

PROTOTYPE FERRIS WHEEL MOTORCYCLE PARKING SYSTEM SEBAGAI SOLUSI KEBARUAN INOVASI EFISIENSI LAHAN

Ian Hardianto Siahaan*, Exelsius Billyarta Rumiki, Ninuk Jonoadji

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra

Jl.Siwalankerto No.121-131, Siwalankerto, Kec. Wonocolo, Surabaya, Jawa Timur 60236

Email: ian@petra.ac.id

Abstrak

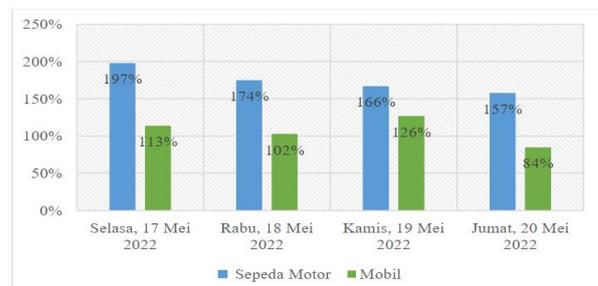
Populasi jumlah penduduk dan sepeda motor serta pembangunan kota akan terus mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan ketersediaan lahan untuk pembangunan baru akan semakin berkurang. Kekurangan lahan ini akibatnya juga berdampak bagi ketersediaan tempat parkir sepeda motor di wilayah perkotaan yang berakibat tingginya nilai indeks parkir sepeda motor melampaui 100%. Solusi yang diberikan oleh pemangku kepentingan untuk mengatasi persoalan parkir terkait kebijakan belum sepenuhnya memberikan solusi yang optimal. Pembuatan mekanisme tempat parkir tanpa harus menambah luasan parkir yang tersedia dengan mengadopsi teknologi smart parking system dianggap sebagai alternatif solusi yang lebih mutakhir karena menjadi bagian dari infrastruktur kota yang interaktif dan responsif. Tujuan pembuatan prototipe adalah memberikan gambaran smart parking system yang memudahkan proses parkir dalam pemenuhan kurangnya kapasitas parkir sepeda motor dengan memanfaatkan keterbatasan lahan parkir yang tersedia. Adapun metode yang dilakukan berdasarkan kajian literatur dan survei dokumen penelitian terdahulu dengan menenukan gap yang dapat dikembangkan untuk mengatasi ketersediaan lahan parkir yang terbatas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mekanisme parkir ferris wheel yang diusulkan dapat berfungsi dengan baik termasuk uji keamanan konstruksinya dimana kapasitas penampungan dapat lebih dari 15 buah sepeda motor dibandingkan dengan kapasitas tipe parkir stand.

Kata kunci: efisiensi lahan, sepeda motor, prototipe, smart parking system

PENDAHULUAN

Lahan parkir merupakan tempat perhentian sementara kendaraan sebelum digunakan kembali oleh penggunanya. Lahan parkir mutlak harus tersedia di tempat tertentu dan fasilitas umum seperti area rekreasi, mall, area kantor, dan lainnya (Purwanto and Prasetyo, 2022). Ketersediaan lahan parkir yang memadai di kota besar termasuk sasaran yang sangat penting yang harus disediakan oleh pemerintah kota atau pengelola tempat kegiatan usaha atau bisnis. Terbatasnya lahan parkir dapat dilihat berdasarkan data statistik terkait indeks parkir sepeda motor roda yang melampaui 100%, yaitu dengan perbandingan akumulasi parkir pada durasi tertentu terhadap kapasitas parkir yang tersedia sudah bermasalah (Angestiwi and Nurdin, 2023).

Di setiap kota besar, permasalahan terkait lahan parkir menjadi isu berkembang karena dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas dan menimbulkan polusi udara (Puspitasari *et al.*, 2021). Persentase total rata-rata cakupan parkir di pusat bisnis saja di beberapa kota sudah mencapai 31% dari penggunaan lahan di kota-kota besar (Lin *et al.*, 2017).



Gambar 1. Indeks parkir sepeda motor di salah satu area perkantoran

Kebijakan membatasi tempat parkir belum sepenuhnya menyelesaikan masalah lahan parkir. Beberapa upaya dilakukan untuk mengatasinya, antara lain dengan cara mengontrol jumlah mobil di dalam zona parkir, memantau pergerakan mobil di dalam atau di luar zona parkir, memeriksa kecukupan area supaya dapat menampung lebih banyak kendaraan termasuk persoalan keamanan tempat parkir tersebut (Atiqur, 2021).

Meskipun metode tersebut telah diupayakan, bahkan tarif parkir telah dinaikkan, dan terdapat kebijakan untuk menghapus parkir

di badan jalan serta pembatasan waktu parkir, solusi yang ada belum dapat dianggap optimal.

Solusi yang paling tepat mengatasi permasalahan tersebut adalah membangun smart parking system yang memberikan kemudahan bagi pengguna menemukan area dengan cepat dan tepat dengan jumlah slot yang cukup (Gabriel, Og and Fabregat, 2020). Selain itu, untuk smart parking system harus dapat menyiapkan tersedianya jumlah slot parkir tanpa harus menambah area parkir. Berdasarkan informasi yang diperoleh disebutkan bahwa untuk menemukan tempat parkir saja, pada sekitar 30% kendaraan di jalan membutuhkan waktu rata-rata ~ 7-8 menit (Barriga *et al.*, 2019). Selanjutnya, menurut sebuah laporan, penggunaan smart parking system dapat menghemat bahan bakar hingga 220.000 galon pada tahun 2030, dan sekitar 3.000 galon bahan bakar dapat dihemat pada tahun 2050. Sehingga, keberadaan smart parking system dianggap dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan memperoleh ruang parkir kendaraan dan membantu mengurangi konsumsi bahan bakar, serta mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas melalui informasi penggunaan aplikasi smart parking system tersebut.

Selain itu, keunggulan dari sistem parkir cerdas dapat dengan mudah membantu pengemudi dan administrator memeriksa dan mengekstrak informasi tentang area parkir dan memantau ketersediaan tempat parkir kosong dan menampilkannya di lokasi strategis untuk dilihat oleh pelanggan dan petugas parkir (Naufal, Faticah and Suciati, 2020). Sistem ini menjadi salah satu kunci jawaban solusi terkait permasalahan parkir yang sangat menjanjikan dalam mengatasi manajemen tempat parkir yang tidak efisien di kota besar (Melyk, Djahel and Nait-Abdesselam, 2019).

METODE PENELITIAN

Permasalahan perlunya keberadaan prototipe ini direalisasikan karena metode penyelesaian terkait lahan yang terbatas belum sepenuhnya memberikan solusi yang optimal agar indeks parkir tidak melebihi 100%, meskipun beberapa kebijakan telah dilakukan oleh pemangku kebijakan terkait efisiensi pemanfaatan parkir.

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan kajian literatur dan survei dokumen penelitian terdahulu sedangkan pembuatan prototipe berbasis software Autodesk Inventor

dan printer 3D dengan perangkat lunak Ultimaker Cura. Ada beberapa langkah atau tahapan observasi dan survei pendapat peneliti terdahulu melalui variabel data pertimbangan meliputi ; teknologi yang digunakan, kebaruan atau dari sebelumnya, kemudahan dalam pekerjaan perawatan, kapasitas parkir yang dapat ditingkatkan, sistem keamanan aktif dan waktu menuju tempat parkir lebih singkat terhadap beberapa mekanisme tipe parkir yang ada untuk kemudian menetapkan sebagai pilihan konsep desain. Tahapan itu dilakukan dengan cara menentukan tipe tempat parkir, jenis kendaraan yang digunakan sebagai basis data rancangan, konstruksi rangka tempat parkir dan komponen pendukung lainnya serta analisis prototipe yang direalisasikan meliputi tipe microcontroller yang digunakan untuk menguji keberhasilan target kinerja parking system tersebut apakah sudah memadai.

Tempat parkir tipe stand adalah jenis parkir yang banyak disediakan pengelola bisnis atau tempat kegiatan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2. Berbagai desain dari tempat parkir tipe ini tergantung pada area yang dialokasikan untuk parkir sepeda motor dan jumlah slot parkir yang tersedia pun terbatas. Pada umumnya berupa pelataran atau ruangan yang bersifat terbuka, bahkan bisa berupa bangunan parkir di atas gedung, gedung bawah tanah/bertingkat yang dirancang supaya tidak mengganggu lalu lintas (Astati Sukawati *et al.*, 2022). Keunggulannya terletak pada desain yang sederhana, biaya produksi yang rendah, dan perawatan yang mudah; namun, ia rentan terhadap pencurian karena kurangnya keamanan.



Gambar 2. Desain parkir tipe stand

Tempat parkir tipe mekanis umumnya menggunakan tenaga hidrolik untuk memindahkan sepeda motor ke lift dan meletakkannya pada atau bangunan parkir yang telah disediakan. Sistem parkir ini masih membutuhkan tenaga operator untuk membantu

menyusun dan memarkirkan sepeda motor tersebut, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain parkir tipe mekanis

Tempat parkir tipe otomatis tempat parkir yang memudahkan pengguna kendaraan untuk masuk pada slot yang telah disediakan tanpa harus mengemudikannya untuk menuju lokasi area parkir. Tipe tempat parkir seperti ini sudah memfasilitasi slot masuknya kendaraan dengan sistem keamanan yang sangat tinggi untuk mengunci pada posisinya dan tidak mengalami guncangan ketika mengeluarkan kendaraan dari slotnya ketika berputar. Berikut ini adalah contoh tipe parkir otomatis, yaitu tipe rotary dimana mekanisme parkir ini memungkinkan beberapa mobil untuk diparkir di area kecil yang seharusnya hanya cukup untuk dua atau tiga mobil sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain parkir tipe otomatis

Sepeda Motor

Sepeda motor menjadi kendaraan yang sangat dibutuhkan masyarakat karena harganya lebih terjangkau dibandingkan mobil. Selain itu, sepeda motor dapat menjangkau tempat-tempat yang tidak dapat diakses oleh mobil. Jenis sepeda motor secara umum dapat dikelompokkan sebagaimana ditunjukkan pada

Gambar 5 meliputi: sepeda motor bebek, skuter, motor sport, motor touring dan motor cruiser.



Gambar 5. Kelompok sepeda motor

Motorcycle parking sistem umumnya menggunakan berbagai jenis motor penggerak untuk mengoperasikan mekanisme parkirnya. Ada beberapa jenis motor penggerak yang digunakan sebagai pertimbangan, antara lain. Motor DC, umumnya sering digunakan karena mudah untuk dikendalikan dan memberikan torsi yang kuat pada kecepatan rendah. Motor DC 12V biasanya digunakan bersama dengan programmable logic control dan mikrokontroler Arduino Uno untuk menggerakkan lift khusus mobil menuju lahan parkir.

Motor servo, motor ini bisa juga digunakan sebagai penggerak utama pintu dan lift dalam sistem smart parking. Motor servo dapat memberikan posisi yang sangat akurat dan penting untuk memastikan kendaraan diparkir dengan benar. Motor stepper, motor ini juga digunakan untuk menggerakkan elevator dalam prototipe smart parking yang bergerak secara vertikal dan horizontal. Motor ini memberikan kontrol yang presisi atas posisi dan kecepatan, yang sangat penting dalam sistem parkir otomatis.

Motor tiga fasa, motor ini memiliki kekuatan yang tinggi dan biasanya digunakan untuk merotasi sistem parkir, terutama dalam desain smart rotary parking. Motor ini mampu menggerakkan mekanisme rantai dan sprocket untuk memindahkan ruang parkir.

Ada beberapa alternatif pilihan rangka konstruksi yang dapat dipertimbangkan untuk rancangan, antara lain: *Smart parking* sistem vertikal, konstruksi dengan rangka vertikal dirancang tegak lurus dari bawah ke atas atau sebaliknya. Ini bertujuan untuk mendukung sistem parkir secara vertikal, di mana kendaraan akan diparkir dalam susunan bertingkat. Rangka vertikal harus kokoh dan stabil untuk menopang berat kendaraan yang diparkir di lantai atas.

Sistem transmisinya umumnya melibatkan sprocket, hallow pin chains, bearing, dan komponen mekanik lainnya yang saling terhubung.

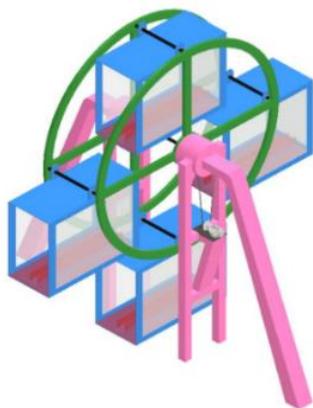
Smart parking system horizontal, rangka dirancang untuk memaksimalkan penggunaan ruang horizontal. Kendaraan diparkir secara paralel dalam satu lantai, dengan garis rangka yang sejajar dengan bidang horizontal. Rangka ini harus dibuat kokoh dan stabil agar dapat menopang beban kendaraan yang diparkir. Smart parking sistem rotary, rangka pada umumnya dibuat dengan ukuran yang sesuai untuk menopang struktur putarannya. Konstruksinya memiliki karakteristik harus kuat dan stabil agar mampu menahan beban kendaraan serta memastikan putaran sistem berjalan lancar dan aman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep desain dapat dipilih dari alternatif yang tersedia seperti: tipe stand, tipe mekanis, dan tipe otomatis. Berdasarkan nilai pembobotan diperoleh pertimbangan dengan nilai valuena paling tinggi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemilihan konsep desain

Parameter	Bobot	Stand	Mekanis	otomatis
Teknologi	0,2	5	7	9
Kebaruan	0,2	6	8	10
Perawatan	0,1	4	6	8
Kapasitas	0,1	5	7	9
Keamanan	0,2	6	8	10
Waktu	0,2	8	6	4
Total	1,0	5,9	7,1	8,3



Gambar 6. Prototipe usulan desain parkir tipe otomatis untuk sepeda motor

Usulan kebaruan tipe desain parkir yang digunakan untuk sepeda motor mengacu pada mekanisme konsep otomatis dengan struktur sederhana berbentuk roda yang digantungi beberapa kabin yang dipasang sedemikian rupa pada bagian veldnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Sehingga, ketika roda berputar, kabin tetap dalam posisi tegak mengikuti prinsip gravitasi.

Penentuan Dimensi Ideal kapasitas tempat parkir yang digunakan harus mengacu pada ukuran parkir motor yang ideal, sehingga memberikan kenyamanan bagi pengunjung. Tempat parkir yang memadai sering menjadi pertimbangan pengunjung untuk kembali. Berikut ini adalah detail ukuran parkir motor per satuan yang dapat dijadikan sebagai data rancangan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data ukuran parkir motor ideal

Jenis Sepeda Motor	Panjang Parkir Motor (m)	Lebar Parkir Motor (m)
Sepeda motor standar (110 cc atau 125 cc)	2	0,9
Sepeda motor besar (N-Max, Kawasaki)	2,5	1,05
Sepeda motor roda 3	2-2,5	0,9-1,05

Luasan parkir motor ideal, panjang 2,5 m dengan lebar 1,05 m, sehingga diperoleh luasan 2,63 m². Bilamana mengacu pada luasan tempat parkir untuk mekanisme yang digunakan ditampilkan dari tampak atas, luasan lahan yang diperlukan untuk tempat parkir seluruhnya dengan panjang 5,85 m dengan lebar 6,72 m diperoleh 39,31 m². Perbandingan luasan untuk luas parkir tipe mekanisme terhadap tipe stand yang dirancang dapat menghemat luasan parkir minimal menjadi 1:15. Artinya untuk 16 sepeda motor yang diparkir dengan tipe stand membutuhkan ruangan parkir ideal dengan luasan 42 m², sedangkan luasan parkir tipe mekanisme yang digunakan tetap sebesar 39,31 m². Selanjutnya, jika menggunakan tipe parkir dengan model ferris wheel dengan radius r meter, maka area yang tersedia harus diperiksa kecukupannya agar dapat menampung 16 kendaraan sehingga didapatkan nilai 3,7 m. Namun, bila mempertimbangkan kebutuhan ruang untuk operasional seperti jalan masuk dan keluar, ruang antar kendaraan, serta infrastruktur pendukung lainnya yang diperlukan maka r radius ferris wheel 4 m.

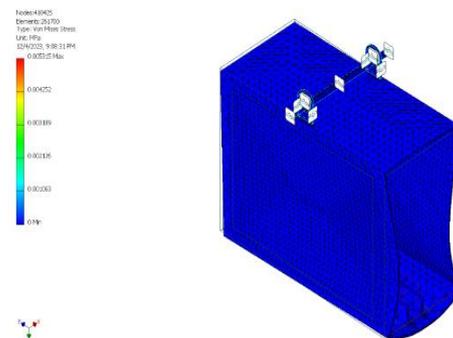
Penetapan spesifikasi motor penggerak yang sesuai pada desain tipe parkir ini menggunakan motor tiga fasa karena kekuatannya yang tinggi dan mampu merotasi sistem parkir dengan konstruksi vertikal. Dari berbagai jenis kendaraan roda dua yang populer di kalangan masyarakat, ditemukan bahwa sepeda motor roda dua untuk merk tertentu memiliki berat maksimumnya sebesar 132 kg. Selanjutnya, untuk menetapkan spesifikasi teknis penggerak perlu mengetahui besarnya momen inersia. Semakin besar momen inersia, semakin besar pula kelembaman benda tersebut, yang berarti semakin sulit untuk mengubah kecepatan rotasinya. Maka, momen inersia untuk satu sepeda motor adalah 2112 kg.m^2 . Sehingga momen inersia total untuk 16 sepeda motor dengan massa 132 kg dan radius 4 m adalah 33792 kg.m^2 . Bilamana ditetapkan kecepatan sudut ferris wheel dari keadaan diam hingga kondisi akhir $6 \text{ rpm} \sim (6 \times 0,10472 \text{ rad/s} = 0,62832 \text{ rad/s})$, maka percepatan adalah $0,062832 \text{ rad/s}^2$. Sehingga torsi total $2123,86 \text{ Nm}$. dan daya $1,334 \text{ kilowatt}$.

Spesifikasi motor penggerak yang sesuai untuk ferris wheel parking system, akhirnya dipilih menggunakan data teknis ADK three phase induction motor 100L-6 dengan output $1,5 \text{ KW}$; 4 A ; 220 V ; 920 rpm ; efisiensi 76% .

Rasio reduksi adalah perbandingan antara kecepatan input (dalam hal ini 920 rpm) dengan kecepatan output (6 rpm). Sehingga ratio reduksi dapat diperoleh $r \approx 153,33$. Pada kasus ini perlu pertimbangan dengan cara reduksi bertingkat, karena ukuran dari sprocket yang digerakkan tidak praktis dan belum tentu ada di pasaran karena bersifat custom. Berdasarkan tabel ANSI rekomendasi jumlah gigi (Z) pada sprocket berkisar $9 \leq Z \leq 140$. Tahap pertama reduksi memilih ratio reduksi $i_1 = 10:1$, maka diperoleh putaran menjadi $= 92 \text{ rpm}$. Selanjutnya, tahap kedua menjadi $i_2 = (92 \text{ rpm})/(6 \text{ rpm}) = 15,33:1$. Jika memiliki sprocket penggerak tahap pertama 9 gigi maka sprocket yang digerakkan $Z_1 = 90$ gigi, dan selanjutnya tahap kedua sprocket penggerak juga diambil 9 gigi maka sprocket yang digerakkan menjadi $Z_2 \approx 138$. Jika chain size dipilih #25 dengan $1/4''$ pitch maka diameter luar sproket yang digerakkan tahap pertama 7.309 inches dan yang tahap kedua adalah 11.130 inches .

Kekuatan rangka konstruksi adalah aspek krusial yang menentukan kapasitas bangunan dalam menahan berbagai jenis beban, serta

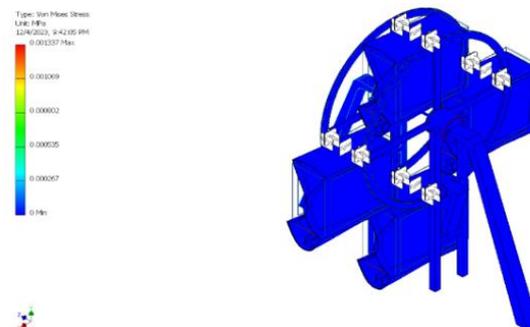
memastikan keamanan dan stabilitas struktur secara keseluruhan, ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kapasitas dan kekuatan area parkir

Analisa force pada assembly rangka dapat ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada gambar 7 dan 8, analisis tegangan-regangan telah dilakukan dan pada gambar tersebut menampilkan warna biru, yang menunjukkan bahwa material baja ST37 cocok untuk digunakan dalam perancangan ini untuk menahan beban sebagai tempat parkir.

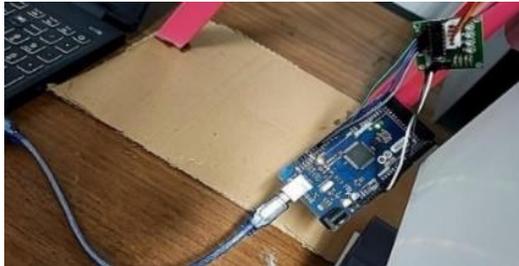


Gambar 8. Hasil analisis force assembly



Gambar 9. Hasil prototipe

Prototipe ini dibuat menggunakan printer 3D Ender 5 dan Ender 3 dengan filament PLA+. Untuk mencetak file pada printer 3D, perlu mengubah format file dari STL (format Inventor) ke G-code. Perubahan format file ini dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak Ultimaker Cura, ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Implementasi Arduino

Adapun mekanisme kerja Microcontroller Arduino Mega 2560 dapat dijelaskan berdasarkan tahapan berikut. Tahapan pertama, yaitu hubungkan laptop ke arduino dan memasukkan perintah i, j dan k dimana i digunakan untuk perintah berputar searah jarum jam, sedangkan j untuk perintah berlawanan arah jarum jam, kemudian untuk k untuk perintah stop atau berhenti. Tahapan kedua, yaitu setelah tempat parkir yang berputar mencapai posisi paling bawah, berikan perintah untuk berhenti. Tahapan ketiga, yaitu memasukkan sepeda motor ke dalam box tempat parkir. Demikian seterusnya, mekanisme kerja dapat dilakukan berulang-ulang untuk memenuhi kebutuhan tempat parkir yang tersedia.

Setelah beberapa tahapan pengujian di atas dilalui, maka uji fungsional smart parking system telah ditemukan mekanisme telah bekerja dengan baik sesuai target perencanaan awal.

PENUTUP

Kesimpulan

Perancangan tempat parkir otomatis dengan mekanisme ferris wheel merupakan inovasi yang bertujuan menjadi pelopor dalam mengatasi keterbatasan lahan parkir sepeda motor. Efektif dengan kapasitas lebih dari 15 sepeda motor. Implementasi mikrokontroler telah berhasil mengevaluasi kinerja mekanisme, dan prototipe yang dibuat melalui 3D printing bekerja dengan baik, sehingga bila direalisasikan dengan dimensi dan konstruksi sesungguhnya dipastikan dapat berfungsi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Angestiwi, T. and Nurdin, H.E.N. (2023) 'Analisis Karakteristik Dan Ketersediaan Ruang Parkir Di Gedung Inspektorat Daerah Provinsi Jawa Barat', *Jurnal Kajian Ruang*, 3(1), p. 54. doi:10.30659/jkr.v3i1.26531.
- Astati Sukawati, N.K.S. *et al.* (2022) 'Desain Ruang Parkir Kendaraan Roda Dua Kampus Universitas Mahasaraswati Denpasar Cabang Gianyar', *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 11(2), pp. 61–65. doi:10.36733/jikt.v11i2.5431.
- Atiqur, R. (2021) 'iPark: automated smart parking system', *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 10(2), pp. 107–114. doi:10.11591/ijaas.v10.i2.pp107-114.
- Barriga, J.J. *et al.* (2019) 'Smart parking: A literature review from the technological perspective', *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(21). doi:10.3390/app9214569.
- Gabriel, M., Og, D. and Fabregat, R. (2020) *applied sciences Survey of Smart Parking Systems, Mdpi*.
- Lin, T. *et al.* (2017) 'A Survey of Smart Parking Solutions To cite this version : HAL Id : hal-01501556', *IEEE transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12), pp. 3229–3253.
- Melnyk, P., Djahel, S. and Nait-Abdesselam, F. (2019) 'Towards a smart parking management system for smart cities', *5th IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2019*, (October 2019), pp. 542–546. doi:10.1109/ISC246665.2019.9071740.
- Naufal, A.A., Fatichah, C. and Suciati, N. (2020) 'Preprocessed Mask RCNN for Parking Space Detection in Smart Parking Systems', *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13(6), pp. 255–265. doi:10.22266/ijies2020.1231.23.
- Purwanto, H. and Prasetyo, B. (2022) 'Microcontroller Based Parking Lot Monitoring System Prototype', *International Journal of Research and Applied Technology*, 2(1), pp. 132–141. doi:10.34010/injuratech.v2i1.6742.
- Puspitasari, D. *et al.* (2021) 'Development of smart parking system using internet of things concept', *Indonesian Journal of*

*Electrical Engineering and Computer
Science*, 24(1), pp. 611–620.
doi:10.11591/ijeecs.v24.i1.pp611-620.