Implementasi *Fuzzy* dan Dijkstra pada Sistem Pengangkutan Sampah

Hilal Nabil Abdillah^{#1}, Andrian Rakhmatsyah^{#2}, Aji Gautama Putrada^{#3}

[#]Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 1, Dayeuhkolot, Bandung, Indonesia

¹hilalnabila@student.telkomuniversity.ac.id

²kangandrian@telkomuniversity.ac.id

³ajigautama@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Tempat sampah tidak dapat diperkirakan kapan penuh atau kosong, mengakibatkan petugas dalam pengangkutannya sering mengunjungi tempat sampah yang kosong dan terkadang petugas sering kembali ke tempat yang kosong tersebut. Tempat sampah yang ada di daerah Perumahan Buah Batu (PBB) merupakan tempat sampah yang dibuat di depan rumah dengan bentuk kubus berdiameter sekitar 60cm x 60cm disertai penutup tempat sampah. Dari permasalahan tersebut dibutuhkan *smart monitoring* yang dapat menunjukan tempat sampah yang isinya dapat diangkat oleh petugas. Sistem monitoring ini menggunakan sensor ultrasonik dengan output nilai ketinggian sampah dan sensor *loadcell* dengan output nilai berat sampah, dimana nilai output sensor merupakan nilai input untuk *Fuzzy*, setelah sistem diteruskan dengan sistem *Dijkstra*. *Fuzzy* menghasilkan nilai keputusan dari output sensor, hasil *fuzzy* menjadi penentu tempat sampah mana yang diangkat, jika hasil *fuzzy* lebih dari satu tempat sampah berstatus 'Angkut' dengan nilai berkisar dari 50 - 100, maka *node* tersebut membentuk sebuah *graph*. Dalam pengangkutannya menggunakan *dijkstra* untuk mendapatkan rute yang paling efisien dari *node* awal ke semua *node* yang ada. Sistem terus mengulangi proses pembaruan nilai dan membandingkannya sampai seluruh *node* selesai. Sehingga sistem mengeluarkan hasil bobot semua *node* pada *graph*, berdasarkan nilai bobot yang dihasilkan dibuat *list* untuk menentukan jalur pengangkutan sampah. Pengujian ini dilakukan hanya dengan menggunakan 5 titik tempat sampah atau disebut juga *node* yang ada di Perumahan Buah Batu (PBB) sebagai sampel percobaan, *node* yang dipilih merupakan area penduduk terbanyak di daerah perumahan tersebut. Dalam pengujian pada penelitian ini menghasilkan *graph* yang dibentuk berdasarkan hasil *fuzzy* yang berstatus 'Angkut' berjumlah semua *node*, rute yang dibentuk Gerbang - G - I - H - E - C dengan jarak sejauh 1096 meter dan hasil *graph* yang dibentuk hanya dengan tiga *node* yakni *node* C, *node* I dan *node* E menghasilkan rute Gerbang - C - E - H dengan jarak 961.

Kata kunci— Dijkstra, Fuzzy, Sensor Loadcell, Sensor Ultrasonic, Smart Monitoring Sampah.

I. PENDAHULUAN

Sampah adalah material sisa dari aktivitas manusia yang sudah tidak terpakai sehingga dibuang. Dalam penelitian [1] sampah merupakan buangan limbah dengan berbagai sifat seperti organik, anorganik dan B3 yang sudah tidak terpakai dan harus dikelola lagi. Sampah organik lebih baik dikelola secara ilmiah agar menghasilkan biogas yang bermanfaat bagi kehidupan, sedangkan untuk pengelolaan sampah yang lain lebih baik dikelola dengan proses pembuangan yang efektif, bagaimana sampah tersebut bisa diangkat secara efisien menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Pengelolaan sampah masih menjadi salah satu masalah umum yang terjadi dibanyak tempat termasuk di kawasan Perumahan Buah Batu (PBB). Masalah terjadi ketika sampah tertimbun ditempat sampah masing-masing atau pada metode pengangkutan yang dilakukan oleh petugas. Pengambilan sampah yang dilakukan di kawasan Perumahan Buah Batu (PBB) menggunakan mobil *pick up* terjadwal yang berasal dari pemerintahan daerah dan mengunjungi setiap rumah dengan petugas yang berbeda-beda tanpa adanya panduan. Isi sampah pada tempat sampah yang bersifat tidak menentu mengakibatkan pengangkutan sampah yang dilakukan menjadi tidak efektif.

Ada beberapa metode yang dapat diterapkan sebagai strategi untuk penanggulangan sampah sesuai dengan penjelasan pada penelitian [2]. Sistem monitoring pengangkutan sampah dengan memasang sensor di tempat sampah yang dapat dipantau menggunakan sensor *loadcell* dan sensor ultrasonik. Hasil dari pembacaan sensor diolah menggunakan sistem *fuzzy*. Pada penelitian [3] menjelaskan logika *fuzzy* adalah metodologi penyelesaian masalah menggunakan sistem kontrol yang implementasinya bisa diterapkan pada sistem yang sederhana sampai sistem yang lebih rumit. Hasil *fuzzy* membentuk *graph*, menggunakan algoritma *dijkstra* menentukan *rute* untuk pengangkutan, sehingga petugas mengetahui tempat sampah mana yang dapat diangkat. *Dijkstra* dapat menyelesaikan masalah pencarian jalur

dengan satu sumber pada *graph* yang tidak memiliki nilai negatif, dan menghasilkan pohon jalur terpendek sehingga sering digunakan dalam perutean sesuai dengan penjelasan pada [4]. Dalam penelitian yang dilakukan dibatasi hanya dengan menggunakan lima *node* yang dipasang sensor dan satu *node* sebagai *node* awal. *Node* adalah tempat sampah yang merepresentasikan area suatu blok yang dipasang sensor untuk membaca tingkat ketinggian sampah dan berat sampah, *node* tersebut yakni di area C, E, G, H, I dan satu *node* awal sebagai gerbang, seperti pada Gambar 1.

Gambar. 1 Peta kompleks berdasarkan google maps

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian *Garbage Management System For Smart City Using Iot* [5], Saranya.L, dkk. Melakukan penelitian untuk memonitoring tempat sampah dengan menggunakan MQ sensor, IR sensor dan DC sensor. Data yang berhasil dibaca oleh sensor akan dikirimkan ke *thingspeak* dan ditampilkan melalui perangkat handphone pemilik rumah, pengiriman data melalui arduino dengan ditambah modul esp8266. Ketika sampah sudah mencapai batas yang ditentukan, *buzzer* berbunyi sebagai alarm. Penelitian yang dilakukan berfokus hanya pada monitoring pemilik tempat sampah, dengan data yang diperoleh dari *thingspeak* lalu dibaca melalui android dan akan berbunyi alarm ketika sudah pada batas yang ditentukan, sehingga pemilik tempat sampah bisa dengan mudah memonitoring tempat sampahnya. Pada penelitian ini diharapkan tempat sampah dapat secara otomatis terbuka dan tertutup ketika membuang sampah dan bisa mengeluarkan air untuk membersihkan tempat sampahnya ketika tempatnya kosong sebagai penelitian selanjutnya.

Pada penelitian [6], N. Salah and R. M., melakukan penelitian dengan tempat sampah dipisah berdasarkan jenis sampahnya yakni jenis botol, jenis kaca, jenis biomaterial, jenis kertas dan jenis plastik. Tempat sampah tersebut masing-masing dipasang dengan sensor ultrasonic dan lampu LED. Dalam penelitian [7]

dijelaskan cara kerja sensor ultrasonic sebagai pembacaan tingkat ketinggian dengan cara mengirimkan gelombang yang dipantulkan kembali ketika gelombang itu mencapai target. Lampu sebagai penanda dari suatu status sampah, jika tempat sampahnya kosong maka LED berwarna hijau, jika penuh berwarna merah. Data sensor beserta alamat tempat sampah (nama jalan dan nomor rumah) dikirim kepada admin kantor petugas sampah menggunakan modul wifi untuk diangkut. Pengangkutan dilakukan berdasarkan alamat yang dikirim.

Dalam penelitian [8], Neetha, S. Sharma, V. Vaishnavi, and V. Bedhi, melakukan penelitian membangun sistem monitoring sampah dengan membuat tempat sampah pintar dengan memasang sensor ultrasonic. Data sensor dikirim menggunakan modul wifi ke *cloud* untuk diproses, hasil data diakses oleh pihak berwenang untuk memonitoring kota secara *realtime*, penelitian ini bertujuan untuk efisiensi bahan bakar, waktu kerja dan biaya. Peneliti berharap penggunaan energi solar panel sebagai *power supply* bisa digunakan untuk efisiensi sumber tenaga. Tetapi penelitian ini tidak menjelaskan secara detail mengenai pengangkutannya hanya dijelaskan pembuatan tempat sampahnya.

Sedangkan dalam penelitian Prototipe Sistem Monitoring Distribusi Sampah Kota Bandung Menggunakan Multi *Node* Sensor Berbasis Machine-to-Machine [9] oleh D. Y. Pratama, M. Abdurrohmam, and S. Prabowo, pengelolaan sampah dibangun dengan sistem penanganan sampah (distribusi) menggunakan sensor ultrasonic yang dipasang pada setiap tempat sampah, komunikasi *machine-to-machine* menggunakan openmtc dan terhubung dengan android. Data dari sensor yang telah dikirimkan ke openmtc dan android akan mengakses openmtc dengan mengambil data untuk diproses dengan metode TSP (*traveling salesman problem*) sehingga petugas dipandu menuju TPS (tempat pembuangan sementara). Sistem ini dapat menangani sampah hingga dua kali lipat daripada penggunaan sistem konvensional. Untuk penelitian selanjutnya peneliti berharap pemasangan sensor pada sopir sehingga tidak perlu secara manual memasukkan nilai persen sampah.

Seperti pada penjelasan [10], penentuan jarak atau rute dengan menggunakan suatu metode tertentu seperti dijkstra atau TSP tanpa adanya pertimbangan lain dalam penentuan jalur memang akan menghasilkan nilai yang pasti secara matematis tetapi itu bukan suatu hal yang benar-benar optimal karena ada kondisi lain. Dalam penelitian [11], S. Alameri and H. A. Nugroho, menggunakan gabungan *fuzzy* dan genetika untuk pencarian jalur tercepat. *Fuzzy* sebagai proses mengeluarkan nilai dari keadaan yang samar akan digabungkan dengan genetika sebagai algoritma evolusi yang bisa membentuk nilai dari masalah optimasi dipakai sebagai dasar dari parameter untuk pencarian jalur. *Fuzzy* menggunakan data panjang jalan dan data kepadatan jalan sebagai variabelnya. Hasil dari penelitian ini menghasilkan pemilihan rute yang lebih sesuai karena ada parameter yang diperhitungkan menggunakan kondisi

nyata yakni kepadatan jalan dan panjang jalan. Dengan adanya parameter ini nilai yang didapat akan lebih dinamis dan menghasilkan jalur yang berbeda-beda setiap saat.

Pada penelitian [12] juga menjelaskan tentang penggabungan algoritma untuk pencarian jalur tercepat. Pada penelitiannya dijelaskan penggabungan algoritma *fuzzy-dijkstra*. M. Hannats, H. Ichsan, E. Yudaningtyas, and M. A. Muslim, menggunakan variable kepadatan jalan dan panjang jalan dalam penyelesaian *fuzzy*. Hasil *fuzzy* akan diproses menggunakan *dijkstra* untuk menghasilkan jalur tercepat dari satu sumber ke satu tujuan. Pada penelitian [13] menjelaskan mengenai *dijkstra*, peningkatan dari sistem *dijkstra* adalah untuk mempertahankan *node* yang telah diperbarui nilainya, sehingga *node* diurutkan berdasarkan nilai jarak. Variable *fuzzy* dapat dimasukan parameter lain seperti volume jalan, tingkat kerusakan jalan atau kecepatan dari kendaraan sebagai parameter lain untuk proses *fuzzy*.

Dalam [14] A. Jain, U. Datta, and N. Joshi, melakukan penelitian dengan membandingkan antara algoritma *dijkstra*, *bellmand-ford* dan *johnson*, akhirnya penelitian ini mempunyai kesimpulan bahwa algoritma *dijkstra* adalah algoritma terbaik untuk memanipulasi jalur terpendek pada jaringan jalan dengan parameter jarak antar kota.

Pada penelitian [15] S. Das, melakukan penelitian untuk menemukan jalur yang efisien dalam skenario dunia nyata, dalam waktu singkat. Heuristik ini menggunakan algoritma *dijkstra* untuk menemukan jalur yang berbeda antara pasangan tujuan dan kemudian menentukan efisiensi masing-masing jalur. Ini berjalan secara rekursif sampai mencakup semua tujuan, termasuk kembali ke lokasi awal. Dengan itu, algoritma menciptakan jalur yang efisien melalui semua tujuan. Algoritma yang dipakai S. Das menggunakan *dijkstra* dengan sedikit modifikasi agar bisa mengunjungi *node* tujuan dengan melewati *node* lain. Pada proses pertama dari iterasi, tujuan awal adalah tujuan awal yang asli. Dalam lintasan berikutnya diubah tujuan awal, sehingga propagasi perbatasan dimulai dari tujuan awal yang baru. Pada langkah ini, akan menemukan jalur terpendek dari tujuan awal ke semua tujuan lainnya. Pada akhir perhitungan, akan memiliki banyak jalur alternatif yang membawa pengunjung dari tujuan awal ke semua tujuan lainnya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem yang dibangun didasari dari hasil wawancara dari petugas sampah. Petugas sampah yang bertugas di kawasan Perumahan Buah Batu (PBB) dilakukan oleh petugas yang sama pada setiap harinya, meskipun ada perubahan petugas yang dilakukan itu sangat jarang sekali dilakukan. Hasil wawancara yaitu pengangkutan yang dilakukan masih terjadwal dan petugas dalam pengangkutan masih belum mempunyai panduan. Oleh sebab itu untuk memberikan solusi dari masalah tersebut, pada tempat sampah dipasang sensor *ultrasonic* dan

sensor *loadcell* sebagai masukan data yang dibaca oleh *nodemcu*, sensor *ultrasonic* untuk membaca ketinggian sampah dan *loadcell* untuk membaca kapasitas berat sampah. Sensor *ultrasonic* dipasang dibagian penutup tempat sampah dan sensor *loadcell* dipasang didasar tempat sampah dengan ditambahkan papan piringan sebagai penyangga sensor, pada penelitian [16] menjelaskan bahwa modul Hx711 AD sebagai modul tambahan pada *loadcell*, modul ini berguna untuk mengubah nilai yang dihasilkan oleh sensor *loadcell* dalam bentuk tegangan yang kecil ke bentuk analog.

Pada penelitian ini sistem terdiri dari pembacaan sensor *ultrasonic* dan *loadcell* pada setiap *node* yang diteruskan dengan pengolahan sistem *fuzzy* dan proses sistem pencarian rute yang menggunakan *dijkstra*. Seperti pada Gambar 2 menjelaskan tentang sistem pada penelitian ini.

Gambar. 2 Blok diagram sistem

Nodemcu sebagai mikrokontroler membaca data sensor yang didapatkan dari tempat sampah, data yang

diterima pada *nodemcu* adalah nilai sensor ultrasonic yaitu nilai ketinggian sampah dan nilai dari sensor *loadcell* yaitu nilai berat sampah. Pada *nodemcu* sudah dipasang sistem *fuzzy* untuk memproses data masukan sensor. *Nodemcu* merupakan mikronkontroler yang sudah terpasang *wifi* [17]. Sistem *fuzzy* diawali dengan proses *fuzzyfikasi*, memasukan variabel numerik (*crisp input*) kedalam fungsi keanggotaan menjadi *variable linguistik (fuzzy input)*. Pada penelitian [18] menjelaskan dalam menentukan fungsi keanggotaan yang menunjukkan posisi titik dari input sensor ke dalam nilai keanggotaan dapat menggunakan pendekatan fungsi dengan beberapa jenis bentuk. Bentuknya yakni segitiga, trapesium, singleton, sigmoid, gaussian adalah beberapa bentuk fungsi yang dapat dipilih untuk memetakan nilai linguistik.

Gambar. 2 Himpunan linguistik sensor ultrasonic

Gambar. 4 Himpunan linguistik sensor loadcell

Dalam penelitian ini dipakai bentuk fungsi segitiga dan trapesium. Bentuk segitiga merupakan gabungan dari 2 garis lurus fungsi linear naik dan turun yang memiliki satu titik nilai keanggotaan 1. Pemilihan bentuk fungsi tidak ada ketentuan dalam memilihnya tetapi semakin banyak nilai keanggotaan linguistik yang dibentuk maka tingkat ketelitian *fuzzy* semakin tinggi.

Pada Gambar 3 dengan nilai linguistik yang digunakan 'Sangat Penuh', 'Penuh', 'Sedang', 'Sedikit' dan 'Sangat Sedikit' untuk data sensor ultrasonic dengan bentuk trapesium dan segitiga dengan nilai range 1-45 dengan ketinggian tempat sampah sekitar 48 cm. Pada Gambar 4 berat sampah hanya terdapat tiga linguistik yang digunakan yaitu 'Ringan', 'Normal' dan 'Berat' bentuk trapesium dan segitiga dengan nilai range 1-2000 dalam satuan gram. Nilai yang dibaca sensor dan diterima

nodemcu dimasukan dan dihitung kedalam fungsi keanggotaan dari masing-masing fungsi yang telah dibangun. Untuk perhitungan fungsi pada *fuzzyfikasi* sebagai berikut :

Persamaan fungsi segitiga :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$

Persamaan fungsi trapesium :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2)$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan hasil dari fungsi keanggotaan maka akan dimasukan pada aturan-aturan proses implikasi dan agregasi, proses implikasi bertujuan untuk mendapatkan nilai berdasarkan aturan yang dibangun, fungsi yang digunakan adalah min. Proses agregasi bertujuan untuk menghasilkan *fuzzy set* tunggal dari kombinasi keluaran hasil aturan implikasi. Untuk aturan implikasi yang dibangun seperti berikut :

- If (ultrasonic is s.sedikit/kosong) or (loadcell is ringan) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is s.sedikit/kosong) or (loadcell is normal) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is s.sedikit/kosong) or (loadcell is berat) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is sedikit) or (loadcell is ringan) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is sedikit) or (loadcell is normal) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is sedikit) or (loadcell is berat) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is sedang) or (loadcell is berat) then (output1 is angkut) (1)
- If (ultrasonic is sedang) or (loadcell is normal) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is sedang) or (loadcell is ringan) then (output1 is biasa) (1)
- If (ultrasonic is penuh) or (loadcell is ringan) then (output1 is angkut) (1)

- If (ultrasonic is penuh) or (loadcell is normal) then (output1 is angkut) (1)
- If (ultrasonic is penuh) or (loadcell is berat) then (output1 is angkut) (1)
- If (ultrasonic is s.penuh) or (loadcell is ringan) then (output1 is angkut) (1)
- If (ultrasonic is s.penuh) or (loadcell is normal) then (output1 is angkut) (1)
- If (ultrasonic is s.penuh) or (loadcell is berat) then (output1 is angkut) (1)

Proses terakhir dari *fuzzy* adalah untuk mengubah nilai *fuzzy* input menjadi *variable* numerik. Hasil dari proses implikasi dan agregasi diproses oleh fungsi defuzzifikasi. *Centroid* atau *centre of area* digunakan untuk memperoleh solusi perhitungan pusat gravitasi dari daerah agregasi. Centroid ini menggabungkan semua daerah yang dihasilkan dari proses sebelumnya untuk mendapatkan bentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

Untuk himpunan defuzzifikasi terdapat pada Gambar 5. Pada penelitian [19] defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy* output menjadi nilai pasti (*crisp value*) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan dengan output suatu himpunan *fuzzy* dalam range yang ditentukan. Proses ini menggunakan fungsi trapesium mempunyai nilai range 1-100 menggunakan 2 variable 'Biasa' kurang dari 50 dan 'Angkut lebih dari sama dengan 50'.

Gambar. 5 Himpunan linguistik defuzzifikasi mamdani

Nilai *fuzzy* yang dihasilkan memiliki sebuah kondisi, jika kondisi dari *node* itu 'Biasa' berarti tempat sampah pada waktu itu belum layak untuk diangkut karena masih sangat sedikit atau kosong, untuk kondisi 'Angkut' maka *node* tersebut siap untuk diangkut dikarenakan berat dan tinggi sampah yang sudah layak untuk diangkut. Nilai *fuzzy* yang dikeluarkan dikirim ke *google firebase* dengan menggunakan modul *wifi* yang terpasang pada *nodemcu*. Pengiriman dilakukan dengan cara *nodemcu* mengakses alamat host dan key *project* dari akun *google firebase* tujuan. *Firebase* menerima nilai *fuzzy* dari semua *node* tempat sampah, jadi pada *firebase* terdapat list nilai *fuzzy* dari *node C*, *node G*, *node E*, *node H* dan *node I*.

Data dari *firebase* yang berupa list hasil *fuzzy* dari kelima *node* tempat sampah dihubungkan dengan aplikasi android dengan tujuan list nilai yang terdapat pada *firebase* dapat ditampilkan melalui aplikasi. Tujuan lain

dari menghubungkannya dengan aplikasi android adalah untuk membentuk *graph* dan proses *dijkstra*. Pembentukan *graph* dihasilkan dari jumlah *node* tempat sampah *fuzzy* yang bernilai lebih dari 50. Jadi *fuzzy* yang bernilai lebih dari 50 jika berjumlah lebih dari 2 *node* tempat sampah maka sistem akan membentuk sebuah *graph* lalu sistem akan mencari jalur pengangkutan menggunakan proses *dijkstra*. Tetapi jika hanya jumlah *node* tempat sampah yang bernilai *fuzzy* lebih dari 50 hanya 1 *node*, maka sistem akan langsung mengangkut sampah dengan tujuan *node* tersebut.

Pencarian jalur dilakukan melalui proses *shortest path* menggunakan *dijkstra* dengan *node* awal atau *root* mencari nilai minimum *edge* dari masing-masing *node* tetangganya. *Edge* pada *graph* ini adalah jarak antara *node* ke *node* nilainya didapat dari pengukuran yang dilakukan melalui *google maps*, bobot adalah nilai yang didapat dari hasil perhitungan pencarian jalur dari proses *Dijkstra* dan *root* adalah *node* yang menjadi inialisasi pertama dalam proses *dijkstra*. Setelah menemukan nilai minimum tersebut maka *node* yang dipilih yang mengandung nilai minimum menjadi *root* baru untuk melakukan iterasi seperti sebelumnya. Iterasi perhitungan akan terus diulang sampai semua *node* pada *graph* yang dihasilkan oleh nilai *fuzzy* semuanya terlewati, seperti pada penjelasan [20] iterasi jarak antara *node* awal ke *node* yang lainnya dihitung secara bergantian dan dibandingkan oleh algoritma *dijkstra*.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian yang dilakukan sesuai dengan rancangan dari sistem yang dibangun. Dalam mendapatkan nilai sensor dilakukan setiap sebelum waktu pengangkutan di pagi hari. Tujuannya adalah agar pengangkutan sampah yang dilakukan petugas secara *real time* dan tempat sampah yang dikunjungi petugas tepat sasaran.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN FUZZY

Perco baan	Node	Pembacaan Sensor		Nilai Fuzzy	Keteran gan
		Ultraso nic (cm)	Loadcel l (gr)		
Perco baan ke - 1	Node C	9	1000	52.3	Angkut
	Node G	12	1500	59.2	Angkut
	Node E	5	1880	59.6	Angkut
	Node I	3	1759	61.7	Angkut
	Node H	10	1300	64	Angkut
Perco baan ke - 2	Node C	7	1550	57.3	Angkut
	Node G	30	1250	36.9	Biasa

Node E	11	1340	62.6	Angkut
Node I	2	1100	53.1	Angkut
Node H	15	1300	46.6	Biasa

Hasil *fuzzy* pada Tabel 1 didapat dari masukan nilai bacaan sensor ultrasonic yang membaca nilai ketinggian sampah dan *loadcell* yang membaca nilai berat sampah. Nilai dari pembacaan data sensor tersebut di proses menggunakan *fuzzy* pada *nodemcu*. Hasil *fuzzy* tersebut menentukan jumlah *node* yang akan diangkut oleh petugas.

Pada percobaan pertama, *fuzzy* menghasilkan nilai dari masing-masing *node* berstatus 'Angkut', karena nilai *fuzzy* yang dihasilkan dengan status 'Angkut' semua *node* atau berjumlah lima *node*, maka pencarian rute dilakukan akan diproses dengan *graph* yang dibangun berjumlah lima *node* ditambah satu *node* gerbang. Pencarian rute dimulai dari *node* gerbang sebagai *root*. *Root* pada *graph* akan mencari nilai yang paling minimum diantara *node* tetangganya yang terhubung. Setelah sistem mendapatkan nilai yang minimum maka *node* yang dipilih akan disimpan pada adjacency list dan *node* tersebut akan dijadikan sebagai *root* yang baru. *Root* yang baru tersebut akan membandingkan lagi nilai minimum dari *node* tetangganya, nilai yang terkandung pada *node* yang telah dihitung oleh *root* yang paling awal akan hilang dan nilai tersebut digantikan dengan nilai yang baru berdasarkan iterasi yang dilakukan oleh *root* yang baru. Sistem akan terus melakukan pembaruan adjacency list sampai semua *node* terlewati.

TABEL II
PERHITUNGAN SHORTEST PATH DIJKSTRA

Root	Nilai Edge Node Tetangga	Node dengan nilai minimum	Nilai (nilai root + nilai minimum)	Adjacency List
Node Gerbang	Node C (448) Node E (500) Node G (428) Node I (541)	Node G	0+428 =428	Gerbang - G
Node G	Node C (254) Node I (150)	Node I	428+150 =578	Gerbang - G - I
Node I	Node E (330) Node H (168)	Node H	578+168 =746	Gerbang - G - I - H
Node H	Node C (167) Node E (169)	Node C	746+167 =913	Gerbang - G - I - H - C
Node C	Node E	Node E	913+183	Gerbang

(183)	=1096	- G - I - H - E - C
-------	-------	---------------------

Seperti pada Tabel II, *node* yang memiliki nilai minimum dari perbandingan yang dilakukan oleh suatu *root* maka akan masuk ke list, dan nilai dari *edge root* baru tersebut akan bertambah dengan nilai *root* sebelumnya. Pembaruan dari proses tersebut akan terus berlanjut sampai berhenti ketika semua *node* sudah selesai dikunjungi sehingga membuat sebuah rute pengangkutan yang jaraknya paling minimum dengan mengunjungi semua *node* yang ada, dari hasil percobaan dengan *node* yang berstatus 'Angkut' berjumlah lima *node* menghasilkan rute Gerbang - G - I - H - E - C dengan jarak sejauh 1096 meter.

Gambar. 6 Graph dengan jumlah status angkut semua *node*

Berdasarkan hasil Tabel 2 *graph* terbentuk dari *node fuzzy* yang berstatus 'Angkut' berjumlah lima. Gerbang menjadi *root* dan membandingkan nilai *edge* dari *node* tetangganya *node* C, *node* E, *node* G dan *node* I menghasilkan *node* G sebagai *root* yang baru karena nilai *edge* pada *node* G memiliki nilai yang paling minimum diantara *node* tetangga dari *root*, untuk jalur terdapat pada Gambar 6, dengan adanya rute dan estimasi jarak ini, petugas sangat dimudahkan dan estimasi waktu, tenaga dan jarak bisa terlihat. Berbeda pada sistem sebelumnya yang dipakai dalam pengangkutan, dimana petugas hanya menggunakan intuisinya untuk mengangkut sampah-sampah yang tersebar di daerah perumahan tanpa mengetahui kondisi apakah tempat sampah itu berisi atau kosong mengakibatkan estimasi jarak, tenaga dan waktu sangat sulit untuk ditentukan.

Pada percobaan ke-2 menghasilkan *graph* dari hasil *fuzzy* yang berstatus 'Angkut' berjumlah tiga *node*, *graph* sesuai dengan Gambar 7.

Gambar. 7 Graph dengan jumlah status angkut tiga node

Perhitungan pencarian rute sama dengan pencarian pada proses perhitungan *graph* yang berjumlah lima node yang berstatus 'Angkut', hasil pencarian rute dari Gambar. 8 menghasilkan rute Gerbang – C – E – H dengan jarak 961 meter, untuk perhitungan terdapat pada Tabel 3.

TABLE III
PERHITUNGAN SHORTEST PATH DIJKSTRA

Root	Nilai Edge Node Tetangga	Node dengan nilai minimum	Nilai (nilai root + nilai minimum)	Adjency List
Node Gerbang	Node C (448) Node E (500) Node I (541)	Node C	0+448 =448	Gerbang – C
Node C	Node E (183)	Node E	448+183 =631	Gerbang – C – E
Node E	Node H (330)	Node H	631+330 =961	Gerbang – C – E – H

Rute yang dikeluarkan sangat tergantung pada *graph* yang dibentuk berdasarkan nilai *fuzzy* yang dihasilkan oleh setiap *node*. Jika kelima *node* berstatus 'Angkut' maka *graph* yang dibangun juga lebih kompleks, berbeda dengan jika hanya ada kurang dari 3 *node* yang berstatus 'Angkut' maka *graph* yang dibangun sangat sederhana. Ketika pada saat kondisi *node* yang berstatus 'Angkut' hanya ada satu maka *node* langsung terhubung dengan *node* tujuan.

V. KESIMPULAN

Proses *fuzzy* dari pembacaan masing-masing sensor menghasilkan keputusan jumlah *node* yang diangkut dan membentuk *graph* untuk pencarian jalur pengangkutan sampah. Jumlah *node* yang diputuskan untuk pembentukan *graph* jika hasil *fuzzy* berstatus 'Angkut' atau bernilai lebih dari sama dengan 50. Pencarian jalur dengan proses shortest path menggunakan dijkstra untuk mencari jalur pengangkutan dengan jarak yang paling

minimum dan menelusuri semua *node* yang layak diangkut. Sistem menghasilkan jalur yang paling minimum dengan *node* sampah berstatus 'Angkut'. Hasil dari penelitian ini menghasilkan status sampah yang dinamis karena parameter yang digunakan nilainya bisa berubah sesuai kondisi. Jalur yang dihasilkan juga sangat sesuai dengan keadaan tempat sampah sehingga pengangkutan bisa tepat sasaran. Jalur tersebut menjadi panduan bagi petugas sampah dalam pengangkutannya dengan mengunjungi kesemua *node* yang layak diangkut, dibandingkan dengan pengangkutan sampah sebelumnya yang mengunjungi keseluruhan tempat sampah, ini akan menghemat tenaga, biaya dan waktu petugas sampah.

Sistem ini belum diterapkan sehingga tingkat kepuasan dari pandangan pemilik rumah belum diketahui karena jika sampah yang statusnya 'biasa' yang belum layak diangkut mengandung bau yang sangat tidak sedap akan sangat mengganggu kenyamanan pemilik rumah.

Untuk penelitian kedepan diharapkan sistem ini bisa diterapkan secara nyata di kawasan Perumahan Buah Batu (PBB). Variable yang digunakan pada *fuzzy* juga bisa ditambah seperti variable suhu, kelembabapan dan indikator bau sampah serta pemakaian GPS sebagai pemandu ke tempat tujuan.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada segenap sivitas PBB bapak ketua RT, petugas sampah dan satpam yang bertugas yang sudah membantu dalam pengumpulan informasi.

REFERENSI

- [1] D. Anggraini, M. B. Pertiwi, and D. Bahrin, "Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tenggat terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik," *Tek. Kim.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–23, 2012.
- [2] J. R. Riwakore and F. Habaora, "The Concept of Strategy for Garbage Management in the Kupang City, Indonesian," vol. 6256, pp. 395–400, 2019.
- [3] P. Harliana and R. Rahim, "Comparative Analysis of Membership Function on Mamdani Fuzzy Inference System for Decision Making," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 930, no. 1, 2017.
- [4] D. Wahyuningsih and E. Syahreza, "Shortest Path Search Futsal Field Location With Dijkstra Algorithm," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 12, no. 2, p. 161, 2018.
- [5] L. Saranya, P. Rajeshwari, M. Priyadharshini, P. Kumar.S.S, and G. Pradeep, "GARBAGE MANAGEMENT SYSTEM FOR SMART CITY USING IOT," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, no. 20, 2018.
- [6] N. Salah and R. M., "Smart Recycle Bin System based on Wi-Fi and IoT," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 181, no. 4, pp. 34–37, 2018.
- [7] E. Michael, C. O. Otaru, A. D. Liman, M. I. Bomo, and B. Awotoye, "Design and Development of a Smart Waste Bin," *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 10, pp. 101–105, 2017.
- [8] Neetha, S. Sharma, V. Vaishnavi, and V. Bedhi, "Smart bin-An 'Internet of Things' approach to clean and safe public space," *Proc. Int. Conf. IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, I-SMAC 2017*, pp. 652–657, 2017.
- [9] D. Y. Pratama, M. Abdurrohman, and S. Prabowo, "Prototipe Sistem Monitoring Distribusi Sampah Kota Bandung

- Menggunakan Multi *Node* Sensor Berbasis Machine-to-Machine Waste Distribution Monitoring System Prototype for Bandung City Using Multi *Node* Sensor Based On Machine-to-machine,” no. April 2013, 2008.
- [10] S. S. Biswas, “Fuzzy Real Time Dijkstra ’ s Algorithm,” vol. 13, no. 4, pp. 631–640, 2017.
- [11] S. Alameri and H. A. Nugroho, “Pencarian Jalur Tercepat Menggunakan Algoritme Gabungan *Fuzzy* Dan Genetika,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.*, pp. 6–8, 2015.
- [12] M. Hannats, H. Ichsan, E. Yudaningtyas, and M. A. Muslim, “Solusi Optimal Pencarian Jalur Tercepat dengan Algoritma Hybrid *Fuzzy*-Dijkstra,” *Eeccis*, vol. 6, no. 2, pp. 155–160, 2012.
- [13] F. B. Zhan, “Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks : Data Structures and Procedures,” *Geogr. Inf. Decis. Anal.*, vol. 1, no. 1, pp. 70–82, 1997.
- [14] A. Jain, U. Datta, and N. Joshi, “Implemented Modification in Dijkstra ’ s Algorithm to Find the Shortest Path for ‘ N ’ Nodes with Constraint,” no. 2, 2016.
- [15] S. Das, “A fast, efficient technique for finding a path through multiple destinations,” *IEEE Int. Conf. Electro Inf. Technol.*, no. September, pp. 404–409, 2017.
- [16] N. A. Latha and B. R. Murthy, “Arduino based Weighting Scale using Load Cell,” vol. 3, no. 6, pp. 704–707, 2017.
- [17] S. T. Wilson, T. K. Sebastine, M. Daniel, and V. Martin, “Smart trash bin for waste management using odor sensor based on IoT technology,” vol. 5, no. 2, pp. 2048–2051, 2019.
- [18] Yulmaini, “Penggunaan Metode *Fuzzy* Inference System (Fis) Mamdani Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir,” *J. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 10–23, 2016.
- [19] D. Vindensia and Y. Utami, “Penerapan *Fuzzy* Inference System (FIS) Metode Mamdani dalam Pemilihan Jurusan Perguruan Tinggi,” *Publ. J. Penelit. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 2, 2018.
- [20] L. Kurniasari, Mayadi, and Kusriani, “Pencarian rute gedung menggunakan algoritma dijkstra,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed. 2018*, pp. 43–48, 2018.