

Optimasi Jalur Tercepat dengan Menggunakan Modifikasi Algoritma Bellman Ford (Studi Kasus Lintasan antar Kecamatan Kota Malang)

AgustianAji P, SholehHadi Pramono, M. Aziz Muslim

Abstract—Malang urban communities definitely choose the fastest route to achieve its destination, because it can save time, energy and fuel. However, due to Malang topography of the city included in the category of the mountains and frequent traffic jams, it will hinder a person to perform activities among sub-districts in Malang. This study proposed modification of Bellman Ford algorithm, as one method to determine the fastest path among Malang city districts. It was concluded that the journey would be quicker to save time and save fuel.

Keywords—Bellman Ford Modification, route, Save Fuel, Save Time.

Abstrak—Masyarakat kota Malang dalam melakukan perjalanan antar kecamatan pasti memilih jalur tercepat untuk mencapai tujuannya, karena dapat menghemat waktu, tenaga serta bahan bakar. Namun karena topografi kota Malang yang termasuk dalam kategori pegunungan dan sering terjadi kemacetan, maka akan menghambat seseorang untuk melakukan aktifitas antar kecamatan di kota Malang. Pada penelitian ini diusulkan modifikasi dari algoritma Bellman Ford, sebagai salah satu algoritma dalam menentukan optimasi jalur tercepat antar kecamatan kota Malang. Disimpulkan bahwa perjalanan akan lebih cepat dengan menghemat waktu dan menghemat bahan bakar.

Kata Kunci—Jalur Tercepat, Modifikasi Bellman Ford, Penghematan BBM, Penghematan Waktu.

I. PENDAHULUAN

DALAM kehidupan sehari-hari sering dilakukan perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya, sehingga diperlukan ketepatan dalam menentukan jalur terpendek antar kecamatan.

Kota Malang memiliki perkembangan yang sangat pesat dalam pertumbuhan ekonomi, sosial politik, budaya dan lain sebagainya. Salah satu penyebab pertumbuhan ini karena didorong oleh aktifitas perjalanan masyarakatnya yang tinggi. Dalam kegiatan perjalanan antar kecamatan seperti di atas masyarakat

membutuhkan pemilihan rute tercepat untuk melintas antar kecamatan dalam Kota Malang sehingga didapatkan efisiensi waktu. Dengan perbandingan jumlah jalan dan kendaraan yang tidak seimbang maka diperlukan pengetahuan bagi pengendara untuk memilih jalur alternatif agar mendapatkan jalur tercepat guna melintasi antar kecamatan di Kota Malang. Ada beberapa cara mencari optimasi lintasan tercepat untuk menghubungkan satu simpul dengan simpul yang lain diantaranya adalah algoritma Dijkstra, algoritma Semut atau Ant Colony, algoritma Floyd Warshall, algoritma Bellman Ford, algoritma Distance Vector, algoritma Ford-Fulkerson dan algoritma A-Star. Algoritma-algoritma ini dibuat untuk mencari cara yang paling efisien dan efektif untuk menganalisa pemilihan jalur tercepat dengan berbagai penambahan variabel additional [1].

Lintasan terpendek merupakan bagian dari teori graph. Jika diberikan graph berbobot, masalah jarak terpendek adalah bagaimana mendapatkan jalur pada graph yang meminimalkan jumlah bobot sisi pembentuk jalur tersebut. Persoalan ini adalah permasalahan untuk menentukan optimasi dari beberapa alternatif solusi penyelesaian yang efektif dan digunakan untuk penentuan lintasan terpendek pada suatu graph. Algoritma Bellman-Ford menghitung jarak terpendek (dari satu sumber) pada sebuah graph berbobot, dimana dari satu sumber menghitung semua jarak terpendek yang berawal dari satu titik node [2].

Jarak adalah panjang pendeknya lintasan dari satu titik awal ke suatu titik akhir. Lebar jalan adalah penampang badan jalan baik sempit atau lebar. Kondisi jalan adalah mulus dan rusaknya jalan. Tanjakan dan turunan adalah kondisi menaik atau menurun suatu jalan. Sedangkan volume kendaraan adalah kondisi kepadatan pengguna jalan baik longgar atau padat. Waktu tempuh yang cepat tentu akan lebih menghemat bahan bakar. Dasar matematis untuk mencari optimasi pemilihan jalur tercepat adalah dengan menggunakan teori graph. Graph yang digunakan adalah shortest path graph. Yaitu memilih lintasan tercepat dari satu simpul ke simpul lainnya yang berhubungan [3].

Dalam penelitian ini dipilih algoritma Bellman Ford yang akan di modifikasi Algoritma Bellman Ford pada awalnya hanya menghitung semua jalur dari titik awal ke titik akhir tujuan yang terbentuk dalam suatu graph agar ditemukan jalur terpendek berdasarkan data yang

AgustianAji P adalah Mahasiswa Program Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang 65145 Indonesia (email : tiogustian01@gmail.com).

Sholeh Hadi Pramono adalah Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Jln Mayjen Haryono No 167, Malang 65145, Indonesia

M. Aziz Muslim adalah T. C. Author is with the Electrical Engineering Departement of Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

didapat dari peta, data-data tersebut yaitu jarak jalan, titik persimpangan jalan dan koordinat tempat asal dan tujuan Waktu tempuh yang singkat dipengaruhi oleh jarak dan kecepatan sedangkan kecepatan di pengaruhi oleh lebar jalan, mulus tidaknya kondisi jalan,tanjakan dan kepadatan kendaraan. Oleh karena itu dalam penelitian ini selain jarak ditambahkan faktor-faktor lebar jalan, kondisi jalan, tanjakan dan kepadatan jalan dalam Algoritma Bellman Ford [4].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Graph

Graph adalah kumpulan simpul (node) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (edges) [4]. Suatu Graph G terdiri dari dua himpunan yaitu himpunan V dan himpunan E.

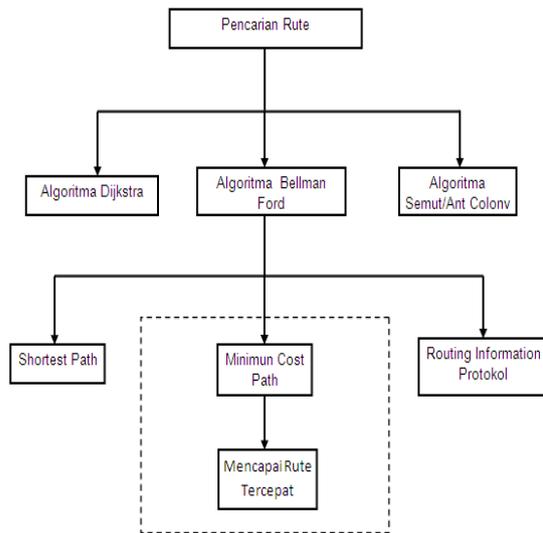
Vertex (simpul) :V = himpunan simpul yang terbatas dan tidak kosong.

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

Dapat dikatakan graph adalah kumpulan dari simpul-simpul yang dihubungkan oleh sisi-sisi.

III. KERANGKA KOSEP PENELITIAN

Penentuan jalur tercepat lintasan antar kecamatan kota Malang diperlukan beberapa input data. Pada penelitian ini digunakan data antara lain jarak, lebar jalan, kondisi jalan, tanjakan dan kepadatan yang terdapat di kota Malang.



Gambar 1 Konsep Penelitian

Data berasal dari beberapa sumber ;

- [1]. Studi literatur yang berhubungan dengan algoritma Bellman Ford dengan menghasilkan rute terpendek [1][2][3].
- [2]. Observasi kondisi lintasan antar kecamatan kota Malang.

Monitoring kondisi sebenarnya dari penggunaan

Tabel 1 Nilai bobot modifikasi Algoritma Bellman Ford

Parameter	Keterangan bobot
Lebar Jalan	0- 2=2
	3- 4=1
	5- 6=0
	7- 8=-2
	9- 16=-1
Kondisi Jalan	Mulus =0
	Bergelombang=-1
	Berlubang=1
Tanjakan	Tanjakan=1
	Datar=0
	Turunan=-1
Kepadatan	Kecil=-1
	Sedang=0
	Besar=-1

lintasan antar kecamatan

Blimbing, Kecamatan Klojen,dan Kecamatan Lowokwaru Adapun kerangka konsep penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 Bellman Ford menjadi pilihan alternatif untuk menyelesaikan jalur tercepat dan jarak terpendek. Dibawah ini adalah rumus Algoritma Bellman ford standart

$$M [i,v] = \min(M [i-1,v] , (M [i-1,n]+ Cvn.....(1)$$

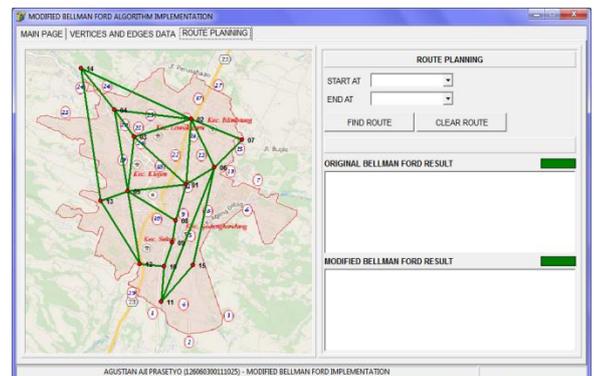
i = iterasi, v = vertex = node, n = node neighbor

Dibawah ini adalah rumus Algoritma Bellman ford dengan modifikasi

$$M [i,v] = \min(M [i-1,v] , (M [i-1,n]+ Cvn+bobot kondisi+lebar jalan+tanjakan dan kepadatan.....(2)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil penelitian diungkapkan data jalan yang mempunyai variabel panjang, lebar, kondisi jalan, kepadatan lalu lintas, dan tanjakan. Untuk pengujian optimasi jalur tercepat akan dilakukan dengan algoritma



Gambar 2 Peta Jalan Kota Malang

Bellman Ford dan algoritma Bellman Ford termodifikasi.

B. Peta Jalan

Berikut pada gambar 2 diatas Kota Malang, yang berasal dari lima kecamatan antara lain Kecamatan Lowokwaru, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Klojen, Kecamatan Kedungkandang, dan Kecamatan Sukun

C. Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar

Cara menghitung bahan bakar yang diperlukan didapatkan dari rata-rata jarak tempuh yang dihasilkan dalam menghabiskan bakar per 1 liter.

Perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan perhitungan matematika dapat dilakukan dengan menentukan jarak tempuh dibagi dengan standar bahan bakar sepeda motor rata-rata sebesar 58,8 km/liter [5].

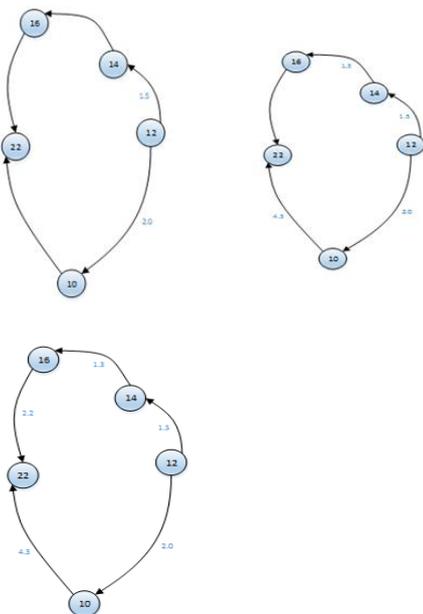
Rata rata pemakaian 1 liter bahan bakar dapat menempuh 58,5 km/liter (B-C).

Jumlah kebutuhan bahan bakar disimbolkan dengan (A=Standar bahan bakar dalam liter)

Sebagai contoh, jika jarak yang ditempuh adalah 7.2 km, maka perhitungan kebutuhan bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\frac{B - C}{A}$$

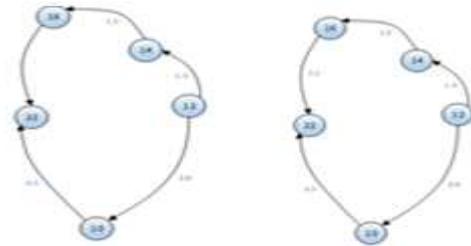
$$\frac{B - C}{A} = \frac{8,7 \text{ km}}{58,5 \text{ km/liter}} = 0,14 \text{ km/liter}$$



Gambar 3 Bellman Ford iterasi ke-1, 2 dan 3

$t = s / v = 0,3 / 40 = 0,07 \text{ jam} = 1,7 \text{ menit}$. Diasumsikan dengan kecepatan rata-rata 40 km perjam dengan jarak 1,3 km:

$t = s / v = 1,3 / 40 = 0,03 \text{ jam} = 1,9 \text{ menit}$.
Node 12 ke node 22 = $1,8 - 2 + 1 + 0 + 0 = 1,3 \text{ km}$.
Setelah dimodifikasi, dari jalur node 12 ke



Gambar 4 Bellman Ford iterasi ke-3 dan 4

D. Perhitungan dengan Bellman Ford Standar

Dengan menggunakan Algoritma Bellman Ford Standar, perhitungan untuk mencari jalur terpendek mulai node 12 ke node 22 menggunakan persamaan 5.1.

$$M_{i,v} = \min(M_{i-1,v}, M_{i-1,n} + C_{vn}) \dots \dots \dots (3)$$

Di mana i adalah iterasi, v adalah vertex (node), n adalah neighbor node, dan C adalah cost.

Langkah-langkah yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- 1. Dari node 12 ke node 22 adalah: jalur 12-10 dengan jarak 2 km, jalur 10-22 dengan jarak 4,3 km.

Kemudian dengan fungsi matematik sebagai berikut:

$$M[12,22] = \min(M[12,10], (M[10,22]))$$

$$= \min(2, 4,3)$$

$$= 2$$

Diasumsikan dengan kecepatan rata-rata 40 km per jam dengan jarak 2 km maka didapatkan sebagai berikut:

$$t = s / v = 2 / 40 = 0,05 \text{ jam} = 3 \text{ menit}$$

Diasumsikan dengan kecepatan rata-rata 40 km per jam dengan jarak tempuh 4,3 km, maka didapatkan hasil:

$$t = s / v = 4,3 / 40 = 0,107 \text{ jam} = 6,45 \text{ menit}$$

Perhitungan dengan Bellman Ford yang modifikasi

Untuk menghitung Bellman Ford yang dimodifikasi yaitu dengan menambahkan bobot kondisi jalan, lebar jalan, tanjakan dan turunan serta kepadatan lalu lintas. Berikut ini adalah tabel-tabel pembobotan masing-masing parameter.

Dengan menggunakan Algoritma Bellman Ford termodifikasi, perhitungan untuk mencari jalur tercepat mulai node 12 ke node 22 menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_{i,v} = \min(M_{i-1,v}, M_{i-1,n} + C_{vn} + \text{Kondisi} + \text{Lebar} + \text{Tanjakan} + \text{Kepadatan}) \dots \dots \dots (4)$$

D. Hasil Pengujian Bellman Ford Standart dan Bellman Ford Modifi

Dari hasil analis tabel di atas menjelaskan bahwa terdapat 2 proses, yaitu Bellman Ford Standart dan Bellman Ford Modifikasi. Dari hasil pengujian algoritma Bellman Ford modifikasi lebih baik karena

nilai yang dihasilkan lebih kecil dari nilai Bellman Ford Standart sehingga mencapai optimasi lebih baik dari contoh 5 aluryang ada di Kota Malang dari jarak,waktu dan bahan bakar yang diperlukan.

E. Pengujian Data Riil

Optimasi jalur tercepat menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi akan dibandingkan dengan hasil jalur tercepat menggunakan Algoritma Bellman Ford Standart pada validasi program berikut ini. Data validasi diambil menggunakan dua macam problem. Problem pertama adalah dari simpul 25 menuju simpul 22, sedangkan problem kedua adalah simpul 7 menuju simpul 26 dengan kecepatan rata-rata 40 km/jam.

F. Pengujian Simpul 25 Menuju Simpul 22

Dari simpul 25 menuju simpul 22 terdapat dua solusi, yaitu solusi menggunakan Algoritma Bellman Ford Standart dan solusi menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi. Dengan menggunakan Algoritma Bellman Ford Standart ditemukan rute sebagai berikut:

- [1]. Dari simpul 25 ke simpul 20, yaitu Joyo Agung menuju Sardo, dengan jarak 4 km.
- [2]. Dari simpul 20 ke simpul 19, yaitu Jalan Gajayana menuju Simpang Gajayana, dengan jarak 2.1 km.
- [3]. Dari simpul 19 ke simpul 10, yaitu Jalan I.R. Rais menuju ATM BRI Cabang Tanjung Rejo, dengan jarak 5.6 km.
- [4]. Dari simpul 10 ke simpul 22, yaitu Jalan Let. Jend. Suparman menuju Malang Dealer Service, dengan jarak 5.3 km.

Total jarak rute menggunakan Algoritma Bellman Ford Standart tersebut adalah 17 km, dengan penggunaan bahan bakar 0.29 liter dengan waktu 25,5 menit.

Sedangkan bila menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi, maka ditemukan rute sebagai berikut:

- [5]. Dari simpul 25 ke simpul 20, yaitu Joyo Agung menuju Sardo, dengan jarak 2 km.
- [6]. Dari simpul 20 ke simpul 28, yaitu Jalan M.T. Haryono menuju KPRI UB, dengan jarak 2 km.
- [7]. Dari simpul 28 ke simpul 21, yaitu Jalan Sukarno-Hatta Tengah menuju Pizza Hut, dengan jarak 4.2 km.
- [8]. Dari simpul 21 ke simpul 22, yaitu Jalan Kalpataru menuju Malang
- [9]. Dealer Service, dengan jarak 4.2 km.

G. Pengujian Simpul 7 Menuju Simpul 26

Pada pengujian kedua, dari simpul 7 menuju simpul 26 juga terdapat dua solusi, yaitu solusi menggunakan algoritma Bellman Ford Standart dan solusi menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi. Dengan menggunakan Algoritma Bellman Ford Standart ditemukan rute sebagai berikut:

Dari simpul 7 ke simpul 6, yaitu Kyai Ageng Gribig Utara menuju Masjid Agung Gribig, dengan jarak 2.4 km.

- [10]. Dari simpul 6 ke simpul 5, yaitu Masjid Agung Gribig menuju Warung Lalapan Brilian, dengan jarak 3.5 km.
- [11]. Dari simpul 5 ke simpul 9, yaitu Jalan Muharto menuju Depot Trisno, dengan jarak 4.3 km.
- [12]. Dari simpul 9 ke simpul 10, yaitu Jalan Muharto Barat menuju Cuci Motor Salju, dengan jarak 5.2 km.
- [13]. Dari simpul 10 ke simpul 22, yaitu Jalan Letjen Suparman menuju Pudi Tour Dan Travel, dengan jarak 4.4 km.
- [14]. Dari simpul 22 ke simpul 21, yaitu Jalan Kalpataru menuju Tahu Campur Lamongan, dengan jarak 3.4 km.
- [15]. Dari simpul 21 ke simpul 23, yaitu Jalan Sukarno Hatta menuju Rumah Sakit Permata Bunda, dengan jarak 5.2 km.

Dari simpul 23 ke simpul 26, yaitu Jalan Akordion menuju Coffee Legend Sumatra, dengan jarak 2.8 km.

Total jarak rute menggunakan Algoritma Bellman Ford Sandart tersebut adalah 31.2 km, dengan penggunaan bahan bakar 0.53 liter dengan waktu 46,8 menit

Sedangkan bila menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi, maka ditemukan rute sebagai berikut:

- [16]. Dari simpul 7 ke simpul 6, yaitu Kyai Ageng Gribig Utara menuju Masjid Agung Gribig, dengan jarak 1.7 km.
- [17]. Dari simpul 6 ke simpul 8, yaitu Jalan Danau Maninjau menuju Depot Maninjau, dengan jarak 2.3 km.
- [18]. Dari simpul 8 ke simpul 13, yaitu Jalan Sawojajar menuju Bengkel Cat Mobil 639, dengan jarak 3.1 km.
- [19]. Dari simpul 13 ke simpul 12, yaitu Jalan Raya Sulfat menuju ATM BCA, dengan jarak 4.8 km.
- [20]. Dari simpul 12 ke simpul 14, yaitu Jalan Sunandar Darmo menuju Daihatsu Solo Abadi, dengan jarak 1.8 km.
- [21]. Dari simpul 14 ke simpul 16, yaitu Jalan L.A. Sucipto ke STMIK PPKIA Pradya Paramitha, dengan jarak 2 km.
- [22]. Dari simpul 16 ke simpul 23, yaitu Jalan Let. Jend. Suparman ke Hartono, dengan jarak 1.9 km.
- [23]. Dari simpul 23 ke simpul 26, yaitu Jalan Akordion menuju Coffee Legend Sumatra, dengan jarak 1.8 km.

Total jarak rute menggunakan Algoritma Bellman Ford Modifikasi tersebut adalah 19.4 km, dengan penggunaan bahan bakar 0.33 liter dengan waktu 29 meni

V.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Dengan memodifikasi Algoritma Bellman-Ford dimungkinkan untuk memberikan pembobotan untuk beberapa kriteria, dibandingkan Algoritma Bellman-Ford asli yang hanya memungkinkan untuk mendefinisikan jarak tanpa kriteria tambahan.

Dengan memanfaatkan compiler Borland Delphi 7 dapat dihasilkan software optimasi menerapkan Algoritma Bellman Ford termodifikasi.

REFERENCES

- [1] Anonim Shortest Path. (1997) ,[http://www2.toki.or.id / book / Alg Design Manual / BOOK / BOOK4 NODE161.HTM](http://www2.toki.or.id/book/AlgDesignManual/BOOK/BOOK4NODE161.HTM),Tanggal Akses: 26 Desember 2006.
- [2] Bayu Aditya Pradhana, (2013), 'Studi Dan Implementasi Persoalan Lintasan Terpendek Suatu Graf Dengan Algoritma Dijkstra Dan Algoritma Bellman-Ford'.
- [3] MDobson, Simon. (2006). Weighted graphs and shortest paths: UCD School of Computer Science and Informatics. Dublin.
- [4] Fenny A., et.al., (2013), 'Penerapan Metode Algoritma Bellman-Fort dalam Aplikasi Pencarian Lokasi Perseroan Terbatas di PT. Jakarta Industrial Estate Pulogadung (PT. JIEP).
- [5] Natalia N., (2006), 'Kajian Dampak Pengembangan Pembangunan Kota Malang Terhadap Kemacetan Lalu Lintas (studi pada Pembangunan Kota Malang)', Jurnal Administrasi Publik.