



PROSIDING

SEMIRATA 2014

Bidang MIPA BKS-PTN-Barat

"Integrasi sains MIPA untuk mengatasi masalah pangan, energi, kesehatan, reklamasi, dan lingkungan"

IPB International Convention Center dan Kampus IPB Baranangsiang, 9-11 Mei 2014

BUKU 6

**MATEMATIKA, FISIKA, KIMIA, BIOLOGI,
STATISTIKA, KOMPUTER, STEM,
GEOFISIKA DAN METEOROLOGI**

Diterbitkan oleh: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor



ISBN 978-602-70491-0-9



2014
Semirata
Bidang MIPA

ISBN : 978-602-70491-0-9

PROSIDING

Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Bidang MIPA 2014

"Integrasi Sains MIPA untuk Mengatasi Masalah Pangan, Energi, Kesehatan, Lingkungan, dan Reklamasi"

Diterbitkan Oleh :



**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor**

Copyright© 2014

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Bidang MIPA 2014, 9-11 Mei 2014

Diterbitkan oleh : FMIPA-IPB, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Telp/Fax: 0251-8625481/8625708

<http://fmipa.ipb.ac.id>

Terbit Oktober, 2014

ix + 631 halaman

ISBN: 978-602-70491-0-9

Editor dan Reviewer

PROSIDING

Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Bidang MIPA 2014

Direktor Editor

- Drs. Ali Kusnanto, MSi.
- Dr. Heru Sukoco
- Dr. Wisnu Ananta Kusuma
- Dr. Imas Sukaesih Sitanggang
- Auzi Asfarian, M.Kom
- Wulandari, S.Komp
- Dean Apriana Ramadhan, S.Komp

Editor Utama

- Dr. Rika Raffiudin
- Dr. Ence Darmo Jaya Supena
- Dr. Utut Widyastuti
- Prof. Dr. Purwantiningsih
- Dr. Tony Ibnu Sumaryada
- Dr. Imas Sukaesih Sitanggang
- Dr. Wisnu Ananta Kusuma
- Dr. drh. Sulistyani, MSc.
- Dr. Indahwati
- Dr. Sobri Effendi
- Drs. Ali Kusnanto, MSi.

Bidang Kimia

- Prof.Dr. Purwantiningsih, MS
- Sri Sugiarti, P.hD
- Dr. M Rafi
- Dr. Novriyandi Hanif
- Dr. Irmanida Batubara
- Dr. Deden Saprudin, M.Si
- Prof.Dr.Dra. Dyah Iswantini, M.Agr
- Budi Arifin, S.Si, M.Si
- Dr. Eti Rohaeti, MS
- Prof.Dr.Ir. Tun Tedja Irawadi, MS
- Dr. Sri Mulijani, MS
- Prof. Ir. Suminar S. Achmadi, MSc, PhD
- Dr. Henny Purwaningsih, SSI, MSi

Bidang Biokimia

- Dr. Sulistyani
- Dr. Suryani, M.Sc
- Dr. Syamsul Falah, S.Hut, M.S

Bidang Biologi

- Dr. Rika Raffiudin
- Prof.Dr.Ir. Alex Hartana
- Dr.Ir. Tatik Chikmawati, M.Si
- Prof.Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si
- Prof.Dr.Dra. Anja Meryandini, MS
- Dr.Ir. Nampiah

- Dr.Ir. Achmad Farajallah, M.Si
- Dr.Ir. RR Dyah Perwitasari, M.Sc
- Dr. Sulistijorini, M.Si
- Dr.Ir. Rita Megia
- Prof.Dr. Okky Setiawati
- Dr. Utut Widyastuti
- Dr. Ence Darmo Jaya Supena

Bidang Statistika

- Dr.Ir. Indahwati, M.Si
- Dr.Ir. I Made Sumertajaya, M.Si
- Dr. Farit M Afendi

Bidang Ilmu Komputer

- Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si, M.Kom
- Dr. Irman Hermadi, S.Kom, MS
- Dr.Eng Heru Sukoco, S.Si, MT

Bidang Geofisika dan Meteorologi

- Dr. Sobri Effendi
- Dr. Perdinan
- Dr.Ir. Rini Hidayati, MS
- Prof. Dr. Hidayat Pawitan
- Idung Risdiyanto, S.Si, M.Sc.IT

Fisika

- Dr. Tony Ibnu Sumaryada, M.Si
- Dr.Ir. Irzaman, M.Si
- Drs. Mohammad Nur Indro, M.Sc
- Dr. Jajang Juansyah, M.Si
- Dr. Husin Alatas, M.Si
- Dr.Ir. Irmansyah, M.Si

Matematika

- Drs. Ali Kusnanto, M Si.
- Dr. Berlian Setiawaty, MS
- Dr.Ir. I Gusti Putu Purnaba, DEA
- Dr. Paian Sianturi
- Prof.Dr.Ir. I Wayan Mangku, M.Sc
- Dr. Toni Bakhtiar, M.Sc
- Dr. Jaharuddin, MS
- Dr.Ir. Hadi Sumarno, MS

KATA PENGANTAR

Kegiatan Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA tahun 2014 (Semirata-2014 Bidang MIPA) Badan Kerja Sama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (BKS-PTN Barat) yang diamanahkan kepada FMIPA-IPB sebagai penyelenggara telah dilaksanakan dengan sukses pada tanggal 9-11 Mei 2014 di IPB International Convention Center dan Kampus IPB Baranagsiang, Bogor. Salah satu program utama adalah Seminar Nasional Sains dan Pendidikan MIPA dengan tema: "*Integrasi sains MIPA untuk mengatasi masalah pangan, energi, kesehatan, dan lingkungan*".

Dalam sesi pleno seminar telah disampaikan pemaparan materi oleh satu pembicara utama dan empat pembicara undangan yang berasal dari beragam institusi dan profesi. Dari sesi pleno ini, diharapkan peserta dapat menambah wawasan dan pemahaman tentang pengembangan dan pemanfaatan IPTEK, khususnya Bidang MIPA, sehingga sains dan pendidikan MIPA terus berkembang dan dapat berkontribusi nyata untuk kemajuan dan kemakmuran bangsa Indonesia.

Kegiatan yang tidak kalah pentingnya dalam seminar ini adalah sesi paralel karena telah memberi kesempatan kepada peserta untuk melakukan presentasi dan komunikasi ilmiah secara langsung dengan sesama kolega yang mempunyai minat yang sama dalam mengembangkan Sains dan atau Pendidikan MIPA. Dalam kegiatan sesi paralel ini dipresentasikan secara oral 592 judul makalah hasil penelitian yang disampaikan dalam 37 ruang seminar secara paralel, dan juga dipresentasikan 120 poster ilmiah. Dalam kegiatan komunikasi ilmiah secara langsung ini juga telah dimanfaatkan untuk menjalin jejaring agar lebih bersinergi dalam pengembangan Sains dan Pendidikan MIPA ke depannya. Supaya komunikasi ilmiah yang baik ini dapat juga tersampaikan ke komunitas ilmiah lain yang tidak dapat hadir pada kegiatan seminar, panitia memfasilitasi untuk menerbitkan makalah dalam bentuk **Prosiding**. Panitia juga tetap memberi kesempatan kepada peserta yang akan menerbitkan makalahnya di jurnal ilmiah, sehingga tidak seluruh materi yang disampaikan pada seminar diterbitkan dalam prosiding ini.

Dalam proses penerbitan prosiding ini, panitia telah banyak dibantu oleh Tim Reviewer dan Tim Editor yang dikoordinir oleh Ali Kusnanto yang telah dengan sangat intensif mencurahkan waktu, tenaga dan pikiran. Untuk itu, panitia menyampaikan terima kasih dan penghargaan. Panitia juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada seluruh penulis makalah yang telah merespon dengan baik hasil review artikelnya. Namun, panitia juga menyampaikan permohonan ma'af karena dengan sangat banyaknya makalah yang akan diterbitkan dalam prosiding ini, waktu yang dibutuhkan dalam proses penerbitan prosiding ini mencapai lebih dari empat bulan, dan penerbitan prosiding tidak dilakukan dalam satu buku tetapi dalam tujuh buku prosiding. Semoga penerbitan prosiding ini selain bermanfaat bagi para pemakalah dan penulis, juga dapat bermanfaat dalam pengembangan Sains dan Pendidikan MIPA.

Bogor, September 2014
Semirata-2014 Bidang MIPA BKS-PTN Barat

Dr. Ir. Sri Nurdianti, MSc.
Dekan FMIPA-IPB

Ence Darmo Jaya Supena
Ketua Panitia Pelaksana

PERBANDINGAN ALGORITMA SEQUENTIAL AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL NON-OVERLAPPING (SAHN) DAN ALGORITMA GREEDY DALAM PENENTUAN ZONA TRANSPORTASI PUBLIK	
Putra BJ Bangun, Sisca Octarina.....	477
PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KENTANG (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	
Upik Yelianti	485
SOLUBILISASI BADAN INKLUSI AMORFA-4,11-DIENA SINTASE REKOMBINAN DAN PEMURNIANNYA PADA KROMATOGRAFI KOLOM AFINITAS	
Laida Neti Mulyani, Elfahmi, Catur Riani	491
DESKRIPSI MINAT CALON MAHASISWA UNTUK MELANJUTKAN PENDIDIKAN PADA IAIN STS JAMBI MENGGUNAKAN REGRESI LOGISTIK BINER	
Try Susanti, Rini Warti.....	501
MEMBRAN POLIELEKTROLIT BERBASIS KOMPLES PASANGAN ASAM-BASA POLISTIREN TERSULFONASI DAN BENZOTRIAZOL	
Irfan Gustian, Ghufira, Winda Kencana Fajar.....	510
DISTRIBUSI LOGAM BERAT DI PERAIRAN KOTA BENGKULU	
M. Lutfi Firdaus	519
PATI BIJI CEMPEDAK (<i>Artocarpus champeden</i>) TERMODIFIKASI SEBAGAI BAHAN PENSUSPENSI PADA SUSPENSI	
Yusnaidar, Wilda Syahri, Muhaimin.....	526
PENGEMBANGAN PERANGKAT PENILAIAN BERBASIS KELAS PADA POKOK BAHASAN IKATAN KIMIA UNTUK PEMBELAJARAN KIMIA SEKOLAH MENENGAH ATAS	
Betty Holiwarni.....	535
PENENTUAN TRAYEK pH DARI EKSTRAK TANAMAN <i>Canna indica</i>, <i>Oryza sativa</i> Glutinosa, DAN <i>Curcuma longa</i> DAN INTEGRASINYA PADA POKOK BAHASAN ASAM BASA DI KELAS XI SMA/MA	
Elva Yasmi Amran, Johni Azmi, Susilawati, Muhammad Arief Hasibuan.....	541
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IKATAN KIMIA BERBASIS CREATIVE MIND MAP DI KELAS X SMA NEGERI 10 KOTA JAMBI.	
Drs. Fuldiaratman, M.Pd, Poppy Sundari	547
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA BERORIENTASI KONSTRUKTIVISME PADA KONSEP BIOMOLEKUL UNTUK SISWA SMA	
Miharty, Rasmiwetti, Rini, Johni Azmi	554
DESAIN DAN PENGEMBANGAN CD (<i>COMPACT DISC</i>) PEMBELAJARAN INTERAKTIF KESETIMBANGAN FASA UNTUK CALON GURU KIMIA DI FKIP UNIVERSITAS JAMBI	
Wilda Syahri, Yusnaidar, Muhaimin, Abu Bakar	562
PENGGUNAAN TiO₂-NiFe₂O₄, TiO₂-CuFe₂O₄, dan TiO₂-MnFe₂O₄ untuk DEGRADASI RHODAMIN-B SECARA FOTOLISIS DAN OZONOLISIS	
Safni, Deliza, Rahmayeni.....	571
PENGGUNAAN TiO₂/ZEOLIT SEBAGAI PENDEGRADASI KARBARIL SECARA OZONOLISIS	
Zilfa, Hamzar Suyani, Prima Nuansa.....	577
ANALISIS LOGAM TEMBAGA (CU) DAN SENG (ZN) DALAM SAYURAN DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM	
Amrin	585
MODIFIKASI RANTAI ALILIK EUSIDERIN A DALAM MENINGKATKAN AKTIVITAS ANTIMAKAN TERHADAP HAMA TANAMAN HORTIKULTURA	
Syamsurizal, Afrida	594
METIL 3,4,5- TRIHIDROKSIBENZOAT SUATU SENYAWA FENOLIK DARI KULIT BATANG SHOREA SINGKAWANG (MIQ).MIQ DAN UJI SITOTOKSIK PADA SEL MURIN LEUKEMIA P-388	
Yusnelti, Yunazar Manjang, Abdi Dharma, Jaswir Darwis.....	599

MATEMATIKA SAINS



2014
Semirata
Bidang MIPA

PERBANDINGAN ALGORITMA SEQUENTIAL AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL NON-OVERLAPPING (SAHN) DAN ALGORITMA GREEDY DALAM PENENTUAN ZONA TRANSPORTASI PUBLIK

A COMPARISON OF SEQUENTIAL AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL NON-OVERLAPPING AND GREEDY ALGORITHMS IN DETERMINING THE ZONE OF PUBLIC TRANSPORT

Putra BJ Bangun¹, Sisca Octarina²

Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya¹

*e-mail: toasca_0511@yahoo.co.id

ABSTRACT

Public transport plays an important role in people's lives. Tariff or charges imposed for both short and long distances are the same. The problem is users of transportation services often plagued with unfair fees. Users of transportation services for short distances have to pay the same fare with users of transportation services for long distances. On the other hand, transportation firms often feel that it is impossible to provide better service without increasing costs. So, the zone design model is needed for planning the zone tariff system, where a complete public transportation network is divided into zones and the major travel expenses for each zone must be determined so that the company's revenue did not decline too much. This study did a comparison of Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping (SAHN) algorithm and Greedy algorithm in determining the zone. Based on the results, SAHN algorithm is more effective in determining the zone than the Greedy algorithm.

Keywords: Greedy Algorithm, SAHN Algorithm, Zone, Zone Tariff

ABSTRAK

Transportasi publik memegang peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Tarif atau ongkos yang diberlakukan baik untuk jarak jauh maupun dekat adalah sama. Permasalahannya adalah seringkali pemakai jasa transportasi ini terganggu dengan ongkos yang tidak adil. Pengguna jasa transportasi untuk jarak dekat harus membayar ongkos yang sama dengan pengguna jasa transportasi untuk jarak yang jauh. Di sisi lain, perusahaan penyedia jasa transportasi sering merasakan bahwa sangat tidak mungkin untuk memberikan pelayanan yang lebih baik tanpa meningkatkan biaya. Hal ini melatarbelakangi diperlukannya perencanaan sistem zona tarif, dimana jaringan transportasi yang lengkap dibagi menjadi zona-zona utama dan biaya perjalanan melalui tiap zona harus ditentukan sedemikian sehingga pendapatan perusahaan tidak menurun terlalu banyak. Penelitian ini melakukan perbandingan algoritma *Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping* (SAHN) dan *Greedy* dalam penentuan zona. Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa algoritma SAHN lebih efektif dalam penentuan zona dibandingkan algoritma *Greedy*.

Kata Kunci: Algoritma Greedy, Algoritma SAHN, Zona, Zona Tarif

PENDAHULUAN

Permasalahan harga atau tarif merupakan salah satu permasalahan yang cukup kompleks. Penentuan tarif dari suatu jenis transportasi harus mempertimbangkan banyak aspek di antaranya kenyamanan membayar bagi penumpang dan keuntungan bagi perusahaan penyedia jasa transportasi. Penumpang mengharapkan pembayaran seminimal mungkin untuk mendapatkan fasilitas yang maksimal dan nyaman, tetapi di sisi lain, perusahaan tidak menghendaki adanya kerugian. Sistem zona tarif adalah suatu sistem

dimana seluruh wilayah dari transportasi publik dibagi menjadi zona-zona. Penentuan harga tiket untuk suatu perjalanan dihitung berdasarkan jumlah zona yang dilalui, dimulai dari awal hingga akhir perjalanan [1]. Aplikasi pertama untuk merancang sistem zona tarif dengan harga yang diinginkan pertama kali diterapkan oleh perusahaan bus regional di daerah Kaiserslautern, Jerman [2].

Tujuan dari perencanaan sistem zona tarif adalah membangun zona dan harga zona sehingga harga tiket baru yang diperoleh mendekati harga tiket sekarang serta merancang sebuah sistem tarif yang adil sehingga deviasi antara harga zona tarif dan harga yang ditetapkan dapat sekecil mungkin [7]. Algoritma heuristik yang dapat diterapkan di antaranya algoritma *Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping (SAHN)* dan Algoritma *Greedy*. Algoritma SAHN dimulai dari $n = |V|$ zona, masing-masing zona minimal terdapat satu halte dan menggabungkan setiap dua zona terdekat menjadi satu zona yang baru [8]. Algoritma dengan urutan berbeda dapat dilakukan tergantung pada pendefinisian jarak antara 2 zona. Sedangkan pada algoritma *Greedy* dilakukan dengan menghitung semua busur atau jarak antarzona dan mengambil busur dengan bobot terkecil. Berdasarkan latar belakang tersebut, akan dilakukan perbandingan antara algoritma SAHN dan *Greedy* untuk mengetahui keefektifan dalam penentuan zona. Kriteria keefektifan dilihat dari jumlah zona yang ditentukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang berisi kajian teori yang diharapkan akhirnya nanti dapat diimplementasikan dalam sistem zona tarif terhadap transportasi publik darat yang telah ada. Penelitian pustaka terdahulu [7] dan [8] telah membahas sistem tarif umum dan perancangan harga untuk sistem zona tarif serta penentuan zona dengan menggunakan algoritma SAHN (*Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Transportasi Publik

Definisi 1 (Schöbel, 2005)

Sebuah jaringan transportasi publik adalah sebuah graf tak berarah dan terhingga dengan,

- Sebuah himpunan titik V menyatakan halte atau pemberhentian, dan
- Sebuah himpunan busur E , dengan masing-masing busur $e = (u, v)$ menyatakan bahwa ada perjalanan langsung dari halte u ke halte v (Misalnya, sebuah perjalanan yang tidak melewati halte lain diantaranya).

Dalam transportasi publik, pasangan halte terurut u, v disebut sebuah relasi.

Definisi 2 (Schöbel, 2005)

Untuk semua $u, v \in V$, maka W_{uv} menyatakan himpunan asal dari relasi (u, v) , misalnya jumlah penumpang yang akan melakukan perjalanan dari halte u ke halte v dalam interval waktu I , jarak dari halte u ke halte v maka matriks

$W = (W_{uv})_{u,v \in V}$ disebut matriks origin-destination atau OD-matriks)

Diberikan jaringan transportasi publik, harga yang ditetapkan d_{uv} , sebuah matriks dengan entri W_{uv} , dan $L \in \mathbb{N}$, sebuah partisi V ke dalam L zona $Z_k, k = 1, \dots, L$ dan harga zona $c(p), p = 1, \dots, L$ sehingga fungsi objektif

$$b \in \{b_{maks}, b_1, b_2\} \quad (1)$$

adalah minimum, dengan b_{maks} , b_1 , dan b_2 diberikan sebagai berikut,

$$b_{maks}(Z, c) = \max_{u,v \in V} W_{uv} |d_{uv} - c(n_{uv})|$$

$$b_1(Z, c) = \sum_{u,v \in V} W_{uv} |d_{uv} - c(n_{uv})|$$

$$b_2(Z, c) = \sum_{u,v \in V} W_{uv} (d_{uv} - c(n_{uv}))^2$$

Model Persoalan Perancangan Zona

Misal jaringan transportasi publik (V, E) adalah graf terhubung, di mana V menyatakan jumlah halte dan E menyatakan arah tanpa ada pemberhentian di tengah. d_{uv} adalah harga yang ditetapkan untuk perjalanan dari halte $u \in V$ ke halte $v \in V$. Jika L menyatakan jumlah zona yang direncanakan, maka zona dapat dipartisi menjadi

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_L\}$$

dari V , misal $Z_i \in V, i = 1, 2, \dots, L$, Z_i adalah pasangan disjoint dan $\cup_{i=1}^L Z_i = V$. Dalam persoalan harga zona $c(p)$, $p = 0, 1, 2, \dots$ ditentukan hanya berdasarkan jumlah zona p dalam perjalanan. $c(p)$ menyatakan harga untuk melalui batas zona p . Secara khusus, $c(0)$ menyatakan harga untuk perjalanan dalam zona yang sama (tanpa melalui zona lainnya). $c(1)$ adalah harga untuk melewati satu zona seperti perjalanan dari zona yang satu ke zona lainnya yang berdekatan. Untuk mengevaluasi beberapa partisi Z dengan harga zona vektor, maka perlu dilakukan perhitungan jumlah zona dari lintasan u ke v . [7]

Teorema 1 (Schöbel, 2005)

Misalkan Z_1, Z_2, \dots, Z_L merupakan pembagian zona dari G , d_{ij} sebagai tarif berdasarkan jarak dari halte v_i ke halte v_j , dan W_{ij} sebagai jarak perjalanan yang dilakukan dari halte v_i ke halte v_j . Maka, untuk $p = 0, 1, 2, \dots, L$ berlaku :

- Untuk meminimumkan $b_{maks} = \max_{v_i, v_j \in V} W_{ij} |d_{ij} - z_{ij}|$ terhadap z_{ij} maka dapat dipilih :

$$z_{ij} = c_{maks}^*(p) = \max_{\substack{v_i, v_j \in V, v_i \neq v_j \\ n_{ij}=p}} d_{ij} - \frac{z^*(p)}{W_{ij}}$$

$$\text{dengan } z^*(p) = \max_{\substack{v_{i1}, v_{j1}, v_{i2}, v_{j2} \in V, \\ n_{v_{i1}v_{j1}} = n_{v_{i2}v_{j2}} = p}} \frac{W_{i_1j_1} W_{i_2j_2}}{W_{i_1j_1} + W_{i_2j_2}} (d_{i_1j_1} - d_{i_2j_2}) \quad (2)$$

- Untuk meminimumkan $b_1 = \frac{1}{W} \sum_{v_i, v_j \in V} W_{ij} |d_{ij} - z_{ij}|$ terhadap z_{ij} maka dapat dipilih :

$$z_{ij} = c_1^*(p) = \text{median}\{ \underbrace{d_{ij}, d_{ij}, \dots, d_{ij}}_{w_{ij} \text{ kali}}; v_i, v_j \in V, v_i \neq v_j, n_{ij} = p \} \quad (3)$$

dengan n_{ij} merupakan jumlah zona yang dilalui dari halte v_i ke halte v_j .

- Untuk meminimumkan $b_2 = \frac{1}{W} \sum_{v_i, v_j \in V} W_{ij} (d_{ij} - z_{ij})^2$ terhadap z_{ij} maka dapat dipilih:

$$z_{ij} = c_2^*(p) = \frac{1}{W_p} \sum_{\substack{v_i, v_j \in V \\ n_{ij}=p}} W_{ij} d_{ij} \quad (4)$$

dengan W_p merupakan jarak perjalanan yang melewati p buah zona pada perjalanannya.

Dua zona $Z_k, Z_l \in Z$ adalah bertetangga jika ada halte $v_i \in Z_k, v_j \in Z_l$ sehingga $\{v_i, v_j\} \in E$ adalah arah perjalanan dalam jaringan transportasi publik (Schöbel, 2005).

Corollary 1

Misalkan sebuah partisi zona $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_L\}$ dan harga yang ditetapkan d_{uv} telah diberikan dan asumsikan bobot yang sama $W_{uv} = 1$ untuk semua $(u, v) \in V \times V$. Maka harga optimal

$$c_{maks}^*(p) = \frac{1}{2} \left(\max_{(u,v) \in M_p} d_{uv} + \min_{(u,v) \in M_p} d_{uv} \right)$$

$$K_{maks}^*(p) = \frac{1}{2} \left(\max_{(u,v) \in M_p} d_{uv} - \min_{(u,v) \in M_p} d_{uv} \right)$$

$$b_{maks}^* = \frac{1}{2} \sum_{p=1, \dots, L} \left(\max_{(u,v) \in M_p} d_{uv} - \min_{(u,v) \in M_p} d_{uv} \right)$$

Notasi 1

Untuk sebuah partisi zona $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_L\}$ dan harga yang ditetapkan d_{uv} , misalkan b_{maks}^* dan $K_{maks}^*(p)$ menyatakan harga optimal fungsi tujuan dari permasalahan harga sesuai Corollary 1.

Pengamatan pertama dilakukan pada fungsi tujuan yang tergantung pada jumlah zona L yang direncanakan. Misalkan diberikan sebuah jaringan transportasi publik dengan 8 titik. Diasumsikan $W_{uv} = 1$ untuk semua pasangan (u, v) . Harga yang ditetapkan diberikan sebagai bobot antara dua titik yang bertetangga seperti pada Gambar 1. Antara pasangan titik lainnya, harga yang ditetapkan diberikan sebagai jumlah bobot sepanjang lintasan terpendek yang menghubungkan titik-titik. Untuk permasalahan deviasi maksimum absolute, nilai tujuan b_{maks}^* dihitung sesuai dengan Corollary.

$$K_{maks}^*(0) = \frac{1}{2} (1 - 1) = 0$$

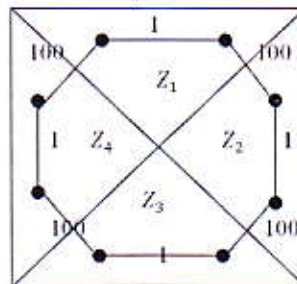
$$K_{maks}^*(1) = \frac{1}{2} (102 - 100) = 1$$

$$K_{maks}^*(2) = \frac{1}{2} (202 - 201) = \frac{1}{2}$$

Maka $b_{maks}^* = 1$. Dalam solusi dengan $L = 5$ zona tak kosong akan terdapat sedikitnya satu zona yang mempunyai satu halte. Maka

$$K_{maks}^*(1) \geq \frac{1}{2} (100 - 1) = \frac{99}{2} > 1.$$

Mempunyai nilai tujuan yang lebih besar daripada $L = 4$ zona.

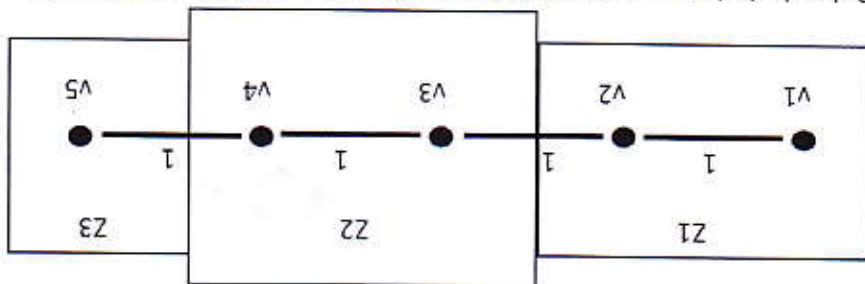


Gambar 1 Sebuah contoh yang menyatakan solusi optimal untuk 4 zona lebih kecil daripada solusi optimal untuk 5 zona.

Perancangan Zona Menggunakan Algoritma SAHN [8]

Algoritma SAHN ini dimulai dari $n = |V|$ zona, masing-masing zona minimal terdapat satu halte dan menggabungkan setiap dua zona terdekat menjadi satu zona yang baru. Algoritma dengan urutan berbeda dapat dilakukan tergantung pada pendefinisian jarak antara 2 zona.

Gambar 2 Sebuah jaringan transportasi publik yang dipartisi menjadi 3 zona dengan menggunakan algoritma SAHN



$$D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Algoritma SAHN:
 Input : Jaringan transportasi publik, harga yang ditetapkan $d_{uv}, L \in \mathbb{N}$
 Output : Pembagian zona menjadi L zona tak kosong.
 Langkah 1. Mulai dari bagian Z yang mempunyai $|V|$ zona, di mana setiap zona mempunyai halte tunggal.
 Misalkan $d(Z^u, Z^v) = d_{uv}$ untuk semua zona $Z^u, Z^v \in Z$.
 Langkah 2. Tentukan dua zona $Z^u \neq Z^v \in Z$ dengan jarak minimum $d(Z^u, Z^v)$.
 Langkah 3. Gabungkan Z^u dan Z^v menjadi zona baru Z^k dan diperoleh bagian Z baru.
 Langkah 4. Hitung jarak baru ke semua $e \in Z$:

$$d(Z^k, Z) = \frac{1}{2} (d(Z^u, Z) + d(Z^v, Z) + c |d(Z^u, Z) + c |d(Z^v, Z)|)$$
 Langkah 5. Jika jumlah zona yang direncanakan tercapai, maka berhenti, dan jumlah zona adalah Z .
 Jika tidak kembali ke langkah 2.
 Parameter c yang digunakan pada langkah 4 merupakan rumus untuk menghitung jarak antara 2 zona. Dalam konteks perencanaan zona, digunakan:
 $c = -1$ untuk algoritma hubungan tunggal
 $c = 1$ untuk algoritma hubungan lengkap
 Pada algoritma hubungan tunggal, jarak antara dua zona didefinisikan sebagai jarak terkecil dari zona tersebut dan secara langsung sebuah busur terpendek dihubungkan pada setiap langkahnya. Pada algoritma hubungan lengkap, jarak antara dua zona didefinisikan sebagai jarak maksimum dari zona tersebut. Algoritma hubungan lengkap pada setiap langkahnya mencoba untuk meminimumkan diameter maksimum dari pada zona-zona. Diberikan sebuah jaringan transportasi publik sebanyak 5 halte. Menurut algoritma SAHN jaringan transportasi publik tersebut dapat dipartisi menjadi 3 zona seperti pada Gambar 2. [7] Jaringan transportasi publik yang dipartisi menjadi 3 zone $Z_1 = \{v_1, v_2\}, Z_2 = \{v_3, v_4\}$ dan $Z_3 = \{v_5\}$ seperti pada Gambar 2. Misalkan $W^{uv} = 1$ untuk semua $u, v \in V, u \neq v$, misal $W = 20$. Jika diasumsikan jarak antara titik atau halte yang berdekatan adalah 1, maka matriks d_{uv} menurut sistem *distance tariff* adalah sebagai berikut.

Jumlah zone yang dilalui antara halte u dan v diberikan dalam matriks berikut:

$$N = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Misal ongkos baru untuk melalui zone $p = 0, 1$, atau 2 adalah

$$c(0) = 0.5$$

$$c(1) = 1$$

$$c(2) = 1.5$$

Maka harga tiket yang baru dapat dihitung sebagai berikut

$$Z = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 1 & 1 & 1.5 \\ 0.5 & 0 & 1 & 1 & 1.5 \\ 1 & 1 & 0 & 0.5 & 1 \\ 1 & 1 & 0.5 & 0 & 1 \\ 1.5 & 1.5 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Penyimpangan antara referensi harga d_{uv} dan harga tiket yang baru z_{uv} adalah

$$D - Z = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 1 & 2 & 2.5 \\ 0.5 & 0 & 1 & 1 & 1.5 \\ 1 & 0 & 0 & 0.5 & 1 \\ 2 & 1 & 0.5 & 0 & 1 \\ 2.5 & 1.5 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Dan fungsi tujuannya adalah $b_{max} = 2.5$.

Perancangan Zona Menggunakan Algoritma Greedy

Algoritma ini menggunakan konsep dasar dari algoritma SAHN, yaitu dengan menghitung semua busur $\{Z_u, Z_v\}$ nilai fungsi tujuan b_{maks}^{uv} ketika melewati $\{Z_u, Z_v\}$ dan zona graf yang ada. Langkah terakhir adalah melewati busur yang mengalami peningkatan terkecil pada fungsi tujuan.

Langkah-langkah dalam algoritma Greedy:

Input : Jaringan transportasi publik, harga yang ditetapkan $d_{uv}, L \in \mathbb{N}$.

Output : Pembagian zona menjadi L zona.

Langkah 1. Mulai dari bagian Z yang mempunyai $|V|$ zona, dimana masing-masing zona mempunyai halte tunggal.

Langkah 2. Untuk setiap busur $\{Z_u, Z_v\}$ dalam E_Z yang menghubungkan Z_u dan Z_v secara sementara, hitung b_{maks}^{uv} untuk menghasilkan partisi zona.

Langkah 3. Gabungkan busur $\{Z_{u^0}, Z_{v^0}\}$ secara permanen, dimana

$$b_{maks}^{u^0, v^0} = \min_{\{Z_u, Z_v\} \in E_Z} b_{maks}^{uv}$$

Dan diperoleh sebuah partisi Z baru.

Langkah 4. Jika graf mempunyai L titik maka berhenti.

Output : Z ,

Jika tidak kembali ke langkah 2.

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa jika Gambar 2 dilakukan penentuan zona dengan menggunakan algoritma Greedy akan didapat 4 zona yang dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai $b_{maks} = 2,1$. Nilai ini lebih baik daripada nilai yang diperoleh melalui algoritma SAHN. Iterasi yang diperlukan dalam penentuan zona dengan menggunakan algoritma Greedy lebih panjang dibandingkan

dengan penentuan zona menggunakan algoritma SAHN. Untuk jumlah L zona yang kecil, hubungan tunggal lebih baik dibandingkan dengan jumlah zona yang besar.

KESIMPULAN

Algoritma SAHN lebih efektif dalam penentuan zona transportasi dikarenakan jumlah iterasi yang diperoleh lebih sedikit dibandingkan algoritma Greedy. Akan tetapi nilai fungsi tujuan yang diperoleh dengan algoritma Greedy lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schöbel A. 2005. *Optimization in Public Transportation*. New York: Springer.
- [2] Schöbel A. 1994. Fair Zone Design in Public Transportation Networks. *Operation Research Proceedings*, p. 191-196, Berlin. Springer Verlag.
- [3] Gattuso D, Musolino G. 2006. "A Simulation Approach for Fare Integration in Regional Transit Services". In *Algorithmic Methods for Railway Optimization*, Lecture Notes in Computer Science. Springer, presented at ATMOS 2004, to appear.
- [4] Schöbel A. 1996. "Zone Planning in Public Transportation". *Advanced Methods in Transportation Analysis*, p. 117-134. Springer Verlag.
- [5] Babel L, Kellerer H. 2003. "Design of Tariff Zones in Public Transportation Systems: Theoretical Results and Heuristics". *Mathematical Methods of Operation Research*, p. 358-374.
- [6] Day WHE, Edelsbrunner H. 1984. "Efficient Algorithms for Agglomerative Hierarchical Clustering Methods". *Journal of Classification*, 1:7-24.
- [7] Bangun PBJ, Octarina S. 2013. "Kajian Perencanaan Sistem Zona Tarif dalam Optimasi Transportasi Publik". *Prosiding Seminar Bidang Matematika dan Informatika BKS PTN Barat*. Universitas Lampung.
- [8] Octarina S. 2014. "Perancangan Zona Transportasi Menggunakan Algoritma SAHN (*Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping*)". Disampaikan pada Seminar Kenaikan Jabatan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.



BKS PTN Barat

<http://semirata2014.fmipa.ipb.ac.id>