

Aplikasi Algoritma Uniform Cost Search pada Permasalahan *Fastest Path* Wilayah Perkotaan

Rizky Anggita S Siregar (13519132)
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13519132@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Wilayah perkotaan yang memiliki tingkat pertumbuhan jumlah kendaraan yang sangat tinggi, tetapi tidak diikuti dengan tingkat pertumbuhan jalan yang memadai, menyebabkan permasalahan kemacetan dan waktu tempuh perjalanan yang meningkat. Rute terpendek tidak menjadi jaminan bahwa seseorang akan mencapai tujuan dengan waktu tempuh tersingkat. Rute tercepat (*fastest path*) merupakan solusi dari permasalahan tersebut dan akan dijelaskan pada makalah ini dengan harapan dapat dijadikan pertimbangan saat melakukan perencanaan rute.

Kata Kunci—*Cost, fastest, shortest, rute, jalan*

I. PENDAHULUAN

Pada proses penentuan rute, permasalahan yang sering digunakan untuk dicari solusinya adalah permasalahan *shortest path* atau rute terpendek. Diberikan sebuah graf dengan simpul adalah lokasi/koordinat dan sisi merupakan jalan yang memiliki bobot berupa jarak antara dua simpul. Kemudian akan dicari *shortest path* antara dua buah simpul yang bertujuan agar menemukan rute dengan jarak terpendek atau mendekati (tidak optimum).

Algoritma yang ada seperti BFS, DFS, UCS, A*, dan lain-lain, biasanya menggunakan jarak antara dua buah simpul sebagai *cost*. Jarak yang dimaksud adalah dalam satuan panjang, yaitu berapa meter/kilometer yang harus ditempuh untuk menuju simpul B dari simpul A. Hal ini menjadi kurang relevan, semisal untuk kasus pengguna jalan di perkotaan. Pengguna jalan tentu ingin mencapai titik tujuan dengan waktu tempuh yang paling singkat.

Menempuh perjalanan dengan rute terpendek tidak menjadi jaminan bahwa seorang pengguna jalan akan mencapai tujuannya dengan waktu yang paling singkat. Terdapat banyak faktor seperti kepadatan jalan, lebar jalan, banyaknya persimpangan dan lampu merah yang dilewati, kejadian tidak terduga seperti kecelakaan, dan lain-lain. Hal tersebut akan menyebabkan rata-rata kecepatan pengguna jalan menurun sehingga waktu tempuh akan bertambah.

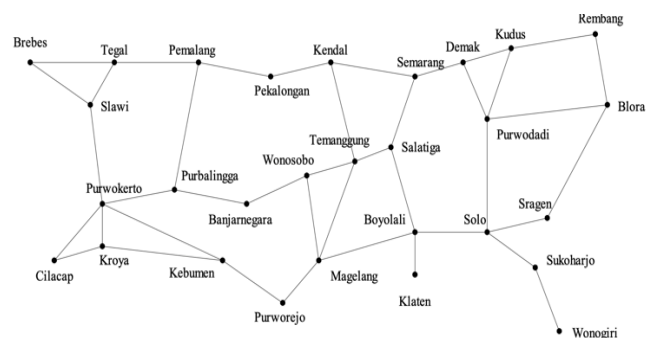
Karena permasalahan tersebut, penulis mencoba untuk mengkaji sebuah pendekatan permasalahan yang berbeda yaitu *fastest path* atau rute tercepat menggunakan algoritma Uniform Cost Search, dengan menjadikan waktu tempuh sebagai *cost* yang akan digunakan sebagai factor penentu penentuan path tercepat. Waktu tempuh tersebut merupakan estimasi yang

didapat dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang sudah disebutkan sebelumnya. Dengan demikian penulis berharap dapat memberikan kontribusi baru dalam pemecahan masalah route planning/perencanaan rute melalui kasus *fastest path* ini.

II. TEORI DASAR

A. Graf

Graf merupakan sebuah objek yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan dari objek-objek yang diskrit dan hubungan diantaranya. Persoalan terkait graf pertama kali dicetuskan oleh Leonhard Euler pada sebuah artikel ilmiah berjudul “*Seven Bridges of Konigsberg*”.



Gambar 1. Graf Keterhubungan Antarkota di Jawa Tengah
Sumber: Diktat IF2120 Matematika Diskrit– Rinaldi Munir

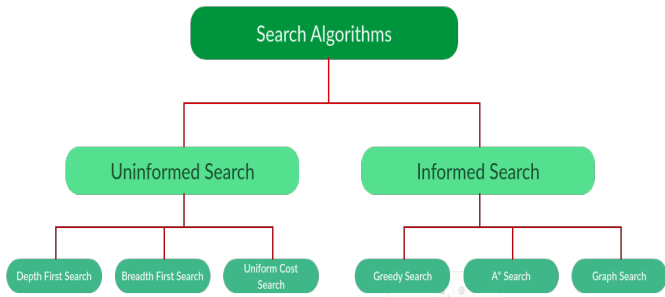
Sebuah Graf $G (V, E)$, yang terdiri dari himpunan *vertices* atau simpul, dan himpunan *edges* atau sisi. Pada gambar 1, contoh Graf Keterhubungan Antarkota di Jawa Tengah, himpunan V (simpul) adalah himpunan kota yang ada pada gambar tersebut. Kemudian himpunan E (sisi) adalah himpunan jalan yang menghubungkan tiap kota.

Aplikasi graf sangatlah mudah kita jumpai pada kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh penerapan graf seperti pada bidang elektronika perancangan rangkaian listrik, biologi rantai makanan, informatika pengujian program, dan lain-lain.

B. Algoritma Pencarian

Algoritma Uniform Cost Search (UCS) adalah salah satu jenis algoritma pencarian (*search algorithm*). Permasalahan

route planning atau perencanaan rute termasuk salah satu permasalahan yang memanfaatkan algoritma pencarian ini. Algoritma pencarian terbagi menjadi dua jenis, yaitu *uninformed search* dan *informed search* (*heuristic search*).



Gambar 2. Klasifikasi jenis Algoritma Pencarian

Sumber: <https://www.geeksforgeeks.org/search-algorithms-in-ai/>

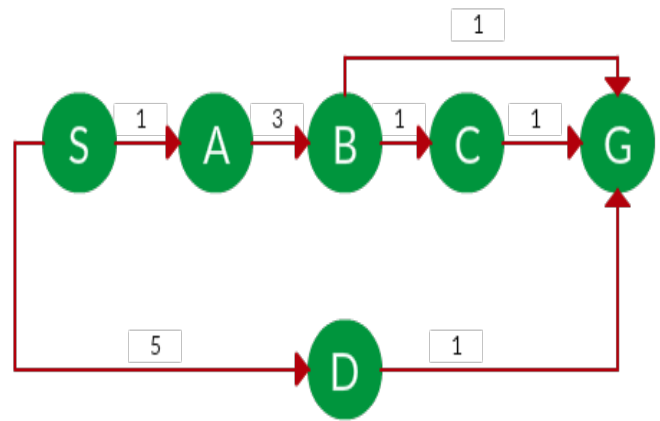
Informed Search merupakan algoritma pencarian yang memiliki informasi tambahan (*heuristic*) untuk membantu proses pencarian lebih baik dan lebih cepat. Misal pada algoritma A* dan Greedy Best Fit, pada permasalahan *shortest path* terdapat *heuristic* Straight-Line Distance (SLD) yang akan dijadikan sebagai parameter untuk menentukan simpul mana yang akan diekspan.

Uninformed Search merupakan kebalikan dari Informed Search, yaitu algoritma pencarian yang tidak memiliki informasi tambahan pada proses pencarian solusinya. Algoritma akan mencari dari node awal hingga simpul tujuan (*goal node*) dengan hanya mempertimbangkan informasi yang sudah diberikan di awal. Uninformed Search juga disebut sebagai Blind Search atau pencarian buta. Contoh algoritma jenis ini ialah Depth First Search (DFS), Breadth First Search (BFS), Depth Limited Search, Iterative Deepening Search, dan Uniform Cost Search (UCS) yang akan penulis gunakan pada makalah ini.

C. Algoritma Uniform Cost Search

Perbedaan utama antara algoritma BFS dan DFS dengan algoritma Uniform Cost Search (UCS) adalah algoritma BFS dan DFS tidak mempertimbangkan *weight*/bobot (*cost*) pada sisi antara dua buah simpul. Pada permasalahan *shortest path* dan *fastest path*, bobot tersebut tentu dibutuhkan sebagai dasar perhitungan *cost* dan penentuan rute nantinya. Pada BFS dan DFS, bobot setiap sisi dianggap sama, misal sebesar 1, sehingga semua sisi berbobot sama.

Pada algoritma UCS, untuk menentukan simpul mana yang akan diekspan dan urutan simpul hidup selanjutnya yang akan diekspan, menggunakan sebuah fungsi $g(n)$ yaitu fungsi yang menyatakan *cost* dari simpul-E (simpul Ekspan) dan simpul-simpul tetangganya.



Gambar 3. Contoh Graf Berbobot untuk kasus Algoritma UCS

Sumber: <https://www.geeksforgeeks.org/search-algorithms-in-ai/>

Misal pada contoh gambar di atas, kita akan mencari rute dengan *cost* terendah dari simpul S ke simpul G. Simpul-E saat ini yaitu simpul S dan simpul hidup (terurut berdasarkan fungsi $g(n)$) adalah tetangga dari simpul E, yaitu $\{A_{S-1}, D_{S-5}\}$. Maka kemudian simpul-E selanjutnya adalah simpul A_{S-1} , dengan himpunan simpul hidup $\{B_{SA-4}, D_{S-5}\}$. Begitu seterusnya hingga simpul G didapat sebagai simpul-E.

Algoritma UCS ini menjamin optimalitas pencarian rute dengan rute yang dihasilkan merupakan rute dengan *cost* paling minimum. *Cost* yang sering digunakan merupakan jarak antara dua buah simpul, namun pada makalah ini penulis menggunakan waktu tempuh sebagai *cost* antara dua buah simpul.

D. Fastest Path (Rute Tercepat)

Algoritma UCS sering digunakan dalam permasalahan *shortest path*, yaitu rute terpendek antara dua buah lokasi (simpul pada graf). Persoalan *fastest path* ialah permasalahan pada route planning yang bertujuan untuk menentukan rute tercepat antara dua buah lokasi. Pada makalah ini, rute yang dijadikan contoh adalah rute/jalan perkotaan, yaitu kota Medan. Rute digambarkan/direpresentasikan dalam bentuk graf berbobot, yang tiap simpulnya menyatakan sebuah lokasi dan sisinya menggambarkan jalan yang menghubungkan lokasi tersebut. Bobot pada sisi merupakan estimasi waktu tempuh/sampai (*Estimated Time Arrival-ETA*).

E. Kondisi Jalan di Wilayah Perkotaan

Jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang terdapat perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, baik berupa lahan atau hampir seluruh jalan (MKJI 1997). Saat ini laju perkembangan jalan perkotaan di Indonesia cukup rendah. Sebaliknya laju pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor terus meningkat signifikan. Data tahun 2018 menyebutkan bahwa perbandingan tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor dan jalan raya sebesar 10 banding 1.



Gambar 4. Suasana Arus Lalu Lintas
Sumber: APF Photo/Munir Uz Zaman

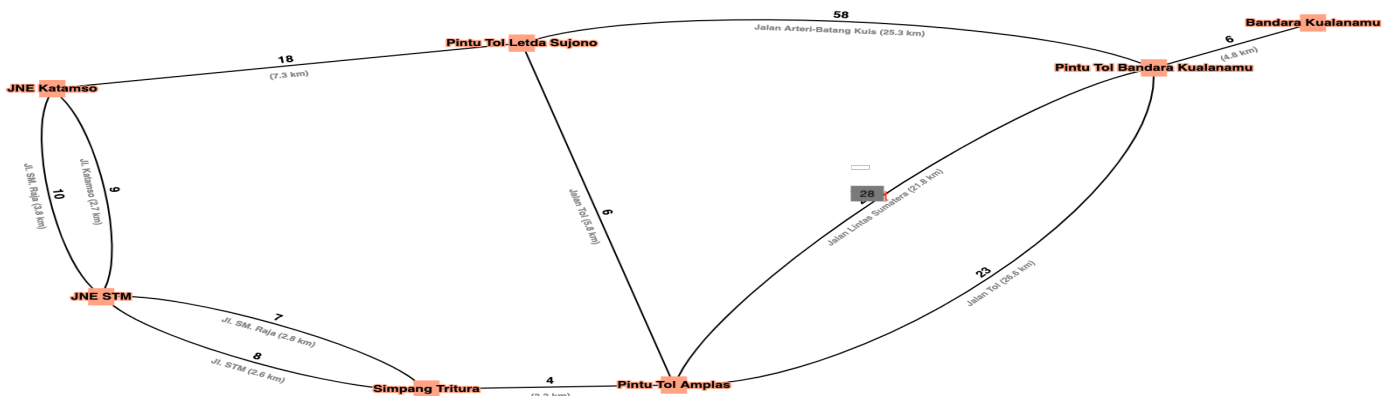
Hal tersebut tentu mengakibatkan jalanan perkotaan semakin macet dan mengakibatkan waktu tempuh mobilisasi penduduk menjadi meningkat. Pengguna kendaraan harus mampu memilih rute atau jalanan yang tepat sehingga tidak terjebak kemacetan dan mempersingkat waktu tempuh perjalanan.

Menggunakan aplikasi perencana perjalanan, seperti Google Maps dan Waze, akan sangat membantu pengguna kendaraan memilih rute terbaik. Rute terbaik akan menghasilkan rute dengan waktu tempuh terpendek (*fastest path*). Jika beberapa alternatif rute menghasilkan waktu tempuh yang sama, maka aplikasi akan merekomendasikan rute dengan jarak tempuh terpendek (*shortest path*). Dengan demikian pengguna dan tidak memperparah keadaan macet tersebut dengan melewati jalur alternatif.

III. PEMBAHASAN

Pada permasalahan *fastest path* ini, penulis mengambil contoh rute peta yang ada di kota Medan, yaitu kota penulis berada saat ini. Potongan rute yang diambil terdiri dari 6 buah titik lokasi (6 buah simpul) dan terdiri dari 11 jalanan yang menghubungkan keenam lokasi tersebut (11 buah sisi).

Gambar 5. Graf Rute Potongan Peta di Kota Medan
Sumber: Dokumen Pribadi



Pada gambar tersebut, nama pada simpul merupakan sebuah lokasi riil yang ada di kota Medan. Terdapat 6 buah simpul, JNE Katamso, JNE STM, Simpang Tritura, Pintu Tol Amplas, Pintu

Tol Letda Sujono, Pintu Tol Bandara Kualanamu, dan Bandara Kualanamu. Terdapat 11 buah sisi berbobot, yang tulisan di atas sisi merupakan estimasi waktu tempuh dalam satuan menit dan terdapat keterangan jalan yang dilalui beserta jarak dalam satuan kilometer. Misal antara JNE Katamso dan JNE STM, terdapat dua sisi yang menghubungkan, yaitu jalur yang melalui jalan Sisingamangaraja (SM. Raja) dengan estimasi waktu tempuh 9 menit dengan jarak tempuh 2.7 km dan jalur yang melalui jalan Bridjend Katamso dengan estimasi waktu tempuh 10 menit dengan jarak tempuh 3.8 km.

Data estimasi waktu tempuh dan jarak tempuh antara dua buah simpul didapat melalui aplikasi Google Maps dan Waze. Metode pencatatan jarak tempuh yang digunakan ialah jarak tempuh total antara dua buah sisi dengan cara memasukkan lokasi dua buah sisi dan mencatat jaraknya. Begitu pula dengan estimasi waktu tempuh antara dua buah sisi, penulis menggunakan data dari aplikasi Waze, yang berdasarkan pengalaman penulis lebih akurat dibandingkan Google Maps.

Waze melakukan perhitungan estimasi waktu tempuh dengan memperhitungkan rata-rata kecepatan pengendara yang melalui sebuah jalan. Rata-rata kecepatan ini dapat diperoleh dari pengguna Waze yang sedang melewati jalan tersebut secara *real-time*, sehingga tingkat akurasi yang dimiliki dianggap cukup baik dalam menghasilkan estimasi waktu tempuh.

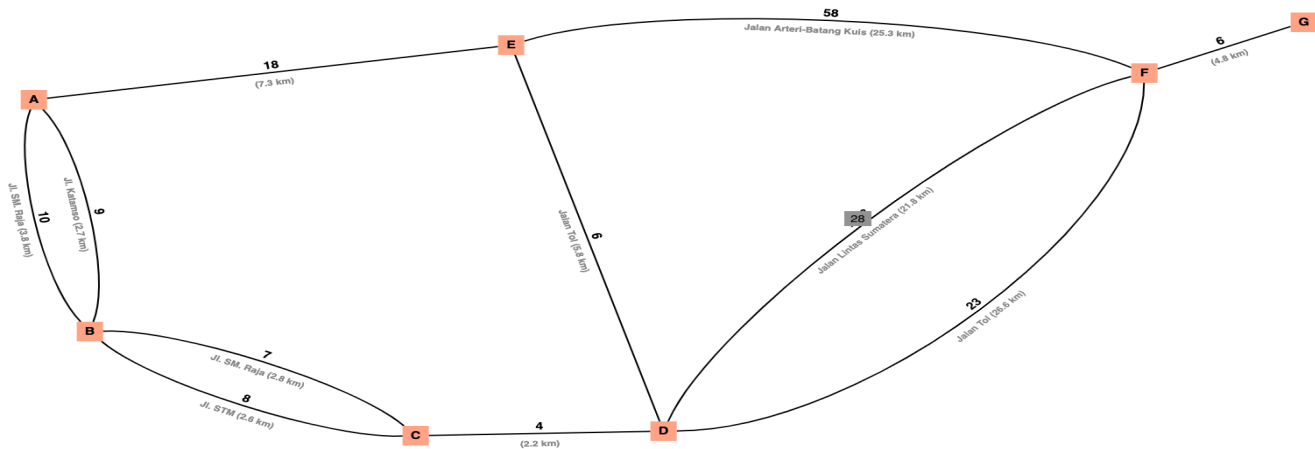
Pada pembahasan ini, penulis akan menggunakan algoritma Uniform Cost Search dalam menentukan *fastest path* antara dua buah simpul, kemudian menentukan *shortest path* antara dua buah simpul, dan kemudian melakukan komparasi dan analisa perbandingan dua permasalahan ini.

Secara garis besar, proses pemecahan permasalahan *fastest path* dan *shortest path* tidak berbeda jauh. Pada *shortest path*, fungsi $g(n)$ yaitu fungsi untuk mengevaluasi urutan simpul yang akan diekspansi didasarkan kepada jarak antara dua buah simpul. Bisa dilihat pada contoh gambar 4, misal simpul ekspansi (simpul-E) saat ini adalah {JNE STM_{Katamso-2.7}[JNE Katamso]}, JNE STM_{SMR-3.8}[JNE Katamso], Pintu Tol Letda Sujono_{7.3}[JNE Katamso]}. Urutan simpul hidup direpresentasikan sebagai *priority queue*, yang simpul dengan jarak terpendek memiliki prioritas lebih tinggi dan ditaruh di antrian terdepan. Dengan

demikian simpul berikutnya yang akan diekspansi adalah simpul JNE STM_{Katamso 2.7}[JNE Katamso]. Untuk memudahkan analisa

seterusnya, berikut merupakan graf yang nama simpulnya sudah diganti.

Gambar 6. Graf Rute Potongan Peta di Kota Medan
Sumber: Dokumen Pribadi



Persoalan *fastest path* dengan algoritma UCS akan mengekskpan simpul yang memiliki *cost* waktu tempuh terpendek dari simpul asal. Misal simpul awal adalah simpul D dan simpul tujuan adalah simpul F, maka *fastest path* adalah sisi yang memiliki waktu tempuh 23 menit yaitu melalui jalan tol, dibandingkan 28 menit jika melalui Jalan Lintas Sumatera (Jalinsum).

Jika dibandingkan dengan algoritma UCS pada persoalan shortest path, maka tentu sisi yang diambil adalah yang melalui Jalinsum karena jarak tempuhnya relatif lebih pendek yaitu 21.8 km dibandingkan melalui jalan tol dengan jarak 26.6 km.

Berikut merupakan penyelesaian *fastest path* menggunakan algoritma Uniform Cost Search, dengan titik awal adalah JNE Katamso (simpul A) dan titik tujuan adalah Pintu Tol Bandara Kualanamu (simpul F).

Tabel 1. Uniform Cost Search – *Fastest Path*

Simpul-E	Simpul Hidup
A	$B_{\text{Katamso-9}}[A]$, $B_{\text{SMR-10}}[A]$, $E_{18}[A]$
$B_{\text{Katamso-9}}[A]$	$B_{\text{SMR-10}}[A]$, $C_{\text{SMR-16}}[A_{\text{Katamso-9}}]$, $C_{\text{STM-17}}[A_{\text{Katamso-9}}]$, $E_{18}[A]$
$B_{\text{SMR-10}}[A]$	$C_{\text{SMR-16}}[A_{\text{Katamso-9}}]$, $C_{\text{STM-17}}[A_{\text{Katamso-9}}]$, $C_{\text{SMR-17}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $C_{\text{STM-18}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $E_{18}[A]$
$C_{\text{SMR-16}}[A_{\text{Katamso-9}}]$	$C_{\text{STM-17}}[A_{\text{Katamso-9}}]$, $C_{\text{SMR-17}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $C_{\text{STM-18}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $E_{18}[A]$, $D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$

$C_{\text{STM-17}}[A_{\text{Katamso-9}}]$	$C_{\text{SMR-17}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $C_{\text{STM-18}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $E_{18}[A]$, $D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$, $D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$
$C_{\text{SMR-17}}[A_{\text{SMR-10}}]$	$C_{\text{STM-18}}[A_{\text{SMR-10}}]$, $E_{18}[A]$, $D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$, $D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$, $D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$
$C_{\text{STM-18}}[A_{\text{SMR-10}}]$	$E_{18}[A]$, $D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$, $D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$, $D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$, $D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$
$E_{18}[A]$	$D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$, $D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$, $D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$, $D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$, $D_{24}[A_{\text{E18}}]$, $F_{76}[A_{\text{E18}}]$
$D_{20}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}]$	$D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$, $D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$, $D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$, $D_{24}[A_{\text{E18}}]$, $F_{\text{Tol-43}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Arteri-48}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{76}[A_{\text{E18}}]$
$D_{21}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}]$	$D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$, $D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$, $D_{24}[A_{\text{E18}}]$, $F_{\text{Tol-43}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Tol-44}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Arteri-48}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Arteri-49}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{76}[A_{\text{E18}}]$
$D_{21}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}]$	$D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$, $D_{24}[A_{\text{E18}}]$, $F_{\text{Tol-43}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Tol-44}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Tol-44}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Arteri-48}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Arteri-49}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Arteri-49}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}D_{21}]$, $F_{76}[A_{\text{E18}}]$
$D_{22}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}]$	$D_{24}[A_{\text{E18}}]$, $F_{\text{Tol-43}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Tol-44}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Tol-44}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Tol-45}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}D_{22}]$, $F_{\text{Arteri-48}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{SMR-16}}D_{20}]$, $F_{\text{Arteri-49}}[A_{\text{Katamso-9}}C_{\text{STM-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Arteri-49}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{SMR-17}}D_{21}]$, $F_{\text{Arteri-50}}[A_{\text{SMR-10}}C_{\text{STM-18}}D_{22}]$, $F_{76}[A_{\text{E18}}]$

D₂₄[AE₁₈]	F _{Tol-43} [AB _{Katamso-9} C _{SMR-16} D ₂₀], F _{Tol-44} [AB _{Katamso-9} C _{STM-17} D ₂₁], F _{Tol-44} [AB _{SMR-10} C _{SMR-17} D ₂₁], F _{Tol-45} [AB _{SMR-10} C _{STM-18} D ₂₂], F _{Tol-47} [AE ₁₈], F _{Arteri-48} [AB _{Katamso-9} C _{SMR-16} D ₂₀], F _{Arteri-49} [AB _{Katamso-9} C _{STM-17} D ₂₁], F _{Arteri-49} [AB _{SMR-10} C _{SMR-17} D ₂₁], F _{Arteri-50} [AB _{SMR-10} C _{STM-18} D ₂₂], F _{Arteri-52} [AE ₁₈], F ₇₆ [AE ₁₈]
F_{Tol-43}[AB_{Katamso-9}C_{SMR-16}D₂₀]	SOLUSI FASTEST PATH

Pada ekspan simpul A, terdapat 3 alternatif simpul yang akan diekspan yaitu simpul B melalui Jl. Brigjend Katamso (Katamso), simpul B melalui Jl. Sisingamangaraja (SMR), dan simpul E. Masing-masing memiliki waktu tempuh 9, 10, dan 18 menit. Dengan algoritma UCS maka simpul dengan *cost* terendah yang akan diekspan berikutnya adalah simpul B_{SMR-9} karena memiliki *cost* waktu tempuh terkecil. Demikian seterusnya ekspansi akan terus dilakukan dengan urutan *cost* terkecil dari simpul awal (simpul A) yang akan diekspan terlebih dahulu.

Setelah dilakukan pencarian rute tercepat dari simpul A ke simpul F, didapat bahwa rute tercepat adalah rute [A→B_{Katamso-9}→C_{SMR-16}→D₂₀→F_{Tol-43}], yaitu dari simpul A ke simpul B melalui jalan Katamso, ke simpul C melalui jalan Sisingamangaraja, ke simpul D, dan ke simpul F melalui jalan tol. Waktu tempuh atau *cost* adalah 43 menit dan merupakan solusi optimal.

Kemudian untuk membandingkan dengan algoritma UCS pada permasalahan *shortest path*, berikut merupakan pencarian rute terpendek dari simpul A ke simpul F.

Tabel 2. Uniform Cost Search – *Shortest Path*

Simpul-E	Simpul Hidup
A	B _{Katamso-2.7} [A], B _{SMR-3.8} [A], E _{7.3} [A]
B_{Katamso-2.7}[A]	B _{SMR-3.8} [A], C _{STM-5.3} [AB _{Katamso-2.7}], C _{SMR-5.5} [AB _{Katamso-9}], E _{7.3} [A]
B_{SMR-3.8}[A]	C _{STM-5.3} [AB _{Katamso-2.7}], C _{SMR-5.5} [AB _{Katamso-2.7}], C _{STM-6.4} [AB _{SMR-3.8}], C _{SMR-6.6} [AB _{SMR-3.8}], E _{7.3} [A]
C_{STM-5.3}[AB_{Katamso-2.7}]	C _{SMR-5.5} [AB _{Katamso-2.7}], C _{STM-6.4} [AB _{SMR-3.8}], C _{SMR-6.6} [AB _{SMR-3.8}], E _{7.3} [A], D _{7.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3}]
C_{SMR-5.5}[AB_{Katamso-2.7}]	C _{STM-6.4} [AB _{SMR-3.8}], C _{SMR-6.6} [AB _{SMR-3.8}], E _{7.3} [A], D _{7.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3}], D _{7.7} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5}]
C_{STM-6.4}[AB_{SMR-3.8}]	C _{SMR-6.6} [AB _{SMR-3.8}], E _{7.3} [A], D _{7.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3}], D _{7.7} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5}], D _{8.6} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4}]

C_{SMR-6.6}[AB_{SMR-3.8}]	E _{7.3} [A], D _{7.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3}], D _{7.7} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5}], D _{8.6} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4}], D _{8.8} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6}]
E_{7.3}[A]	D _{7.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3}], D _{7.7} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5}], D _{8.6} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4}], D _{8.8} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6}], D _{13.1} [AE _{7.3}], F _{32.6} [AE _{7.3}]
D_{7.5}[AB_{Katamso-2.7}C_{STM-5.3}]	D _{7.7} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5}], D _{8.6} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4}], D _{8.8} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6}], D _{13.1} [AE _{7.3}], F _{32.6} [AE _{7.3}], F _{Arteri-29.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Tol-34.1} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}]
D_{7.7}[AB_{Katamso-2.7}C_{SMR-5.5}]	D _{8.6} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4}], D _{8.8} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6}], D _{13.1} [AE _{7.3}], F _{32.6} [AE _{7.3}], F _{Arteri-29.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Arteri-29.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Tol-34.1} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Tol-34.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}]
D_{8.6}[AB_{SMR-3.8}C_{STM-6.4}]	D _{8.8} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6}], D _{13.1} [AE _{7.3}], F _{32.6} [AE _{7.3}], F _{Arteri-29.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Arteri-29.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Arteri-30.4} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}], F _{Tol-34.1} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Tol-34.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Tol-35.2} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}]
D_{8.8}[AB_{SMR-3.8}C_{SMR-6.6}]	D _{13.1} [AE _{7.3}], F _{32.6} [AE _{7.3}], F _{Arteri-29.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Arteri-29.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Arteri-30.4} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}], F _{Arteri-30.6} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6} D _{8.8}], F _{Tol-34.1} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Tol-34.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Tol-35.2} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}], F _{Tol-35.3} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6} D _{8.8}]
D_{13.1}[AE_{7.3}]	F _{32.6} [AE _{7.3}], F _{Arteri-29.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Arteri-29.5} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Arteri-30.4} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}], F _{Arteri-30.6} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6} D _{8.8}], F _{Tol-34.1} [AB _{Katamso-2.7} C _{STM-5.3} D _{7.5}], F _{Tol-34.3} [AB _{Katamso-2.7} C _{SMR-5.5} D _{7.7}], F _{Arteri-34.9} [AE _{7.3} D _{13.1}], F _{Tol-35.2} [AB _{SMR-3.8} C _{STM-6.4} D _{8.6}], F _{Tol-35.3} [AB _{SMR-3.8} C _{SMR-6.6} D _{8.8}], F _{Tol-39.7} [AE _{7.3} D _{13.1}]
F_{32.6}[AE_{7.3}]	SOLUSI SHORTEST PATH

Setelah dilakukan pencarian rute tercepat dari simpul A ke simpul F, didapat bahwa rute tercepat adalah rute A→E_{7.3}→F_{32.6} yaitu dari simpul A ke simpul E kemudian ke simpul F. Jarak tempuh atau *cost* adalah 32.6 km dan merupakan solusi optimal untuk permasalahan *shortest path* tersebut.

Jika dibandingkan antara *fastest path* dan *shortest path* pada jalanan perkotaan kota Medan, didapatkan hasil bahwa *shortest path* tidak menjamin *fastest path* pada rute tertentu. Dari contoh di atas, rute JNE Katamso – Pintu Tol Bandara Kualanamu memiliki jalur dengan rute terpendek sepanjang 32.6 km, tetapi rute ini memiliki waktu tempuh 76 menit. Untuk rute yang sama,

jalur dengan rute tercepat dapat ditempuh selama 43 menit dengan jarak tempuh 34.3 km. Demikian sebaliknya bahwa *fastest path* juga tidak menjamin *shortest path* dengan alasan sama seperti sebelumnya.

Hal ini dapat terjadi karena pada jalanan perkotaan, terdapat banyak faktor-faktor yang mempengaruhi waktu tempuh dari sebuah perjalanan. Tidak seperti daerah pedesaan atau wilayah yang belum berkembang pesat, perkotaan memiliki banyak persimpangan jalan. Banyaknya persimpangan jalan ini dapat mengakibatkan meningkatnya waktu tempuh perjalanan dari sebuah titik ke titik lain.

Faktor-faktor lain yang menyebabkan waktu tempuh perjalanan meningkat seperti lamanya waktu tunggu lampu lalu lintas, padatnya jumlah dan volume kendaraan, lebar jalan yang tidak memadai, kejadian luar biasa seperti kecelakaan, banjir, dan lain-lain. Hal-hal tersebut dapat mengakibatkan rute yang sebenarnya memiliki jarak tempuh yang pendek tetapi memiliki waktu tempuh yang lama, sehingga akan lebih efektif jika mengambil rute alternatif dengan waktu tempuh lebih singkat.

Seperti pada contoh di atas, misalkan seorang kurir JNE ingin mengantar barang ke bandara. Jika dia mengacu kepada jarak tempuh terpendek maka dia akan menempuh jalur dengan jarak tempuh terpendek 32.7 km dengan waktu tempuh 76 menit. Tentu hal ini tidak diinginkan karena waktu tempuh tersebut dapat merugikan perusahaan seperti keterlambatan pengiriman paket, sumber daya yang terpakai tidak efisien, dll. Jika kurir tersebut berfokus kepada waktu terpendek maka dia akan menempuh rute dengan waktu tempuh tersingkat yaitu 43 menit dengan jarak tempuh 32.6 km.

Perbedaan waktu yang cukup signifikan menjadi alasan bahwa *fastest path* lebih disukai daripada *shortest path* pada kasus tersebut karena selisih waktu sebesar 33 menit merupakan hal yang sangat berharga pada perusahaan ekspedisi dan kurir tersebut. Dengan demikian *fastest path* menjadi solusi yang lebih baik dibandingkan *shortest path* pada jalanan perkotaan.

IV. KESIMPULAN

Dengan tingginya tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor yang tidak sebanding dengan pertumbuhan jumlah jalan di perkotaan, memilih rute terbaik untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain merupakan hal yang penting dan akan berdampak signifikan terhadap aktivitas masyarakat perkotaan sehari-hari. Kecepatan dan waktu tempuh dalam mobilisasi masyarakat termasuk faktor dalam kemajuan perekonomian masyarakat. Memilih rute terpendek (*shortest path*) tidak menjamin seseorang akan mencapai tujuannya dalam waktu yang paling cepat.

Dengan memilih rute tercepat (*fastest path*) ketika akan melakukan atau merencanakan sebuah perjalanan maka akan berdampak baik dan signifikan terhadap hal-hal lain. Dengan menurunnya waktu tempuh maka waktu yang dihemat dapat dipergunakan untuk melakukan aktivitas lain sehingga dapat meningkatkan produktivitas masyarakat. Ketika produktivitas

masyarakat meningkat maka roda perekonomian juga semakin cepat berputar.

V. VIDEO LINK DI YOUTUBE

<https://youtu.be/Z--6uIKQkP8>

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Allah Subhana Wata'ala Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunianya penulis mampu menyelesaikan makalah ini.

Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang memberikan dukungan baik dukungan moral dan moril dalam menjalani kehidupan terkhusus perkuliahan di Institut Teknologi Bandung

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para pengajar pengampu mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma Semester Genap 2020/2021, terkhusus kepada Bapak Dwi Hendratmo Widyantoro sebagai pengajar penulis di K-03 Teknik Informatika 2019 dan kepada Bapak Rinaldi Munir sebagai koordinator mata kuliah ini.

Terakhir penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman penulis yang selalu membantu dan mendukung selama menjalani perkuliahan di ITB.

REFERENSI

- [1] <https://www.geeksforgeeks.org/search-algorithms-in-ai/>, diakses pada 9 Mei 2021
- [2] <https://www.merdeka.com/uang/pemerintah-catat-perbandingan-pertumbuhan-kendaraan-jalan-raya-saat-ini-capai-101.html>, diakses pada 9 mei 2021
- [3] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/stima20-21.htm>, diakses pada 8-11 Mei 2021
- [4] <https://stackoverflow.com/questions/3825142/fastest-path-algorithm>, diakses pada 10 Mei 2021
- [5] <https://www.javatpoint.com/ai-uninformed-search-algorithms>, diakses pada 11 Mei 2021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Medan, 11 Mei 2021



Rizky Anggita S Siregar
13519132