



PROSIDING

Gedung C7 FIS Unnes

23 November 2013

Seminar Nasional Ilmu Komputer 2013

Cloud Computing Security

Jurusan Ilmu Komputer

FMIPA - UNNES



SUSUNAN EDITORIAL

Penanggungjawab

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.

Tim Review

Prof. Dr. rer.nat Wahyu Hardiyanto, M.Si

Dr. Djuniadi, M.T.

Dr. Dwijanto, M.S.

Endang Sugiharti, S.Kom., M.Kom

Ketua

Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

Tim Editor

Zaenal Abidin, S.Si., M.Cs.

Subhan, S.Pd.

Wandha Budhi Trihanto

Desain dan Layout

Zaenal Abidin



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas terselenggaranya Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNIK) 2013 dengan tema: “*Cloud Computing Security*”. SNIK 2013 adalah seminar pertama yang diadakan oleh Jurusan Ilmu Komputer Unnes, dan seminar ini merupakan agenda tahunan dari Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Peserta dalam seminar ini terdiri dari: mahasiswa, guru, dosen dan praktisi dari seluruh Indonesia. Dua narasumber utama yang hadir dalam seminar nasional ini, yaitu: Prof. Jazi Eko Istiyanto, Ph.D., dan Dr. Djuniadi, M.T. Selain itu, pemakalah pendamping yang akan mempresentasikan artikel hasil penelitian dan konseptual tentang perkembangan ilmu komputer dalam berbagai bidang. Seminar Nasional Ilmu Komputer ini ditujukan sebagai sarana mengkomunikasikan dan memfasilitasi pertukaran informasi antara peserta seminar dengan narasumber yang kompeten.

Panitia mengucapkan terimakasih pada berbagai pihak yang telah membantu penyelenggaraan seminar, yaitu:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang,
2. Dekan FMIPA Unnes,
3. Narasumber utama yang telah berkenan hadir,
4. Peserta dan pemakalah pendamping atas partisipasinya,
5. Segenap rekan panitia yang telah bekerja keras hingga terselenggaranya seminar.

Kumpulan artikel yang telah diseminarkan, telah disusun dalam prosiding, mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi pemakalah dan pembaca.

Semarang, Desember 2013

Panitia SNIK 2013



SAMBUTAN KETUA PANITIA

Oleh: Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.



Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yth. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang
Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Negeri Semarang
Narasumber Utama:
Prof. Jazi Eko Istiyanto, Ph.D. (FMIPA UGM)
Dr. Djuniadi, M.T. (FT UNNES)
Bapak/Ibu Pimpinan Jurusan dan Prodi di FMIPA Unnes
Peserta Seminar, Pemakalah Pendamping dan Bapak/Ibu tamu undangan

Hadirin yang berbahagia,

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga pada saat ini kita dapat hadir dalam kegiatan Seminar Nasional Ilmu Komputer 2013 dengan tema "Cloud Computing Security". Perkembangan *Cloud Computing* pada saat ini sudah merupakan bagian integral dalam perencanaan strategis Sistem Informasi/Teknologi Informasi (SI/TI) suatu organisasi/perusahaan. *Cloud computing* disebut sebagai teknologi Internet baru yang menyediakan infrastruktur fleksibel, efisien dan bermacam-macam aplikasi untuk bisnis. Bagaimanapun, masih terlihat adanya kesenjangan antara kemungkinan-kemungkinan teknis dan penggunaan praktis dari layanan-layanan *cloud*.

Proyek-proyek *cloud computing* saat ini masih memiliki karakteristik yang diposisikan pada *fase testing* dan ditunjukkan sebagai layanan TI yang diyakini tidak rumit. Tantangan yang dihadapi oleh pengguna layanan *cloud computing* terletak pada wilayah keamanan data dan kepatuhan terhadap regulasi atau standar.

Dalam rangka mengkomunikasikan dan memfasilitasi pertukaran informasi berkaitan sistem keamanan pada *cloud computing*, maka Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Unnes akan menyelenggarakan Seminar Nasional Ilmu Komputer 2013 sebagai wahana interaksi profesional antar komunitas bidang ilmu komputer di Indonesia untuk saling bertukar pikiran, pengetahuan, pengalaman, dan gagasan, untuk mengakselerasi pengembangan penelitian di bidang ilmu komputer.

Bapak Dekan dan hadirin yang terhormat,

Penyenggaraan kegiatan seminar nasional ini merupakan seminar pertama Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Unnes. Selain itu, banyaknya para akademisi, praktisi, dan mahasiswa telah banyak melakukan penelitian dan perlu di fasilitasi untuk mengkomunikasikan berbagai hasil yang telah diperoleh. Selanjutnya pada kesempatan ini kami laporkan bahwa berdasarkan data peserta dari kegiatan seminar ini, jumlah peserta dan pemakalah pendamping yang hadir sekitar 180 orang.

Bapak Dekan dan peserta seminar yang terhormat,

Kegiatan seminar ini mengundang dua narasumber utama yaitu: Prof. Jazi Eko Istiyanto, Ph.D. (FMIPA UGM), dan Dr. Djuniadi, M.T. (FT UNNES). Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas kehadiran beliau berdua di Kampus Unnes Konservasi.

Akhirnya kami mohon Bapak Dekan untuk memberikan sambutan dan sekaligus membuka kegiatan seminar ini. Pada kesempatan ini, kami selaku panitia menyampaikan ucapan terima kasih pada semua pihak atas kerjasamanya sehingga acara seminar hari ini dapat terlaksana.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 23 November 2013
Ketua Panitia

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Riza Arifudin', with a large circular flourish at the beginning.

Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

DAFTAR ISI PROSIDING
SEMINAR NASIONAL ILMU KOMPUTER 2013
"Cloud Computing Security"

No	Nama	Judul	Hal
1	Djuniadi	Tantangan Riset <i>Cloud Computing</i>	1 – 4
2	Tri Listyorini, dan Rizkysari Meimaharani	Pemanfaatan <i>QR Barcode Scanner</i> untuk Mengidentifikasi Peminjaman Buku Berbasis Android (Studi Kasus Prodi Teknik Informatika Universitas Muria Kudus)	5 – 8
3	Rizkysari Meimaharani, dan Tri Listyorini	Analisis Varian (Anova) untuk Mengetahui Statistik Tingkat Kemajuan Prestasi Karate Di Kabupaten Kudus	9 – 11
4	Harjito, Sri Nurhayati, dan Subiyanto Hadisaputro	Pemanfaatan Teknologi Informasi untuk Implementasi <i>Authentic Assessment</i> Secara <i>Self and Peer Assessment</i> Secara <i>Online</i>	13 – 16
5	Nugroho Agung Prabowo, dan Bambang Pujiarto	<i>E-Learning Service Provider</i> Berbasis <i>Wide Area Network</i> Sebagai Solusi Peningkatan Mutu Pendidikan Di Sekolah Tingkat Menengah	17 – 19
6	Isa Akhlis, Khoiril Bashooir, dan Suharto Linuwih	Pengembangan Media Pembelajaran <i>Games "Phy Detective"</i> Berbasis Komputer untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SMP	21 – 24
7	Agung Handayanto, Achmad Buchori, dan Ali Shodiqin	Pengembangan Bahan Ajar Matematika SMA Berbasis <i>Software Mathematica</i> dengan Pendekatan Matematika Realistik	25 – 28
8	Febrian M. Dewanto, Agung Handayanto, dan Rina D. Setyawati	Pengembangan Media Pembelajaran <i>E-Learning</i> dengan Tutorial Flash Mata Kuliah Geometri 1	29 – 31
9	Ismartoyo, Djoko Sri Bimo, dan Achmad Buchori	Efektifitas Pembelajaran Matematika SD Berbasis <i>Micruled</i> Berbantuan E-Modul di Pokjar Kota Semarang	33 – 36
10	Fajar Arif Setyawan, Sukestiyarno, dan St.Budi Waluya	Pembentukan Karakter dan Berpikir Kreatif Melalui Pembelajaran Matematika dengan Strategi <i>Mobile Learning</i>	37 – 40
11	Sukma Indar Kurniawan, dan R. Satria	Strategi Manajemen Perubahan Implementasi Teknologi Informasi di STMIK Indonesia: Studi Kasus Implementasi <i>E-Learning</i>	41 – 45
12	Budi Hartono, dan Sukestiyarno	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Metodologi Penelitian Berbasis Karakter dengan Model PBL di STEKOM Semarang	47 – 51
13	R. Arri Widyanto, M. Arfan, dan Andi Widiyanto	Sistem <i>Mobile</i> Dakwah (M Dakwah)	53 – 55
14	Agustianus Winatan, Kho I Eng, dan Heru Purnomo Ipung	Pengembangan <i>Policy</i> Sistem Informasi di PT. XYZ	57 - 60
15	Mukhamad Nurkamid, Budi Gunawan, dan Ahmad Jazuli	Pemanfaatan <i>Website E-Commerce</i> untuk Penjualan Produk UMKM pada Klaster Konveksi dan Bordir di Kabupaten Kudus	61 – 63

No	Nama	Judul	Hal
16	Wiratmoko Yuwono, Idris Winarno, dan Tri Harsono	Desain Basis Data <i>Platform Resilient</i> untuk Manajemen Bencana	65 – 69
17	Mochamad Edris , Mamik Indaryani , dan Budi Gunawan	Pengembangan UMKM Klaster Bordir Menuju Pasar Global dengan Menggunakan <i>Internet Marketing</i> Berbasis Koperasi di Desa Padurenan Kecamatan Gebog Kabupaten Kudus	71 – 73
18	Edy Winarno, Wiwien Hadikurniawati, dan Veronica Lusiana	Aplikasi <i>Knowledge Management System</i> untuk Penanganan Korban Pasca Bencana Alam	75 – 79
19	Rhoedy Setiawan, dan Andy Prasetyo Utomo	Rancang Bangun Sistem Informasi Perkembangan Anak Berbasis SMS <i>Gateway</i> Studi Kasus : PAUD Taman Ceria Besito Kudus	81 – 84
20	Joseph Teguh Santoso, Bambang Suhartono, Samuel Ongkowijoyo	Penilaian Keamanan <i>Web E-Commerce</i> Menggunakan Metode AHP dengan Teori Dempster-Shafer	85 – 89
21	Iman Saufik Suasana, Mars Caroline Wibowo, Danang, dan Samuel Ongkowijoyo	Pengaturan Jadwal Kuliah Multi Kampus dengan Metode AHP Berbasis Web	91 – 94
22	Purwono Hendradi	<i>User Access Management on Community Cloud Computing</i>	95 – 97
23	Isnaini Rosyida, dan Mulyono	Simulasi Penyelesaian Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy dengan Program Linear Fuzzy	99 – 104
24	Eko Darmanto, dan Syaiful Muzid	Rancang Bangun Aplikasi Peramalan Penyediaan Bahan Baku Produksi Pengrajin Tas pada Paguyuban Industri Kecil Kecamatan Jati Kabupaten Kudus	105 – 110
25	Muhammad Arfan	Model Adaptasi Sistem Otentikasi pada Pemanfaatan Layanan <i>Cloud Computing</i>	111 – 114
26	Anastasya Latubessy	Perancangan Replikasi Sistem Identifikasi <i>Controll Landfill</i> dengan <i>Middleware Socket</i>	115 – 119
27	Kartika Imam Santosa, dan Tiwuk Widiastuti	Indeks Kesesuaian Lahan Tanaman Padi pada Das Samin dengan Menggunakan Metode Fuzzy Set dengan Bobot 2FD Berbasis Sistem Informasi Geografis	121 – 125
28	Andi Priyolistiyanto, dan Bayu Surarso	Implementasi Metode <i>Simple Multi Attribute Rating Technique Exploiting Rank</i> (SMARTER) pada Sistem Pendukung Keputusan Sanksi Pelanggaran Tata Tertib Sekolah	127 – 132
29	Dian Tri Wiyanti, dan Nursanti Irliana	Aplikasi <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (TOPSIS) dalam Penentuan Promosi Barang Kategori Aging pada Perusahaan Retail	133 – 136
30	Rina Fiati, dan Noor Latifa	Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Kelayakan Desa Mandiri Menggunakan FMADM	137 – 141
31	Budi Prasetyo, Rahmat Gernowo, dan Beta Noranita	Pengamanan Pesan dengan Steganografi MSB Berbasis Pencocokan Bit	143 – 146
32	Zaenal Abidin	Algoritma Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan <i>Wavelet Neural Networks</i>	147 – 151

No	Nama	Judul	Hal
33	M.A. Muslim, Alamsyah, dan Mulyono	Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web untuk Mengukur Akreditasi Program Studi	153 – 156
34	Alamsyah	Pengelolaan Tutor Sebaya Bidikmisi Unnes Berbasis Web	157 – 159

Simulasi Penyelesaian Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy dengan Program Linear Fuzzy

Isnaini Rosyida¹ dan Mulyono²

^{1,2}Jurusan Matematika, FMIPA UNNES
Gedung D7 lantai 1 Kampus Sekaran GunungPati Semarang
Email: ¹iisnaini@gmail.com, ²mulyono_unnes@yahoo.com

Abstract—Fuzzy network referred in this paper is a network with the weight of each edge is a fuzzy number, especially the triangular fuzzy number. In this paper, we study on an algorithm for solving maximum flow problem in a fuzzy network which introduced by Kumar and Kaur [6]. Next we design a simulation on solving the maximum flow in the fuzzy network with Delphi 7.

Keywords—Maximum flow, fuzzy network, triangular fuzzy number, fuzzy linear programming, Delphi 7.

1. PENDAHULUAN

Parameter-parameter dalam model jaringan konvensional biasanya menyatakan waktu aktivitas, kapasitas, biaya, permintaan dan sebagainya. Pada model jaringan konvensional, parameter-parameter ini selalu diasumsikan berupa bilangan real yang nilainya sudah pasti. Padahal kenyataannya selalu ada ketidakpastian dalam parameter-parameter tersebut. Waktu aktivitas, kapasitas, biaya dan permintaan sebenarnya mengandung ketidakpastian. Untuk menangani ketidakpastian ini, parameter-parameter tersebut dapat dinyatakan dengan himpunan fuzzy [1]. Sebuah jaringan dengan parameter dinyatakan dengan himpunan fuzzy disebut juga jaringan fuzzy (fuzzy network). Model jaringan fuzzy dapat lebih mendekati kondisi permasalahan real dibandingkan model jaringan konvensional (jaringan crisp) [6].

Terdapat beberapa permasalahan pada jaringan fuzzy, diantaranya: masalah pencarian lintasan terpendek (shortest path) [1,4] serta masalah aliran maksimum (maximal flow) [5,6,7,8,9,10]. Pada makalah ini akan dibahas masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy. Masalah aliran maksimum (maximum flow) adalah pencarian nilai maksimum seluruh arus (aliran) di dalam sebuah sistem jaringan. Masalah aliran maksimum yang mempunyai tujuan memaksimalkan jumlah seluruh arus dalam sebuah sistem jaringan fuzzy disebut aliran maksimum fuzzy (fuzzy maximal flow) [6]. Permasalahan aliran maksimum dengan parameter fuzzy banyak digunakan pada berbagai bidang, diantaranya pada jaringan komunikasi, pada jaringan pipa minyak dan jaringan listrik [6].

Artikel tentang aliran maksimum fuzzy pertama kali ditulis oleh Kim dan Roush pada tahun 1982 [6]. Kim dan Roush yang pertama kali mengembangkan teori aliran fuzzy (fuzzy flow) dan menentukan aliran maksimum fuzzy dengan fuzzy matrices. Kemudian Chanas [5] juga telah menulis tentang penyelesaian masalah aliran maksimum fuzzy dengan minimal cuts. Sedangkan

penyelesaian masalah aliran maksimum fuzzy dengan program linear fuzzy (fuzzy linear programming) pertama kali dikaji oleh Kumar dan Kaur [6,7,8,9,10].

Permasalahan yang dibahas pada makalah ini adalah studi literatur tentang algoritma penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy, yang telah dikenalkan oleh Kumar dan Kaur [6]. Permasalahan berikutnya tentang simulasi penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan program Delphi 7. Manfaat dirancangnya program simulasi ini diantaranya dapat menyelesaikan masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy yang besar dengan lebih mudah, sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang menarik untuk materi jaringan pada mata kuliah teori graf.

Berikut ini disajikan landasan teori yang terkait dengan pembahasan permasalahan pada makalah ini.

Suatu jaringan pada umumnya diilustrasikan sebagai diagram yang terdiri dari titik-titik yang dilambangkan dengan noktah dan sisi (dilambangkan dengan ruas garis) yang menghubungkan antar titik. Jaringan berbobot adalah sebuah jaringan dimana terdapat bobot pada tiap sisi jaringan tersebut. Bobot tersebut berupa besaran angka yang dapat menunjukkan kapasitas arus, jarak, atau biaya. Suatu jaringan G disebut jaringan berarah bila setiap sisi berarah dan jaringan tidak berarah jika sisinya tidak berarah [6].

1.1 Himpunan Fuzzy [11]

Himpunan fuzzy A pada semesta X adalah himpunan yang berbentuk $\{(v, \mu(v)) | v \in X\}$ dengan $\mu: X \rightarrow [0,1]$ menyatakan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy A . Himpunan fuzzy A pada X disebut normal jika terdapat $x \in X$ sehingga $\mu_A(x) = 1$.

Himpunan fuzzy A disebut konveks jika $\mu_A(\lambda x + (1 - \lambda)y) \geq \min\{\mu_A(x), \mu_A(y)\}$; $x, y \in R$ dan $\lambda \in [0,1]$.

1.2 Bilangan Fuzzy [11]

Bilangan fuzzy A adalah himpunan fuzzy di R yang ternormalisasi konveks sehingga: (1) terdapat sedikitnya satu $x_0 \in R$ dengan $\mu_A(x_0)=1$, (2) $\mu_A(x)$ kontinu sepotong-sepotong.

Bilangan fuzzy A disebut tak negatif jika dan hanya jika $\mu_A(x) = 0$ untuk setiap $x < 0$.

1.3 Bilangan Fuzzy Segitiga [6]

Bilangan fuzzy A disebut bilangan fuzzy segitiga dengan pusat b , lebar kiri a dan lebar kanan c jika fungsi keanggotaannya berbentuk

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a \leq x \leq b \\ \frac{(x-c)}{(b-c)}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases}$$

Bilangan fuzzy segitiga A juga dapat ditulis: $A = (a, b, c)$. Sedang himpunan semua bilangan fuzzy segitiga dinotasikan dengan $F(R)$. Bilangan fuzzy segitiga $A = (a, b, c)$ tak negatif jika $a \geq 0$.

1.4 Fungsi Peringkat [6]

Fungsi peringkat adalah sebuah fungsi $\mathcal{R}: F(R) \rightarrow R$, dengan setiap bilangan fuzzy segitiga $A = (a, b, c)$ dipetakan ke $\mathcal{R}(A) = \frac{a+2b+c}{4}$.

1.5 Operasi pada Bilangan Fuzzy Segitiga [6]

Diberikan dua buah bilangan fuzzy segitiga $A = (a, b, c)$ dan $B = (d, e, f)$. Operasi pada bilangan fuzzy segitiga A dan B didefinisikan sebagai berikut:

- 1) $A \oplus B = (a + d, b + e, c + f)$
- 2) $\lambda A = \begin{cases} (\lambda a, \lambda b, \lambda c), & \text{jika } \lambda \geq 0 \\ (\lambda a, \lambda c, \lambda b), & \text{jika } \lambda \leq 0 \end{cases}$
- 3) $A = B$ jika dan hanya jika $a = d, b = e, c = f$
- 4) $A \leq B$ jika dan hanya jika $a \leq d, b - a \leq e - d, c - b \leq f - e$
- 5) Jika $A \leq B$ maka dapat dikonversi menjadi $A \oplus C = B$, dimana C bilangan fuzzy segitiga tak negatif.

1.6 Aliran Maksimum pada Jaringan Crisp [6]

Diberikan graf berarah $G = (V, E)$, yang dilengkapi dengan :

u_{ij} yaitu kapasitas pada busur (i, j) ,

x_{ij} yaitu aliran pada busur (i, j) dan

f merupakan aliran maksimum dari titik sumber S ke titik tujuan T dalam jaringan G .

Masalah aliran maksimum dapat dirumuskan dengan program linear sebagai berikut.

Maksimumkan f

Kendala:

$$\sum_j x_{ij} = \sum_k x_{ki} + f \quad ; i = s$$

$$\sum_j x_{ij} = \sum_k x_{ki} \quad ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j x_{ij} + f = \sum_k x_{ki} \quad ; i = t$$

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad \forall (i, j) \in E$$

1.7 Program Linear Fuzzy [7]

Model baku program linear dengan variabel keputusan dan parameter fuzzy dirumuskan sebagai berikut.

Maksimumkan atau minimumkan: $\tilde{z} = \tilde{c}\tilde{x}$

Kendala: $\tilde{A} \otimes \tilde{x} \leq \tilde{a}$

$$\tilde{x} \geq 0$$

dengan $\tilde{c} = (\tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_n)$, $\tilde{b} = (\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_n)^T$ dan $A = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n}$ matriks fuzzy.

2. METODE PENELITIAN

Tahap-tahap dalam penelitian ini sebagai berikut.

2.1 Studi Tentang Pemodelan Masalah Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy

Dalam makalah ini dikaji algoritma dari Kumar dan Kaur [6] tentang penyelesaian aliran maksimum pada jaringan fuzzy. Dalam hal ini masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy diselesaikan melalui program linear fuzzy. Setelah dilakukan studi literatur, tahap selanjutnya dilakukan perancangan program berdasarkan algoritma dari Kumar dan Kaur.

2.2 Program Simulasi Penyelesaian Masalah Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy

Program simulasi pemodelan masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dirancang dalam tiga tahap. Tahap pertama meliputi perancangan program untuk input data banyaknya titik (node), banyaknya sisi dan kapasitas tiap sisi pada jaringan. Kapasitas pada tiap sisi dinyatakan dengan bilangan fuzzy segitiga. Tahap kedua meliputi perancangan program penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy. Tahap kedua ini dikerjakan dalam 4 langkah, meliputi penyajian masalah aliran maksimum dengan program linear fuzzy, substitusi variabel dengan format bilangan fuzzy segitiga, penambahan variabel slack untuk kendala ketaksamaan, serta transformasi program linear fuzzy menjadi program linear (crisp) dengan fungsi peringkat dan operasi pada bilangan fuzzy. Sedangkan tahap 3 meliputi perancangan program untuk visualisasi jaringan fuzzy.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini disajikan algoritma dari Kumar dan Kaur [6] tentang penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan program linear fuzzy.

3.1 Algoritma Penyelesaian Masalah Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy

Diberikan jaringan fuzzy G dengan semua parameter dinyatakan sebagai bilangan fuzzy segitiga. Jaringan fuzzy G dilengkapi dengan:

- 1) kapasitas fuzzy pada sisi (i, j) , dinotasikan dengan \tilde{u}_{ij} .
- 2) aliran fuzzy (fuzzy flow) pada sisi (i, j) , dinotasikan dengan \tilde{x}_{ij} .
- 3) Titik sumber S dan titik tujuan T .

Aliran maksimum fuzzy dari titik sumber S ke titik tujuan T dalam jaringan G , dinotasikan dengan \tilde{f} .

Berikut ini algoritma dari Kumar dan Kaur [6] tentang penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy.

Langkah 1: Membuat model matematika masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy.

Berikut ini model matematika masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy G dengan program linear fuzzy.

Maksimumkan \tilde{f}

Dengan kendala:

$$\sum_j \tilde{x}_{ij} = \sum_k \tilde{x}_{kj} \oplus \tilde{f} \quad ; i = s$$

$$\sum_j \tilde{x}_{ij} = \sum_k \tilde{x}_{kj} \quad ; \forall i \neq s, t \quad (1)$$

$$\sum_j \tilde{x}_{ij} \oplus \tilde{f} = \sum_k \tilde{x}_{ki} \quad ; i = t$$

$$\tilde{x}_{ij} \lesssim \tilde{u}_{ij} \quad \forall (i, j) \in E$$

\tilde{x}_{ij} bilangan fuzzy tak negatif.

Langkah 2: Menyajikan variabel dalam bentuk bilangan fuzzy segitiga.

Diberikan:

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), \tilde{f} = (f_1, f_2, f_3) \text{ dan } \tilde{u}_{ij} = (u_{ij}, v_{ij}, w_{ij}).$$

Rumusan program linear fuzzy (1) dapat dirumuskan kembali menjadi:

Maksimumkan: (f_1, f_2, f_3) .

Dengan kendala:

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) \oplus (f_1, f_2, f_3) ; i = s$$

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \oplus (f_1, f_2, f_3) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) ; i = t$$

$$(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \lesssim (u_{ij}, v_{ij}, w_{ij}) \quad \forall (i, j) \in E \quad (2)$$

Langkah 3: menambahkan variabel tak negatif pada kendala ketaksamaan.

Untuk menyelesaikan program linear fuzzy (2), langkah pertama adalah menambahkan variabel tak negatif $\tilde{S}_{ij} = (s'_{ij}, s''_{ij}, s'''_{ij})$ pada kendala ketaksamaan.

Sehingga program linear fuzzy (2) dapat dituliskan kembali menjadi:

Maksimumkan: (f_1, f_2, f_3)

Kendala:

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) \oplus (f_1, f_2, f_3) ; i = s$$

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \oplus (f_1, f_2, f_3) = \sum_k (a_{ki}, b_{ki}, c_{ki}) ; i = t$$

$$(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \oplus (s'_{ij}, s''_{ij}, s'''_{ij}) = (u_{ij}, w_{ij}, w_{ij}) \quad \forall (i, j) \in E \quad (3)$$

Langkah 4: Mentransformasi program linear fuzzy menjadi program linear *crisp*.

Langkah selanjutnya dengan menggunakan fungsi peringkat dan operasi aritmatika pada bilangan fuzzy, program linear fuzzy (3) dapat diubah menjadi program linear *crisp* sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } \frac{f_1 + 2f_2 + f_3}{4}$$

Kendala:

$$\sum_j a_{ij} = \sum_k a_{ki} + f_1 \quad ; i = s$$

$$\sum_j a_{ij} = \sum_k a_{ki} \quad ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j a_{ij} + f_1 = \sum_k a_{ki} \quad ; i = t$$

$$\sum_j b_{ij} = \sum_k b_{ki} + f_2 \quad ; i = s$$

$$\sum_j b_{ij} = \sum_k b_{ki} \quad ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j b_{ij} + f_2 = \sum_k b_{ki} \quad ; i = t$$

$$\sum_j c_{ij} = \sum_k c_{ki} + f_3 \quad ; i = s$$

$$\sum_j c_{ij} = \sum_k c_{ki} \quad ; \forall i \neq s, t$$

$$\sum_j c_{ij} + f_3 = \sum_k c_{ki} \quad ; i = t$$

$$a_{ij} + s'_{ij} = u_{ij}$$

$$b_{ij} + s''_{ij} = v_{ij}$$

$$c_{ij} + s'''_{ij} = w_{ij}$$

$$b_{ij} - a_{ij} \geq 0, c_{ij} - b_{ij} \geq 0, a_{ij} \geq 0, b_{ij} \geq 0, c_{ij} \geq 0$$

$$s'_{ij} - s'_{ij} \geq 0, s''_{ij} - s''_{ij} \geq 0, s'_{ij} \geq 0, s''_{ij} \geq 0, s'''_{ij} \geq 0$$

$$f_2 - f_1 \geq 0, f_3 - f_2 \geq 0, f_1 \geq 0, f_2 \geq 0, f_3 \geq 0$$

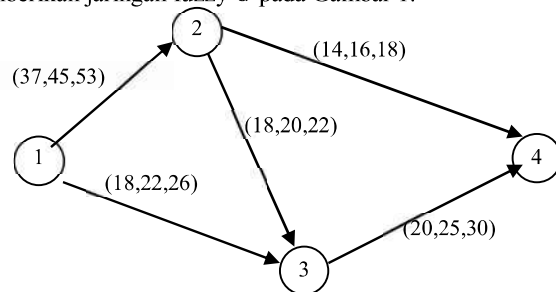
$$\forall (i, j) \in E \quad (4)$$

Selanjutnya menyelesaikan program linear *crisp* (4) dengan metode yang sudah ada, diantaranya metode simpleks, sehingga diperoleh aliran maksimal (*crisp*) $f_1, f_2, \text{ dan } f_3$. Kemudian menuliskan kembali aliran maksimal fuzzy $\tilde{f} = (f_1, f_2, f_3)$ beserta fungsi keanggotaannya.

3.2 Contoh ilustrasi

Berikut ini diberikan ilustrasi penyelesaian masalah aliran maksimal pada jaringan fuzzy dengan algoritma Kumar dan Kaur [6].

Diberikan jaringan fuzzy G pada Gambar 1.



Gambar 1. Jaringan fuzzy G dengan data kapasitas fuzzy pada tiap sisi

Permasalahannya adalah menentukan aliran maksimum dari titik sumber 1 ke titik tujuan 4.

Langkah 1: Membuat model matematika masalah aliran maksimal pada jaringan fuzzy G .

Maksimumkan \tilde{f} .

Dengan kendala:

$$\tilde{x}_{12} + \tilde{x}_{13} = \tilde{f}$$

$$\tilde{x}_{12} = \tilde{x}_{24} + \tilde{x}_{23}$$

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{13} + \tilde{x}_{23} &= \tilde{x}_{34} \\ \tilde{x}_{34} + \tilde{x}_{24} &= \tilde{f} \\ \tilde{x}_{12} &\lesssim (37,45,53), \tilde{x}_{13} \lesssim (18,22,26), \\ \tilde{x}_{24} &\lesssim (14,16,18), \tilde{x}_{23} \lesssim (18,20,22) \\ \tilde{x}_{34} &\lesssim (20,25,30) \\ \tilde{x}_{ij} &\geq 0 \quad \forall (i,j) \in E \end{aligned} \quad (5)$$

Langkah 2: Diberikan $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), \tilde{f} = (f_1, f_2, f_3)$. Rumusan program linear fuzzy (5) dapat dirumuskan kembali menjadi:
Maksimumkan: (f_1, f_2, f_3)

Kendala:

$$\begin{aligned} (a_{12}, b_{12}, c_{12}) \oplus (a_{13}, b_{13}, c_{13}) &= (f_1, f_2, f_3) \\ (a_{12}, b_{12}, c_{12}) &= (a_{24}, b_{24}, c_{24}) \oplus (a_{23}, b_{23}, c_{23}) \\ (a_{13}, b_{13}, c_{13}) \oplus (a_{23}, b_{23}, c_{23}) &= (a_{34}, b_{34}, c_{34}) \\ (a_{24}, b_{24}, c_{24}) \oplus (a_{34}, b_{34}, c_{34}) &= (f_1, f_2, f_3) \\ (a_{12}, b_{12}, c_{12}) &\lesssim (37,45,53), (a_{13}, b_{13}, c_{13}) \lesssim (18,22,26), \\ (a_{24}, b_{24}, c_{24}) &\lesssim (14,16,18), (a_{23}, b_{23}, c_{23}) \lesssim (18,20,22) \\ (a_{34}, b_{34}, c_{34}) &\lesssim (20,25,30) \\ (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) &\geq 0 \quad \forall (i,j) \in E \end{aligned} \quad (6)$$

Langkah 3: Mengubah kendala ketaksamaan menjadi kesamaan dengan menambah variabel tak negatif $\tilde{s}_{ij} = (s'_{ij}, s''_{ij}, s'''_{ij})$ untuk setiap $(i,j) \in E$. Sehingga program linear fuzzy (6) dapat dituliskan kembali menjadi:

Maksimumkan: (f_1, f_2, f_3)

Kendala:

$$\begin{aligned} (a_{12}, b_{12}, c_{12}) \oplus (a_{13}, b_{13}, c_{13}) &= (f_1, f_2, f_3) \\ (a_{12}, b_{12}, c_{12}) &= (a_{24}, b_{24}, c_{24}) \oplus (a_{23}, b_{23}, c_{23}) \\ (a_{13}, b_{13}, c_{13}) \oplus (a_{23}, b_{23}, c_{23}) &= (a_{34}, b_{34}, c_{34}) \\ (a_{24}, b_{24}, c_{24}) \oplus (a_{34}, b_{34}, c_{34}) &= (f_1, f_2, f_3) \\ (a_{12}, b_{12}, c_{12}) \oplus (s'_{12}, s''_{12}, s'''_{12}) &= (37,45,53), \\ (a_{13}, b_{13}, c_{13}) \oplus (s'_{13}, s''_{13}, s'''_{13}) &= (18,22,26) \\ (a_{24}, b_{24}, c_{24}) \oplus (s'_{24}, s''_{24}, s'''_{24}) &= (14,16,18) \\ (a_{23}, b_{23}, c_{23}) \oplus (s'_{23}, s''_{23}, s'''_{23}) &\lesssim (18,20,22) \\ (a_{34}, b_{34}, c_{34}) \oplus (s'_{34}, s''_{34}, s'''_{34}) &\lesssim (20,25,30) \\ (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \oplus (s'_{ij}, s''_{ij}, s'''_{ij}) &= 0 \quad \forall (i,j) \in E \end{aligned} \quad (7)$$

Langkah 4: Mentransformasi program linear fuzzy (7) menjadi program linear *crisp* sebagai berikut.

Maksimumkan $\frac{f_1+2f_2+f_3}{4}$

Kendala:

$$\begin{aligned} a_{12} + a_{13} - f_1 &= 0, b_{12} + b_{13} - f_2 = 0, c_{12} + c_{13} - f_3 = 0 \\ a_{12} + a_{13} - f_1 &= 0, b_{12} + b_{13} - f_2 = 0, c_{12} + c_{13} - f_3 = 0 \\ a_{12} - a_{24} - a_{23} &= 0, b_{12} - b_{24} - b_{23} = 0, c_{12} - c_{24} - c_{23} = 0 \\ a_{13} + a_{23} - a_{34} &= 0, b_{13} + b_{23} - b_{34} = 0, c_{13} + c_{23} - c_{34} = 0 \\ a_{24} + a_{34} - f_1 &= 0, b_{24} + b_{34} - f_2 = 0, c_{24} + c_{34} - f_3 = 0 \\ a_{12} + s'_{12} &= 37, b_{12} + s''_{12} = 45, c_{12} + s'''_{12} = 53 \\ a_{13} + s'_{13} &= 18, b_{13} + s''_{13} = 22, c_{13} + s'''_{13} = 26 \\ a_{24} + s'_{24} &= 14, b_{24} + s''_{24} = 16, c_{24} + s'''_{24} = 18 \\ a_{23} + s'_{23} &= 18, b_{23} + s''_{23} = 20, c_{23} + s'''_{23} = 22 \\ a_{34} + s'_{34} &= 20, b_{34} + s''_{34} = 25, c_{34} + s'''_{34} = 30 \\ (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \oplus (s'_{ij}, s''_{ij}, s'''_{ij}) &= 0 \quad \forall (i,j) \in E \end{aligned} \quad (8)$$

Langkah terakhir adalah menyelesaikan program linear *crisp* (8) pada Langkah 4. Dalam penelitian ini program linear (8) diselesaikan dengan metode simpleks melalui software WinQSB, sehingga diperoleh aliran maksimum *crisp* f_1, f_2 , dan f_3 .

Berikut tampilan penyelesaian program linear (8) pada WinQSB:

19:02:39		Sunday	October	20	2013		
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	32.0000	0.2500	8.0000	0	basic	M
2	X2	38.0000	0.5000	19.0000	0	basic	M
3	X3	44.0000	0.2500	11.0000	0	basic	0.5000
4	X4	14.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
5	X5	16.0000	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
6	X6	18.0000	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
7	X7	18.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
8	X8	22.0000	0	0	0	basic	-0.1250 M
9	X9	26.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
10	X10	0	0	0	0	basic	-0.2500 M
11	X11	0	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
12	X12	0	0	0	0	basic	-M
13	X13	14.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
14	X14	16.0000	0	0	0	basic	-0.5000 M
15	X15	18.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
16	X16	18.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
17	X17	22.0000	0	0	0	basic	-0.2500 M
18	X18	26.0000	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
19	X19	23.0000	0	0	0	basic	-M 0.2500
20	X20	29.0000	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
21	X21	35.0000	0	0	0	basic	-0.2500 0.2500
22	X22	0	0	0	-0.2500	at bound	-M 0.2500
23	X23	0	0	0	-0.1250	at bound	-M 0.1250
24	X24	0	0	0	-0.2500	at bound	-M 0.2500

Gambar 2. Tampilan WinQSB untuk Solusi Program Linear *Crisp*

Jadi diperoleh aliran maksimum *crisp* $f_1 = 32, f_2 = 38$ dan $f_3=44$. Aliran maksimum fuzzy dari jaringan fuzzy G pada Gambar 1 adalah $\tilde{f} = (32,38,44)$.

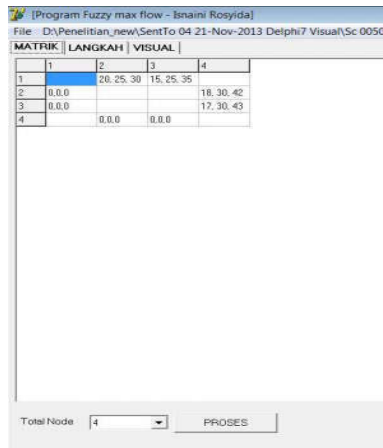
Hasil ini dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

- nilai aliran maksimum dari titik sumber 1 ke titik tujuan 4 pada jaringan G lebih dari 32 satuan dan kurang dari 44 satuan;
- rata-rata aliran maksimum pada jaringan G 38 satuan;
- jika x menyatakan aliran maksimum pada jaringan, maka persentase derajat keanggotaan untuk x adalah $\mu_j(x) \times 100$ dimana

$$\mu_j(x) = \begin{cases} \frac{x-32}{12} & , 32 \leq x \leq 38 \\ \frac{x-44}{-6} & , 38 \leq x \leq 44 \\ 0 & \text{untuk } x \text{ lainnya} \end{cases}$$

3.3 Simulasi Penyelesaian Masalah Aliran Maksimum pada Jaringan Fuzzy

Pada tahap ini dilakukan simulasi penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan software Delphi 7. Program ini dibuat dalam tiga tahap. Tahap pertama meliputi program untuk input data banyaknya titik (*node*), sisi pada jaringan dan bobot tiap sisi yang berupa bilangan fuzzy segitiga. Berikut ini tampilan hasil *run* program untuk input.



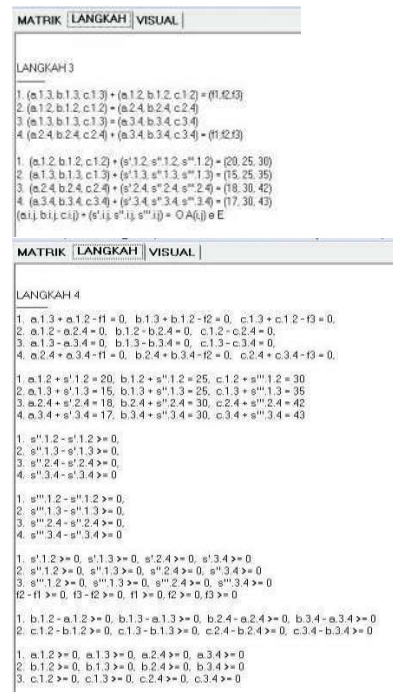
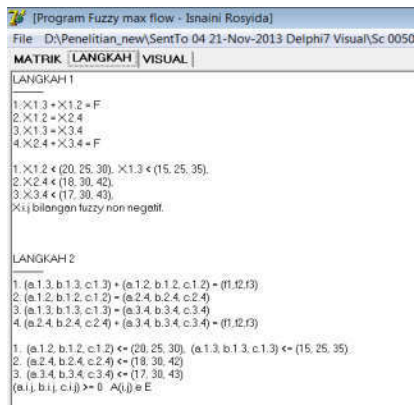
Gambar 3. Tampilan input data

Gambar 3 merupakan input data untuk jaringan fuzzy G pada Gambar 1. Langkah berikutnya mengisikan banyaknya titik pada *Total Node*, kemudian menginput bobot tiap sisi pada form matriks. Setelah input data selesai, langkah berikutnya menekan tombol proses.

Tahap kedua dalam simulasi ini adalah tahap penyelesaian masalah aliran maksimum dengan Algoritma Kumar dan Kaur. Tahap kedua meliputi 4 langkah berikut ini.

1. Penyajian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan program linear fuzzy.
2. Proses substitusi tiap variabel dalam format bilangan fuzzy segitiga.
3. Proses penambahan variabel untuk kendala ketaksamaan.
4. Proses transformasi program linear fuzzy menjadi program linear crisp

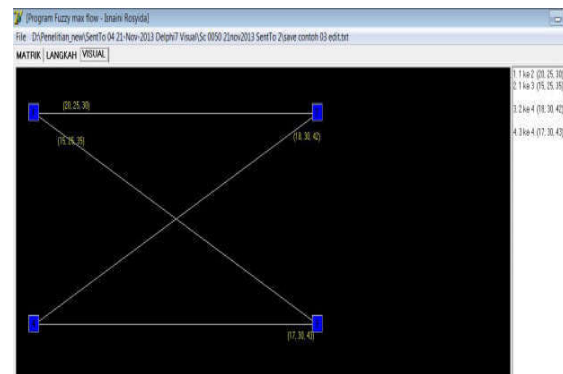
Setelah menekan tombol proses, diperoleh tampilan penyelesaian masalah aliran maksimum dalam 4 langkah tersebut. Berikut ini hasil *run* program untuk jaringan fuzzy G pada Gambar 1.



Gambar 4. Tampilan penyelesaian aliran maksimum fuzzy dalam 4 langkah.

Langkah terakhir adalah tahap menyelesaikan program linear *crisp* pada Langkah 4. Dalam penelitian ini program simulasi yang dibuat belum sampai pada tahap ini. Tahap ini masih diselesaikan dengan paket program yang ada seperti WinQSB. Sedangkan kendala yang muncul apabila menggunakan paket program WinQSB adalah diperlukan proses input data yang cukup lama apabila jaringan fuzzy yang diberikan memiliki jumlah titik cukup banyak.

Tahap selanjutnya merupakan tahap visualisasi jaringan fuzzy, diperoleh dengan mengklik tombol visual. Berikut visualisasi jaringan fuzzy G pada Gambar 1.



Gambar 5. Tampilan untuk tahap visualisasi jaringan fuzzy

Program simulasi ini dapat mempermudah penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dan dapat mengatasi jaringan fuzzy dengan jumlah titik yang cukup banyak. Akan tetapi program ini masih

perlu disempurnakan, karena belum tuntas sampai tahap menyelesaikan program linear crisp pada Langkah 4. Demikian pula tahap visualisasi masih perlu penyempurnaan karena belum dapat memunculkan arah serta bobot setiap sisi pada jaringan.

4. KESIMPULAN

Pada makalah ini telah dilakukan simulasi penyelesaian masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan *software* Delphi 7. Perancangan program simulasi dikerjakan dalam 3 tahap. Tahap pertama meliputi input data banyaknya titik (*node*), sisi dan bobot tiap sisi pada jaringan yang berupa bilangan fuzzy segitiga. Tahap kedua meliputi penyelesaian masalah aliran maksimum melalui program linear fuzzy, yang dikerjakan dalam 4 langkah. Sedangkan Tahap 3 adalah visualisasi gambar dari jaringan fuzzy. Dengan program simulasi ini, masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy dengan jumlah titik yang cukup banyak dapat diselesaikan dengan lebih mudah. Namun demikian, program ini masih perlu disempurnakan karena belum tuntas sampai tahap menyelesaikan program linear crisp pada Langkah 4. Demikian pula tahap visualisasi masih perlu penyempurnaan karena belum dapat memunculkan arah serta bobot setiap sisi pada jaringan.

5. SARAN

Perlu dilakukan penyempurnaan program simulasi masalah aliran maksimum pada jaringan fuzzy sampai dengan tahap penyelesaian program linear *crisp* yang diperoleh. Demikian pula, perlu dilakukan penyempurnaan program visualisasi jaringan fuzzy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UNNES yang telah memberi dukungan *financial* terhadap penelitian ini melalui Penelitian Desentralisasi 2013 skim Hibah Bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blue, M., Bush, B., Puckett, J., 2002, Unified Approach to Fuzzy Graph Problems, *Fuzzy Sets and Systems*, 125, hal 355-368.
- [2] Sujatha, L. dan Elizabeth, S., 2011, Fuzzy Shortest Path Problem Based on Similarity Degree, *Applied Mathematical Sciences*, vol.5 No.66, hal 3263-3276.
- [3] Pandian, P. dan Natarajan, G. 2010. A New Algorithm for Finding a Fuzzy Optimal Solution for Fuzzy Transportation Problems, *Applied Mathematical Sciences*, vol.4 no.2, hal 79-90.
- [4] Yadav, A.K., Biswas, B.R., On Searching Fuzzy Shortest Path In a Network, *International Journal of Recent Trends in Engineering*, vol 2, No. 3, hal 16-18.
- [5] Chanas, S., Delgado, M., Verdegay, J.L., Vila, M.A., 1985, Fuzzy Optimal Flow On Imprecise Structures, *International Journal Of Operational Research*, vol.83, hal 568-580.
- [6] Kumar, A., dan Kaur, M., 2011, Solution of Fuzzy Maximal Flow Problems Using Fuzzy Linear Programming, *International Journal of*

Computational and Mathematical Sciences, vol.5.2, hal 62-66.

- [7] Kumar, A., Kaur, J., Singh, P., 2010, Fuzzy Optimal Solution of Fully Fuzzy Linear Programming Problems with Inequality Constraints, *International Journal of Mathematical and Computer Sciences*, No.6, vol.1, hal 37-41.
- [8] Kumar, A. dan Kaur, M., 2010, An Algorithm for Solving Fuzzy Maximal Flow Problems Using Generalized Trapezoidal Fuzzy Numbers, *International Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 8. 2, hal 109-118.
- [9] Kumar, A. dan Kaur, M., 2011, An Algorithm for Solving Fuzzy Maximum Flow Problems Using Generalized Triangular Fuzzy Numbers, *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, vol.8, hal 15-24
- [10] Kumar, A., dan Kaur, M., 2011, A New Algorithm for Solving Network Flow Problems with Fuzzy Arc Lengths, *Turkish Journal of Fuzzy Systems*, vol.2, No.1.
- [11] Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.