

Penerapan Algoritma Greedy pada Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Sederhana

Rocky Hartono¹, Devis Wawan Saputra², Joel THP Hutasoit³

Laboratorium Ilmu dan Rekayasa Komputasi
Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung

E-mail : if13127@students.if.itb.ac.id¹,
if14112@students.if.itb.ac.id², if14144@students.if.itb.ac.id³

Abstrak

Jumlah kendaraan terus meningkat di seluruh dunia terutama di kota-kota besar. Oleh karena itu sangatlah diperlukan pengaturan lalu lintas yang semakin baik supaya aliran kendaraan di jalan-jalan bisa tetap lancar dan jumlah kemacetan bisa di tekan seminimal mungkin. Lampu lalu lintas (*traffic light*) adalah salah satu bagian yang sangat penting dari sistem pengaturan lalu lintas. Lampu lalu lintas berperan dalam mengatur arah dan aliran kendaraan pada simpul atau persimpangan jalan. Persimpangan jalan ini sering menjadi titik macet atau titik akumulasi kendaraan yang densitas (kepadatan) antriannya semakin lama semakin tinggi. Dengan sistem pengaturan lampu lalu lintas yang baik maka kemacetan akan berkurang dan kelancaran lalu lintas bisa meningkat secara keseluruhan. Salah satu cara untuk meningkatkan sistem pengaturan lampu lalu lintas adalah dengan mengoptimalkan waktu siklus (*merah – kuning - hijau*) lampu lalu lintas dan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan optimisasi pengaturan siklus waktu lampu lalu lintas ini adalah dengan algoritma *greedy*. Pada makalah ini akan dibahas penggunaan algoritma *greedy* untuk optimisasi siklus waktu lampu lalu lintas yang sederhana.

Kata kunci : *lampu lalu lintas, densitas, delay, algoritma greedy*

1. Pendahuluan

Jumlah pengguna jalan dan kendaraan meningkat secara terus menerus di seluruh dunia. Sedangkan fasilitas jalan terbatas (jumlah jalan, lebar jalan, kapasitas jalan, dsb). Oleh karena itu diperlukan peningkatan pengaturan sistem lalu lintas yang baik supaya kondisi lalu lintas tetap terjaga lancar dan jumlah kemacetan dapat ditekan seminimal mungkin.

Salah satu sarana dalam pengaturan lalu lintas adalah lampu lalu lintas yang berguna untuk mengatur aliran dan arah kendaraan-kendaraan yang sedang melintas di persimpangan jalan. Sebagai bagian vital dari sistem lalu lintas, keberadaan lampu lalu lintas tidak dapat dipungkiri amat penting. Pemberlakuan tiga warna (merah, kuning, hijau) pada lampu lalu lintas juga telah menjadi standar umum internasional dan berlaku secara global.

Namun, pengoperasian lampu lalu lintas bukanlah tanpa masalah. Siklus waktu lampu lalu lintas (merah – kuning - hijau) saat ini kebanyakan masih diatur secara konstan dan manual. Misal, berapa detik lampu merah menyala atau lampu kuning maupun lampu hijau. Contoh masalah adalah lampu lalu lintas tidak akan menyesuaikan lamanya *delay* dengan kepadatan kendaraan yang

berubah-ubah sepanjang hari. Sehingga sekalipun arus lalu lintas pada suatu lajur jalan sedang sepi (kepadatan rendah) lamanya *delay* waktu siklus tidak berbeda dengan lama *delay* disaat keadaan arus lalu lintas pada lajur jalan tersebut sedang ramai (kepadatan tinggi). Padahal idealnya, pada lajur jalan yang kepadatan arus kendaraannya tinggi warna hijau harusnya memiliki *delay* yang lebih lama dibandingkan dengan lajur yang kepadatan kendaraannya rendah. Tentu saja hal ini sangat berguna untuk memberikan kesempatan lebih banyak kepada kendaraan-kendaraan yang melewati lampu lalu lintas pada lajur yang lebih sibuk (kepadatan kendaraan lebih tinggi) tersebut.

Dengan meningkatnya jumlah kendaraan di jalan maka adanya suatu sistem pengaturan siklus waktu lampu lintas yang pandai, yang bisa mengatur waktu siklusnya secara otomatis akan menjadi suatu hal yang cukup penting di masa depan. Hal ini akan sangat terasa kegunaannya pada saat kepadatan lalu lintas di persimpangan terjadi. Siklus waktu lampu lalu lintas bisa disesuaikan secara otomatis dengan densitas (kepadatan) kendaraan yang ada pada lajur-lajur jalan yang ada di sekitar persimpangan jalan. Baik yang akan masuk ke persimpangan dan yang keluar dari persimpangan jalan.

Dengan demikian waktu siklus (*delay*) lampu lalu lintas antara merah – kuning – hijau akan benar-benar efektif dan efisien.

2. Pemodelan Masalah

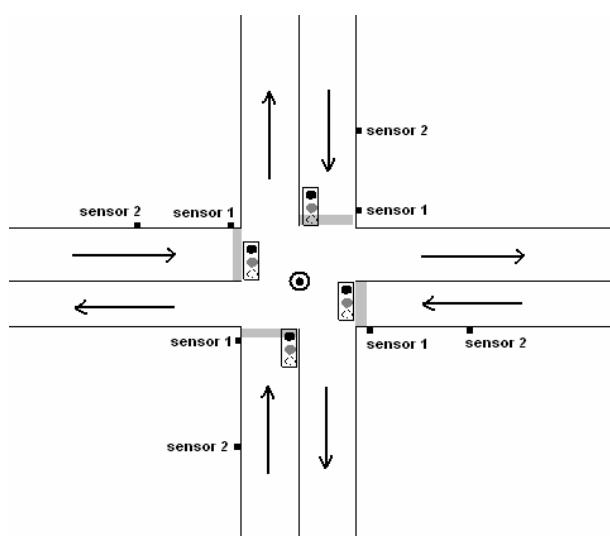
Masalah optimisasi delay pada lampu lalu lintas dapat berlangsung dengan beragam kondisi seperti bermacam-macam jumlah jalur, lebar jalur, aturan lalu lintas yang tidak sama pada berbagai wilayah dan sebagainya. Untuk menyederhanakan masalah maka dipilih suatu model yang dapat mewakili model lainnya secara umum dan sederhana.

Model yang dimaksud memiliki batasan (*constraint*) sebagai berikut :

- Empat jalur kendaraan
- Satu jalur terdiri atas dua lajur (kiri dan kanan) dengan arah yang berlawanan
- Dalam satu jalur terdapat satu buah lampu jalan
- Pada suatu waktu hanya ada satu jalur yang lampu jalannya yang berwarna hijau, dengan demikian lampu jalan yang lain akan berwarna merah.
- Lebar 1 lajur jalan pada arah tertentu sama dengan lebar kendaraan yang melewati jalan tersebut, dengan asumsi ukuran setiap kendaraan pada model ini adalah sama.

Untuk tujuan penyelesaian masalah ini, maka pada implementasi fisik perlu ditambahkan penggunaan 2 sensor untuk setiap jalur jalan yang akan digunakan untuk mendapat informasi-informasi yang diperlukan seperti densitas dan jumlah kendaraan masuk.

Model diatas dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1

3. Algoritma Greedy

Algoritma greedy merupakan algoritma yang populer untuk memecahkan persoalan optimasi meskipun hasilnya tidak selalu merupakan solusi yang optimum. Sesuai arti harafiah greedy yang berarti tamak, prinsip utama dari algoritma ini adalah mengambil sebanyak mungkin apa yang dapat diperoleh sekarang.

Untuk memecahkan persoalan dengan algoritma greedy kita memerlukan elemen-elemen sebagai berikut :

- a. *Himpunan kandidat, C*
Himpunan ini berisi elemen-elemen pembentuk solusi.
- b. *Himpunan solusi, S*
Himpunan ini berisi kandidat yang terpilih sebagai solusi persoalan. Atau dengan kata lain himpunan solusi adalah himpunan bagian dari himpunan kandidat.
- c. *Fungsi seleksi*
Fungsi seleksi merupakan fungsi yang ada pada setiap langkah memilih kandidat yang paling memungkinkan mencapai solusi optimal.
- d. *Fungsi kelayakan (feasible)*
Fungsi kelayakan adalah fungsi yang memeriksa apakah suatu kandidat yang telah dipilih dapat memberikan solusi yang layak dan tidak melanggar batasan atau constraints yang ada.
- e. *Fungsi obyektif*
Fungsi obyektif adalah fungsi yang memaksimalkan atau meminimumkan nilai solusi.

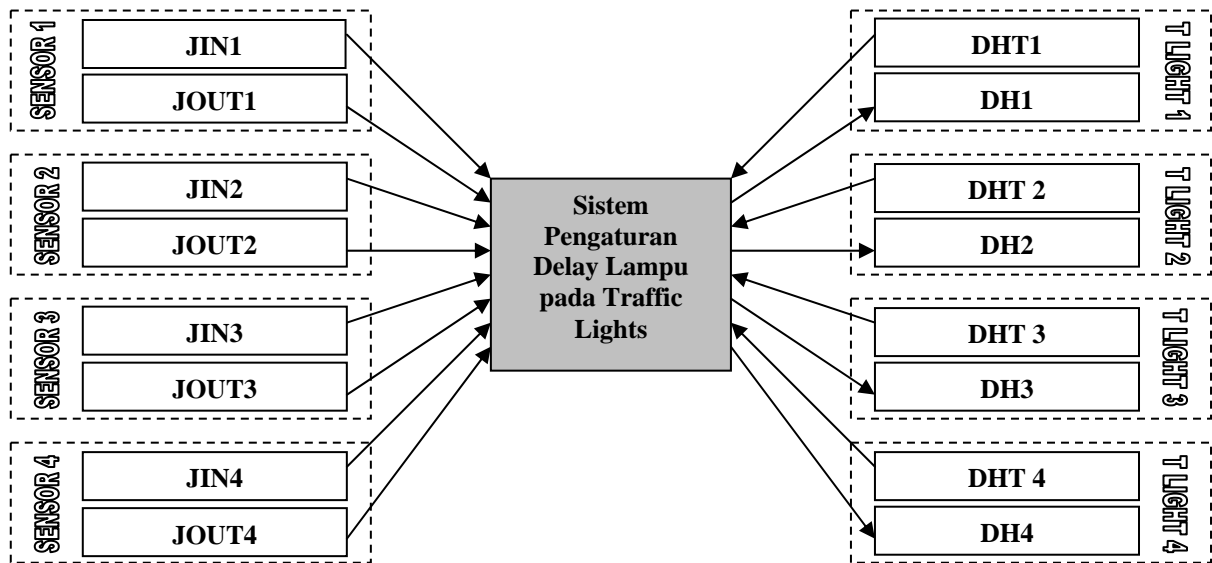
Skema umum algoritma greedy adalah :

- (i) Inisialisasi S dengan kosong
- (ii) Pilih sebuah kandidat C dengan fungsi seleksi
- (iii) Kurangi C dengan kandidat yang sudah dipilih dari langkah (ii) di atas.
- (iv) Periksa apakah kandidat yang dipilih tersebut bersama-sama dengan himpunan solusi membentuk solusi yang layak atau *feasible* (dengan fungsi kelayakan).
- (v) Periksa apakah himpunan solusi sudah memberikan solusi yang lengkap serta optimal (dengan fungsi obyektif)

4. Analisis Model Masalah

Pada model masalah yang sudah digambarkan pada bagian sebelumnya, dapat kita analogikan sebagai suatu sistem dengan input dan output yang terdefinisi. Sistem yang dimaksud disini adalah "*sistem pengaturan delay lampu pada traffic lights*" yang memiliki perangkat input dan output sebagai berikut :

- *Sensor pendeteksi sebagai input sistem*, dimana terdapat 1 set sensor (masing-masing set terdapat 2 sensor) untuk setiap jalur jalan, sehingga totalnya menjadi 4 set sensor.



Gambar 2

- **Antarmuka Lampu lalu lintas sebagai output sistem**, dimana terdapat 1 lampu lalu lintas untuk setiap jalur jalan, sehingga totalnya menjadi 4 buah lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas ini memiliki sistem *timer* yang berfungsi di dalam menentukan *delay* masing-masing lampu. Lampu lalu lintas juga berfungsi **sebagai input sistem** berupa *delay waktu lampu hijau* pada siklus arus lalu lintas sebelumnya.

Sistem ini berjalan untuk setiap **satu siklus arus lalu lintas** sepanjang waktu (*real time*). Satu siklus ini kami defenisikan sebagai suatu keadaan dimana keempat lampu lalu lintas tepat sekali menyalakan lampu hijau pada suatu tenggang waktu.

Adapun informasi yang didapat dari perangkat input sesuai dengan deskripsi permasalahan adalah sebagai berikut :

- *Densitas antrian (DA)*, yaitu kepadatan antrian kendaraan *terakhir* pada jalur tertentu pada satu siklus arus lalu lintas tertentu.
- *Jumlah kendaraan terakhir yang masuk* ke suatu jalur jalan pada satu siklus arus lalu lintas (*JIN*)
- *Jumlah kendaraan terakhir yang keluar* dari suatu jalur jalan pada satu siklus arus lalu lintas (*JOUT*)
- *Delay Lampu Hijau Terakhir (DHT)* yang menyatakan *delay* lampu hijau pada siklus arus lalu lintas sebelumnya.

Untuk mendapatkan densitas (kepadatan) antrian dapat diperoleh dari 2 sensor yang diletakkan pada jarak x . Seperti yang digambarkan oleh model pada **gambar 1**, *sensor 1* berfungsi untuk menghitung jumlah kendaraan yang keluar dari lajur tersebut pada suatu tenggang waktu t dimana data terakhir akan disimpan di *JOUT* sedangkan *sensor 2* berfungsi untuk menghitung jumlah kendaraan yang masuk ke daerah sampel pada lajur jalan pada suatu tenggang waktu t dimana data terakhir akan disimpan di *JIN*. Densitas antrian (*DA*) didapat dengan mencari selisih diantara keduanya (*persamaan 1*).

$$DA = |JIN - JOUT|$$

Persamaan 1

Delay Lampu Hijau Terakhir (*DHT*) diperoleh dari masing-masing perangkat lampu lalu lintas.

Sedangkan informasi yang akan diberikan oleh sistem ke perangkat output adalah :

- *Delay lampu hijau menyala (DH)*, yaitu lamanya lampu hijau akan menyala pada suatu jalur jalan untuk satu siklus.

Data output tersebut (*DH*) akan diset sebagai suatu siklus delay lampu hijau pada keseluruhan sistem (pada keempat lampu lalu lintas). **Sistem tidak akan memungkinkan data-data dikirim (diset) ke perangkat output pada saat siklus delay lampu sebelumnya belum selesai**. Hal ini ditujukan agar tidak terjadi tabrakan arus lalu lintas (*collosion*) pada arus lalu lintas yang dikendalikannya. Delay lampu merah tidak diperhitungkan karena sesuai dengan deskripsi model dimana **hanya boleh ada satu jalur jalan yang lampu hijaunya menyala pada suatu waktu**, dengan begitu maka lampu lalu lintas yang menyala pada jalur lainnya adalah lampu merah. Sedangkan delay lampu kuning tidak diperhitungkan karena hanya ditujukan sebagai peringatan pergantian lampu.

Sistem hasil dari analisis model masalah tersebut secara keseluruhan dapat digambarkan pada gambar 2 (dalam diagram blok). Setiap blok dalam model tersebut memiliki keterhubungan satu dengan yang lain.

Solusi yang akan dicari dan dioptimalkan adalah lamanya *delay* (lamanya) lampu hijau menyala untuk setiap jalur-jalur jalan pada satu siklus arus lalu lintas. Solusi permasalahan ini dikatakan optimal jika **densitas (kepadatan) antrian perkiraan (DAP) tiap jalur memiliki selisih yang kecil** pada suatu siklus arus lalu lintas perkiraan.

Untuk mendapatkan densitas (kepadatan) antrian perkiraan tersebut dapat diperkirakan melalui beberapa langkah. Langkah pertama kita menentukan kecepatan arus kendaraan yang masuk terakhir (VIN) serta kecepatan arus kendaraan yang keluar terakhir ($VOUT$) dari tiap jalur jalan melalui persamaan 2a dan 2b berikut.

$$VIN = \frac{JIN}{DHT}$$

Persamaan 2a

$$VOUT = \frac{JOUT}{DHT}$$

Persamaan 2b

Dengan menentukan *delay lampu hijau sementara* (DHS) untuk tiap jalur jalan maka kita dapat menentukan densitas (kepadatan) antrian perkiraan (DAP) dengan menggunakan persamaan 3 berikut yang merupakan substitusi VIN , $VOUT$ serta DHS terhadap persamaan 1.

$$DAP = |(VIN \cdot DHS) - (VOUT \cdot DHS)|$$

Persamaan 3

Solusi adalah optimal jika untuk setiap solusi, persamaan 4 berikut memberikan nilai yang terkecil. Persamaan ini merupakan selisih rata-rata (SR) dari setiap pasangan densitas (kepadatan) antrian perkiraan (DAP) untuk tiap 2 jalur jalan dimana pasangan ini menghasilkan 6 kombinasi ($C(4,2)$).

$$SR = \frac{|DAP1 - DAP2| + \dots + |DAP3 - DAP4|}{6}$$

Persamaan 4

5. Penerapan Algoritma Greedy

Dengan memperhatikan hasil analisis model masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka kita dapat menentukan elemen-elemen persoalan yang bersesuaian dengan skema umum algoritma *Greedy*, yaitu :

1. *Himpunan kandidat* adalah himpunan kombinasi nilai-nilai yang memungkinkan untuk diberikan ke 4 perangkat output yaitu lampu lalu lintas, khususnya *delay lampu hijau* (DH). Untuk memperkecil jumlah elemen himpunan kandidat ini, maka *delay lampu hijau* (DH maupun DHT) dapat dinyatakan dalam 4 konstanta seperti yang dijabarkan pada tabel berikut. Nilai-nilai nominal untuk setiap konstanta pada tabel berikut merupakan asumsi ataupun contoh untuk model lalu lintas sederhana yang dibicarakan pada makalah ini.

Konstanta	Nominal Nilai
Sangat Lambat (A)	50 detik
Lambat (B)	40 detik
Menengah (C)	30 detik
Cepat (D)	20 detik
Sangat Cepat (E)	10 detik

Tabel 1

Format kombinasi nilai-nilai diatas dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$DH1 - DH2 - DH3 - DH4$$

Contoh Himpunan Kandidat :

$$C = \{AAAA, AAAB, AAAC, \dots, dst\}$$

2. Himpunan bagian dari himpunan nilai kandidat, adalah *solusi S* jika untuk keseluruhan sistem (rata-rata dari setiap jalur) rata-rata mobil yang keluar dari keempat jalur jalan tersebut adalah yang paling besar.

Contoh Solusi :

$$S = \{A,B,D,B\}$$

3. Solusi S disebut *layak* jika langkah-langkah solusi yang terkandung di dalamnya dapat menghasilkan nilai SR yang lebih kecil dari *solusi sementara* yang memiliki nilai SR terkecil. Hal ini dilakukan melalui *fungsi kelayakan*.
4. *Fungsi obyektif* untuk memaksimalkan solusi dengan menghitung nilai SR (melalui persamaan 2a, 2b, 3 dan 4) dari solusi tersebut.
5. *Fungsi seleksi* memilih himpunan kandidat yang solusinya menghasilkan nilai SR yang minimum. Fungsi ini memiliki hasil (*return*) yang sama dengan *fungsi kelayakan*.

Rangkaian langkah-langkah algoritma *greedy* untuk menyelesaikan permasalahan ini yang bersesuaian dengan skema umum algoritma *greedy* dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Bangun himpunan kandidat yang memungkinkan sebagai solusi dari permasalahan ini
2. Inisialisasi himpunan solusi S menjadi himpunan kosong
3. Ambil satu langkah solusi dari himpunan kandidat untuk diuji oleh *fungsi obyektif*.
4. Hasil dari *fungsi obyektif* adalah selisih rata-rata (SR) dari solusi tersebut..
5. Lakukan *fungsi kelayakan* dan *fungsi seleksi* terhadap solusi sementara dengan membandingkannya nilai SR yang dihasilkan pada langkah 4 dengan nilai SR sementara yang paling besar. Jika lebih optimal maka ganti solusi solusi sementara pada himpunan solusi dengan solusi yang lebih optimal.
6. Ulangi langkah 3,4,5 dan 6 hingga keseluruhan anggota himpunan kandidat sudah selesai diproses.
7. Nilai-nilai yang tersimpan pada himpunan solusi merupakan solusi optimal dari permasalahan ini. Nilai-nilai inilah yang akan dikirimkan ke perangkat output untuk dipakai selama 1 siklus arus lalu lintas.

Seperti yang dijelaskan pada analisis pemodelan masalah, algoritma ini akan diintegrasikan pada sistem pengaturan *delay* lampu pada *traffic lights* dan akan dijalankan secara terus menerus dan *real-time*.

6. Kesimpulan dan Saran

Masalah kelancaran lalu lintas pada daerah persimpangan yang memakai layanan lampu pengatur lalu lintas (*traffic lights*) sudah merupakan masalah yang umum dijumpai pada arus lalu lintas di jalan raya. Dengan mengintegrasikan suatu sistem otomatis yang implementasinya menggunakan algoritma *greedy*, maka akan ditemukan solusi *delay* lampu yang optimal untuk setiap lampu lalu lintas dari suatu lalu lintas seperti yang dimodelkan pada makalah ini. Dengan demikian, maka optimasi kelancaran arus lalu lintas pada persimpangan jalan dapat lebih optimal dari yang biasanya. Sehingga para pengguna jalan raya pada umumnya dan pengguna layanan lampu lalu lintas (*traffic lights*) pada khususnya akan memperoleh keadilan dalam hal waktu tunggu (waktu berhenti selama lampu merah).

Algoritma *greedy* tidak selalu menghasilkan solusi yang paling optimal. Dan untuk melakukan implementasi model ini pada lalu lintas yang sebenarnya masih banyak faktor-faktor yang harus diperhatikan seperti sistem lalu lintas yang dipakai, jumlah jalur yang ada, kapasitas jalan dan faktor-faktor lainnya. Untuk itu, pengembangan yang lebih lanjut dari algoritma ini masih harus dilakukan dan jika ada suatu algoritma yang lebih optimal dan lebih sesuai daripada algoritma *greedy* di dalam menyelesaikan permasalahan ini, maka penggantian algoritma yang diimplementasikan merupakan suatu langkah yang bijak.

7. Daftar Pustaka

1. Munir, Rinaldi.2005."Strategi Algoritmik". Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung
2. Sedgewick, Robert.1983."Algorithms".Addison Wesley.
3. Wiering, Marco dkk. 2004."Intelligent Traffic Light Control".Addison Wesley.