PENGEMBANGAN SISTEM OPTIMASI RUTE TERPENDEK PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA MALANG

Adytia Prayoga Sandi[1], Dwi Puspitasari[2], Imam Fahrur Rozi[3]

[1,2,3] Program Studi Teknik Informatika,Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang
[1] adytia18@gmail.com, [2] dwi_sti@yahoo.com, [3] imam.rozi@gmail.com

Abstrak

Sistem pengangkutan sampah di Kota Malang berawal dari sampah rumah tangga yang kemudian diangkut oleh pengepul sampah untuk dibawa menuju Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang selanjutnya akan dibawa oleh truk sampah dari TPS menuju tempat Pembuangan Akhir (TPA). Di lain pihak, proses pengambilan sampah oleh kendaraan truk pengangkut sampah seringkali tidak teratur mengakibatkan volume sampah di Kota Malang yang cukup besar tidak dapat di distribusikan dengan baik ke TPA Supit Urang. Sehubungan dengan masalah tersebut, sistem optimasi rute pengangkutan sampah ini dirancang agar sistem distribusi sampah yang ada di Kota Malang dapat berfungsi secara optimal. Dalam hal ini digunakan Algoritma *Ant Colony Optimizarion* (ACO) untuk menyelesaikan masalah pengangkutan sampah. Dalam hal ini proses Algoritma diimplementasikan dalam beban angkut sisa yang tidak terangkut oleh truk sampah. Sehingga proses pendistribusian sampah ke TPA menjadi lebih optimal. Penulis telah melakukan tiga macam pengujian yaitu blackbox testing, pengujian hasil dan pengujian kuisioner. Dari ketiga pengujian tersebut menyatakan bahwa sistem ini memang sangat dibutuhkan oleh Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kota Malang. Hasil dari pengujian tersebut yaitu pada blackbox testing aplikasi sudah berjalan sesuai, pengujian tersebut didapatkan hasil rute dari sistem sudah sesuai dengan bebang angkut yang tersisa, hasil kuisioner membuktikan bahwa sistem ini bermanfaat bagi petugas serta staff Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.

Kata kunci : *Ant Colony Optimization*, Sampah Kota Malang, Optimasi

1. Pendahuluan

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 6 Tahun 2012 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Daerah, Peraturan Walikota Malang Nomor 49 Tahun 2012 Tentang Uraian Tugas Pokok, Fungsi dan Tata Kerja Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Kebersihan dan Pertamanan mempunyai tugas pokok untuk melaksanakan penyusunan dan pelaksanaan kebijakan daerah di bidang kebersihan dan pertamanan. Karena semakin pesatnya populasi yang ada maka sampah yang dihasilkanpun menjadi lebih banyak dari biasanya. Berdasarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Malang, saat ini jumlah TPS (Tempat Pembuangan Sementara) yang ada di kota Malang berjumlah 68 TPS, yang terbagi atas beberapa wilayah yaitu, Kecamatan Klojen 9 TPS, Kecamatan Blimbing 17 TPS, Kecamatan Kedung Kandang 11 TPS, Kecamatan Sukun 16 TPS dan Kecamatan Lowokwaru 15 TPS dan 1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang berada di Kecamatan Sukun. Dan menurut data yang didapat, hanya terdapat 17 Unit *Dump Truck* saja yang dimiliki Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Malang. Seringkali Penentuan Rute yang diambil oleh truk pengangkut sampah yang hanya 17 unit tersebut belum efektif dalam menentukan TPS mana dahulu yang akan dituju sesuai dengan jarak tempuh terdekat yang sesuai dengan beban angkut truk sampah. Berdasarkan uraian permasalahan diatas butuh adanya optimasi rute untuk truk sampah sehingga proses penjemputan sampah ke setiap TPS dapat menjadi lebih optimal karena jarak yang ditempuh akan menjadi semakin efektif, sehingga proses distribusi sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menjadi lebih optimal.

Aplikasi dari algoritma *ant colony optimization* (ACO) sering digunakan untuk mencari solusi masalah optimasi. Algoritma ini banyak digunakan pada berbagai masalah. Selain digunakan dalam masalah optimasi rute, algoritma ACO juga digunakan pada permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Spanning Tree, Sceduling* dan lain-lain, dalam penerapannya diperlukan teknik pendekatan graf yang akan menjadikan sebuah representasi dari urutan jarak terpendek dari kasus optimasi rute yang ada. (Van der Zwaan dan Marques: 1999). Sehingga pemilihan metode *Ant Colony Optimization* sangatlah sesuai untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah menentukan jalur terpendek.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 6 Tahun 2012 tentang Organisasi dan Tata

Kerja Dinas Daerah, Peraturan Walikota Malang Nomor 49 Tahun 2012 Tentang Uraian Tugas Pokok, Fungsi dan Tata Kerja Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Kebersihan dan Pertamanan mempunyai tugas pokok untuk melaksanakan penyusunan dan pelaksanaan kebijakan daerah di bidang kebersihan dan pertamanan.

Berdasarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Malang, saat ini jumlah TPS (Tempat Pembuangan Sementara) yang ada di kota Malang berjumlah 62 TPS, yang terbagi atas beberapa wilayah yaitu, Kecamatan Klojen 9 TPS, Kecamatan Blimbing 17 TPS, Kecamatan Kedung Kandang 11 TPS, Kecamatan Sukun 10 TPS dan Kecamatan Lowokwaru 15 TPS.

2.2 Graf

Graf adalah kumpulan simpul (nodes) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (edges) [Buckley, 1990]. Suatu Graf G terdiri dari dua himpunan yaitu himpunan V dan himpunan E.

a. Verteks (simpul) : V = himpunan simpul yang terbatas dan tidak kosong

b. Edge (sisi/busur): E = himpunan busur yang menghubungkan sepasang simpul.

2.3 Ant Colony Optimization

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut melalui lintasan tersebut.

Dalam algoritma semut, diperlukan beberapa variabel dan langkah -langkah untuk menentukan jalur terpendek, yaitu:

Langkah 1:

1) Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma. Parameter-parameter yang di inisialisasikan adalah:
   1) Intensitas jejak semut antar kota dan perubahannya (τij)
   2) Banyak kota (n) termasuk x dan y (koordinat) atau dij (jarak antar kota)
   3) Tetapan siklus-semut (Q)
   4) Tetapan pengendali intensitas jejak semut (α)
   5) Tetapan pengendali visibilitas (β)
   6) Visibilitas antar kota = 1/dij (ηij)
   7) Banyak semut (m)
   8) Tetapan penguapan jejak semut (ρ)
   9) Jumlah siklus maksimum (NCmax) bersifat tetap selama algoritma dijalankan, sedangkan τij akan selalu diperbaharui harganya pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama (NC=1) sampai tercapai jumlah siklus maksimum (NC=NCmax) atau sampai terjadi konvergensi.

2) Inisialisasi kota pertama setiap semut

Setelah inisialisasi τij dilakukan, kemudian m semut ditempatkan pada kota pertama tertentu secara acak.

Langkah 2:

Pengisian kota pertama ke dalam tabu list. Hasil inisialisasi kota pertama setiap semut dalam langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama tabu list. Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama tabu list setiap semut dengan indeks kota tertentu, yang berarti bahwa setiap tabuk(1) bisa berisi indeks kota antara 1 sampai n sebagaimana hasil inisialisasi pada langkah 1.

Langkah 3:

Penyusunan rute kunjungan setiap semut ke setiap kota. Koloni semut yang sudah terdistribusi ke sejumlah atau setiap kota, akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama masing-masing sebagai kota asal dan salah satu kota-kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua masing masing, koloni semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari kota-kota yang tidak terdapat pada tabuk sebagai kota tujuan selanjutnya. Perjalanan koloni semut berlangsung terus menerus sampai semua kota satu persatu dikunjungi atau telah menempati tabuk. Jika s menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai tabuk(s) dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai {N-tabuk}, maka untuk menentukan kota tujuan digunakan persamaan probabilitas kota untuk dikunjungi sebagai berikut:

$$P_{ij}^{k} = \frac{[\tau_{ij}]^{\alpha} . [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum [\tau_{ik}]^{\alpha} . [\eta_{ik}]^{\beta}} \text{ untuk } j \in \{N - tabu_k\} \quad (1)$$

dan

$$P_{ij}^{k} = 0, \text{ untuk j lainnya} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

dengan i sebagai indeks kota asal dan j sebagai indeks kota tujuan.

Langkah 4:

a. Perhitungan panjang rute setiap semut.

Perhitungan panjang rute tertutup (length closed tour) atau Lk setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan dilakukan berdasarkan tabuk masing-masing dengan persamaan berikut:

$$L_k = \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s),tabu_k(s+1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Dengan d_{ij} adalah jarak antara kota i ke kota j yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad \text{.....(4)}$$

b. Pencarian rute terpendek

Setelah L_k setiap semut dihitung, akan didapat harga minimal panjang rute tertutup setiap siklus atau $L_{min}NC$ dan harga minimal panjang rute tertutup secara keseluruhan adalah atau L_{min}.

c. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.

Koloni semut akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada lintasan antar kota yang dilaluinya. Adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang lewat, menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_{ij}^{k} \quad \text{.....(5)}$$

dengan k_{ij} adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = \frac{Q}{L_k} \text{ untuk (i,j) } \epsilon \text{ kota asal dan kota tujuan dalam } tabu_k \quad \text{.....(6)}$$

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = 0 \text{ untuk (i,j) lainnya.} \quad \text{.....(7)}$$

Langkah 5:

a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya. Harga intensitas jejak kaki semut antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karena adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Untuk siklus selanjutnya, semut yang akan melewati lintasan tersebut harga intensitasnya telah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antarkota untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan:

$$\tau_{ij} = \rho \,.\, \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad \text{.....(8)}$$

b. Atur ulang harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota. intensitas jejak semut antar kota perlu diatur kembali agar memiliki nilai sama dengan nol.

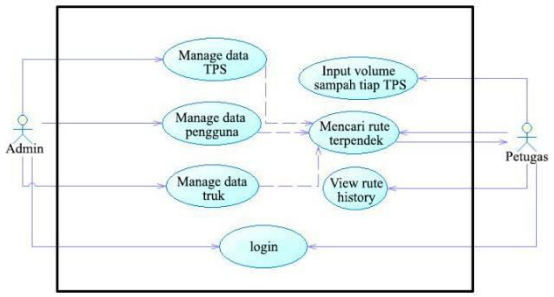
Langkah 6:

Pengosongan tabu list, dan ulangi langkah 2 jika diperlukan. Tabu list perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan kota yang baru pada siklus selanjutnya, jika jumlah siklus maksimum belum tercapai atau belum terjadi konvergensi. Algoritma diulang lagi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut antar kota yang sudah diperbaharui.

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Analisis Sistem

a) Berikut merupakan *usecase* dari sistem yang akan dibangun

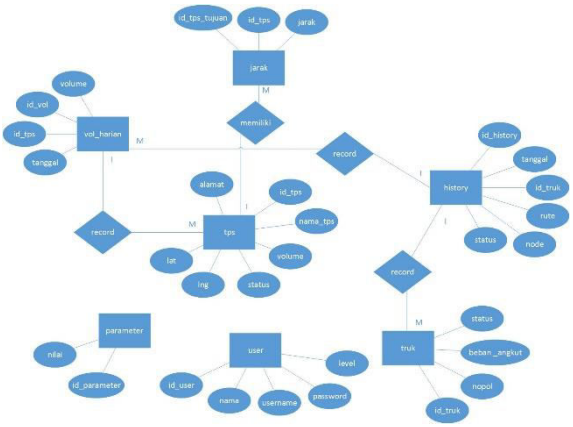


Gambar 1 Usecase

Di dalam *use case* diatas dijelaskan tugas-tugas yang dikelola oleh dua aktor yakni Admin dan Petugas.

b) *Entity Relationship Diagram* (ERD)

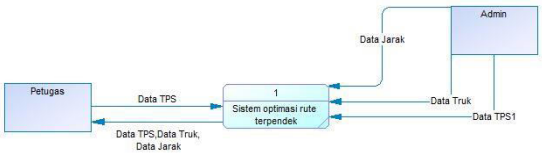
Model Entity-Relationship berisi komponen-komponen dari suatu himpunan entitas dan himpunan relasi yang masing-masing dilengkapi dengan atribut-atribut yang merepresentasikan seluruh fakta yang ditinjau sehingga dapat diketahui hubungan antara entity-entity yang ada dengan atribut-atributnya. Berikut merupakan relasi antara entity seperti Gambar 2:



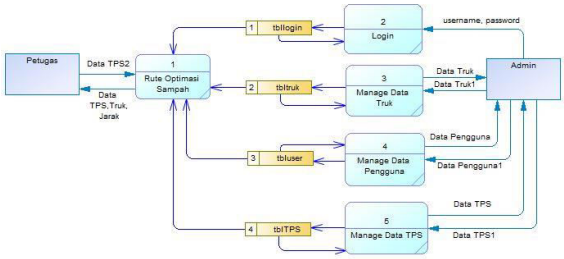
Gambar 2 *Entity Relationship Diagram* (ERD

c) Desain Proses

Berikut merupakan desain proses dari sistem yang akan dibangun. rancangan sebuah sistem yang berorientasi pada alur data bergerak. Pengguna dalam sistem ini ada 2 yaitu *admin* dan *petugas*.



Gambar 3 Data Flow Diagram level 0



Gambar 4 Data Flow Diagram level 1

4. Implementasi

4.1 Implementasi Database

Berikut ini adalah tabel yang di implementasikan pada database MYSQL dengan bantuan *interface* PHPMYADMIN. Terdapat 7 tabel yaitu tabel History, jarak, parameter, tps, truk, user dan vol_harian

4.2 Implementasi Antarmuka

Dalam perancangan sistem ini digunakan bahasa pemrograman PHP dan didukung dengan Boostrap

5. Pengujian

Pengujian dari sistem ini menggunakan 3 macam pengujian yaitu blackbox testing, pengujian hasil dan pengujian kuisioner Dari ke 3 pengujian tersebut menyatakan bahwa sistem ini memang sangat dibutuhkan oleh Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kota Malang. Hasil dari pengujian tersebut yaitu pada blackbox testing aplikasi sudah berjalan sesuai, pengujian tersebut didapatkan hasil rute dari sistem sudah sesuai dengan bebang angkut yang tersisa, hasil kuisioner membuktikan bahwa sistem ini bermanfaat bagi petugas serta staff Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Jika dilakukan perbandingan kita ambil sampel contoh pengangkutan dalam sehari yang dilakukan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang pada tanggal 21 Maret 2016 tercatat sebanyak 307 kali dalam sehari dilakukan kegiatan pengangkutan sampah jika menggunakan sistem yang ada, akan tetapi jika menggunakan sistem optimasi rute pengangkutan sampah ini tercatat penurunan jumlah pengangkutan sampah menjadi 294 kali dalam sehari, jadi ada sekitar 13 proses pengangkutan yang dapat dioptimasi dalam sehari.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

- Sistem ini dapat mengoptimasi beban angkut sisa dari tiap TPS yang ada di Kota Malang.
- Sistem optimasi rute terpendek sudah berjalan baik sesuai dengan rencana perancangan awal.
- Sistem ini sangat dibutuhkan oleh warga Kota Malang, terbukti dari hasil kuisioner dari 15 responden hampir semuanya menjawab aplikasi ini sangat berguna.

6.2 Saran

Hasil dari penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu untuk meningkatkan hasil yang dicapai beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini yaitu sistem ini masih bergantung pada jarak terpendek bukan waktu terpendek, oleh karena itu diharapkan kedepannya dapat ditambahkan rute alternative atau rute favorit sehingga waktu tempuh juga dapat dioptimasi.

Daftar Pustaka

Bucklely, F. & Harary, F., (1990): *Distance in Graph,* Addison Wesley Publishing Company.

Dorigo, M., dan Gambardella, L.., (1996): *Ant Colony System: A Cooperative learning Approach to the Traveling Salesman Problem,* Tech.Rep/IRIDIA/1996-005, Université Libre de Bruxelles, Belgium.

Mindaputra, E., (2009): *Penggunaan Algoritma Ant Colony System dalam Travelling Salesman Problem (TSP) pada PT. Eka Jaya Motor,* Semarang, Universitas Diponegoro

Himmawati dkk, (2013): *Penerapan Algoritma Semut Untuk Optimisasi Rute Distribusi Pengengkutan Sampah Di Kota Yogyakarta*, J. Sains Dasar 2013 2(1), pp. 13-19.

Hutami, D.W., Mahmudy, W.F., & Mardji (2014): *Implementasi Algoritma Nearest Insertion Heuristic dan Modified Nearest Insertion Heuristic pada Optimasi Rute Kendaraan Pengangkut Sampah (Studi Kasus: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang)*, DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 4, no. 15.

Irwansyah, C., Pinandito, A., & Mahmudy, W.F., (2014): *Pencarian Rute Angkutan Umum Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization*, DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 3, no. 10.

Zwaan, S.V.D., & Marques, C., (1999): *Ant Colony Optimisation for Job Shop Scheduling,* ISR – Instituto de Sistemas e Robótica, Instituto Superior Técnico (IST)

Wulandari, D., (2015): *Sistem Optimasi Rute Terpendek Pengangkutan Sampah di Surabaya Menggunakan Ant Colony Optimization,* Jember, Universitas Jember