

Pengembangan *Training Kit* Parkir Cerdas Berbasis Esp 32 untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik pada Praktikum Mikrokontroler SMKN 2 Lamongan

Taufiq Ismail¹, Ali Nur Fathoni², Farid Baskoro³, Fendi Achmad⁴

^{1,2,3,4}S1 Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Email Korespondensi: alifathoni@unesa.ac.id

Diterima: 10-05-2026 | Disetujui: 15-05-2026 | Diterbitkan: 17-05-2026

ABSTRACT

The limitation of learning media that align with industrial needs has become one of the obstacles in microcontroller practicum learning in Vocational High Schools (SMK). Therefore, Internet of Things (IoT)-based learning media are needed to bridge theoretical concepts with practical applications. This study aimed to determine the validity, practicality, and effectiveness of an ESP32-based Smart Parking Training Kit as a learning medium for microcontroller practicum at SMKN 2 Lamongan. The study employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. The developed product was a training kit based on ESP32 integrated with infrared sensors, RFID sensors, servo motors, a 20×4 I2C LCD, and a Telegram Bot-based monitoring system. The research subjects consisted of 35 eleventh-grade students of the Mechatronics Engineering program. The results showed that the training kit was categorized as highly valid, with material expert validation reaching 83.33% and media expert validation reaching 98.61%. The practicality level of the media obtained a percentage of 94.72% in the highly practical category. The effectiveness results indicated that the average cognitive learning outcomes increased from 68.69 in the pretest to 89.49 in the posttest, with the Paired Sample t-Test showing a significance value of < 0.001. The N-Gain analysis obtained an average score of 0.6156 in the moderate category. In the psychomotor aspect, the average student score reached 92.23, which was higher than the minimum mastery criterion (KKM) of 75, while the One Sample t-Test showed a significance value of < 0.001. Based on these findings, it can be concluded that the ESP32-based Smart Parking Training Kit is feasible, practical, and effective as a learning medium for microcontroller practicum to improve students' learning outcomes in vocational education.

Keywords: *Training Kit, Smart Parking, ESP32, Internet of Things (IoT), Microcontroller, Learning Outcomes, ADDIE, Vocational High School.*

ABSTRAK

Keterbatasan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan industri menjadi salah satu kendala dalam pembelajaran praktikum mikrokontroler di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menghubungkan konsep teori dengan praktik secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas *Training Kit* Parkir Cerdas berbasis ESP32 sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMKN 2 Lamongan. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Produk yang dikembangkan berupa *training kit* berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan sensor infrarad, sensor RFID, motor servo, LCD 20×4 I2C, serta sistem monitoring berbasis Telegram Bot. Subjek penelitian terdiri atas 35 peserta didik kelas XI Teknik Mekatronika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *training kit* dinyatakan sangat valid dengan persentase validasi ahli materi sebesar 83,33% dan validasi ahli media sebesar 98,61%. Tingkat kepraktisan media memperoleh persentase sebesar

94,72% dengan kategori sangat praktis. Hasil efektivitas menunjukkan bahwa nilai rata-rata hasil belajar kognitif meningkat dari 68,69 pada pretest menjadi 89,49 pada posttest dengan hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$. Analisis N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,6156 dengan kategori sedang. Pada aspek psikomotorik, rata-rata nilai peserta didik sebesar 92,23 atau lebih tinggi dibandingkan KKM sebesar 75 dengan hasil uji One Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 layak, praktis, dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik di SMK.

Katakunci: Training Kit, Parkir Cerdas, ESP32, Internet of Things (IoT), Mikrokontroler, Hasil Belajar, ADDIE, SMK.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Ismail, T., Fathoni, A. N., Baskoro, F., & Achmad, F. . (2026). Pengembangan Training Kit Parkir Cerdas Berbasis Esp 32 untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik pada Praktikum Mikrokontroler SMKN 2 Lamongan. *Educational Journal*, 1(4), 1209-1224. <https://doi.org/10.63822/0eq1qj22>.

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten, adaptif, dan siap bersaing di dunia kerja global. Dalam konteks pendidikan vokasi di Indonesia, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menjadi institusi yang berfokus pada pengembangan keterampilan praktis sesuai kebutuhan industri. Memasuki era Revolusi Industri 4.0, peserta didik SMK tidak hanya dituntut menguasai kompetensi teknis dasar, tetapi juga harus mampu mengintegrasikan teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), sistem otomasi, dan kecerdasan buatan dalam proses pembelajaran maupun implementasi di dunia industri. Literasi teknologi IoT menjadi salah satu kompetensi penting yang perlu dimiliki lulusan SMK agar mampu beradaptasi dengan ekosistem industri modern yang saling terhubung (Perdana et al., 2025).

Namun demikian, implementasi pembelajaran berbasis teknologi di SMK masih menghadapi berbagai kendala. Salah satu permasalahan utama adalah keterbatasan media pembelajaran dan bahan praktikum yang kontekstual serta relevan dengan perkembangan industri. Sebagian besar sekolah masih menggunakan media praktikum dasar yang belum mampu merepresentasikan penerapan teknologi secara nyata dalam kehidupan sehari-hari (Rafika et al., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep teoritis dengan implementasi praktis sehingga berdampak pada rendahnya motivasi dan hasil belajar. Selain itu, keterbatasan perangkat praktik berbasis IoT juga menghambat pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan problem solving peserta didik.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan media pembelajaran berbasis mikrokontroler dan IoT untuk mendukung pembelajaran vokasi di SMK. Penelitian oleh Adhe Gledis H., Djawad, dan J. (2025) menunjukkan bahwa pengembangan trainer kit robotika berbasis IoT mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik SMK. Karlina dan Putra (2024) mengembangkan sistem monitoring suhu ruang server berbasis IoT yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dan kontekstual. Penelitian lain oleh Alfisyahri (2024) mengembangkan sistem monitoring area parkir berbasis mikrokontroler dan computer vision sebagai implementasi teknologi IoT pada sektor transportasi. Selain itu, Fathoni dan Khotimah (2023) mengembangkan sistem smart home berbasis IoT menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP32 yang menunjukkan bahwa integrasi beberapa modul mikrokontroler mampu mendukung sistem otomasi yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri. Penelitian oleh Sumbawati et al. (2020) juga menunjukkan bahwa pengembangan perangkat otomatis berbasis Arduino Nano dan sensor ultrasonik dapat menjadi media implementatif dalam pembelajaran mikrokontroler dan sistem otomasi. Selanjutnya, Athallah et al. (2025) mengembangkan prototype smart home berbasis IoT sebagai media pembelajaran mikroprosesor dan mikrokontroler yang terbukti mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik SMK. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dalam media pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan praktis, serta kesiapan peserta didik dalam menghadapi perkembangan teknologi industri modern.

Di sisi lain, penelitian mengenai sistem parkir pintar berbasis IoT masih lebih banyak berfokus pada aspek teknologi dibandingkan aspek pembelajaran. Putra dan Hayat (2021) mengembangkan miniatur sistem parkir cerdas berbasis ESP32 untuk mendeteksi slot parkir, tetapi belum dirancang sebagai media pembelajaran. Penelitian oleh Wulandari et al. (2022) menghasilkan prototype sistem monitoring parkir pintar berbasis IoT menggunakan komunikasi nirkabel ESP32, namun belum mengintegrasikan pendekatan

pedagogis dalam implementasinya. Sementara itu, Budi et al. (2025) mengembangkan prototipe tempat parkir berbasis ESP32 terintegrasi RFID dan sensor infrared yang lebih menitikberatkan pada pengembangan sistem teknologi. Berdasarkan penelitian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian berupa belum optimalnya pengembangan training kit parkir cerdas berbasis IoT yang secara khusus dirancang sebagai media pembelajaran vokasi di SMK.

Dalam pembelajaran mikrokontroler di SMK, penggunaan training kit memiliki peranan penting dalam membantu peserta didik memahami konsep pemrograman, sensor, dan sistem otomasi secara langsung. Rafika et al. (2020) menyatakan bahwa penggunaan trainer interface mikrokontroler berbasis ESP32 dapat meningkatkan pemahaman peserta didik pada pembelajaran embedded system. Hasil serupa juga ditemukan oleh Chapron et al. (2022) melalui pengembangan smart home portable kit berbasis ESP32 yang mampu meningkatkan keterampilan praktik peserta didik. Selain itu, penelitian oleh Trisetiyato et al. (2023) menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis IoT dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan motivasi belajar peserta didik SMK. Implementasi teknologi IoT sendiri memiliki manfaat besar dalam mendukung konektivitas dan sistem otomasi berbasis internet secara real-time (Susanto et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan training kit berbasis IoT yang relevan dengan kebutuhan industri menjadi kebutuhan penting dalam pendidikan vokasi.

Hasil observasi awal di SMKN 2 Lamongan menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami implementasi konsep mikrokontroler secara aplikatif. Media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada modul sederhana dan belum memfasilitasi simulasi sistem nyata berbasis IoT seperti sistem parkir cerdas. Padahal, sistem parkir cerdas merupakan salah satu implementasi teknologi yang dekat dengan kehidupan sehari-hari dan relevan dengan perkembangan industri digital. Pengembangan training kit parkir cerdas berbasis ESP32 dapat menjadi solusi pembelajaran karena memungkinkan peserta didik mempelajari pemrograman mikrokontroler, penggunaan sensor, sistem RFID, serta komunikasi data berbasis IoT secara terintegrasi. Selain itu, penggunaan training kit juga dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui penyelesaian masalah kontekstual yang menyerupai kondisi nyata di dunia industri.

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang terdiri atas tahap analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan sistematis dalam pengembangan media pembelajaran mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi produk (Pribadi, 2009). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mahmudin et al. (2023) juga menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran menggunakan pendekatan R&D mampu meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar peserta didik pada bidang teknologi.

Secara teoritis, pengembangan training kit parkir cerdas berbasis ESP32 didasarkan pada teori konstruktivisme yang menekankan bahwa peserta didik membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung dan interaksi aktif dengan lingkungan belajar. Pembelajaran berbasis konstruktivisme mendorong peserta didik untuk memahami konsep melalui praktik dan penyelesaian masalah nyata (Susanto et al., 2022). Melalui penggunaan training kit ini, peserta didik tidak hanya mempelajari kode program, tetapi juga memahami hubungan antar komponen dalam sistem otomasi berbasis IoT. Dengan demikian, proses pembelajaran diharapkan menjadi lebih bermakna, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan industri modern.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki unsur kebaruan (novelty) berupa pengembangan training kit parkir cerdas berbasis ESP32 yang tidak hanya berfokus pada aspek teknologi IoT, tetapi juga

dirancang secara khusus sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMK. Training kit ini diharapkan mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik serta meningkatkan keterampilan abad ke-21 peserta didik, seperti kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi teknologi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta menganalisis validitas, kepraktisan, dan efektivitas training kit parkir cerdas berbasis ESP32 dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada praktikum mikrokontroler di SMK.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMK sekaligus menguji tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk yang dikembangkan. Pendekatan R&D dipilih karena mampu menghasilkan produk pembelajaran yang sistematis, aplikatif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna melalui tahapan pengembangan yang terstruktur (Mahmudin et al., 2023). Metode pengembangan media berbasis IoT dan mikrokontroler sebelumnya juga banyak menggunakan pendekatan R&D karena dinilai efektif dalam menghasilkan media pembelajaran inovatif yang relevan dengan kebutuhan industri (Athallah et al., 2025; Adhe Gledis H. et al., 2025).

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE yang terdiri atas lima tahapan, yaitu analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan sistematis yang mencakup seluruh proses pengembangan media pembelajaran mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi produk secara menyeluruh (Pribadi, 2009). Tahap analysis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMKN 2 Lamongan, khususnya terkait keterbatasan media pembelajaran berbasis IoT. Tahap design dilakukan melalui perancangan sistem hardware dan software training kit parkir cerdas berbasis ESP32. Tahap development meliputi proses perakitan perangkat, pemrograman sistem, penyusunan jobsheet, serta validasi produk oleh ahli materi dan ahli media. Tahap implementation dilakukan dengan mengujicobakan produk kepada peserta didik kelas XI Teknik Mekatronika SMKN 2 Lamongan. Selanjutnya, tahap evaluation dilakukan untuk mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan.



Gambar1. Model ADDIE

Produk yang dikembangkan berupa Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 yang mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 Devkit V1, sensor infrared, sensor RFID, motor servo, LCD 20x4 I2C, dan sistem monitoring berbasis Telegram Bot. Penggunaan ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan konektivitas IoT yang baik serta mendukung pengembangan sistem otomasi berbasis internet secara real-time (Fathoni & Khotimah, 2023). Selain itu, implementasi ESP32 pada media pembelajaran sebelumnya terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktis peserta didik (Chapron et al., 2022; Rafika et al., 2020). Penggunaan sensor infrared dan RFID dalam sistem parkir cerdas juga mengacu pada penelitian Budi et al. (2025) serta Putra dan Hayat (2021) yang menunjukkan bahwa kombinasi kedua sensor tersebut efektif digunakan dalam sistem parkir otomatis berbasis mikrokontroler.

Penelitian dilaksanakan di SMKN 2 Lamongan dengan subjek penelitian sebanyak 35 peserta didik kelas XI Program Keahlian Teknik Mekatronika yang mengikuti praktikum mikrokontroler. Validasi produk dilakukan oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya sebagai ahli materi dan ahli media serta satu guru mata pelajaran mikrokontroler SMKN 2 Lamongan sebagai validator praktisi.

Untuk mengukur efektivitas produk terhadap hasil belajar peserta didik, penelitian ini menggunakan desain One Group Pretest-Posttest Design. Desain ini digunakan untuk mengetahui perubahan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan training kit pada kelompok yang sama. Desain One Group Pretest-Posttest dipilih karena mampu mengukur pengaruh penggunaan media pembelajaran terhadap peningkatan hasil belajar secara langsung melalui perbandingan skor sebelum dan sesudah perlakuan. Pola desain penelitian ditunjukkan sebagai berikut:

$$O_1 \ X \ O_2 \quad (1)$$

Keterangan:

O_1 = nilai pretest sebelum perlakuan

X = pembelajaran menggunakan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32

O_2 = nilai posttest setelah perlakuan

Teknik pengumpulan data dilakukan menggunakan beberapa instrumen penelitian. Instrumen pertama berupa lembar validasi ahli yang digunakan untuk mengukur tingkat validitas training kit dan jobsheet pendukung berdasarkan aspek isi, desain, fungsi, dan kebahasaan menggunakan skala Likert. Instrumen kedua berupa angket respons peserta didik yang digunakan untuk mengukur tingkat kepraktisan media pembelajaran meliputi aspek kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, tampilan media, dan interaksi sistem IoT. Instrumen ketiga berupa soal pretest dan posttest berbentuk pilihan ganda yang digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik. Selain itu, lembar observasi psikomotorik digunakan untuk menilai keterampilan peserta didik dalam merangkai, memprogram, dan mengoperasikan sistem parkir cerdas berbasis ESP32. Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan inferensial sesuai dengan jenis data yang diperoleh.

A. Analisis Validitas dan Kepraktisan Produk

Data hasil validasi ahli dan angket respons peserta didik dianalisis menggunakan rumus persentase untuk mengetahui tingkat validitas dan kepraktisan produk. Rumus persentase yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Total Skor yang Diperoleh}}{\text{Total Skor Ideal}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil persentase kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria validitas dan kepraktisan media pembelajaran sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Validitas Produk

Persentase (%)	Kriteria	Keterangan
81%–100%	Sangat Valid	Layak digunakan tanpa revisi
61%–80%	Valid	Layak digunakan dengan revisi kecil
41%–60%	Cukup Valid	Layak digunakan dengan revisi besar
21%–40%	Kurang Valid	Tidak layak digunakan
0%–20%	Sangat Tidak Valid	Tidak layak digunakan

B. Uji Normalitas

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data pretest dan posttest terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah sampel kurang dari 50 peserta didik. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (Sig.) > 0,05. Jika data berdistribusi normal, maka analisis dilanjutkan menggunakan uji parametrik. Sebaliknya, jika data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji nonparametrik Wilcoxon Signed-Rank Test sebagai alternatif analisis.

C. Uji Hipotesis

Untuk mengetahui perbedaan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan training kit, digunakan uji Paired Sample t-Test. Hipotesis penelitian dirumuskan sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara nilai pretest dan posttest.

H_a : Terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara nilai pretest dan posttest.

D. Analisis Peningkatan Hasil Belajar (N-Gain)

Analisis N-Gain digunakan untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik setelah penggunaan training kit. Rumus N-Gain yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$g = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest}} \quad (3)$$

Kriteria interpretasi nilai N-Gain ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria N-Gain

Nilai N-Gain	Kriteria
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Produk dinyatakan efektif apabila hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan perbedaan yang signifikan dan nilai N-Gain berada minimal pada kategori sedang. Penggunaan analisis N-Gain dalam penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis IoT sebelumnya juga digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar peserta didik setelah implementasi media pembelajaran inovatif (Athallah et al., 2025; Adhe Gledis H. et al., 2025).

E. Uji Hasil Belajar Psikomotorik

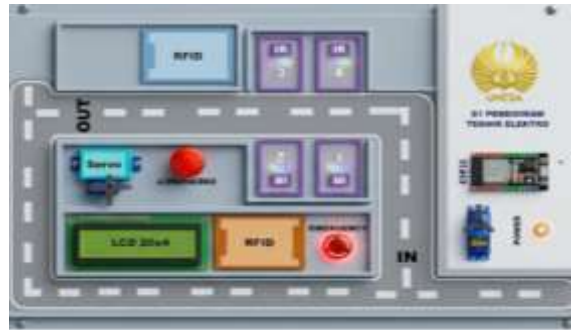
Hasil belajar psikomotorik peserta didik dianalisis menggunakan One Sample t-Test dengan nilai pembandingan berupa Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75. Produk dinyatakan efektif pada aspek psikomotorik apabila rata-rata hasil observasi keterampilan peserta didik secara signifikan lebih tinggi dibandingkan nilai KKM dengan taraf signifikansi $< 0,05$.

HASIL PENELITIAN

A. Hasil Produk yang Dikembangkan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 yang dirancang sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler pada mata pelajaran Teknik Mekatronika di SMKN 2 Lamongan. Training kit dikembangkan dengan konsep portable trainer sehingga mudah digunakan dalam proses pembelajaran di laboratorium maupun di kelas praktik. Produk terdiri atas dua bagian utama, yaitu koper trainer dan panel utama sistem.

Koper trainer dibuat menggunakan bahan triplek dengan ketebalan 9 mm yang diperkuat menggunakan list aluminium pada setiap sisi. Koper dilengkapi dua pengunci pada bagian samping untuk menjaga keamanan komponen dari debu dan benturan selama penyimpanan maupun mobilisasi. Selain itu, koper juga dilengkapi handle agar mudah dipindahkan. Ukuran keseluruhan koper adalah $40 \times 57 \times 15$ cm sehingga cukup ergonomis digunakan sebagai media praktikum peserta didik.

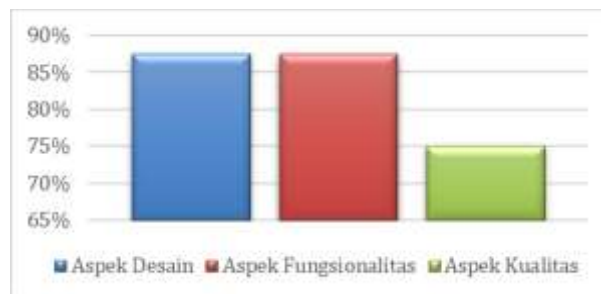


Gambar 2. Desain Training Kit Parkir Cerdas

Pada bagian panel utama terdapat beberapa komponen utama sistem, yaitu ESP32 Devkit V1, sensor infrared (IR), sensor RFID, motor servo, LCD 20×4 I2C, tombol emergency, serta sistem monitoring berbasis Telegram Bot. Seluruh komponen dipasang pada papan akrilik berukuran 37 × 57 cm dengan tata letak yang sistematis sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami alur kerja sistem parkir cerdas. Penggunaan ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan konektivitas Internet of Things (IoT) yang baik serta mendukung implementasi sistem otomasi secara real-time (Fathoni & Khotimah, 2023). Pengembangan media pembelajaran berbasis ESP32 juga terbukti efektif meningkatkan keterampilan praktik peserta didik dalam pembelajaran mikrokontroler (Rafika et al., 2020; Chapron et al., 2022).

B. Validitas Training Kit Parkir Cerdas Berbasis ESP32

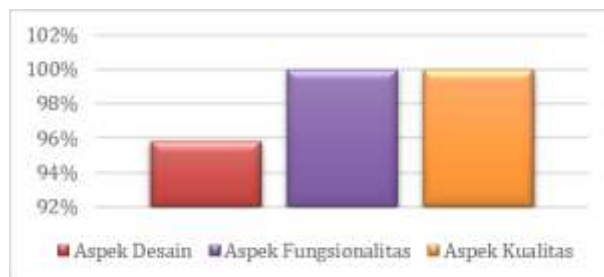
Validitas produk diukur melalui penilaian tiga validator yang terdiri atas dua dosen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya sebagai ahli materi dan ahli media serta satu guru Teknik Mekatronika SMKN 2 Lamongan sebagai validator praktisi. Validasi dilakukan terhadap lima instrumen penelitian, yaitu instrumen ahli materi, ahli media, angket respons peserta didik, lembar observasi psikomotorik, serta soal pretest dan posttest.



Gambar 3. Hasil Validasi Materi

Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 83,33% dengan kategori sangat valid. Aspek kelayakan isi dan pedagogis masing-masing memperoleh nilai sebesar 87,50%, sedangkan aspek kebahasaan memperoleh nilai sebesar 75,00% dengan kategori valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi pembelajaran mengenai ESP32, sensor, dan sistem parkir cerdas telah sesuai dengan kompetensi pembelajaran Teknik Mekatronika di SMK. Selain itu, jobsheet yang dikembangkan telah memenuhi aspek

sistematika pembelajaran dan kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran. Menurut Mahmudin et al. (2023), media pembelajaran berbasis teknologi dinyatakan valid apabila memiliki kesesuaian isi, struktur materi, dan aspek pedagogis yang mendukung ketercapaian kompetensi peserta didik.



Gambar 4. Hasil Validasi Media

Hasil validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 98,61% dengan kategori sangat valid. Aspek fungsionalitas sistem memperoleh nilai tertinggi sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras seperti ESP32, sensor IR, RFID, motor servo, dan LCD berfungsi sesuai logika sistem yang dirancang. Aspek desain fisik memperoleh nilai sebesar 95,83%, sedangkan aspek kualitas panduan penggunaan memperoleh nilai sebesar 100%. Tingginya tingkat validitas media menunjukkan bahwa training kit memiliki desain yang sistematis, mudah digunakan, dan sesuai digunakan sebagai media praktikum berbasis IoT. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rafika et al. (2020) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis mikrokontroler yang dirancang secara terstruktur mampu meningkatkan kualitas pembelajaran praktik secara signifikan.

C. Kepraktisan Training Kit Parkir Cerdas Berbasis ESP32

Kepraktisan produk diperoleh melalui angket respons peserta didik yang diberikan kepada 35 peserta didik kelas XI Teknik Mekatronika SMKN 2 Lamongan setelah proses implementasi pembelajaran menggunakan training kit selesai dilaksanakan.



Gambar 5. Hasil Kepraktisan Training Kit

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kepraktisan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 memperoleh persentase sebesar 94,72% dengan kategori sangat praktis. Aspek kemudahan penggunaan memperoleh nilai sebesar 95,00%, aspek pemahaman konsep memperoleh nilai tertinggi sebesar 95,95%, sedangkan aspek interaksi sistem IoT memperoleh nilai sebesar 93,21%.

Tingginya nilai kepraktisan menunjukkan bahwa peserta didik mampu menggunakan training kit secara mandiri dengan tingkat kesulitan yang rendah. Peserta didik juga dapat memahami hubungan kerja

antara ESP32, sensor infrared, sensor RFID, dan motor servo dalam sistem parkir cerdas secara lebih mudah melalui praktik langsung. Selain itu, fitur Telegram Bot yang terintegrasi pada sistem IoT memberikan pengalaman pembelajaran interaktif berbasis komunikasi data real-time yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0. Temuan ini sejalan dengan penelitian Trisetiyato et al. (2023) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis IoT mampu meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar peserta didik melalui pembelajaran kontekstual dan interaktif.

D. Efektivitas Training Kit terhadap Hasil Belajar

1. Hasil Belajar Kognitif

Hasil belajar kognitif diperoleh melalui tes pretest dan posttest menggunakan 25 soal pilihan ganda yang telah divalidasi sebelumnya. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk sebagai syarat analisis parametrik.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pre	.109	35	.200 [*]	.958	35	.198
post	.147	35	.053	.952	35	.128

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 6. Hasil Uji Normalitas Kognitif

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data pretest dan posttest berdistribusi normal karena nilai signifikansi (Sig.) > 0,05. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan menggunakan uji Paired Sample t-Test untuk mengetahui perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan training kit.

Paired Samples Test

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Sebelum_dibel_Pertemuan - Sesudah_dibel_Pertemuan	-20,229	9,453	1,598	-23,476	-16,981	-12,660	34	<.001

Gambar 7. Hasil Paired Sample T-Test

Hasil uji Paired Samples T-Test pada gambar Gambar 7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara sebelum dan sesudah penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32. Hal ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar < 0,001 yang lebih kecil dari 0,05, sehingga H₀ ditolak dan H_a diterima. Rata-rata selisih nilai pretest dan posttest sebesar -20,229 menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan training kit. Nilai t sebesar -12,660 mengindikasikan bahwa peningkatan hasil belajar terjadi secara signifikan dan konsisten pada peserta didik. Dengan demikian, penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik pada praktikum mikrokontroler.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
NGain_Score	35	.17	.86	.6156	.18646
NGain_Persen	35	16.67	85.71	61.5631	18.64574
Valid N (listwise)	35				

Gambar 8. Hasil N Gain

Hasil analisis N-Gain menunjukkan bahwa rata-rata nilai N-Gain peserta didik sebesar 0,6156 atau setara dengan 61,56%. Nilai tersebut berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 mampu meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik secara cukup efektif. Nilai N-Gain minimum sebesar 0,17 menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa peserta didik dengan peningkatan hasil belajar rendah, sedangkan nilai maksimum sebesar 0,86 menunjukkan adanya peserta didik yang mengalami peningkatan hasil belajar pada kategori tinggi. Selain itu, nilai standar deviasi sebesar 0,18646 mengindikasikan bahwa peningkatan hasil belajar peserta didik relatif homogen dan tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh antar peserta didik. Dengan demikian, hasil analisis N-Gain memperkuat hasil uji Paired Samples T-Test sebelumnya bahwa penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada pembelajaran praktikum mikrokontroler.

2. Hasil Belajar Psikomotorik

Hasil belajar psikomotorik diperoleh melalui observasi keterampilan peserta didik selama kegiatan praktikum berlangsung. Aspek yang diamati meliputi kemampuan merangkai komponen, menghubungkan sensor, menulis program ESP32, serta mengoperasikan sistem parkir cerdas berbasis IoT.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Psikomotorik	.111	35	.200*	.967	35	.372

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 9. Hasil Uji Normalitas Psikomotorik

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data psikomotorik terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data berdistribusi normal karena nilai signifikansi (Sig.) > 0,05. Selanjutnya, analisis dilakukan menggunakan One Sample t-Test dengan nilai pembanding berupa Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75.

One-Sample Test

Test Value = 75

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Psikomotorik	24.977	34	<.,001	17.229	15.83	18.63

Gambar 10. Hasil One-Sample Test

Hasil uji One Sample t-Test pada hasil belajar psikomotorik menunjukkan nilai t sebesar 24,977 dengan derajat kebebasan (df) sebesar 34 dan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) < 0,001. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar psikomotorik peserta didik berbeda secara signifikan dan lebih tinggi dibandingkan nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75. Rata-rata selisih nilai (Mean Difference) sebesar 17,229 menunjukkan bahwa nilai psikomotorik peserta didik meningkat sekitar 17,229 poin di atas KKM, sehingga diperoleh rata-rata nilai psikomotorik sebesar 92,23. Dengan demikian, penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan psikomotorik peserta didik pada praktikum mikrokontroler.

E. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 dinyatakan valid, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler pada peserta didik kelas XI Teknik Mekatronika di SMKN 2 Lamongan. Pengembangan media berbasis Internet of Things (IoT) ini mampu mendukung peningkatan kompetensi peserta didik pada aspek kognitif maupun psikomotorik melalui pembelajaran berbasis praktik langsung.

Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 83,33% dengan kategori sangat valid. Aspek kelayakan isi dan pedagogis masing-masing memperoleh nilai sebesar 87,50%, sedangkan aspek kebahasaan memperoleh nilai sebesar 75,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi pembelajaran, jobsheet, serta pendekatan pedagogis yang digunakan telah sesuai dengan kompetensi pembelajaran Teknik Mekatronika di SMK. Temuan ini sejalan dengan Mahmudin et al. (2023) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis teknologi harus memiliki kesesuaian isi dan struktur materi yang mendukung ketercapaian kompetensi peserta didik.

Validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 98,61% dengan kategori sangat valid. Aspek fungsionalitas sistem memperoleh nilai sebesar 100%, sedangkan aspek desain fisik memperoleh nilai sebesar 95,83%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras seperti ESP32, sensor infrared, sensor RFID, motor servo, dan LCD dapat berfungsi sesuai sistem yang dirancang. Selain itu, desain training kit dinilai sistematis, mudah digunakan, dan sesuai diterapkan sebagai media pembelajaran praktikum berbasis IoT. Hasil penelitian ini mendukung penelitian Rafika et al. (2020) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis mikrokontroler mampu meningkatkan kualitas pembelajaran praktik secara signifikan.

Pada aspek kepraktisan, Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 memperoleh persentase sebesar 94,72% dengan kategori sangat praktis. Aspek kemudahan penggunaan memperoleh nilai sebesar 95,00%,

aspek pemahaman konsep sebesar 95,95%, dan aspek interaksi sistem IoT sebesar 93,21%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik mampu menggunakan training kit secara mandiri serta memahami hubungan kerja antar komponen melalui praktik langsung. Integrasi Telegram Bot juga memberikan pengalaman pembelajaran berbasis komunikasi data real-time yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0. Temuan ini sejalan dengan penelitian Trisetiyato et al. (2023) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis IoT mampu meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar peserta didik.

Efektivitas Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 terhadap hasil belajar kognitif ditunjukkan melalui peningkatan nilai rata-rata pretest sebesar 68,69 menjadi 89,49 pada posttest. Hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$, sehingga terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara sebelum dan sesudah penggunaan training kit. Nilai t sebesar -12,660 menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar terjadi secara signifikan dan konsisten pada peserta didik.

Peningkatan hasil belajar juga diperkuat melalui analisis N-Gain yang memperoleh rata-rata sebesar 0,6156 atau 61,56% dengan kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan training kit mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik secara cukup efektif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Athallah et al. (2025) dan Adhe Gledis H. et al. (2025) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis IoT mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik SMK secara signifikan.

Pada aspek psikomotorik, rata-rata nilai peserta didik sebesar 92,23, lebih tinggi dibandingkan KKM sebesar 75. Hasil uji One Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$, yang berarti keterampilan praktik peserta didik secara signifikan lebih tinggi dibandingkan KKM. Hasil ini menunjukkan bahwa Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 mampu meningkatkan keterampilan peserta didik dalam merangkai komponen, memprogram ESP32, serta mengoperasikan sistem parkir cerdas berbasis IoT. Temuan ini mendukung penelitian Chapron et al. (2022) yang menyatakan bahwa trainer kit berbasis IoT dapat meningkatkan keterampilan praktik dan kemampuan problem solving peserta didik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 layak digunakan sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMK karena memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran praktikum mikrokontroler di SMKN 2 Lamongan. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 83,33% dan validasi ahli media sebesar 98,61% dengan kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa training kit telah memenuhi aspek kelayakan isi, pedagogis, desain media, dan fungsionalitas sistem sehingga layak digunakan dalam pembelajaran berbasis Internet of Things (IoT).

Hasil uji kepraktisan memperoleh persentase sebesar 94,72% dengan kategori sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa training kit mudah digunakan serta mampu membantu peserta didik memahami konsep mikrokontroler, sensor, dan sistem IoT secara lebih interaktif melalui praktik langsung. Pada aspek efektivitas, hasil belajar kognitif peserta didik meningkat dari rata-rata 68,69 pada pretest menjadi 89,49 pada posttest. Hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $< 0,001$, sedangkan analisis N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,6156 dengan kategori sedang. Pada aspek psikomotorik, rata-

rata nilai peserta didik sebesar 92,23 atau lebih tinggi dari KKM sebesar 75 dengan nilai signifikansi < 0,001 pada uji One Sample t-Test. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Training Kit Parkir Cerdas berbasis ESP32 efektif meningkatkan hasil belajar kognitif dan psikomotorik peserta didik.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, guru disarankan memanfaatkan training kit sebagai media pembelajaran praktikum berbasis IoT, sedangkan sekolah diharapkan mendukung pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Peneliti selanjutnya juga disarankan mengembangkan penelitian dengan cakupan yang lebih luas serta menambahkan fitur teknologi yang lebih inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhe Gledis H., Djawad, Y. A., & H. J. (2025). Pengembangan media trainer kit robotika berbasis Internet of Things di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Vokasi Teknik*, 9(2). <https://doi.org/10.26858/ujtv.v9i2.6494>
- Alfisyahri, Q. (2024). *Rancang bangun sistem monitoring area parkir dan pelacakan posisi kendaraan berbasis mikrokontroler dan computer vision* [Skripsi, Universitas Putra Indonesia YPTK]. <http://repository.upiypk.ac.id/12696/>
- Athallah, A. E. N., Achmad, F., Zuhrie, M. S., & Fathoni, A. N. (2025). Pengembangan prototype smart home berbasis IoT untuk meningkatkan hasil belajar pada mata pelajaran mikroprosesor dan mikrokontroler kelas XI TEI di SMK Negeri 1 Jabon. *CARONG: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 2(3), 347–367. <https://doi.org/10.62710/gvrxbp34>
- Budi, D., Jumasa, H. M., & Pasa, I. Y. (2025). Prototipe tempat parkir menggunakan ESP-32 terintegrasi RFID dan sensor infrared untuk monitoring slot parkir. *INTEK: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*. <https://ebook.umpwr.ac.id/intek/article/download/6365/2679>
- Chapron, K., Thullier, F., & Lapointe, P. (2022). LIPSHOK: LIARA portable smart home kit. *Sensors*, 22(8), 2829. <https://doi.org/10.3390/s22082829>
- Doan Perdana, Maghfuri, S., Tsaqib, A., & V. N. K. (2025). Peningkatan literasi teknologi Internet of Things (IoT) bagi guru dan siswa di SMAN 4 Surakarta melalui edukasi interaktif dan praktikal. *Indonesian Journal of Community Service*, 8(1). <https://doi.org/10.33476/iac.v8i1.174>
- Fathoni, A. N., & Khotimah, K. (2023). Rancang bangun smart home berbasis IoT menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP32. *TELKA-Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 9(1), 34–43. <https://doi.org/10.15575/telka.v9n1.34-43>
- Fathoni, A. N. (2025). *Belajar Mikrokontroler Dengan Arduino: Proyek Elektronika Interaktif*. PENERBIT KBM INDONESIA.
- Fredy Susanto, Prasiani, N. K., & D. P. (2022). Implementasi Internet of Things dalam kehidupan sehari-hari. *IMAGINE*, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>
- Karlina, U., & Putra, M. Y. (2024). Monitoring suhu ruang server berbasis Internet of Things (IoT) pada Universitas Bina Insani. *Jurnal Manajemen Informatika Bina Insani*, 9(2), 189–202. <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/JMBI/article/view/3139>
- Mahmudin, N. S., Saprudin, U., No, J. K., & Barat, K. M. (2023). Pengembangan media pembelajaran interaktif kelas VII dengan metode Research and Development (R&D). *Jurnal Informatika dan Komputer*, 1, 32–38. <https://doi.org/10.35959/jik.v1i1i01.408>

- Pribadi, B. A. (2009). *Model-model desain sistem pembelajaran*. Dian Rakyat.
- Putra, F. B. A., & Hayat, L. (2021). Rancang bangun miniatur sistem parkir cerdas bertingkat berbasis Internet of Things menggunakan ESP32. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*. <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE/article/view/9643>
- Rafika, A. S., Febriyanto, E., & Safriyati, E. (2020). Perancangan modul trainer interface mikrokontroler berbasis ESP32 sebagai media pembelajaran pada mata kuliah embedded system. *Technomedia Journal*. <https://www.academia.edu/download/86333380/360.pdf>
- Sumbawati, M. S., Chandra, H. A., Wrahatnolo, T., Ningrum, L. E. C., Khotimah, K., & Fathoni, A. N. (2020). Design automatic hand sanitizer microcontroller based using Arduino Nano and ultrasonic sensors as an effort to prevent the spread of COVID-19. In *International Joint Conference on Science and Engineering (IJCSE 2020)* (pp. 136–140). Atlantis Press.
- Trisetiyato, A. N., & R. H. A. D. (2023). Pengembangan modul belajar robotika berbasis Internet of Things (IoT) pada Program Studi Pendidikan Informatika Fakultas Sains. *Semantik*, 11(2), 78–91. <https://doi.org/10.55679/semantik.v11i2.202>
- Wulandari, C., Wijayanti, D., Lestari, N., & Daulay, N. K. (2022). Prototype sistem monitoring parkir pintar berbasis IoT (Internet of Things). *JUSIKOM*, 7(2), 123–131. <https://doi.org/10.32767/jusikom.v7i2.1829>