

**Gambar 1-2: Rute Transjakarta Busway**  
 sumber: <http://www.transjakarta.co.id/images>

Penentuan harga dari KRL Commuter Line berbeda dengan penentuan harga untuk bus Transjakarta. KRL Commuter Line menggunakan tarif progresif berdasarkan jarak dengan mengenakan tarif Rp2.000,00 untuk 25 kilometer pertama, dan akan ditambahkan Rp1.000,00 untuk 10 kilometer berikutnya. Perhitungan ini menggunakan rute terpendek dari stasiun asal ke stasiun tujuan. Sementara bus Transjakarta mengenakan tarif Rp2.000,00 pada pukul 05.00 hingga 07.00 dan tarif Rp3.500,00 pada waktu selain 05.00-07.00.

Pemerintah juga bertindak sedemikian rupa sehingga terjadi integrasi antar moda transportasi di Jakarta. Beberapa halte busway/halte Transjakarta dibuat terintegrasi dengan stasiun KRL Commuter Line. Sebagai contoh, Halte Cikoko Stasiun Cawang dengan Stasiun Cawang, Halte Dukuh Atas dengan Stasiun Sudirman, Halte Manggarai dengan Stasiun Manggarai, dan Halte Stasiun Jatinegara, Halte Pasar Jatinegara dengan Stasiun Jatinegara.

Pada makalah ini, penulis akan membahas mengenai pencarian rute terbaik KRL Commuter Line dan bus Transjakarta. Rute terbaik yang dimaksud tidak hanya terpendek, namun juga termurah. Oleh karena itu, penulis menggunakan penggabungan algoritma Brute Force dalam Exhaustive Search dan algoritma A Star untuk memenuhi kebutuhan tersebut

## II. TEORI DASAR

### A. Algoritma Brute Force

Algoritma Brute Force adalah metode yang paling sederhana untuk menyelesaikan masalah. Algoritma Brute Force memiliki pengertian pendekatan yang bersifat *straightforward* untuk menyelesaikan masalah. Algoritma Brute Force menyentuh langsung ke masalah sehingga cara penyelesaiannya sederhana, langsung, dan jelas. Algoritma ini bersifat "tidak cerdas" dan tidak efektif. Meskipun demikian, seringkali algoritma Brute Force dibutuhkan untuk dibandingkan dengan algoritma-algoritma lainnya.

### B. Exhaustive Search

Exhaustive Search adalah teknik pencarian solusi secara Brute Force untuk masalah pencarian elemen. Metode yang digunakan pada Exhaustive Search adalah:

1. Enumerasi semua kemungkinan solusi
2. Evaluasi semua kemungkinan solusi dan simpan solusi terbaik yang ditemukan selama ini (*the best solution found so far*)
3. Setelah pencarian berakhir, umumkan solusi terbaik

Exhaustive Search sangatlah berguna dalam mencari solusi di saat kita tidak mengerti algoritma lainnya

### C. Algoritma A Star

Algoritma A\* (A Star) adalah algoritma yang populer untuk pencarian rute terpendek. Algoritma ini dirancang sebagai pengembangan dari algoritma Dijkstra yang diperkenalkan oleh Dijkstra sebelumnya. Algoritma ini dirancang untuk menghindari rute-rute mahal yang sudah diketahui secara heuristik. Algoritma ini juga dirancang sedemikian rupa sehingga halangan/masalah yang ada bisa dihindari sebelum bertemu dengan halangan/masalah tersebut dalam pencarian solusi. Algoritma ini menggunakan nilai-nilai heuristik yang sudah diketahui sebelumnya.

Penyelesaian menggunakan algoritma A\* mirip dengan algoritma Greedy First Search, dimana akan dicari nilai yang maksimal/minimal. Tetapi algoritma A\* menggunakan nilai heuristik yang *admissible* sehingga hasil yang dicapai akan optimal. Keoptimalan algoritma A\* dikarenakan nilai yang dipakai adalah biaya untuk mencapai n dan estimasi biaya dari n untuk mencapai tujuan. Hal ini berbeda dengan algoritma Greedy First Search yang hanya memakai nilai biaya mencapai n.

Dari pernyataan di atas, bobot setiap simpul n dapat dinyatakan dengan rumus berikut

$$f(n) = c(n) + h(n)$$

dimana  $f(n)$  = bobot simpul n;  $c(n)$  = cost menuju simpul n;  $h(n)$  = nilai heuristik dari simpul n untuk mencapai tujuan.

### D. Admissible Heuristic

Nilai heuristik estimasi biaya dari n untuk mencapai tujuan  $h(n)$  dapat diterima (*admissible heuristic*) jika  $h(n) \leq h^*(n)$  dimana  $h^*(n)$  adalah nilai biaya sebenarnya dari n untuk mencapai tujuan. Nilai heuristik tersebut tidak akan melebihi nilai sebenarnya karena akan menyalahi hasil pencarian apabila nilai tersebut terlalu tinggi/melebihi nilai sebenarnya.

## III. PENERAPAN EXHAUSTIVE SEARCH DAN ALGORITMA A STAR DALAM PENENTUAN RUTE TERBAIK

Ketika seseorang sudah memilih stasiun/halte asal dan stasiun/halte tujuan, kita harus menggambarkan pohon dari kemungkinan-kemungkinan yang ada, baik transit antara jalur KRL, transit antara koridor Transjakarta, maupun perpindahan antara KRL-Transjakarta maupun sebaliknya. Kita juga harus berpikir bahwa ada banyak halte Transjakarta yang terintegrasi dengan stasiun KRL Commuter Line sehingga halte dan stasiun tersebut dianggap sama. Dalam pohon, pengintegrasian ini bisa direpresentasikan dalam satu simpul.

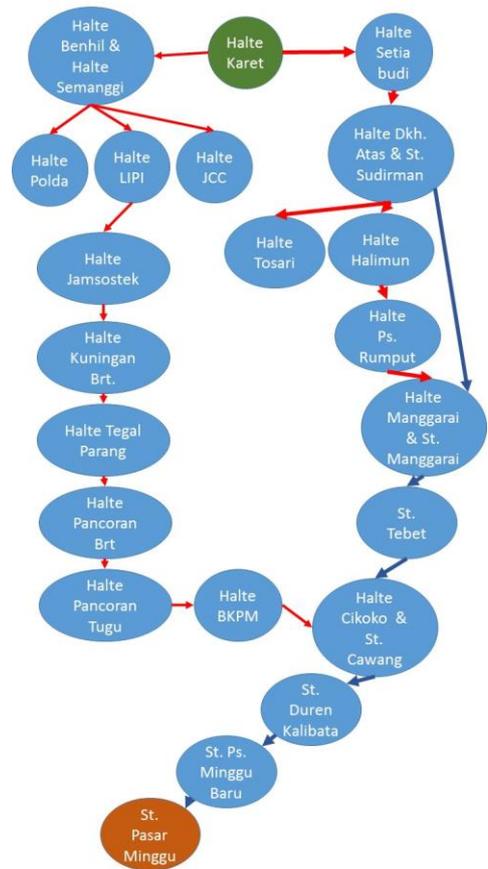
Biaya yang dihitung dalam perhitungan ini adalah jarak dari stasiun/halte awal ke stasiun/halte n. Sementara nilai heuristik yang digunakan adalah jarak dari stasiun/halte n ke stasiun/halte tujuan dihitung jika ditarik garis lurus. Dalam pencarian ini, prioritas utama adalah jarak terpendek, kemudian harga termurah.

Sebagai contoh, seseorang ingin berangkat dari Halte Busway Karet menuju ke Stasiun Pasar Minggu.



Gambar 3-1: Peta rute KRL dan Transjakarta dari Halte Karet menuju Stasiun Pasar Minggu  
Sumber: maps.google.com

Dari peta tersebut, dapat digambarkan graf sebagai berikut



Gambar 3-2: Graf rute Halte Karet menuju Stasiun Pasar Minggu

A. Menemukan Rute Pertama dengan dari Stasiun/Halte Asal

Jarak heuristik tersebut merupakan jarak garis lurus antara stasiun/halte tersebut dengan Stasiun Pasar Minggu. Data tersebut diambil dari pengukuran melalui Google Earth.

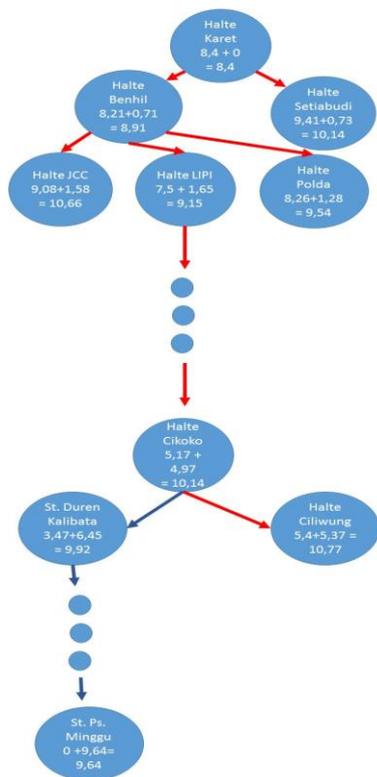
| Stasiun/Halte                          | Jarak Heuristik ke St. Pasar Minggu |
|--|-------------------------------------|
| Halte Karet                            | 8,4 km                              |
| Halte Bendungan Hilir / Halte Semanggi | 8,21 km                             |
| Halte Polda                            | 8,26 km                             |
| Halte Senayan JCC                      | 9,08 km                             |
| Halte LIPI                             | 7,51 km                             |
| Halte SetiaBudi                        | 9,41 km                             |
| Halte Dukuh Atas / St. Sudirman        | 9,79 km                             |
| Halte Halimun                          | 9,27 km                             |
| Halte Pasar Rumpun                     | 9,01 km                             |
| Halte Manggarai / St. Manggarai        | 8,86 km                             |
| Halte Jamsostek                        | 6,76 km                             |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Halte Kuningan Barat      | 6,07 km |
| Halte Tegal Parang        | 5,83 km |
| Halte Pancoran Barat      | 5,4 km  |
| Halte Pancoran Tugu       | 5,22 km |
| Stasiun Tebet             | 7,17 km |
| Halte Tebet BKPM          | 5,17 km |
| Halte Cikoko / St. Cawang | 5,17 km |
| Halte Cawang Ciliwung     | 5,4 km  |
| St. Duren Kalibata        | 3,47 km |
| St. Pasar Minggu Baru     | 2,96 km |
| St. Pasar Minggu          | 0 km    |

**Tabel 3-1 Daftar Jarak Garis Lurus Stasiun/Halte dengan Stasiun Pasar Minggu**

Berdasarkan data tersebut dapat dibuat pohon yang merepresentasikan pemilihan jalur secara algoritma A Star dengan memilih simpul yang bobotnya terkecil. Bobot tersebut merupakan penjumlahan jarak heuristik dengan jarak yang sudah ditempuh.

Dengan demikian, kita dapat membuat pohon sebagai berikut.



**Gambar 3-3: Pohon yang dibentuk algoritma A Star dari Halte Karet ke Stasiun Pasar Minggu**

Dengan cara tersebut kita akan mendapatkan rute seperti berikut.

- Dari Halte Karet, gunakan bus Transjakarta menuju Halte Bendungan Hilir
- Di Halte Bendungan Hilir, transit ke Halte Semanggi
- Dari Halte Semanggi, gunakan bus Transjakarta menuju Halte Cikoko
- Di Halte Cikoko, transit ke Stasiun Cawang
- Dari Stasiun Cawang, gunakan KRL Commuter Line menuju Stasiun Pasar Minggu

Karena perjalanan KRL tidak mencapai 25 kilometer, tarif KRL Commuter Line hanya Rp2.000,00. Rute tersebut dapat ditempuh dengan ongkos/tarif = Rp3.500,00 + Rp2.000,00 = Rp5.500,00. Diasumsikan waktunya adalah selain pukul 05.00-07.00.

**B. Menemukan Rute Kedua dari Stasiun/Halte Tujuan**

Kita juga harus menemukan rute kedua karena rute terbaik bukan hanya berdasarkan jarak terpendek saja, melainkan juga harga termurah. Oleh karena itu, langkah-langkah pada poin A diulangi dengan awal dari stasiun/halte tujuan.

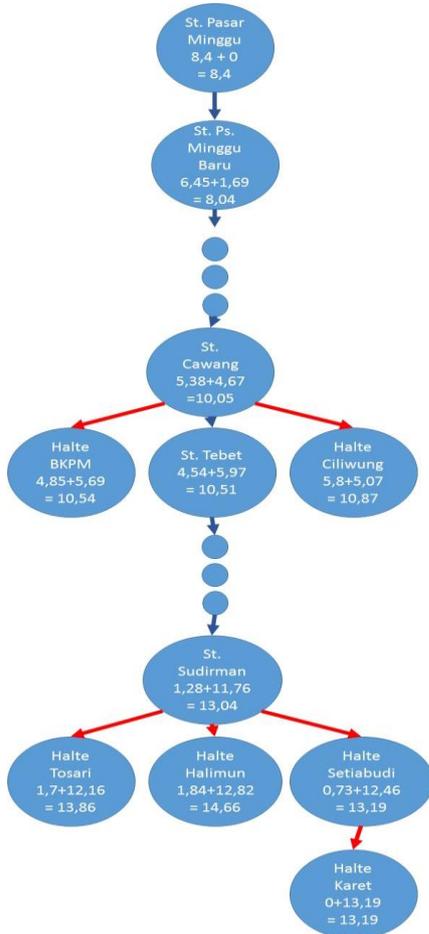
Jarak heuristik yang digunakan adalah jarak dari stasiun/halte menuju Halte Karet. Data tersebut diambil dari pengukuran menggunakan Google Earth.

| Stasiun/Halte                          | Jarak Heuristik ke Halte Karet |
|--|--------------------------------|
| Halte Karet                            | 0 km                           |
| Halte Bendungan Hilir / Halte Semanggi | 0,71 km                        |
| Halte Polda                            | 1,28 km                        |
| Halte Senayan JCC                      | 1,21 km                        |
| Halte LIPI                             | 1,54 km                        |
| Halte Setiabudi                        | 0,73 km                        |
| Halte Dukuh Atas / St. Sudirman        | 1,28 km                        |
| Halte Halimun                          | 1,84 km                        |
| Halte Tosari                           | 1,7 km                         |
| Halte Pasar Rumput                     | 2,68 km                        |
| Halte Manggarai / St. Manggarai        | 3,37 km                        |
| Halte Jamsostek                        | 2,26 km                        |
| Halte Kuningan Barat                   | 2,62 km                        |
| Halte Tegal Parang                     | 3,03 km                        |
| Halte Pancoran Barat                   | 3,73 km                        |
| Halte Pancoran Tugu                    | 4,26 km                        |
| Stasiun Tebet                          | 4,54 km                        |
| Halte Tebet BKPM                       | 4,85 km                        |
| Halte Cikoko / St. Cawang              | 5,38 km                        |
| Halte Cawang Ciliwung                  | 5,8 km                         |
| St. Duren Kalibata                     | 6,14 km                        |

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| St. Pasar Minggu Baru | 6,45 km |
| St. Pasar Minggu      | 8,4 km  |

**Tabel 3-2 Daftar Jarak Garis Lurus Stasiun/Halte dengan Halte Karet**

Dengan cara yang sama dengan langkah-langkah pada poin A, kita dapat membuat pohon sebagai berikut.



**Gambar 3-4: Pohon yang dibentuk algoritma A Star dari Stasiun Pasar Minggu ke Halte Karet**

Dengan cara tersebut kita akan mendapatkan rute yang kemudian kita balik menjadi seperti berikut.

- Dari Halte Karet, gunakan bus Transjakarta menuju Halte Dukuh Atas
- Di Halte Dukuh Atas, transit ke Stasiun Sudirman
- Dari Stasiun Sudirman, gunakan KRL Commuter Line menuju Stasiun Pasar Minggu

Karena perjalanan KRL tidak mencapai 25 kilometer, tarif KRL Commuter Line hanya Rp2.000,00. Rute tersebut dapat ditempuh dengan ongkos/tarif = Rp3.500,00 + Rp2.000,00 = Rp5.500,00. Diasumsikan waktunya adalah selain pukul 05.00-07.00.

**C. Penarikan Rute Terbaik dengan Exhaustive Search**

Telah didapatkan dua rute terbaik, yakni:

1. Karet-Bend. Hilir dengan Transjakarta, Semanggi-Cikoko dengan Transjakarta, Cawang-Pasar Minggu dengan KRL Commuter Line dengan biaya Rp5.500,00.
2. Karet-Dukuh Atas dengan Transjakarta, Sudirman-Pasar Minggu dengan KRL Commuter Line dengan biaya Rp5.500,00.

Dengan exhaustive search kita dapat memilih yang terbaik dari kedua rute tersebut.

Dari exhaustive search, didapatkan bahwa rute terbaik adalah rute pertama. Hal ini dikarenakan pada saat pemeriksaan rute pertama, rute pertama sudah didapatkan terbaik pada saat pemeriksaan tersebut sehingga rute kedua yang memiliki biaya yang sama dengan rute pertama tidak menjadi yang terbaik

**IV. KESIMPULAN**

Kecepatan dan ketepatan yang menjadi gaya hidup kota Jakarta membuat algoritma ini sangat berguna. Apabila algoritma ini dikembangkan dalam bentuk aplikasi, aplikasi ini sangatlah bagus untuk membantu para komuter dalam menentukan rute perjalanan terbaik dari dan ke Jakarta. Algoritma ini haruslah dikembangkan mengingat bertambahnya koridor Transjakarta dan pemanjangan rute KRL Commuter Line. Selain itu, jalur MRT (*Mass Rapid Transit*) Jakarta, LRT (*Light Rapid Transit*), dan kereta bandara juga dapat dimasukkan ke dalam basis data dari aplikasi yang menggunakan algoritma ini.

Apabila seluruh moda transportasi sudah tersistem dan terjadwal dengan baik, bisa ditambahkan algoritma lain ke dalam algoritma ini yang membuat algoritma ini juga berguna mengatur perpindahan para komuter. Rute yang disediakan juga disesuaikan dengan jadwal masing-masing moda transportasi dan jadwal komuter yang bersangkutan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Saya bersyukur dan berterima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia-Nya dan berkat-Nya yang selalu berlimpah dalam hidup saya. Puji Tuhan, saya bisa menyelesaikan makalah ini dengan baik. Tentunya itu semua karena anugerah dari Tuhan. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. dan Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T, M.T. selaku dosen mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua saya dan keluarga saya yang mendukung saya di dalam doa. Terima kasih juga kepada teman dan sahabat yang mendukung saya dalam menyelesaikan makalah ini.

**REFERENSI**

[1] <http://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/AStarComparison.html>  
Waktu akses: 6 Mei 2016 pukul 23.12 WIB

- [2] Rinaldi Munir, *Diktat Kuliah IF2211 Strategi Algoritma*, Bandung: Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung, 2009
- [3] Rinaldi Munir, *Diktat Kuliah IF2120: Matematika Diskrit*. Bandung: Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [4] <http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial.htm>  
Waktu akses: 7 Mei 2016 pukul 22.00 WIB

#### 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.

Bandung, 8 Mei 2016



Jeremia Kavin Raja Parluhutan / 13514060