

Design Smart Parking Untuk Parkir Basemen Gedung Telkom University Landmark Tower Dengan Menggunakan Machine Learning

1st Farhan Maulana Hani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

farhanmhh@student.telkomuniversity.ac.id

2ND Dhoni Putra Setiawan, PH.D.,
M.T., S.T

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

setiawandhoni@student.telkomuniversi
ty.ac.id

3RD Sri Astuti, S.T., M.T.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sriastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Permasalahan yang ada dalam manajemen parkir di gedung *TULT* adalah kurangnya efisiensi dalam pencarian lahan parkir oleh pengguna. Ketidakpastian akan ketersediaan tempat parkir menyebabkan waktu yang terbuang bagi pengguna, serta meningkatkan kepadatan lalu lintas di area parkir basemen. Masalah ini diperparah dengan kurangnya sistem yang memberikan informasi terkini mengenai ketersediaan lahan parkir secara real-time, sehingga menghambat optimasi penggunaan ruang parkir. Untuk mengatasi permasalahan ini, proyek ini menawarkan solusi Smart Parking menggunakan kombinasi teknologi *Internet of Things (IoT)* dan *Machine Learning*. Teknologi ini dirancang untuk memberikan informasi real-time mengenai ketersediaan slot parkir melalui penggunaan sensor inframerah dan ultrasonik yang terhubung dengan platform *Firestore*. Data dari sensor ini kemudian dikirim ke *Firestore* dan diolah untuk ditampilkan melalui layar *LCD* serta aplikasi mobile. Aplikasi mobile tersebut tidak hanya menampilkan informasi real-time dari keempat alat, tetapi juga memprediksi kepadatan parkir basement menggunakan algoritma *Machine Learning*. Untuk evaluasi model *Machine Learning* menggunakan *Mean Squared Error (MSE)* dan *R2-squared*. Dengan hasil pengujian ini, solusi ketiga yang menggabungkan *IoT* dan *Machine Learning* terbukti sebagai pilihan yang paling tepat untuk mengoptimalkan manajemen parkir di gedung *TULT*.

Kata kunci - *Internet of Things (IoT)*, *Machine Learning*, *Firestore*, *Mean Squared Error (MSE)*.

I. PENDAHULUAN

Mencari lahan parkir merupakan salah satu tantangan umum yang dihadapi oleh pengemudi. Pada saat pengemudi harus menghabiskan waktu yang cukup lama untuk mencari lahan parkir, hal ini dapat menghambat mobilitas seseorang. Dengan diterapkannya cara konvensional untuk mencari lahan parkir di gedung Telkom University Landmark Tower (*TULT*) hal ini dinilai kurang efisien bagi seorang pengemudi untuk mencari lahan parkir[1]. Hal ini dapat menyebabkan seorang dosen ataupun masyarakat sekitar yang memiliki kepentingan di gedung tersebut terhambat karena mereka perlu mencari lahan parkir untuk kendaraan mereka. Smart parking adalah solusi internet of things yang menggunakan

sensor atau kamera yang dikombinasikan dengan perangkat lunak untuk menginformasikan pengguna tentang tempat parkir kosong di area tertentu[2].

Internet of things adalah suatu konsep dimana konektivitas internet dapat bertukar informasi satu sama lainnya dengan benda-benda yang ada di sekelilingnya[3]. Internet of things beroperasi dengan memanfaatkan instruksi atau perintah pemrograman yang setiap perintahnya bisa menghasilkan bahasa yang dapat dimengerti ke sesama perangkat terhubung secara otomatis tanpa adanya campur tangan atau ikut campur pengguna, bahkan dalam jarak jauh sekali pun[4].

Machine learning merupakan bagian dari kecerdasan buatan (AI) yang memberi komputer kemampuan untuk belajar tanpa diprogram secara eksplisit[5]. Dengan membuat model yang mampu mempelajari dan membuat prediksi atau keputusan independen berdasarkan data yang disediakan[6]. Untuk menghasilkan algoritma yang dapat memprediksi kondisi yang akan terjadi ataupun untuk menghasilkan hasil yang akurat dibutuhkan kumpulan data yang berkualitas[7]. Algoritma ini terus meningkatkan akurasi melalui data yang dipelajari. Dari data yang dikumpulkan oleh internet of things akan diolah dan diproses oleh algoritma *machine learning* sehingga menghasilkan prediksi yang berkualitas dan akurat.

Dengan dikombinasikan antara teknologi internet of things dan teknologi *machine learning* sebagai solusi yang berpotensi untuk meningkatkan efisiensi pencarian lahan parkir. Machine learning merupakan cabang dari kecerdasan buatan (AI) dan ilmu komputer yang berfokus pada penggunaan data dan algoritma untuk meniru cara manusia belajar dan secara bertahap meningkatkan machine learning untuk pengelolaan data. Dengan menggunakan kedua teknologi untuk memberikan informasi secara real-time kepada pengemudi terkait lokasi lahan parkir yang tersedia, hal ini dapat membantu pengemudi untuk menghemat waktu mereka pada saat mencari lahan parkir.

II. KAJIAN TEORI

A. Smart Parking

Penggunaan sistem *smart parking* yang bermanfaat dalam penataan dan pengelolaan lahan parkir dengan cara *real-time* yang sudah terintegrasi pada suatu sistem yang lebih besar[8]. Sistem ini juga dapat diakses melalui satu jaringan dan platform yang memberikan pengaruh pada efisiensi pemakaian energi listrik. *Smart parking system* merupakan sistem yang digunakan untuk manajemen lahan dan akses keluar masuk lahan parkir secara efektif serta mengarahkan pengemudi ke lokasi lahan parkir yang tepat. Sistem parkir ini akan membantu pengguna untuk menghemat waktu mereka pada saat mencari lahan parkir untuk kendaraan mereka.

B. Machine Learning

Machine learning merupakan bagian dari kecerdasan buatan (AI) yang memberi komputer kemampuan untuk belajar tanpa diprogram secara eksplisit[9]. Dengan membuat model yang mampu mempelajari dan membuat prediksi atau keputusan independen berdasarkan data yang disediakan[10]. Untuk menghasilkan algoritma yang dapat memprediksi kondisi yang akan terjadi ataupun untuk menghasilkan hasil yang akurat dibutuhkan kumpulan data yang berkualitas[11]. Algoritma ini terus meningkatkan akurasi melalui data yang dipelajari.

C. Mean Squared Error

Mean squared error merupakan rata-rata kuadrat selisih antar nilai yang diamati dalam studi statistik dan nilai yang diprediksi dari suatu model[12]. Ketika membandingkan observasi dengan nilai yang diprediksi, perlu untuk mengkuadratkan selisihnya karena beberapa nilai data akan lebih besar dari prediksi (dan karenanya selisih akan positif) dan yang lainnya akan lebih kecil (dan karenanya selisih akan negatif). Mengingat bahwa observasi cenderung lebih kecil, selisihnya akan menjadi nol. Mengkuadratkan selisih ini menghilangkan kondisi tersebut.

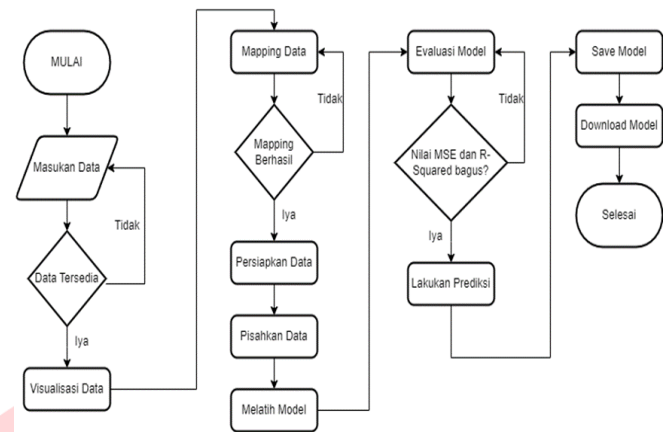
D. R2-Squared

R2-squared merupakan koefisien determinasi yang berguna untuk mengukur variasi yang terdapat pada suatu model regresi[13]. Untuk model regresi berganda, *R2-squared* meningkatkan atau tetap sama saat menambahkan prediktor baru ke model, bahkan jika prediktor yang baru ditambahkan tersebut independen dari variabel target dan tidak menambahkan nilai apa pun pada daya prediksi model. *R2-squared* yang disesuaikan menghilangkan kelemahan ini. *R2-squared* hanya meningkat jika prediktor yang baru ditambahkan meningkatkan daya prediksi model.

III. METODE

Untuk memprediksi kondisi lahan parkir dapat menggunakan berbagai macam algoritma *machine learning*. Algoritma *machine learning* akan menggunakan data dari kondisi lahan parkir pada basement Telkom University Landmark Tower (TULT) yang diambil secara langsung selama 28 hari. Data ini akan digunakan untuk melatih model *machine learning* agar dapat melakukan prediksi dari kondisi lahan parkir pada hari dan jam tertentu. Untuk model *machine learning* yang akan digunakan dipilih berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu model Gradient Boosting Regression, Random Forest Regression, dan Boosting Regression[14]. Dari ketiga model ini akan dipilih satu model yang menghasilkan nilai Mean Squared

Error terendah mendekati 0 dan R2-squared tertinggi mendekati 1. Dengan cara ini diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang dapat diandalkan oleh pengguna.



GAMBAR 3.1
FLOWCHART MODEL MAHCINE LEARNING

Pada diagram alir diatas menjelaskan tetnang alur bagaimana proses pada model *machine learning* yang akan digunakan untuk menghasilkan prediksi yang akurat dan tepat. Untuk model *machine learning* dapat menghasilkan prediksi jumlah lahan parkir yang terisi dan kosong pada hari dan jam-jam tertentu seusai dengan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna tersebut. Model *machine learning* ini bersifat regresi sehingga dapat menghasilkan output dalam bentuk numerik tentang informasi lahan parkir.

A. Perolehan Data.

Untuk pengambilan data yang akan digunakan untuk melatih model *machine learning* diambil dari kondisi lahan parkir pada basement gedung Telkom University Landmark Tower (TULT) selama 28 hari dari hari senin sampai hari minggu dimulai pada tanggal 6 Mei 2024 dan berakhir pada tanggal 2 Juni 2024. Data ini diambil dari pukul 07.00-17.00 dengan rentang waktu 30 menit.

B. Visualisasi Data

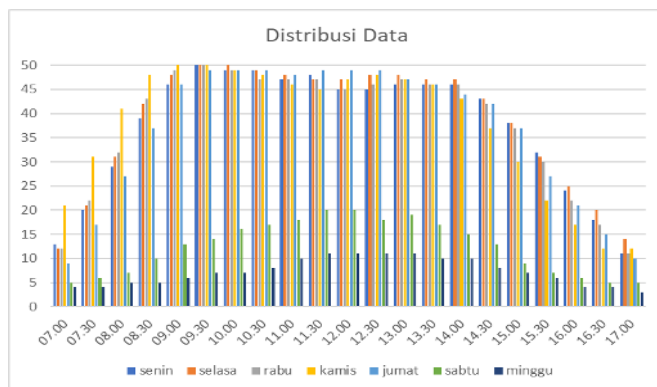
Setelah dikumpulkannya data tentang kondisi lahan parkir pada basement gedung Telkom University Landmark Tower (TULT), kemudian dilakukan pengolahan data untuk menentukan parameter apa saja yang akan digunakan untuk melatih model *machine learning*. Parameter yang digunakan adalah "Day", "Jam", "Terisi", dan "Kosong". Keempat parameter ini akan digunakan untuk melatih model *machine learning* agar dapat melakukan prediksi dari kondisi lahan parkir pad ahari dan jam tertentu.

TABLE 3.1
DATASET KONDISI LAHAN PARKIR

Day	Jam	Terisi	Kosong
Senin	07.00	13	37
Senin	07.30	18	32
Selasa	08.00	25	25
Selasa	08.30	38	12

Rabu	09.00	50	0
Rabu	09.30	50	0
Kamis	10.00	47	1
Kamis	10.30	48	0
Jumat	11.00	50	0
Jumat	11.30	48	2
Sabtu	12.00	20	30
Sabtu	12.30	19	31
Minggu	13.00	12	38
Minggu	13.30	10	40

Dari data yang telah dikumpulkan dibagi lagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Jadi, data pada kondisi lahan parkir dari tanggal 6 Mei 2024 sampai 26 Mei 2024 digunakan sebagai data untuk melatih model *machine learning* dan data pada kondisi lahan parkir dari tanggal 27 Mei 2024 sampai 2 Juni 2024 digunakan sebagai data pengujian. Hal ini dilakukan untuk melakukan penilaian tentang hasil prediksi dari model *machine learning* tersebut.



GAMBAR 3.2
VISUALISASI DATASET LAHAN PARKIR TERISI

Proses berikutnya adalah visualisasi *dataset* yang berguna untuk mengetahui sifat dari *dataset* tersebut. Berdasarkan visualisasi ini jumlah lahan parkir yang terisi tidak meningkat secara konstan. Dengan ini dapat diketahui bahwa *dataset* ini bersifat *non-linear*, sehingga dibutuhkan model *machine learning* yang dapat mempelajari *dataset* ini untuk menghasilkan prediksi yang akurat dan tepat.

C. Model Machine Learning

Untuk model *machine learning* yang akan digunakan untuk melakukan prediksi tentang kondisi lahan parkir pada basemen Telkom University Landmark Tower (TULT) menggunakan model-model yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya, yaitu Random Forest Regression, Gradient Boosting Regression, dan Boosting Regression. Random Forest Regression merupakan teknik regresi yang menggunakan *ensemble* dari banyak pohon keputusan untuk menghasilkan output yang lebih stabil dan akurat. Pohon-pohon dalam *random forest* berjalan secara paralel, artinya tidak ada

interaksi antar pohon-pohon ini selama pembangunan pohon tersebut[15]. Setiap pohon dibangun dari subcek acaak data dan fitur, sehingga mengurangi resiko *overfitting* dan dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model. Lalu selanjutnya terdapat *gradient boosting regression* yang merupakan salah satu varian dari metode *ensemble* dimana model ini dapat membuat beberapa model lemah dan menggabungkannya untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik secara keseluruhan[16]. Teknik regresi yang menggabungkan prediksi dari berbagai model prediktor sederhana (biasanya pohon keputusan), dengan secara berurutan memperbaiki prediksi model sebelumnya berdasarkan kesalahan yang dibuatnya. Metode ini cukup kuat untuk menemukan hubungan non-linear apa pun antara target model dan fitur dengan memiliki kegunaan yang dapat menangani nilai-nilai yang hilang dan outlier. Lalu untuk model terakhir adalah *bagging regression* adalah salah satu metode *ensemble* dalam *machine learning* yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi prediksi dengan menggabungkan hasil dari beberapa model yang berbeda. Istilah "Bagging" merupakan singkatan dari Bootstrap Aggregating, yang merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengurangi variabilitas model dan meningkatkan stabilitas serta akurasi prediksi. Metode *bagging* ini dapat mengurangi varian tanpa meningkatkan bias[17]. Dengan menggunakan metode ini diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang tepat dan akurat.

D. Metriks Evaluasi

Untuk pengujian hasil dari model *machine learning* yang telah dilatih menggunakan dataset yang telah dikumpulkan akan dilakukan proses perbandingan antara data utama dengan data hasil prediksi dari model *machine learning* tersebut. Lalu dilakukan proses penghitungan nilai dari Mean Squared Error (MSE) dan nilai dari R²-squared (R²) dihasilkan dari perbandingan kedua data tersebut. Untuk nilai dari Mean Squared Error dinyatakan bagus apabila nilainya mendekati 0. Setelah itu, untuk evaluasi skor metrik yang digunakan untuk mengukur performa *machine learning* yang telah dilatih menggunakan Mean Squared Error (MSE) dan R²-squared (R²) dengan perumusan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

Dimana y_i adalah nilai sebenarnya, $\hat{y}_i$ adalah nilai prediksi, dan n adalah jumlah data. R² mengukur proporsi variasi total dari target yang dapat dijelaskan oleh model. R² berkisar antara 0 dan 1, dengan nilai yang mendekati 1 menunjukkan model yang sangat baik. Lalu untuk rumus dari R² adalah:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Evaluasi hasil prediksi menggunakan MSE dan R² memberikan informasi yang jelas tentang kinerja model. MSE digunakan untuk mengukur rata-rata kesalahan prediksi, sedangkan R² memberikan gambaran seberapa baik model menjelaskan variasi dalam data. Dengan menggunakan kedua metrik ini, dapat memastikan bahwa model yang dibangun

memiliki kinerja yang baik dan dapat diandalkan untuk prediksi di masa mendatang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Setelah menentukan model *machine learning* yang akan digunakan untuk mempelajari *dataset* yang berisi tentang kondisi lahan parkir pada basemen Telkom University Landmark Tower (TULT) dimulai proses pelatihan pada ketiga model *machine learning* tersebut. Berikut merupakan hasil dari pelatihan ketiga model tersebut:

TABLE 4.1
HASIL EVALUASI MODEL

Model	Test Rate	MSE		R^2	
		Terisi	Kosong	Terisi	Kosong
Gradient Boosting Regression	0.2	5.3	5.3	0.98	0.98
	0.3	6.16	6.16	0.98	0.98
Random Forest Regression	0.2	6.02	6.02	0.98	0.98
	0.3	6.85	6.85	0.97	0.97
Bagging Regression	0.2	6.02	6.02	0.98	0.98
	0.3	6.85	6.85	0.75	0.75

Pada tabel diatas menunjukkan hasil evaluasi dari proses pelatihan pada ketiga model *machine learning* Gradient Boosting Regression, Random Forest Regression, dan Bagging Regression. Pelatihan model *machine learning* ini menggunakan dua kondisi *test-size*, yaitu 0,2 dan 0,3. Alasan menggunakan dua kondisi *test-size* ini dikarenakan kedua kondisi ini akan membagi jumlah *dataset* yang akan di pelajari oleh model *machine learning*. Jadi, apabila menggunakan *test-size* 0,2 maka 20% dari jumlah *dataset* akan digunakan untuk test model dan 80% akan digunakan untuk dipelajari model. Kedua *test_size* ini banyak digunakan agar dapat menghindari *overfitting* dan *underfitting*[20]. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk model yang memiliki hasil evaluasi dengan nilai MSE mendekati 0 dan R2-squared mendekati 1 adalah model Gradient Boosting Regression dengan *test_size* 0,2. Hal ini menyatakan bahwa model Gradient Boosting Regression dapat mempelajari *dataset* dengan baik dan juga dapat memprediksi dengan lebih baik dibandingkan dengan dua model lainnya. Model Gradient Boosting Regression tersebut memiliki nilai MSE Terisi sebesar 5,3 dan R2-squared bernilai 0.98 lalu untuk MSE Kosong sebesar 5,3 dan untuk R2-squared bernilai 0.98

Setelah dilakukan proses pelatihan pada model *machine learning* Gradient Boosting Regression. Dilakukan proses perbandingan antara data asli dengan data prediksi. Untuk data asli yang digunakan adalah data kondisi lahan parkir dari tanggal 27 Mei 2024 sampai 2 Juni 2024. Lalu untuk data

prediksi didapatkan dengan cara melakukan prediksi menggunakan model *machine learning* yang telah dilatih menggunakan data utama.

TABLE 4.2
PERBANDINGAN DATA LAHAN PARKIR PADA KONDISI TERISI

Day	Jam	Data Asli	Data Prediksi	Error
Rabu	07.30	15	11	4
Rabu	07.30	23	23	0
Rabu	08.00	35	33	2
Rabu	08.30	48	44	4
Rabu	09.00	50	48	2
Rabu	09.30	50	49	1
Rabu	10.00	49	49	0
Rabu	10.30	50	49	1
Rabu	11.00	47	49	-2
Rabu	11.30	48	49	-1
Rabu	12.00	48	48	0
Rabu	12.30	45	48	-3
Rabu	13.00	48	48	0
Rabu	13.30	50	47	3
Rabu	14.00	49	47	2
Rabu	14.30	45	44	1
Rabu	15.00	39	39	0
Rabu	15.30	32	32	0
Rabu	16.00	24	24	0
Rabu	16.30	19	20	-1
Rabu	17.00	15	15	0

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai dari Mean Squared Error (MSE) dihasilkan dari kedua data tersebut. Untuk perwakilan hasil dari data tersebut, kami tunjukan data pada hari rabu dari jam 07.00 - 17.00. Berikut merupakan perhitungan dari Mean Squared Error (MSE) data tersebut:

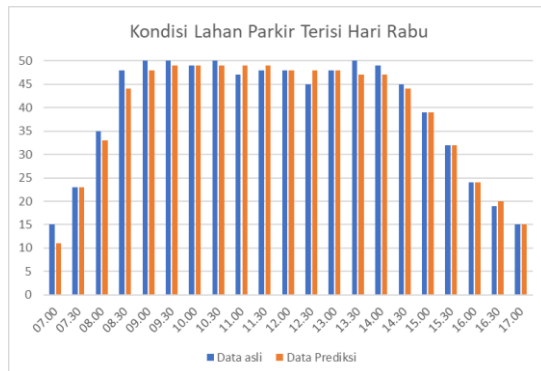
$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

$$MS = \frac{\sum (4+0+2+4+2+1+0+1+2+1+0+3+0+3+2+1+0+0+0+1+0)^2}{21}$$

$$MSE = \frac{71}{21} = 3.38$$

Dimana, y_i merupakan nilai dari kolom Data Asli lalu untuk $\hat{y}_i$ merupakan nilai dari kolom Data Prediksi. Hasil dari pengurangan pada kolom Data Asli dengan Data Prediksi didata pada kolom *error* lalu dikuadratkan. Lalu untuk nilai n itu merupakan jumlah data yang dihitung. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan nilai dari Mean Squared Error (MSE) yang didapatkan adalah 3.38. Untuk nilai yang dihasilkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan semakin kecil nilai Mean Squared Error (MSE) maka, semakin baik model regresi dalam memprediksi nilai numerik.

Lalu untuk nilai dari R2 sebesar 0.98 mengindikasikan bahwa model ini dapat mempelajari data tersebut dengan baik. Dikarenakan R2 mengukur kebaikan dari kesesuaian model regresi. Oleh karena itu, nilai R2 yang lebih tinggi menunjukkan bahwa model tersebut cocok dengan baik, sementara R2 yang lebih rendah menunjukkan bahwa model tersebut tidak cocok dengan data tersebut.



GAMBAR 4.1
GRAFIK DATA PADA HARI RABU

Pada grafik diatas menampilkan perbandingan antara data asli dengan data prediksi. Untuk hasil Mean Squared Error (MSE) yang sudah dihitung sebelumnya menunjukan bahwa model *machine learning* memiliki performa yang baik dengan nilai MSE 5.3, hal ini mengindikasikan kesalahan prediksi yang rendah untuk kondisi lahan parkir pada hari rabu. Model berhasil mengikuti tren data secara umum tetapi menunjukan beberapa varian pada waktu tertentu, seperti pada pukul 08.00 hingga 09.30, dimana prediksi lebih rendah dari data asli. Hal ini menyarankan bahwa model mungkin perlu disesuaikan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi prediksi. Secara keseluruhan, kinerja model cukup dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi kondisi lahan parkir pada hari-hari dan jam tertentu.

B. Pengembangan Kedepannya

Untuk bagian *machine leaning* agar menghasilkan hasil prediksi yang lebih akurat, dibutuhkan *dataset* yang lebih banyak dan memiliki variabel yang mendetail agar dapat memberikan jawaban kepada pengguna tentang kondisi lahan parkir berdasarkan keperluan pengguna.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan model *machine learning* yang sudah dilatih menggunakan *dataset* yang telah dikumpulkan memiliki hasil yang sesuai dengan spesifikasi dan verifikasi yang telah ditentukan yaitu, hasil nilai Mean Squared Error yang bernilai 5,3 yang dapat dinilai mendekati 0 dan nilai R2-squared yang bernilai 0,98 yang bernilai mendekati 1 sudah menunjukan keberhasilan untuk model Gradient Boosting Regression untuk mempelajari *dataset* tersebut. Hal ini menunjukan bahwa model *machine learning* ini sudah dapat mempelajari *dataset* dengan baik dan dapat menghasilkan prediksi dengan baik.

REFERENSI

- [1] D. Hernikawati, "Perbandingan Solusi Parkir Konvensional Dengan Smart Parking," *Open Journal Systems*, pp. 118–130, Dec. 2021.
- [2] E. Rosenkranz, "Smart Parking: How it Works & Successful Examples," Smart CRE. Accessed: Oct. 22, 2023. [Online]. Available: <https://smart-cre.com/smart-parking-definition-and-examples/>
- [3] Y. Yudhanto, A. Azis, and E. H. Pratisto, "Pengantar Teknologi Internet Of Things (IoT)," UNS Press. Accessed: Oct. 18, 2023. [Online]. Available: <https://d3tisolo.vokasi.uns.ac.id/pr/product/pengantar-teknologi-internet-of-things-iot->
- [4] A. Selay, G. D. Andgha, M. Encep, Khaira Mulil, and M. N. Falah, "INTERNET OF THINGS," 1, 2022. Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://ojs.unida.ac.id/karimahtauhid/article/view/7633/3570>
- [5] S. Brown, "Machine learning, explained," MIT Sloan. Accessed: Oct. 22, 2023. [Online]. Available: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>
- [6] J. Kufel *et al.*, "What Is Machine Learning, Artificial Neural Networks and Deep Learning?—Examples of Practical Applications in Medicine," *Diagnostics*, vol. 13, no. 15, p. 2582, Aug. 2023.
- [7] H. Raghavan, "What is accuracy in machine learning?," Cloud2Data. Accessed: Oct. 22, 2023. [Online]. Available: <https://cloud2data.com/what-is-accuracy-in-machine-learning/>
- [8] G. R. Koten *et al.*, "Penerapan internet of things pada smart parking system untuk kebutuhan pengembangan smart city," *Jurnal Teknik Industri dan Manajemen Rekayasa*, vol. 1, no. 1, pp. 49–59, Jun. 2023, doi: 10.24002/jtimr.v1i1.7204.
- [9] H. Raghavan, "What is accuracy in machine learning?," Cloud2Data. Accessed: Oct. 22, 2023. [Online]. Available: : <https://cloud2data.com/what-is-accuracy-in-machine-learning/>
- [10] K. Stewart, "Mean Squared Error (MSE)," *Encyclopedia Britannica*, Mar. 2023, Accessed: Jul. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/mean-squared-error>
- [11] K. Muralidhar, "Demystifying R-Squared and Adjusted R-Squared." Accessed: Jul. 22, 2024. [Online]. Available: <https://builtin.com/data-science/adjusted-r-squared>
- [12] S. C. Koumetio Tekouabou, E. A. Abdellaoui Alaoui, W. Cherif, and H. Silkan, "Improving parking availability prediction in smart cities with IoT and ensemble-based model," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 3, pp. 687–697, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.01.008.
- [13] A. Chakure, "Random Forest Regression in Python Explained," *builtin*, Apr. 2023.
- [14] T. Masui, "All You Need to Know about Gradient Boosting Algorithm – Part 1. Regression," *Towards Data Science*, Jan. 2022, Accessed: Jul. 22, 2024. [Online]. Available: All You Need to Know about Gradient Boosting Algorithm – Part 1. Regression
- [15] I. D. Mienye and Y. Sun, "A Survey of Ensemble Learning: Concepts, Algorithms, Applications, and Prospects," 2022, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* doi: 10.1109/ACCESS.2022.3207287.
- [16] J. Brownlee, "Train-Test Split for Evaluating Machine Learning Algorithms," *Machine Learning Mastery*, Aug. 2020, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available:

<https://machinelearningmastery.com/train-test-split-for-evaluating-machine-learning-algorithms/>

