

SKRIPSI

**ALGORITMA *ARTIFICIAL BEE COLONY* UNTUK
MENYELESAIKAN MASALAH RUTE TERPENDEK
DENGAN *FUZZY ARC WEIGHT***



NANI MARYANI
13610039
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2017

**ALGORITMA *ARTIFICIAL BEE COLONY* UNTUK
MENYELESAIKAN MASALAH RUTE TERPENDEK
DENGAN *FUZZY ARC WEIGHT***

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



diajukan oleh

NANI MARYANI

13610039

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2017



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nani Maryani

NIM : 13610039

Judul Skripsi : *Algoritma Artificial Bee Colony Untuk Menyelesaikan Masalah Rute Terpendek Dengan Fuzzy Arc Weight*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 01 Juli 2017

Pembimbing

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, M.Si

NIP. 19800402 200501 1 003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1357/Un.02/DST/PP.00.9/08/2017

Tugas Akhir dengan judul : Algoritma Artificial Bee Colony untuk Menyelesaikan Masalah Rute Terpendek dengan Fuzzy Arc Weight

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NANI MARYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 13610039
Telah diujikan pada : Senin, 07 Agustus 2017
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP. 19800402 200501 1 003

Penguji I

Muchammad Abfori, S.Si., M.Kom
NIP. 19720423 199903 1 003

Penguji II

Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc
NIP. 19820617 200912 1 005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 07 Agustus 2017
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Murtono, M.Si
NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nani Maryani

NIM : 13610039

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak dapat terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 01 Juli 2017



enyatakan

Nani Maryani

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya kecil nan sederhana ini saya persembahkan untuk orang tua saya Alm. Bapak Maryono dan Ibu Nangimatun, terimakasih atas do'a, perhatian, pengorbanan, dan kasih sayang yang tiada tara.



MOTTO

"Kami telah turunkan kepadamu Al-Dzikir (Al-Quran) untuk kamu terangkan kepada manusia apa-apa yang diturunkan kepada mereka agar mereka berpikir"
(QS. 16:44)

"Kebanyakan dari kita tidak menyukuri apa yang sudah kita miliki, tetapi kita selalu menyesali apa yang belum kita capai"-(Schopenhauer)

"Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik"-(Evelyn Underhill)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **Algoritma Artificial Bee Colony untuk Menyelesaikan Masalah Rute Terpendek dengan Fuzzy Arc Weight** dapat terselesaikan guna memenuhi syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang seperti saat ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai tanpa, motivasi, bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Moh. Farhan Qudratullah, M.Si, selaku dosen penasehat akademik, yang telah meluangkan waktu untuk memotivasi serta memberi pengarahan sehingga penulis bisa melewati masa perkuliahan dengan lancar.
4. Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi, yang selalu meluangkan waktunya dalam membimbing, memotivasi, serta mengarahkan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.

5. Bapak / Ibu Dosen dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan, dan pelayanan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
6. Alm. Bapak Maryono dan Ibu Nangimatun, terimakasih atas do'a, perhatian, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materiil yang begitu melimpah, sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Karya ini penulis persembahkan khusus untuk Ayah dan ibu tercinta.
7. Bapak Subiyanto dan saudara-saudaraku tercinta Adib, Bakti, Abda, Syifa, dan Mas Bahrul, terimakasih atas do'a dan dukungan kepada penulis.
8. Keluarga besar Kos Kayyisah, yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
9. Sahabat-sahabat tercinta: Alip, Dita, Eeng, Ismi, Itap, Lisda, Linda, Fitri, Sinta, Zizi, Zozo, Yusron, Dodo, Zulfa, Rian, Anton yang dengan setia menemani dan memberi dukungan kepada penulis.
10. Keluarga besar UKM SPBA (Studi Pengembangan Bahasa Asing) UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
11. Keluarga Besar Matematika angkatan 2013 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang selalu menemani dan membantu penulis dalam mengerjakan skripsi.
12. Teman seperjuangan KKN : Mutia, May, Putri, Hamid, Arif, Unyil, Mukhlis, Edi, Kurniawan, dan Ali yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas bantuan secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.

Semoga Allah SWT memberikan balasan kepada mereka dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Juli 2017

Penulis

Nani Maryani

NIM.13610039



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMBANG	xv
INTISARI	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Tinjauan Pustaka	4
1.7. Metode Penelitian	6
1.8. Flowchart Penelitian	7
1.9. Sistematika Penulisan	8
II DASAR TEORI	9
2.1. Teori Graf	9
2.1.1. Definisi Graf	10

2.1.2.	Terminologi Dasar Graf	12
2.1.3.	Jenis-jenis Graf	14
2.1.4.	Konsep Keterhubungan Pada Graf	17
2.1.5.	Graf Berbobot (<i>Weighted Graph</i>)	19
2.1.6.	Graf Berarah Berbobot (<i>Weighted Directed Graph</i>)	19
2.2.	Logika Fuzzy	20
2.2.1.	Himpunan <i>Crisp</i>	20
2.2.2.	Himpunan <i>Fuzzy</i>	21
2.2.3.	Fungsi Keanggotaan	21
2.2.4.	Definisi Dasar Bilangan-bilangan <i>Fuzzy</i>	24
2.2.5.	α -cut Bilangan <i>Fuzzy</i>	28
2.2.6.	Operasi Aritmatika Bilangan <i>Fuzzy</i>	29
2.2.7.	$\alpha - cut$ untuk Bilangan <i>fuzzy</i> Trapesium	32
2.2.8.	Jarak Antara Bilangan-bilangan <i>Fuzzy</i>	34
2.3.	Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i> (ABC)	36
2.3.1.	Algoritma	36
2.3.2.	<i>Swarm Intelligence</i>	37
2.3.3.	Operator Algoritma ABC	39
2.3.4.	Langkah-langkah Algoritma ABC	40
2.4.	Algoritma Genetika	42
2.4.1.	Operator Mutasi pada Algoritma Genetika	42
2.4.2.	Seleksi pada Mesin <i>Roulette</i>	43
III	PEMBAHASAN	44
3.1.	Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i>	44
3.2.	<i>Flowchart</i> Algoritma ABC	47
3.3.	Menemukan Rute Terpendek dengan ABC	48
3.3.1.	Inisialisasi Populasi pada ABC	48

3.3.2.	Kinerja dari <i>Employed Bee</i>	50
3.3.3.	Kinerja <i>Onlooker Bee</i>	51
3.3.4.	Kinerja <i>Scout Bee</i>	52
3.3.5.	Evaluasi <i>Fitness</i> dan Pemilihan Strategi	52
3.4.	Konsep Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i>	53
3.5.	Penerapan Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i> dengan <i>Fuzzy Arc Weight</i> Pada Jaringan	53
3.5.1.	Langkah 1	55
3.5.2.	Langkah 2	59
3.5.3.	Langkah 3	65
3.5.4.	Langkah 4	67
3.5.5.	Langkah 5	69
3.5.6.	Langkah 6	71
IV	PENUTUP	72
4.1.	Kesimpulan	72
4.2.	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75

DAFTAR GAMBAR

1.1	Flowchart Penelitian	7
2.1	Jembatan Könisberg	9
2.2	Model Graf Jembatan Könisberg	10
2.3	Contoh Graf	11
2.4	Contoh Graf	12
2.5	Matriks Kedekatan dari Contoh Graf	12
2.6	Bersisian (<i>incidency</i>)	13
2.7	Gelang (<i>loop</i>)	13
2.8	Derajat (<i>loop</i>)	14
2.9	Graf Nol dengan 2 Titik	15
2.10	Graf Sederhana	15
2.11	Graf K_3 dan K_4	15
2.12	Graf Teratur	17
2.13	Graf G	17
2.14	Graf Berbobot	19
2.15	Graf Berarah Berbobot	19
2.16	Representasi Linear Naik	22
2.17	Representasi Linear Turun	23
2.18	Kurva Segitiga	23
2.19	Kurva Trapesium	24
2.20	Himpunan <i>Fuzzy</i> Normal	25
2.21	Himpunan <i>Fuzzy</i> Konveks	25
2.22	Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium	27

2.23	Fungsi Keanggotaan Segitiga	30
2.24	Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium dengan α -cut	32
3.1	<i>Flowchart</i> Algoritma ABC	47
3.2	Contoh Jaringan	48
3.3	Rute Air Kabupaten Gunung Kidul	54
3.4	Contoh Jaringan	54
3.5	Syntax Matlab	68

DAFTAR LAMBANG

X	: himpunan universal
α	: tingkat keanggotaan antara 0 dan 1
$\tilde{A}$	:himpunan A
$x \in X$	: x anggota X
$x \in R$	: x anggota semesta R
$\mu_A(x)$	: tingkat keanggotaan x pada A
A_α	: himpunan elemen-elemen dari himpunan <i>fuzzy</i> A
x_{ij}	: variabel x dengan indeks penomoran baris ke- i dan kolom ke- j
Σ	: operator penjumlahan
$\rightarrow$	: menuju
$[a, b]$	: interval tertutup antara a dan b

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

Algoritma *Artificial Bee Colony* Untuk Menyelesaikan Masalah Rute Terpendek Dengan *Fuzzy Arc Weight*

Oleh

NANI MARYANI

13610039

Masalah rute terpendek biasanya mengasumsikan nilai yang jelas (*crisp*) untuk bobot dari setiap rute. Akan tetapi, bobot *crisp* terkadang berakhir ambigu dalam praktiknya di kehidupan sehari-hari. Jumlah bobot dari tiap rute dihitung dengan menggunakan bantuan logika *fuzzy*, yaitu α -cut bilangan *fuzzy*. Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) yang mengadopsi perilaku lebah dalam pencarian makanan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute terpendek. Penelitian ini membahas tentang bagaimana menyelesaikan masalah numerik untuk mencari rute terpendek menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* apabila bobot di setiap rutanya berbentuk bilangan *fuzzy*. Cara kerja algoritma ini dimulai dengan mencari solusi awal menggunakan Algoritma 1 lalu dihitung masing-masing jaraknya menggunakan penjumlahan metode α -cut. Selanjutnya dilakukan pencarian lokal pada setiap solusi awal menggunakan operator mutasi algoritma genetika, kemudian dicari jumlah jaraknya menggunakan cara yang sama lalu dibandingkan menggunakan pencarian jarak $D_{2, \frac{1}{2}}$. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* dari masing-masing solusi yang akan digunakan untuk menghitung nilai probabilitas. Langkah terakhir yaitu perbaikan solusi, solusi yang diperbaiki adalah solusi yang tidak mengalami peningkatan. Proses perhitungan dilakukan secara berulang dari langkah kedua sampai maksimum iterasi, yaitu ketika iterasi sudah mencapai batas *limit* atau batas iterasi gagal. Berdasarkan proses perhitungan menggunakan algoritma ABC pada contoh kasus numerik pengiriman *supply* air bersih di Kabupaten Gunung Kidul, diperoleh rute terpendek, yaitu rute 1,2,3,5,6 dengan jarak interval sebesar 459, 9142.

Kata kunci : Rute terpendek, Bilangan *Fuzzy* Trapesium, α -cut Bilangan *Fuzzy*, Algoritma *Artificial Bee Colony*, Algoritma Genetika.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Matematika merupakan ilmu yang sangat luas dan banyak berkaitan dengan kehidupan. Penerapan ilmu tersebut salah satunya adalah pada masalah pencarian rute terpendek. Masalah rute terpendek merupakan masalah yang banyak dijumpai pada jaringan, transportasi, komunikasi, dan sebagainya yang direpresentasikan dalam bentuk graf. Pentingnya pemilihan rute terpendek adalah menghindari permasalahan-permasalahan klasik yang sering dialami oleh kebanyakan orang saat melakukan perjalanan, misalnya masalah keterbatasan waktu dan bahan bakar. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui rute mana yang terpendek untuk dilewati. Beberapa algoritma pun telah banyak dirancang oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah rute terpendek, salah satunya yaitu Algoritma *Artificial Bee Colony*. Algoritma *Artificial Bee Colony* dirancang oleh Karaboga pada tahun 2005 (Karaboga, 2005) yang terinspirasi dari perilaku sosial koloni lebah dimana seekor lebah bisa menjangkau sumber makanan dengan rute terdekat. Algoritma ini memiliki 3 komponen utama dalam mencari sumber makanan terbaik, yaitu *employed bee*, *onlooker bee* dan *scout bee*.

Perkembangan ilmu matematika pada abad ke-20 relatif cepat sehingga semakin memenuhi kebutuhan pengguna matematika dalam menunjang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu materi matematika yang berkembang cukup pesat adalah logika, himpunan, dan bilangan *fuzzy*. Tidak semua himpunan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari terdefinisi secara jelas, mis-

alnya kumpulan siswa yang pandai, jarak sekitar 50 km, kecepatan mobil sekitar 70 km/jam, dan cuaca yang agak panas. Contoh tersebut berbeda dengan dia memiliki 3 anak, berat badannya 50 kg, dan jarak tepatnya 300 m yang merupakan contoh himpunan tegas atau *crisp*.

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 (Sri 2013). Masalah lintasan terpendek *fuzzy* sebelumnya juga telah dibahas oleh Klein (1991), Okada dan Gen (1994). Dalam penelitian ini, digunakan algoritma *Artificial Bee Colony* untuk mencari rute atau lintasan *fuzzy* terpendek. Algoritma *Artificial Bee Colony* merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku sosial koloni lebah.

Artificial memiliki arti buatan yang memiliki makna bahwa penyelesaian menggunakan algoritma *Bee Colony* ini tidak sama persis dengan perilaku koloni lebah atau dengan kata lain algoritma ini menggunakan beberapa langkah yang koloni lebah lakukan dengan bantuan dari algoritma lain. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini akan menyelesaikan pencarian rute terpendek dari suatu permasalahan numerik dengan bobot dari titik satu ke titik lainnya dalam bentuk bilangan *fuzzy* (*fuzzy arc weight*). Dalam kasus ini, bilangan *fuzzy* yang digunakan adalah bilangan *fuzzy* trapesium. Dalam beberapa kasus, pencarian rute terpendek dari titik awal ke titik tujuan akan dicari dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* karena algoritma ini sangat efisien dan dapat digunakan dengan parameter kontrol seminimal mungkin, sehingga untuk menyelesaikan masalah dengan bobot *fuzzy* lengkap dengan fungsi keanggotaannya dibutuhkan algoritma yang sederhana, yaitu algoritma *Artificial Bee Colony*. Dalam contoh kasus numerik dituntut untuk mencari rute terpendek secara cepat dan akurat, sedangkan pada kasus nyata di lapangan juga dituntut untuk mencari rute terpendek serta untuk meminimumkan waktu dan biaya transportasi. Permasalahan ini kemudian digambarkan

dalam bentuk graf, dimana jalan antar kota atau daerah digambarkan sebagai garis (*edge*), sedangkan kota atau daerah digambarkan sebagai titik (*vertex*). Konsep Algoritma ABC ini adalah dengan menentukan solusi awal yang kemudian dicari rute lain menggunakan pencarian lokal sampai menemukan rute dengan jumlah jarak terkecil, rute dengan jarak terkecil adalah solusi optimumnya. Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini diberi judul **Algoritma Artificial Bee Colony Untuk Menyelesaikan Masalah Rute Terpendek Dengan Fuzzy Arc Weight**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam pencarian rute terpendek pada suatu jaringan?
2. Bagaimana cara mencari rute terpendek pada suatu graf dengan algoritma *Artificial Bee Colony* yang setiap garisnya mengandung bilangan-bilangan *fuzzy* (*fuzzy arc weight*) ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan penerapan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam pencarian rute terpendek pada suatu jaringan.
2. Mengetahui cara mencari rute terpendek pada suatu graf dengan algoritma *Artificial Bee Colony* yang setiap garisnya mengandung bilangan-bilangan *fuzzy*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa

- Memudahkan mahasiswa dalam memecahkan kasus rute *fuzzy* terpendek secara optimal.
- Sebagai tambahan referensi bagi mahasiswa mengenai pencarian rute *fuzzy* terpendek dalam suatu jaringan atau graf.

2. Bagi Umum

- Sebagai tambahan referensi mengenai rute *fuzzy* terpendek yang dapat digunakan oleh pihak-pihak yang memerlukan.
- Penelitian diharapkan dapat digunakan suatu lembaga atau perusahaan yang bergerak pada bidang transportasi dan yang lainnya untuk menentukan rute terpendek dalam bentuk bilangan *fuzzy*.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Graf yang digunakan dalam permasalahan ini adalah graf berbobot yang berarah (*weighted directed graph*).
2. Permasalahan ini menggunakan masalah numerik.
3. Menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium.

1.6. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan beberapa literatur baik yang berasal dari jurnal penelitian, skripsi, maupun referensi lainnya.

Beberapa sumber yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini diantaranya jurnal yang berjudul "*A Novel Artificial Bee Colony Algorithm for Shortest Path Problems with Fuzzy Arc Weights*" yang ditulis oleh Ali Ebrahimnejada, Madjid Tavana, dan Hamidreza Alrezaamiri pada tahun 2016. Jurnal tersebut menjelaskan penyelesaian rute terpendek menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dengan bobot busur atau garisnya dalam bentuk bilangan-bilangan *fuzzy*. Dalam jurnal ini berisi penyelesaian kasus numerik menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*, algoritma genetika dan algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam mencari rute *fuzzy* terpendek. Sedangkan pada penelitian ini akan dibahas secara lebih jelas dan runtut mengenai cara dan langkah algoritma *Artificial Bee Colony* dalam menyelesaikan masalah rute *fuzzy* terpendek.

Referensi selanjutnya yaitu jurnal yang berjudul "*A Genetic Algorithm for Solving Fuzzy Shortest Path Problems with mixed Fuzzy Arc Lengths*" yang ditulis oleh Reza Hassanzadeh, Iraj Mahdavi, Nezam Mahdavi Amiri, dan Ali Tajdin pada tahun 2011. Jurnal ini menjelaskan tentang cara kerja algoritma genetika untuk mencari rute terpendek. Sedangkan pada penelitian ini pencarian rute terpendek akan diselesaikan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dengan menggunakan bantuan operator mutasi dan mesin *roulette* pada algoritma genetika.

Referensi ketiga yaitu skripsi yang berjudul "*Penyelesaian Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Artificial Bee Colony* (Studi Kasus: Pendistribusian Qurban PPHQ AMM)" yang ditulis oleh Rinaldi Perdana pada tahun 2015. Isi dari skripsi ini adalah penyelesaian TSP menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* yang angka di setiap garisnya (*edge*) merupakan bilangan *crisp* atau tegas. Sedangkan penelitian ini menggunakan bilangan-bilangan *fuzzy* pada setiap garisnya (*fuzzy arc weight*).

Perbedaan penelitian ini dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut.

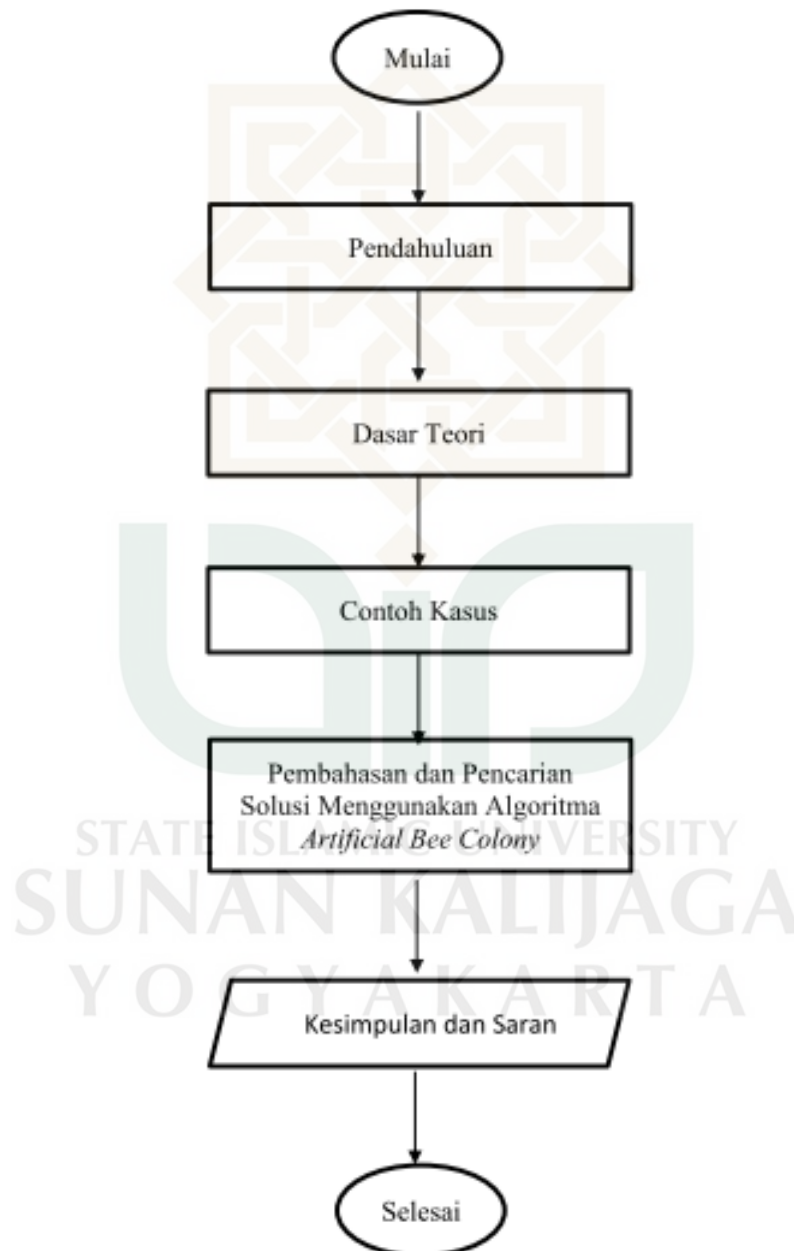
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan dan Perbedaan
<i>Ali Ebrahimnejada, dkk</i>	<i>A Novel Artificial Bee Colony Algorithm for Shortest Path Problems with Fuzzy Arc Weights</i>	Dalam jurnal ini berisi pencarian rute <i>fuzzy</i> terpendek dengan algoritma ABC, algoritma genetika dan algoritma PSO secara sekilas sedangkan penelitian ini akan membahas suatu permasalahan menggunakan algoritma ABC dengan lebih jelas, rinci, dan runtut.
<i>Reza Hassan-zadeh, dkk</i>	<i>A Genetic Algorithm for Solving Fuzzy Shortest Path Problems with mixed Fuzzy Arc Lengths</i>	Penelitian tersebut berisi cara kerja algoritma genetika untuk mencari rute terpendek dengan <i>fuzzy arc weight</i> , sedangkan penelitian ini menggunakan algoritma ABC.
<i>Rinaldi Perdana</i>	<i>Traveling Salesman Problem dengan Algoritma Artificial Bee Colony (Studi Kasus: Pendistribusian Qurban PPHQ AMM)</i>	Penelitian tersebut menjelaskan tentang penyelesaian TSP menggunakan algoritma ABC, sedangkan penelitian ini berisi tentang penyelesaian rute <i>fuzzy</i> terpendek menggunakan algoritma ABC.

1.7. Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam penyusunan skripsi ini adalah dengan metode studi literatur. Peneliti mengkaji, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan numerik bilangan *fuzzy* menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* yang memer-

lukan berbagai kajian teori dari berbagai sumber baik dari buku, artikel, jurnal penelitian maupun internet yang dapat dijadikan pedoman.

1.8. Flowchart Penelitian



Gambar 1.1 Flowchart Penelitian

1.9. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi empat bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat penelitian, Batasan Masalah, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori dan konsep-konsep tentang Teori Graf, Rute Terpendek, Algoritma *Artificial Bee Colony*, Logika *Fuzzy*, dan bilangan-bilangan *fuzzy*.

BAB III PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai konsep dan langkah Algoritma *Artificial Bee Colony* dalam menyelesaikan masalah rute terpendek dengan *fuzzy arc weight*.

BAB IV PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari pokok bab-bab sebelumnya.

BAB IV

PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai penerapan Algoritma *Artificial Bee Colony* dengan *fuzzy arc weight* pada contoh kasus numerik pada jurnal *A Shortest Path Problem on a Network with Fuzzy Arc Length* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan Algoritma *Artificial Bee Colony* dalam pencarian rute terpendek pada suatu jaringan menggunakan tiga operator yaitu *Scout Bee*, *Employed Bee*, dan *Onlooker Bee*. Pada proses perhitungan menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony* terdiri dari 6 langkah. Pertama adalah pembentukan solusi awal menggunakan Algoritma 1 yang kemudian dihitung jumlah jarak dari masing-masing rute. Langkah kedua, *employed bee* melakukan pencarian lokal disekitar solusi menggunakan operator mutasi pada algoritma genetika, dan dihitung jumlah jarak dari masing-masing rute, setelah diperoleh jumlah jarak baru kemudian dibandingkan dengan jarak yang lama. Langkah ketiga *employed bee* akan membagikan informasi kepada *onlooker bee* di *dance area*, dan *onlooker bee* kemudian memilih satu jalur tergantung pada probabilitas masing-masing rute yang sebelumnya telah dicari dan dihitung nilai *fitness* pada masing-masing rute, setelah diperoleh nilai probabilitas selanjutnya dihitung nilai kumulatif

dari masing-masing rute. Langkah keempat, nilai kumulatif tersebut kemudian dibandingkan dengan bilangan acak antara 0 dengan 1, jika nilai kumulatif lebih besar maka solusi dianggap tidak mengalami peningkatan. Langkah kelima yaitu melakukan perluasan solusi yang tidak mengalami peningkatan menggunakan algoritma 1. Solusi baru yang diperoleh dibandingkan dengan solusi yang lama, jika solusi baru lebih baik maka menggantikan solusi lama. Langkah terakhir yaitu apabila kriteria pemberhentian telah dipenuhi maka proses perhitungan Algoritma *Artificial Bee Colony* berhenti sehingga diperoleh solusi optimum, dan jika tidak maka proses akan berulang pada langkah kedua, hingga jumlah iterasi gagal sama dengan jumlah *limit*.

2. Cara mencari rute terpendek pada suatu graf dengan Algoritma *Artificial Bee Colony* yang setiap garisnya mengandung bilangan-bilangan *fuzzy* hampir sama dengan langkah-langkah pada penerapan Algoritma *Artificial Bee Colony* dalam pencarian rute terpendek pada jaringan dengan jarak riil. Perbedaannya adalah pada penjumlahan bilangan *fuzzy* pada setiap jaraknya dan cara membandingkan antara rute yang satu dengan rute yang lainnya. Pada kasus ini penjumlahan setiap garis menggunakan penjumlahan α -cut dan pemilihan rute menggunakan $D_{2, \frac{1}{2}}$ dan $n = 10$, sehingga diperoleh hasil rute terbaik adalah rute 1,2,3,5,6 dengan nilai jarak interval sebesar 459, 9142 dan fungsi keanggotaan sebagai berikut

$$\mu_{1*}(x) = \begin{cases} \frac{(x-103)}{34}; & 103 \leq x \leq 137 \\ 1; & 137 \leq x \leq 149 \\ \frac{(185-x)}{36}; & 149 \leq x \leq 185. \end{cases}$$

Sehingga untuk mendapatkan pasokan air bersih, Kantor Water Banyu harus melewati rute Playen, Gedangsari, Wonosari, dan menuju tujuan akhir yaitu Kecamatan Karangmojo.

4.2. Saran

Setelah membahas mengenai cara mencari rute terpendek menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dengan *fuzzy arc weight*, penulis ingin menyampaikan beberapa saran.

1. Proses pencarian rute terpendek dengan Algoritma *Artificial Bee Colony* dengan *fuzzy arc weight* masih secara manual. Untuk itu bagi peneliti selanjutnya dapat membuat program dan mengembangkan program agar lebih cepat dan efisien.
2. Pada penelitian selanjutnya bobot bilangan *fuzzy* trapesium dapat dibandingkan dengan bilangan *fuzzy* yang lain seperti bilangan bilangan *fuzzy* normal atau bilangan *fuzzy* segitiga .
3. Penelitian ini masih terbatas pada analisis matematis, untuk mengetahui efektif tidaknya Algoritma ABC ini, penelitian berikutnya dapat menggunakan data dari hasil riset di lapangan. Pada penelitian selanjutnya diharapkan bisa menggunakan dan membangkitkan bilangan *fuzzy* berdasarkan data yang sebenarnya dari hasil riset di lapangan agar hasil perhitungan bisa diimplementasikan langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussakir, Nilna N A, dan Fifi F N., 2009. *TEORI GRAF: Topik Dasar untuk Tugas Akhir/Skripsi*. Malang: UIN-Malang Press.
- Aldous, Joan M. and Wilson, Robin J. 2000. *Graph and Applications An Introductory Approach*. Great Britain : Springer.
- Amri, Faisal dkk. 2012. *Algoritma Artificial Bee Colony untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem*. Sumatera :USU Utara.
- Boading, Liu. 1999. *Uncertain Programming*. John Wiley and Sons, Inc
- Duta, Palash.,dkk. 2011. *Fuzzy Arithmetic With and Without using α - cut Method : A Comparative Study*. India.
- Ebrahimnejada, Ali.,dkk. 2016. *A Novel Artificial Bee Colony Algorithm for Shortest Path Problems with Fuzzy Arc Weight*. Measur4170.
- Elva R S dan Vawati Alisah. 2012. *Studi Tentang Persamaan Fuzzy*. Vol 2 No 2.
- Entin. 2010. *Kecerdasan Buatan (Bab 7 Algoritma Genetika)*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya.
- Gooddairrie dan Michael M P. 2002. *Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition*. United States of America: Prentice-Hall, Inc.
- Hassanzadeh, Reza.,dkk. 2013. *A Genetic Algorithm for Solving Fuzzy Shortest Path Problems with Mixed Fuzzy Arc Lengths*.
- Irsalinda, Nursyifa. 2013. *Penyelesaian Permasalahan Optimasi Global Menggunakan Algoritma Koloni Lebah Buatan*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Kadir, Abdul. 2013. *Pengenalan Algoritma Pendekatan Secara Visual dan Interaktif Menggunakan RAPTOR*. Yogyakarta.
- Karaboga, Dervis dan Ozturk, Celal. 2011. *A Novel Clustering Approach: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm*.

- Khalaf, Wakas.S. 2014. *Solving Fuzzy Transportation Problem Using a New Algorithm*. Volume: 14.
- Klir J, George dan Yuan, Bo. 1995. *Fuzzy Set and Fuzzy Logic : Theory and Applications*. Prentice Hall.
- Knuth, D.E. 1973. *The Art of Computer Programming Vol 3, sorting and searching*. Addison Wesley Reading MA.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelegence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Levitin, Anany. 2010. *Pengantar Desain dan Analisis Algoritma*. Edisi 2 Buku 1. Jakarta.
- Mardiyono, Sugeng. 1996. *Matematika Diskret*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Nindy Cahyo, Ofyar Z, dan Russ Bona. 2010. *Estimasi Parameter Bilangan Fuzzy Segitiga Untuk Model Pembebanan Lalu lintas Fuzzy*. KoNTekS 4.
- Nurdiana, Dian. 2015. *Implementasi Algoritma Lebah untuk Pencarian Jalur Terpendek dengan Mempertimbangkan Heuristik*. Jurnal Pendidikan Matematika Vol 5 No 2.
- Okada, Shinkoh dan Soper, Timothy. 2000. *A Shortest Path Problem on a Network With Fuzzy Arc Lengths*.
- Pratama, Rendra Firman. 2013. *Penyelesaian Traveling Salesman Problem (TSP) dengan Menggunakan Artificial Bee Colony*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Rosen, Kenneth. 2012. *Discrete Mathematics and Its Applications, Sixth Edition*.
- Suyandi, Andri dan Winwin. 2013. *Aplikasi Traveling Salesman Problem dengan Metode Artificial Bee Colony*. Jurnal Sifo Mikrosil 2013.
- S.N.Sivanandam, S.Sumathi, dan S.N.Deepa. 2007. *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. India.
- Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo . 2013. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama : Nani Maryani
Tempat, Tanggal, Lahir : Boyolali, 17 November 1996
Umur : 20 Tahun
Alamat : Trayon, RT 03, RW 02, Kebonan, Karanggede, Boyolali
Jenis Kelamin : Perempuan
No. Handphone : 081314152326
Status : Belum Menikah
Email : nmaryani171196@gmail.com



B. Riwayat Pendidikan

1. MIM Jatisari
2. MTsN Andong Boyolali
3. MAN 1 Surakarta
4. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA