

Sistem Cerdas Penentuan Lokasi Parkir pada Area Kampus Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things

Intelligent System for Determining Parking Locations in Campus Areas Using Fuzzy Logic Based on Internet of Things

Dody Ichwana^{*1)}, Surya Dwi Putra¹⁾, Shelvi Ekariani²⁾

¹⁾Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, Indonesia 25163

²⁾Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, Indonesia 25163

Cara sitasi: D. Ichwana, S. D. Putra, and S. Ekariani, "Sistem Cerdas Penentuan Lokasi Parkir pada Area Kampus Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things," Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 7 no. 2, 2019. doi: 10.14710/jtsiskom.7.2.2019.64-70, [Online].

Abstract – *The increasing use of vehicles at campus locations makes it more difficult to find an empty parking lot. This paper develops a system for determining parking locations on campus areas using cloud-based fuzzy logic and Internet of Things (IoT). NFC is used to confirm the order code of the location that has been generated by the system. At the parking location, a sensor is installed to detect parking availability. The concept of IoT has been applied to build this system. Applications on smartphone devices are used for reservations at desired parking locations via the internet. The results show that the system has been able to detect the location of empty parking lots and make reservations in the Andalas University campus environment. The application of fuzzy logic has succeeded in obtaining parking location sequences based on distance and total capacity to find the best parking location.*

Keywords – *smart parking; NFC; smart campus; IoT; fuzzy logic*

Abstrak - *Penggunaan kendaraan yang semakin meningkat di lokasi kampus saat ini menyebabkan semakin sulitnya menemukan tempat parkir yang kosong. Makalah ini mengembangkan sistem penentuan lokasi parkir pada area kampus menggunakan logika fuzzy berbasis komputasi awan dan Internet of Things (IoT). NFC digunakan untuk melakukan konfirmasi dari kode pemesanan lokasi yang telah dihasilkan oleh sistem. Pada lokasi parkir dipasang sensor untuk mendeteksi ketersediaan parkir. Konsep IoT telah diterapkan untuk membangun sistem ini. Aplikasi pada perangkat smartphone digunakan untuk reservasi pada lokasi parkir yang diinginkan melalui internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah mampu mendeteksi*

lokasi parkir yang kosong dan melakukan reservasi di lingkungan kampus Universitas Andalas. Penerapan logika fuzzy telah berhasil mendapatkan urutan lokasi parkir berdasarkan jarak dan jumlah kapasitas untuk pencarian lokasi parkir terbaik.

Kata kunci – *parkir cerdas; NFC; smart campus; IoT; logika fuzzy*

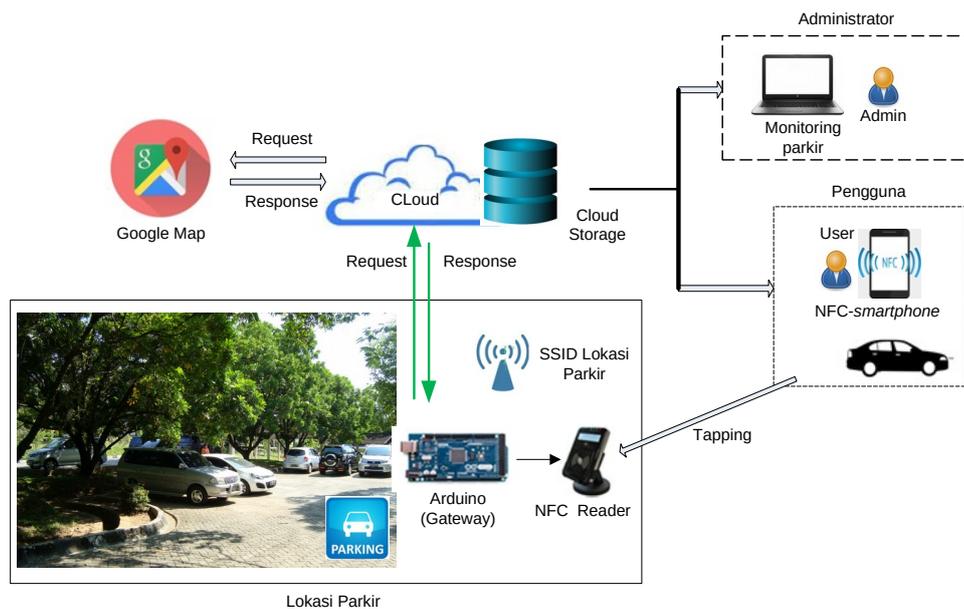
I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah sivitas akademika merupakan salah satu indikator keberhasilan perkembangan suatu perguruan tinggi. Seiring dengan hal ini kepadatan di suatu kampus menjadi semakin meningkat. Kendaraan yang dibawa oleh setiap sivitas akademika menjadi penyumbang kepadatan lalu lintas di lokasi kampus. Peningkatan jumlah kendaraan menimbulkan kepadatan yang menyebabkan banyak waktu terbuang percuma dan juga menjadi penyebab dari permasalahan lain seperti pemborosan bahan bakar, kecelakaan, polusi udara hingga kriminalitas [1]-[3]. Disamping itu, masalah lain yang timbul adalah kesulitan dalam mencari tempat parkir untuk setiap kendaraan [4].

Saat ini, sistem parkir kampus, khususnya di Universitas Andalas, masih belum menerapkan sistem parkir terpadu. Pelaksanaan parkir dilakukan secara konvensional yang menyulitkan dalam proses pengelolaan parkir. Sistem parkir tertutup telah diterapkan untuk sistem parkir di Universitas Andalas [5], [6]. Sistem ini masih belum mampu menjawab permasalahan parkir yang ada, yaitu salah satunya kesulitan dalam mencari lokasi parkir kosong pada saat jam sibuk.

Pencarian lokasi parkir konvensional tersebut dapat mengganggu pemarkir yang lain jika tidak dikelola dengan baik [7]. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membantu proses pengelolaan sistem parkir. Pada sistem parkir dapat disisipkan sebuah aplikasi pemandu dalam mencari lokasi parkirnya yang

^{*}) Penulis korespondensi (Dody Ichwana)
Email: dody.ichwana@fti.unand.ac.id



Gambar 1. Arsitektur sistem

berbasis IoT [4], [8]-[10]. Aplikasi pemandu tersebut mampu memberikan informasi tentang lokasi untuk pemesanan tempat parkir [10]-[12]. Sistem pemantauan parkir juga dapat disisipkan pengontrol penggunaan lokasi parkir [13]. Sistem dan aplikasi tersebut belum membahas cara mendapatkan lokasi terbaik.

Logika fuzzy dapat diterapkan dalam pembuatan keputusan dari permasalahan kompleks dan sulit yang tidak bisa diselesaikan oleh pengembangan model matematis [13], [14]. Kajian [14] membahas penggunaan logika fuzzy untuk parkir otomatis, namun masih belum membahas cara mendapatkan lokasi parkir terbaik. Kajian sistem parkir untuk memperoleh solusi parkir yang lebih baik dilakukan dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan komputasi awan [8]-[10],[15],[16]. Namun, selain [8] untuk pemantauan sistem parkir, sistem lainnya belum membahas penerapannya di lingkungan kampus, yang berbeda dengan sistem parkir terpusat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sistem penentuan lokasi parkir terbaik menggunakan metode logika fuzzy berbasis IoT. Logika fuzzy digunakan untuk mendapatkan lokasi parkir terbaik berdasarkan parameter jarak lokasi parkir dan kapasitas lokasi parkir.

II. METODE PENELITIAN

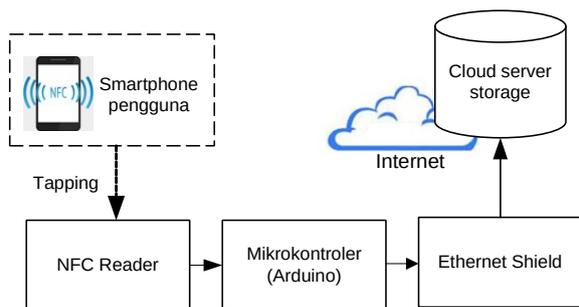
Subjek penelitian ini adalah lokasi parkir di Universitas Andalas. Pengguna yang akan mencari lokasi parkir kosong harus login ke aplikasi. Pengguna dapat melakukan pencarian parkir ke lokasi yang ingin dituju. Jika pada lokasi tersebut terdapat slot parkir kosong, maka pengguna dapat melakukan reservasi. Aplikasi *smartphone* digunakan untuk memandu pengguna ke lokasi parkir yang dituju menggunakan peta pada aplikasi *smartphone*. Sebaliknya, jika pada lokasi tersebut tidak terdapat slot parkir kosong maka sistem

akan mencari lokasi terdekat yang tersedia berdasarkan parameter jarak dan kapasitas ketersediaan parkir.

Logika fuzzy digunakan untuk penentuan lokasi parkir terbaik berdasarkan parameter jarak dan kapasitas. Proses fuzzy membandingkan antara jarak lokasi parkir yang akan dituju dengan jarak lokasi parkir lain di sekitarnya yang masih mempunyai slot parkir kosong. Hasil proses perbandingan ini disimpan ke dalam suatu array dan diurutkan berdasarkan jarak. Data jarak setiap lokasi parkir dengan lokasi parkirnya dan data ketersediaan parkir dihasilkan oleh fungsi `ketersediaan()` secara *on-the-fly*. Pada aplikasi *smartphone* ditampilkan daftar lokasi parkir yang telah diurutkan berdasarkan jarak terdekat dengan lokasi tujuan. Pengguna memilih lokasi parkir yang diinginkan dan melakukan reservasi. Sistem memandu pengguna ke lokasi parkir yang dipilih menggunakan peta pada aplikasi *smartphone*. Arsitektur sistem yang dibangun ditunjukkan dalam Gambar 1. Elemen sistem yang dibangun terdiri dari server aplikasi, unit parkir lokal, dan aplikasi pengguna.

Server aplikasi berbasis web yang berisi data lokasi parkir dan data pengguna. Data parkir yang disimpan di dalam database berupa lokasi koordinat parkir dan jumlah kapasitas maksimum parkir. Perubahan data lokasi parkir yang terisi ditandai dengan tapping yang dilakukan pengguna di lokasi parkir tujuan setelah sebelumnya melakukan reservasi parkir. Setiap perubahan data dikirimkan ke server aplikasi untuk dilakukan pembaharuan data. Proses pencarian dan reservasi lokasi parkir dilakukan oleh pengguna dengan mengakses server aplikasi.

Unit parkir lokal terdiri dari perangkat keras yang diletakkan di setiap lokasi parkir. Perangkat keras yang digunakan adalah Arduino, NFC reader PN532 dan *ethernet shield*. Gambar 2 memperlihatkan diagram perangkat keras sistem. Arduino terhubung ke NFC



Gambar 2. Diagram perangkat keras



Gambar 3. Perangkat keras pada unit parkir lokal

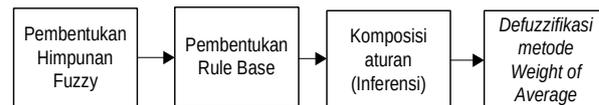
reader untuk pembacaan data tapping yang dilakukan oleh pengguna melalui aplikasi *smartphone*. Data yang dibaca oleh NFC reader berupa data *chart* Id_pengguna, no_emei dan id_booking. Perubahan data jumlah kendaraan yang parkir di setiap lokasi parkir akan diketahui oleh unit parkir lokal ketika pengguna melakukan *tapping*. Setiap perubahan data yang terjadi dikirimkan ke server di internet menggunakan ethernet shield. Setiap lokasi parkir mempunyai wifi dengan SSID yang berbeda sebagai fungsi identifikasi lokasi parkir. Implementasi unit parkir lokal ditunjukkan pada Gambar 3.

Dua jenis perangkat lunak yang digunakan dalam sistem ini adalah aplikasi pada *smartphone* untuk pengguna dan aplikasi berbasis web untuk pengelola (admin). Aplikasi pada *smartphone* pengguna berbasis sistem operasi Android yang berguna untuk melakukan pencarian lokasi parkir, melakukan reservasi lokasi parkir yang dituju dan memandu pengguna ke lokasi parkir. Pada bagian pengelola, terdapat fungsi monitoring parkir dan pencarian kendaraan yang sedang parkir. *Use case* pengguna dan pengelola (admin) dapat dilihat pada Gambar 4.

Penelitian ini menggunakan logika Fuzzy metode Sugeno orde nol untuk melakukan pemilihan lokasi parkir terbaik jika lokasi parkir yang ingin dituju telah penuh. Logika fuzzy memilih lokasi parkir alternatif lainnya dengan pendekatan parameter yang telah dirancang. Tahapan perancangan logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 5. Himpunan fuzzy menggunakan dua variabel input, yaitu kapasitas parkir dan jarak parkir serta satu variabel output lokasi parkir. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data parkir di Universitas Andalas. Definisi dan nilai setiap variabel



Gambar 4. Use case pengguna dan pengelola



Gambar 5. Tahapan perancangan logika fuzzy

Tabel 1. Definisi dan nilai variabel fuzzy

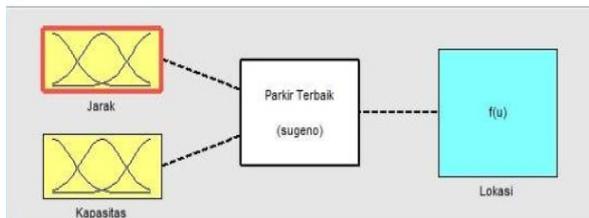
No	Variabel Fuzzy	Definisi dan Nilai Parameter
1	Input Jarak (J)	a. Dekat 0-30%
		b. Agak dekat 20-55%
		c. Agak jauh 45-80%
		d. Jauh 70%-100%
2	Output Rekomendasi	Kapasitas (K) Slot tersedia tiap lokasi
		a. Loggar 70-100%
		b. Sedang 20-80%
		c. Padat 0-30%

Tabel 2. Himpunan keanggotaan fuzzy dan nilainya

No	Variabel Himpunan	Fungsi	Parameter
1	Jarak (J)	Dekat	Bahu kiri [0;20;30]
		Agak dekat	Trapesium [20;30;45;55]
		Agak jauh	Trapesium [45;55;70;80]
		Jauh	Bahu kanan [70;80;100]
2	Lokasi (K)	Longgar	Bahu kanan [70;80;100]
		Sedang	Trapesium [20;30;70;80]
		Padat	Bahu kiri [0;20;30]

fuzzy terdapat pada Tabel 1. Himpunan keanggotaan fuzzy dan nilainya dinyatakan dalam Tabel 2.

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy untuk variabel input jarak terdiri dekat, agak_dekat, agak_jauh, dan jauh. Pencarian variabel jarak didapatkan dengan membandingkan jarak lokasi parkir yang ingin dituju dengan jarak alternatif lokasi parkir lainnya. Formula untuk pencarian nilai variabel jarak dapat dilihat pada Persamaan 1. Untuk mendapatkan nilai jarak dari masing-masing lokasi parkir didapatkan dengan membandingkan koordinat (latitude, longitude) dari setiap lokasi dengan memanggil *fungsi_route()*. Sebelumnya dilakukan pengurutan jarak antara setiap lokasi parkir alternatif lainnya dari lokasi parkir yang dituju dengan *fungsi_sort()*. Data setiap koordinat lokasi parkir tersimpan dalam *database cloud*.



Gambar 6. Rancangan himpunan fuzzy

$$J = \frac{\text{jarak lokasi tujuan alternatif}}{\text{jarak lokasi alternatif terjauh}} \times 100\% \quad (1)$$

Pada variabel input kapasitas, fungsi keanggotaan himpunan fuzzy terdiri longgar, sedang dan padat. Nilai variabel input dihasilkan dari perbandingan jumlah slot tersedia dengan jumlah slot maksimum lokasi parkir tersebut. Formula ini dapat dilihat pada Persamaan 2. Data jumlah slot setiap lokasi parkir tersimpan dalam *database cloud*.

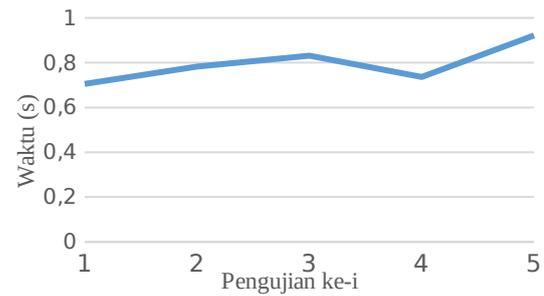
$$K = \frac{\text{jumlah slot tersedia}}{\text{jumlah slot maksimal tiap lokasi}} \times 100\% \quad (2)$$

Luaran logika fuzzy terdiri dari tiga nilai variabel, yaitu Rekomendasi_tinggi, Rekomendasi_sedang, dan Rekomendasi_rendah. Aturan fuzzy digunakan untuk menentukan *output* dari fuzzy. *Output* rekomendasi lokasi terbaik diperoleh berdasarkan nilai input jarak dan kapasitas (Gambar 6). Aturan fuzzy sistem dinyatakan dalam Algoritme 1.

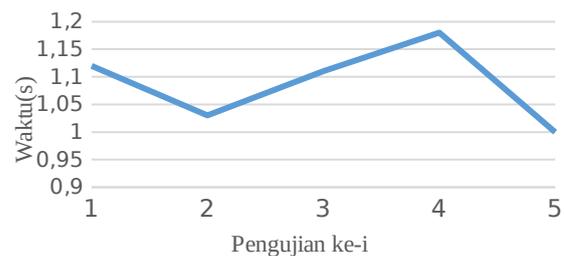
Algoritme 1. Aturan fuzzy Sugeno orde nol rekomendasi lokasi terbaik

-
- [R0] Jarak_Dekat AND Kapasitas_Longgar THEN Rekomendasi_tinggi
 - [R1] Jarak_Dekat AND Kapasitas_Sedang THEN Rekomendasi_tinggi
 - [R2] Jarak_Dekat AND Kapasitas_Padat THEN Rekomendasi_tinggi
 - [R3] Jarak_Agak_Dekat AND Kapasitas_Longgar THEN Rekomendasi_tinggi
 - [R4] Jarak_Agak_Dekat AND Kapasitas_Sedang THEN Rekomendasi_sedang
 - [R5] Jarak_Agak_Dekat AND Kapasitas_Padat THEN Rekomendasi_sedang
 - [R6] Jarak_Agak_Jauh AND Kapasitas_Longgar THEN Rekomendasi_tinggi
 - [R7] Jarak_Agak_Jauh AND Kapasitas_Sedang THEN Rekomendasi_sedang
 - [R8] Jarak_Agak_Jauh AND Kapasitas_Padat THEN Rekomendasi_sedang
 - [R9] Jarak_Jauh AND Kapasitas_Longgar THEN Rekomendasi_sedang
 - [R10] Jarak_Jauh AND Kapasitas_Sedang THEN Rekomendasi_rendah
 - [R11] Jarak_Jauh AND Kapasitas_Padat THEN Rekomendasi_rendah
-

Metode *weight of average* digunakan untuk mendapatkan nilai *output* (Z) dari keseluruhan proses logika fuzzy. Proses ini diperoleh dengan menggunakan



Gambar 7. Grafik respons waktu perangkat keras unit parkir lokal



Gambar 8. Grafik respons waktu pengiriman data dari server berbasis komputasi awan ke aplikasi

Persamaan 3, dengan n menyatakan jumlah aturan, yaitu 11, μ_i menyatakan bobot aturan ke-i, dan z_i menyatakan output rule ke-i.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i z_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (3)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi perangkat keras pada unit parkir lokal dapat dilihat pada Gambar 3. Sistem mendeteksi kode *booking* melalui *smartphone* menggunakan *NFC reader*. Data yang terbaca oleh *NFC Reader* dikirimkan melalui komunikasi *SPI* dan diteruskan oleh *Arduino* ke *server* aplikasi. Pengujian unit parkir lokal dilakukan dengan melihat waktu respons pengiriman data ke server aplikasi. Gambar 7 menampilkan data pengujian respon waktu pengiriman data pada unit parkir lokal. Pada Gambar 8 diperlihatkan grafik respons pengiriman data dari server ke aplikasi *Android*. Berdasarkan lima kali hasil pengujian, diperoleh data waktu rata-rata respons pengiriman data pada perangkat keras unit parkir lokal adalah 0.7952 detik. Pengujian pengiriman data dari server ke aplikasi *Android* menunjukkan rata-rata pengiriman data selama 1.088 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses identifikasi kartu parkir pengguna oleh server dapat dilakukan dengan cepat. Demikian juga dengan proses pengiriman data lokasi dari server ke aplikasi *Android*. Hal ini memungkinkan sistem dapat diterapkan untuk identifikasi pengguna parkir di lokasi dan pemesanan lokasi parkir terbaik secara *real-time*.



Gambar 9. Halaman web pencarian parkir

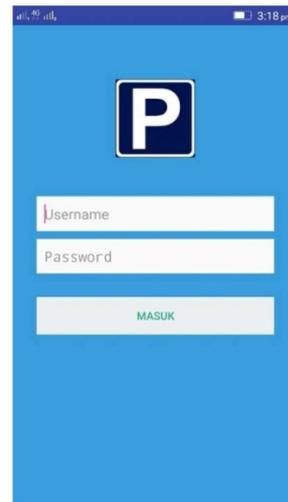
No.	Nama Gedung	Jumlah Slot Mobil	Jumlah Slot Mobil Kosong	Traffic
1	Fakultas Ekonomi Depan	22	0	
2	Fakultas Teknologi Informasi	41	11	
3	Fakultas Keperawatan	30	19	
4	Fakultas Kedokteran 1	9	8	
5	Fakultas Kedokteran 2	20	19	
6	Fakultas Psikologi	10	1	
7	Fakultas Hukum	25	5	
8	Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	17	3	
9	Fakultas Ilmu Budaya	20	11	
10	Gedung A	52	22	
11	Gedung D	8	0	
12	Fakultas Ekonomi Belakang	30	5	
13	Gedung E	21	8	
14	Gedung F Depan	18	5	

Gambar 10. Halaman web pemantauan parkir

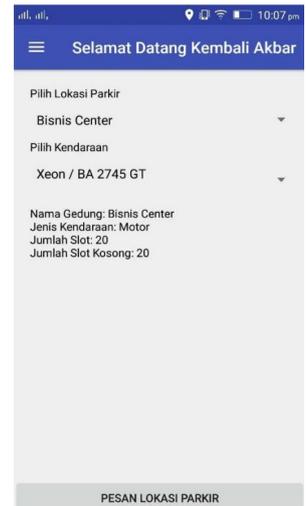
Pengelola parkir dapat melakukan pemantauan parkir dan pencarian kendaraan yang sedang parkir lewat halaman web. Proses pencarian kendaraan yang sedang parkir ditunjukkan pada Gambar 9. Pengelola memasukkan nomor pelat kendaraan untuk mendapatkan informasi tempat parkir kendaraan. Proses pemantauan lokasi parkir ditunjukkan pada Gambar 10. Dalam halaman pemantauan, diperlihatkan gedung lokasi parkir, jumlah slot mobil total, jumlah slot mobil yang kosong dan trafik kendaraan.

Proses pencarian lokasi parkir oleh pengguna parkir dilakukan dengan menggunakan aplikasi Android pada *smartphone*. Aplikasi ini terdiri dari empat halaman yaitu halaman *Log in*, halaman pemilihan lokasi parkir, halaman kode *booking* (pemesanan) dan halaman Map. Pengujian aplikasi ini dilakukan menggunakan tiga skenario pengujian (Gambar 11). Sistem pemesanan ini diuji dengan menggunakan tiga skenario pengujian untuk menunjukkan kasus-kasus pemesanan parkir oleh pengguna, yaitu pengguna menentukan lokasi parkirnya, lokasi parkir telah ditentukan namun penuh, dan dua pengguna memesan tempat yang sama.

Pada skenario pertama, pengguna hendak melakukan parkir di gedung Bisnis Center sebagai tujuannya. Pengguna melakukan login aplikasi dan memilih lokasi parkir. Pada lokasi parkir masih tersedia 20 slot parkir. Pengguna kemudian melakukan pemesanan dan mendapatkan kode pemesanan. Pengguna membuka



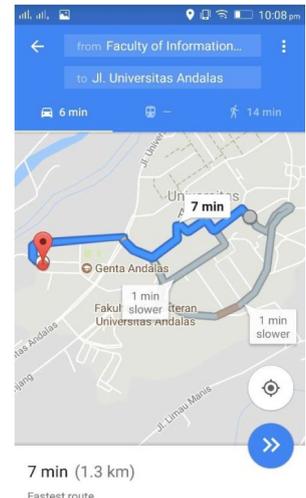
(a) login pengguna



(b) pemilihan lokasi parkir



(c) kode pemesanan parkir



(d) peta jalur parkir

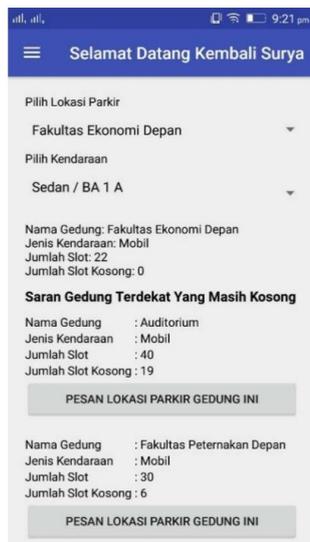
Gambar 11. Proses pemesanan parkir pada gedung Bisnis Center

map sebagai petunjuk arah ke gedung Bisnis Center. Sesampainya di lokasi, pengguna melakukan konfirmasi dengan *tapping* ke perangkat keras unit parkir lokal. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 11.

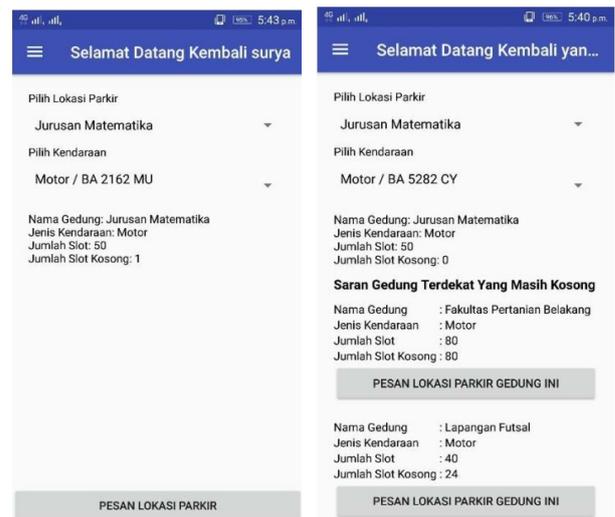
Pada skenario pengujian kedua, pemilihan lokasi parkir menggunakan logika fuzzy dan dilakukan jika slot parkir di lokasi yang akan dituju sudah penuh atau tidak ada. Logika fuzzy digunakan untuk memberikan saran lokasi parkir alternatif terbaik berdasarkan jarak dari lokasi yang akan dituju dan ketersediaan parkir. Pengguna ingin melakukan pencarian parkir pada lokasi parkir Fakultas Ekonomi Depan, tetapi pada lokasi tersebut lokasi parkir yang kosong tidak ada sehingga sistem memberikan rekomendasi alternatif lokasi parkir lain yang terdekat dari parkir Fakultas Ekonomi Depan yang masih mempunyai slot tersedia. Hasil pengujian kebenaran logika fuzzy ditampilkan di Tabel 3. Pemilihan lokasi parkir menggunakan logika fuzzy pada aplikasi Android ditunjukkan pada Gambar 12. Kemampuan sistem ini mengatasi permasalahan dalam

Tabel 3. Pengujian kebenaran logika fuzzy

No	Nama Lokasi Parkir	% Slot Kosong	Kategori Kapasitas	% Jarak Kedekatan	Kategori Jarak	Luaran fuzzy
1	Auditorium	100	Longgar	20	Dekat	Rekomendasi_tinggi
2	Fakultas Peternakan Depan	75	Longgar	20	Dekat	Rekomendasi_tinggi
3	Fakultas Teknologi Informasi	100	Longgar	40	Agak Dekat	Rekomendasi_tinggi
4	Fakultas Kedokteran 1	50	Sedang	70	Agak Jauh	Rekomendasi_sedang



Gambar 12. Pemilihan lokasi parkir terbaik menggunakan logika fuzzy



Gambar 14. Pemesanan lokasi parkir secara bersamaan

sistem [5], [6] yang tidak mampu mencari lokasi parkir yang kosong terutama saat jam sibuk.

Pada skenario pengujian ketiga, dua pengguna melakukan pemesanan parkir pada lokasi parkir yang sama dimana pada lokasi tersebut hanya terdapat satu slot kosong. Pada kasus ini, sistem menerapkan prioritas antrian untuk pemesanan lokasi parkir. Hasil pengujian menunjukkan pengguna pertama berhasil mendapatkan lokasi parkir di lokasi yang dituju, sedangkan pengguna kedua mendapatkan alternatif lokasi parkir lainnya berdasarkan logika fuzzy. Hasil pengujian dengan skenario ini ditunjukkan pada Gambar 13.

Penelitian ini telah mengembangkan sistem pemesanan lokasi parkir cerdas di lahan parkir kampus yang tidak terpusat dengan menggunakan kode *booking* seperti pada [10]-[12] serta menerapkan konsep IoT dan komputasi awan sebagai layanan parkir seperti pada [8]-[10], [14]-[16]. Penerapan logika fuzzy telah diterapkan seperti dalam [13], [14], namun digunakan untuk memilih lokasi parkir alternatif terbaik berdasarkan jarak jika lokasi yang diinginkan telah penuh. Pemilihan lokasi terbaik ini mengatasi permasalahan dalam [4]-[6], [8]-[10]. Penerapan sistem ini dapat menghasilkan tata kelola parkir yang baik [7] dan selanjutnya dapat mengurangi waktu pencarian lokasi parkir di kampus, konsumsi bensin, dan emisi CO₂ [3].

IV. KESIMPULAN

Sistem cerdas penentuan lokasi parkir di area kampus melalui aplikasi *smartphone* berbasis Android telah dapat menentukan lokasi parkir berdasarkan kapasitas parkir dan jarak lokasi parkir yang dituju menggunakan logika fuzzy serta berbasis komputasi awan dan teknologi IoT. Sistem juga telah berhasil melakukan pemantauan kepemilikan kendaraan di lokasi kampus. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengarahkan penelitian di bidang pengolahan citra untuk mendeteksi kendaraan di lokasi parkir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Andalas melalui Program Penelitian Dosen Pemula Tahun 2018 dengan Nomor Kontrak 18/UN.16.17/PP.RDP/LPPM/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Allwinkle and P. Cruickshank, "Creating Smarter Cities: An Overview," *Journal of Urban Technology*, vol. 18, no. 2, pp. 37-41, 2011.
- [2] C. Harrison, B. Eckman, R. Hamilton, and P. Hartswick, "Foundations for Smarter Cities," *IBM Journal of Research and Development*, vol. 54, no. 4, pp. 1-16, 2010.
- [3] M. Rehman and M. A. Shah, "A Smart Parking System to Minimize Searching Time, Fuel Consumption and CO₂ Emission," in *23rd*

- International Conference on Automation & Computing*, Huddersfield, UK, Sept. 2017, pp. 1-6.
- [4] D. Ichwana and W. Syahputra, "Sistem Pembayaran Parkir Menggunakan Near Field Communication Berbasis Android dan Teknologi Internet of Things," *TEKNOSI*, vol. 03, no. 01, pp. 153-164, 2017.
- [5] Universitas Andalas, *Informasi Salingka Unand*. Padang: Unand Publisher, 2010.
- [6] -, "Sejarah Ringkas Universitas Andalas," *Universitas Andalas*. [Online]. Available: <http://www.unand.ac.id/id/tentang-unand/selayang-pandang/sejarah>.
- [7] *Peraturan Pemerintah Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir*, Dirjen Perhubungan Darat, 272/HK.105/DRJD/96.
- [8] D. Ichwana, R. Aisuwarya, S. Ardopa, and I. Purnama, "Sistem Cerdas Reservasi dan Pemantauan Parkir pada Lokasi Kampus Berbasis Konsep Internet of Things," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 6, no. 2, p. 57, 2018.
- [9] A. R. Malaiya, N. Kumar, A. Kansagara, and A. Kadam, "Smart Parking System Based on Cloud Computing using Android and IoT," *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 233-235, 2018.
- [10] U. Jadhav, K. Kahandal, Y. Gaikwad, and B. Kadam, "APPARKING: Smart Parking System based on Cloud Computing using Android and IoT," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 6, no. 9, pp. 51-55, 2016.
- [11] M. Patil and R. Sakore, "Smart Parking System Based On Reservation," *International Journal of Scientific Engineering and Research*, vol. 2, no. 6, pp. 21-26, 2014.
- [12] P. Dhar and P. Gupta, "Intelligent Parking Cloud Services based on IoT using MQTT Protocol," in *2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICADOT)*, Pune, India, Sept. 2016, pp. 30-34.
- [13] A. Z. A. Firdaus, A. W. Shinn, M. S. M. Hashim, N. S. Khalid, I. I. Ismail, and M. J. M. Ridzuan, "Design and Simulation of Fuzzy Logic Controlled Car Parking Assist System," *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 81-87, 2016.
- [14] A. Golnarkar, A. A. Aleshesik, M. R. Malek, "Solving Best Path Problem On Multimodal Transportation Network with Fuzzy Costs," *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol. 7, no. 3, pp. 1-13, 2010.
- [15] M. Karthi and P. Harris, "Smart Parking with Reservation in Cloud Based Environment," in *2016 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets*, Bangalore, India, Oct. 2016, pp. 168-171.
- [16] T. N. Pham, M. F. Tsai, D. B. Nguyen, C. R. Dow, and D. J. Deng, "A Cloud-Based Smart-Parking System Based on Internet-of-Things Technologies," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 1581-1591, 2015.