga kebersihan dan pemilahan sampah, yang selanjutnya akan menghambat pemrosesan pengolahan limbah menjadi lebih lambat. Akibatnya sampah logam dan non-logam tercampur menjadi satu, sehingga akan menurunkan proses lanjutan untuk potensi mendaur ulang sampah tersebut. Sejalan dengan itu, dari data yang ada pada Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2022 menyebut timbunan sampah nasional mencapai angka 21.1 juta ton. Dari keseluruhan produksi sampah tersebut 65,71% atau sekitar 13.9 juta ton dapat terkelola, sedangkan sisanya 34,29% atau 7,2 juta ton belum dapat terkelola [1].

Sampah merupakan barang yang sudah tidak terpakai atau sisa dari suatu hal yang tidak layak untuk digunakan kembali. Aktivitas memilah belum banyak dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Menurut survei KIC, sebanyak 50,8% responden di lima kota besar Indonesia tidak memilah sampah. Dari 50,8% rumah tangga yang tidak memilah sampah, 79% di antaranya beralasan tidak ingin repot [2]. Sampah logam adalah limbah padat yang berasal dari bahan logam seperti kaleng, aluminium dan besi. Jika sampah logam seperti ini tidak dikelola dengan baik, logam dapat mencemari tanah, air dan *mikroorganisme* yang ada didalamnya. Sementara sampah non-logam seperti plastik, kertas dan lainnya memerlukan penanganan yang berbeda pula. Maka dari itu pemilahan sampah logam dan non-logam penting dilakukan dalam pengelolaan limbah modern.

Pemilahan sampah berdasarkan jenisnya dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa sensor yang sudah terkoneksi pada sebuah *Mikrokontroler*. *Mikrokontroler* adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu seperti menerima sinyal input, mengolahnya, kemudian memberikan sinyal output sesuai dengan program yang telah diisikan ke *mikrokontroler* tersebut. Pada umumnya, sinyal input *mikrokontroler* berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat melakukan suatu tindakan ke lingkungan. Dengan demikian maka secara sederhana *mikrokontroler* dapat diasumsikan ibarat sebuah otak yang terdapat pada suatu perangkat dan memiliki kemampuan berinteraksi dengan lingkungan [3]. Dalam konteks pemilahan sampah, sensor yang digunakan adalah sensor *infrared*, dan *Proximity inductive*, untuk mendeteksi karakteristik dari fisik material sampah. Bukan hanya itu, sistem ini akan memanfaatkan kemampuan *monitoring* dan pengelolaan data jarak jauh dengan teknologi *Internet of Things*.

Secara sederhana, alat ini bekerja mengikuti logika pemrograman yang telah dirancang khusus. Saat sampah baik logam maupun non-logam dimasukkan, sensor IR dan sensor *proximity inductive* akan segera melakukan deteksi berdasarkan sifat dan bahan dasar dari sampah tersebut. Hasil pembacaan ini kemudian diolah oleh sistem untuk menggerakkan motor servo, yang akan memutar ke arah yang tepat sesuai jenis sampah. Tidak berhenti di situ, ketika kapasitas penampungan mendekati penuh, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui Telegram, memberi tahu bahwa tempat sampah sudah saatnya dikosongkan. Lebih lanjut, penerapan sistem ini turut mendukung program *green tourism* yang diusung oleh Politeknik Negeri Bali. Pada hal ini *green tourism* berpacu pada penggunaan energi baru terbarukan, *green building* [4]. *Green Tourism* bertujuan untuk menjaga dan melestarikan alam, sehingga alam dapat menjadi pariwisata berkelanjutan yang dapat dinikmati secara terus-menerus. Dengan merealisasikan sistem pemilahan sampah ini, diharapkan dapat membantu program dari Politeknik Negeri Bali semakin nyata.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem pemilahan sampah otomatis yang mampu mengidentifikasi dan memilah sampah berdasarkan kategorinya, khususnya sampah logam dan non-logam?
2. Bagaimana cara sistem mengetahui bahwa tempat sampah sudah penuh?
3. Bagaimana cara sistem memberikan notifikasi saat tempat sampah sudah penuh?

1.3. Batasan Masalah

Untuk memastikan bahwa penelitian tetap fokus dan tidak menyimpang dari permasalahan yang telah dirumuskan, maka diperlukan penetapan batasan masalah yang relevan dengan judul penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Sistem ini menggunakan koneksi Wi-Fi untuk mengirim notifikasi keadaan tempat sampah yang penuh, sistem tidak dirancang untuk berfungsi secara *offline*.
- b) Sistem pemilahan otomatis memastikan pemisahan sampah logam dan non-logam ke dalam tempat sampah.
- c) Sistem pemilahan terdiri dari 2 sensor yaitu *infrared* dan *Proximity inductive* yang dihubungkan ke satu pin pada ESP32, untuk mendeteksi jenis sampah yang masuk ke dalam tempat sampah.
- d) Sistem *monitoring* yang mendeteksi keadaan tempat sampah menggunakan sensor *proximity* dan langsung mengirim data ke *smartphone*.
- e) Penelitian ini menggunakan dimensi 73cm x 50cm untuk sistem pemilahan, yang cukup untuk menampung tempat sampah berukuran 22cm x 27.5cm x 19.5cm
- f) Sistem tidak mencakup pengolahan atau daur ulang sampah secara langsung, melainkan hanya fokus pada proses deteksi, pemilahan otomatis, dan *monitoring* kapasitas tempat sampah.
- g) Sistem ini dirancang untuk lingkungan *indoor*, seperti laboratorium.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Dapat merancang sistem pemilahan sampah otomatis yang mampu mengidentifikasi dan memilah sampah logam dan non-logam.

2. Mampu merancang sistem yang dapat mengetahui keadaan tempat sampah secara waktu nyata.
3. Dapat merancang sistem notifikasi yang mampu memberikan informasi saat tempat sampah telah mencapai batas maksimal.

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini mampu memberikan kontribusi yang positif serta membawa manfaat bagi masyarakat secara luas, dengan rincian sebagai berikut:

1. Manfaat bagi lingkungan kampus
 - a. Meningkatkan kesadaran dan kualitas sumber daya manusia tentang pentingnya memilah sampah logam dan non-logam untuk kepentingan pengelolaan sampah yang lebih modern.
 - b. Mengurangi dampak *negatif* limbah terhadap lingkungan kampus sehingga terciptanya lingkungan yang sehat dan bersih.
 - c. Membantu program kerja kampus dengan konsep *green tourism*.
2. Manfaat bagi pemerintah
 - a. Mendorong sinergi antara pemerintah, institusi pendidikan, dan masyarakat dalam membangun budaya bersih dan berkelanjutan melalui edukasi dan penerapan teknologi ramah lingkungan.
 - b. Mengurangi beban pada tempat pembuangan akhir (TPA) dengan mengoptimalkan sistem pemilahan sampah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a) Sistem pemilahan sampah telah berhasil diimplementasikan dengan baik menggunakan motor dan sensor. Pengaturan motor yang dirancang agar dapat melakukan pemilahan dengan berputar searah jarum jam atau berlawanan tergantung pada jenis sampah yang masuk baik logam ataupun non-logam. Dibutuhkan waktu setidaknya 5 detik untuk melakukan pemilahan sampah mulai dari pendeteksian sensor hingga sistem pemilahannya. Tingkat akurasi pada pemilahan ini mencapai 80% (logam) dan 85% (non logam). Namun, pada saat percobaan memasukan sampah logam dan non logam bersamaan data yang diperoleh masih dibawah Z hitung. Ini menandakan bahwa sistem dikhususkan melakukan pemilahan sampah satu per satu.
- b) Sistem *monitoring* pada kapasitas sampah secara waktu nyata menggunakan sensor *proximity* telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Sensor *proximity* dapat membaca dengan baik kapasitas sampah. Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti posisi datangnya sampah, hal ini sangat berpengaruh terhadap pembacaan sensor *proximity*, apabila sampah terlalu jauh berada di kanan atau kiri maka sensor *proximity* tidak dapat mendeteksi dengan baik, dan notifikasi tidak akan masuk. Dengan bentuk tersebut, sampah secara alami akan mengarah ke bagian tengah wadah, yang merupakan area paling dekat dengan sensor. Hal ini memungkinkan sistem tetap dapat melakukan pembacaan secara efektif dalam penggunaan normal sehari-hari.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan di masa yang akan datang, penulis menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

- a) Kedepannya penempatan sensor sistem pemilahan sampah perlu dioptimalkan agar dapat mendeteksi keseluruhan kapasitas sampah.
- b) Kedepannya ditambahkan sumber daya cadangan agar sistem pemilahan masih dapat berfungsi ketika terjadi pemadaman listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] '7,2 Juta Ton Sampah di Indonesia Belum Terkelola Dengan Baik | Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan'. Accessed: Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.kemenkopmk.go.id/72-juta-ton-sampah-di-indonesia-belum-terkelola-dengan-baik>
- [2] T. P. Katadata, 'Kesadaran Warga Memilah Sampah Masih Rendah - Nasional Katadata.co.id'. Accessed: Jan. 16, 2025. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/berita/nasional/5e9a470c74665/kesadaran-warga-memilah-sampah-masih-rendah>
- [3] satriosatrio, 'Mikrokontroler, pengertian, fungsi dan jenis - jenisnya', IMC. Accessed: Jan. 16, 2025. [Online]. Available: <https://mediacenter.itbmg.ac.id/mikrokontroler-pengertian-fungsi-dan-jenis-jenisnya/>
- [4] 'Green Tourism Jadi Wajah Baru Politeknik Negeri Bali', jurnas.com. Accessed: Feb. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.jurnas.com/artikel/144938/Green-Tourism-Jadi-Wajah-Baru-Politeknik-Negeri-Bali/>
- [5] '(PDF) Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Internet of Things', *ResearchGate*, Nov. 2024, doi: 10.33020/saintekom.v13i2.487.
- [6] 'Rancangan Smart Trash Bin: Pemilahan Sampah Organik dan Anorganik', Master of Computer Science. Accessed: Jan. 30, 2025. [Online]. Available: <https://mti.binus.ac.id/2021/11/17/rancangan-smart-trash-bin-pemilahan-sampah-organik-dan-anorganik/>
- [7] '(PDF) Sistem Monitoring dan Controlling "Smart Waste" Berbasis Internet of Things Menggunakan Modul ESP 32 The Internet of Things-based "Smart waste" Monitoring and Controlling System Uses the ESP 32 Module', *ResearchGate*, Nov. 2024, doi: 10.20895/JTECE.V6I2.1400.
- [8] 'Limbah: Pengertian, Jenis, Sumber, dan Cara Mengatasinya'. Accessed: Jul. 15, 2025. [Online]. Available: <https://mutucertification.com/limbah-pengertian-jenis-sumber-dan-cara-mengatasinya/>
- [9] 'Limbah Logam Dan Non Logam | PDF', Scribd. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/doc/229316707/Limbah-Logam-Dan-Non-Logam>
- [10] 'PENGERTIAN LIMBAH B3 (BAHAN BERBAHAYA BERACUN) | Dinas Lingkungan Hidup'. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pengertian-limbah-b3-bahan-berbahaya-beracun-41>
- [11] K. Y. Maulana, 'Apa Itu ESP32, Salah Satu Modul Wi-Fi Poppuler', anakteknik.co.id. Accessed: Jun. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.anakteknik.co.id/krysnayudhamaulana/articles/apa-itu-esp32-salah-satu-modul-wi-fi-poppuler>
- [12] 'Sensor IR | Dasar-dasar, Jenis, Rangkaian, Cara Kerja, Proyek, FAQ'. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/ir-led-infrared-sensor-basics>
- [13] Naufal, 'Definsi, Prinsip Kerja, dan Aplikasi Inductive Proximity Sensor', Wiratama Mitra Abadi. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://wma.co.id/articles/inductive-proximity-sensor/>
- [14] '(PDF) Prototype Automated Manipulator Robot Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT)'. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/365195262_Prototype_Automated_Manip

ulator_Robot_Menggunakan_Mikrokontroler_NodeMCU_ESP8266_Berbasis_Internet_of_Things_IoT

- [15] meilinaeka, 'Pengertian Power Supply dan Fungsinya bagi Kehidupan Sehari-hari', Direktorat Pusat Teknologi Informasi. Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://it.telkomuniversity.ac.id/pengertian-power-supply-dan-fungsinya/>
- [16] M. F. Husni and E. Elfizon, 'Rancang Bangun Pengaman Brankas Menggunakan RFID (Radio Frequency Identification), Pin Dan GPS Berbasis Arduino Mega dan Internet Of Things (Iot)', *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2022, doi: 10.38035/rrj.v4i2.446.
- [17] 'Apa itu Internet of Things? Pengertian, Cara Kerja, dan Contohnya - Link Net'. Accessed: Feb. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.linknet.id/article/internet-of-things>
- [18] 'Telegram: Pengertian, Cara Kerja, dan Keunggulannya', kumparan. Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: <https://kumparan.com/kabar-harian/telegram-pengertian-cara-kerja-dan-keunggulannya-1wthN8eSuUA>