OPTIMASI JARAK PENJEMPUTAN PENUMPANG CV. EIRA SAUDARA MENGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* Studi Kasus : Travel Taxi Tiga Saudara Pontianak Kalbar

Dessy Natalia, Yundari, Yudhi

INTISARI

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah suatu masalah optimasi untuk menentukan rute optimal perjalanan salesman yang melalui semua kota tujuan tepat satu kali dan kembali ke kota awal. Penyelesaian untuk masalah TSP ini mengharuskan penghitungan terhadap semua kemungkinan rute yang dapat diperoleh, kemudian memilih salah satu rute yang terpendek. Jika terdapat n kota yang harus dikunjungi, maka diperlukan proses pencarian sebanyak $(n - 1)!$ rute. Penelitian ini, bertujuan untuk mendapatkan penyelesaian rute terpendek penjemputan penumpang CV. Eira Saudara dengan metode *Particle Swarm Optimization (PSO)*. *PSO* adalah teknik optimasi berbasis populasi, yang terinspirasi oleh tingkah laku sosial pada kawanan burung yang terbang berduyun-duyun (*bird flocking*) dan gerombolan ikan yang berenang berkelompok (*fish schooling*). Pada penelitian ini digunakan metode *PSO* dengan 8 titik lokasi penjemputan penumpang, dimana Jl. Tanjung Pura No.214 sebagai titik awal serta Bandar Udara Internasional Pontianak sebagai titik tujuan. Jarak penjemputan penumpang yang diperoleh adalah sejauh 59,2 km dengan kriteria pemberhentian $|F_t - F_{t-1}| < \varepsilon$, dimana nilai $\varepsilon = 10^{-15}$.

Kata kunci : *Traveling Salesman Problem, Particle Swarm Optimization, fitness, rute penumpang.*

PENDAHULUAN

Transportasi angkutan darat yang berupa taksi lebih dikenal masyarakat di Kalimantan Barat dengan sebutan travel. Travel memiliki sistem layanan penjemputan dan pengantaran penumpang sampai ke tempat tujuan. Hal ini menjadikan travel sebagai jenis alat transportasi pilihan konsumen yang hendak melakukan perjalanan dalam/luar kota dan antar-jemput airport. Penyedia jasa travel harus memperhatikan kualitas pelayanan dan keamanan penumpang. Pelayanan yang memuaskan akan menjadi daya tarik tersendiri bagi konsumen terhadap jasa pelayanan travel.

CV. Eira Saudara merupakan salah satu penyedia jasa travel. Seorang sopir taksi diharuskan menjemput setiap penumpang tepat satu kali dan berakhir pada lokasi awal dimana seorang sopir memulai perjalanan. Maksimal penumpang yang dijemput untuk satu taksi adalah tujuh orang penumpang. Sopir harus bisa menentukan rute penjemputan penumpang secara tepat agar target yang harus dicapai penyedia layanan jasa travel sesuai dengan yang diharapkan.

Permasalahan seorang sopir Taxi Tiga Saudara yang harus menjemput penumpang dengan jarak terpendek termasuk ke dalam permasalahan *Traveling Salesman Problem (TSP)*. *Salesman* tersebut mempunyai masalah dalam hal menentukan lokasi mana yang lebih dulu dikunjungi sedemikian sehingga total jarak dan setiap lokasi hanya boleh dilalui sekali dalam satu perjalanan. TSP dikenal sebagai permasalahan yang bersifat kombinatorial. TSP dapat digambarkan dalam bentuk *Cycle*[1]. *Cycle* adalah jalur yang mulai dari suatu simpul dan berakhir pada simpul yang sama[2].

Permasalahan TSP dapat diselesaikan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization (PSO)*. *PSO* adalah teknik optimasi berbasis populasi terinspirasi dari perilaku sosial binatang membentuk formasi tertentu [3]. Optimasi merupakan suatu upaya sistematis untuk mencari nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi tujuan dengan tetap memperhatikan pembatas yang ada [4]. Fungsi tujuan digunakan untuk mencari jarak terpendek penjemputan penumpang oleh seorang sopir travel Taxi Tiga Saudara di CV. Eira Saudara dengan metode *PSO*.

MASALAH TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP)

TSP merupakan permasalahan seorang *salesman* harus mengunjungi semua kota tujuan tepat satu kali dan harus kembali ke kota awal. Penentuan jarak yang optimal merupakan tujuan utama pada TSP. Fungsi tujuan dari masalah TSP adalah sebagai berikut [5] :

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} , \quad (1)$$

Fungsi batasannya adalah:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1, & i &= 1, \dots, n , \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1, & j &= 1, \dots, n , \\ x_{ij} &\in \{0,1\}, & i, j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

dengan c_{ij} adalah jarak dari kota- i ke kota- j , dengan i adalah kota awal, j adalah kota tujuan dan x_{ij} bernilai 1 jika ij masuk dalam rute dan 0 jika ij tidak merupakan bagian dari rute. Dari fungsi tujuan permasalahan TSP selanjutnya mencari rute dan jarak terpendek perjalanan seorang salesman menggunakan metode PSO.

METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

PSO adalah teknik optimasi berbasis populasi, yang terinspirasi oleh tingkah laku sosial pada kawanan burung yang terbang berduyun-duyun (*bird flocking*) dan gerombolan ikan yang berenang berkelompok (*fish schooling*)[3]. PSO memiliki *memory* untuk menyimpan solusi terbaik. Setiap partikel pada PSO tidak pernah mati, posisi dan kecepatan terbang partikel di-*update* pada setiap iterasi sehingga partikel tersebut bisa menghasilkan solusi baru yang lebih baik. Solusi-solusi (partikel) yang potensial, “terbang” dalam ruang masalah mengikuti partikel-partikel yang optimum saat ini (*current optimum particles*). Dengan konsep ini, PSO lebih mudah diimplementasikan dan parameter yang harus diatur hanya sedikit[6]. Ada beberapa teori yang berusaha menjelaskan mengenai tingkah laku kawanan hewan tersebut. Perilaku sosial tingkah laku kawanan hewan mengikuti tiga aturan berikut[7]:

- Separation* : setiap individu akan berusaha untuk saling menjauh jika merasa terlalu dekat dengan individu di sebelahnya.
- Aligment* : setiap individu memiliki kecenderungan untuk bergerak kearah individu di sebelahnya.
- Cohesion* : setiap individu berusaha untuk bergerak ditengah-tengah individu tetangganya.

Ilustrasi cara kerja, diambil N sejumlah partikel (di dalam PSO, individu sering disebut dengan partikel) yang bergerak bersama-sama disuatu ruang pencarian S . Setiap partikel i adalah kandidat penyelesaian dan dinyatakan dengan vektor x_i . Setiap partikel memiliki posisi, kecepatan dan akan bergerak berdasarkan pengalaman, informasi dari lingkungan sosialnya dan posisi terkini dari partikel tersebut. Pengalaman partikel i dinyatakan oleh posisi terbaik p_i , yang pernah dicapai oleh partikel tersebut. Informasi dari lingkungan diwakili oleh partikel yang memiliki posisi terbaik g , di dalam kumpulan partikel tersebut. Sedangkan posisi partikel i saat ini dinyatakan dengan x_i^{t-1} [3]. Secara matematis perubahan kecepatan (*velocity*) pada metode ini direpresentasikan dengan Persamaan (2)[8]

$$v_i^t = wv_i^{t-1} + \varphi C_1(p_i - x_i^{t-1}) + \varphi C_2(g - x_i^{t-1}) , \quad (2)$$

dengan

v_i^t = Kecepatan partikel ke- i pada iterasi ke- t ;

- φ = Vektor random dengan rentang nilai $[0,1]$;
 C_1 = Koefisien '*cognitive learning*' (kecerdasan individu);
 C_2 = Koefisien '*social learning*' (hubungan sosial antar individu);
 p_i = P_{best} (posisi partikel terbaik) ke- i ;
 g = Nilai P_{best} terbaik dari semua partikel;
 x_i^{t-1} = Posisi partikel ke- i pada iterasi ke- $(t - 1)$;
 w = Koefisien inersia.

Koefisien inersia w dipakai untuk menghitung kecepatan partikel. Nilai w yang besar bagus dalam eksplorasi ruang pencarian sementara nilai w yang kecil bagus untuk intensifikasi. Pada setiap iterasi nilai fungsi inersia di-*update* melalui Persamaan (3)[4]:

$$w_t = w_{max} - \frac{t}{t_{max}}(w_{max} - w_{min}), \quad (3)$$

dengan;

- w_{max} = Inersia maksimum (0,9);
 w_{min} = Inersia minimum (0,4);
 t = Iterasi sekarang;
 t_{max} = Jumlah maksimum iterasi.

Seiring dengan berubahnya kecepatan, maka terjadi perubahan pada posisi partikel di setiap iterasi yang dapat dihitung dengan Persamaan (4)

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t. \quad (4)$$

Fungsi *fitness* digunakan untuk mengukur tingkat kebaikan atau kesesuaian (*fitness*) suatu solusi dengan solusi yang dicari. Fungsi *fitness* bisa berhubungan langsung dengan fungsi tujuan atau bisa juga sedikit modifikasi terhadap fungsi tujuan. Sejumlah solusi yang dibangkitkan dalam populasi akan dievaluasi menggunakan fungsi *fitness*. Pada kasus optimasi, dikenal dengan dua masalah yaitu maksimasi dan minimasi. Penentuan nilai *fitness* (F) dapat dihitung dengan Persamaan (5)[1] :

$$F = \frac{1}{f(x)}. \quad (5)$$

dengan

- $f(x)$ = Jumlah total jarak partikel;
 x = Partikel.

Metodologi Penelitian

Pada proses alur penjemputan penumpang Taxi Tiga Saudara oleh seorang sopir taksi dengan cara mengetahui semua alamat penumpang taksi yang akan berangkat ke Bandar Udara Internasional Pontianak. Penentuan rute terpendek penjemputan penumpang diawali dengan input data matriks jarak yang telah didapat menggunakan *Google Maps*. Inisialisasi parameter permasalahan terdiri dari dimensi permasalahan jumlah partikel (np), jumlah kota (nk), nilai konstanta random (C_1, C_2), koefisien inersia (w), ruang pencarian (*search space*) yang dinyatakan oleh batas atas (ba) dan batas bawah (bb). Membentuk posisi dan kecepatan awal, selanjutnya menghitung total jarak dan nilai *fitness*. Perhitungan total jarak dan nilai *fitness* digunakan untuk dapat memperoleh nilai P_{best} dari masing-masing partikel yang ada. Kemudian dari hasil P_{best} yang diperoleh masing-masing partikel, nilai P_{best} terkecil menjadi nilai G_{best} disetiap kali proses iterasi dilakukan. Proses selanjutnya adalah *update* kecepatan partikel dan *update* posisi partikel. Dari proses tersebut menghasilkan partikel baru, dimana dengan nilai rata-rata *fitness* tertinggi menjadi solusi rute dengan jarak terpendek yang merupakan solusi mendekati optimum.

Pengujian Jumlah Partikel

Pada pengujian jumlah partikel bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel pada masing-masing nilai *fitness* yang diperoleh oleh sistem[9]. Hasil pengujian rata-rata nilai *fitness* berdasarkan jumlah partikel, dengan ukuran iterasi 100 dan jumlah titik lokasi 8 dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :

Gambar 2 Grafik Pengujian Jumlah Partikel

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai *fitness* tertinggi yaitu 0,0169 pada jumlah partikel 90 dan rata-rata nilai *fitness* terendah sebesar 0,0154 pada jumlah partikel 20. Dari pengujian grafik rata-rata nilai *fitness* adanya peningkatan dan penurunan pada jumlah partikel yang diajukan. Terlihat pada ukuran partikel 5 sampai 60 mengalami peningkatan dan penurunan, pada partikel 70 sampai 110 mengalami peningkatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan wawancara langsung dengan salah satu pemilik taksi di CV. Eira Saudara, alur penjemputan penumpang di mulai dari Jl.Tanjungpura 214 selanjutnya seorang sopir menjemput penumpang ke setiap alamat yang telah diberikan calon penumpang taksi. Kendaraan yang di pakai oleh penyedia jasa travel ini yaitu jenis mobil dan lebih dikenal dengan sebutan Taxi Tiga Saudara. Jumlah penumpang Taxi Tiga Saudara maksimal 7 orang. Data penumpang diperoleh dari aplikasi penentuan lokasi yang terdapat pada android khususnya penjemputan penumpang di daerah kota Pontianak. Penumpang taksi adalah sekelompok orang yang akan berangkat ke Bandar Udara Internasional Supadio. Asumsi TSP dalam permasalahan penjemputan penumpang adalah :

- Setiap lokasi penumpang hanya dikunjungi satu kali dan lokasi penumpang diasumsikan sebagai titik.
- Jalan yang dilalui tidak ada yang satu arah, maka jarak antar titik adalah simetris, artinya jarak dari titik A ke B sama dengan jarak dari titik B ke A.
- Jarak antar titik harus jarak yang paling dekat, pencarian jarak tersebut menggunakan maps yang terdapat pada android.
- Seorang supir taksi harus kembali lagi ke pangkalan.

Sebagai contoh diberikan alamat penumpang Taxi Tiga Saudara yang merupakan titik penjemputan (Tabel 1).

Tabel 1. Alamat Penumpang Taxi Tiga Saudara

Titik	Alamat Penumpang
1	Jl. Tanjung Pura No.214 (depan Yamaha Sentral samping SPBU).
2	Khatulistiwa Hotel, Jl.Dipenogoro
3	Jl.Alianyang No.62
4	Gg.Apel 4 No.5,Sungai Jawi Luar, Pontianak
5	Permata Khatulistiwa,Jl.Sungai Raya Dalam, No.01
6	Kom. Mega Mas, Jl.Parit H.Mukhsin, No.B.09
7	Jl.Purnama, Gg.Purnama Agung, No.A23
8	Bandar Udara Internasional Pontianak

Selanjutkan disajikan lokasi geografis dalam peta penumpang Taxi Tiga Saudara pada Gambar 3. Lokasi penumpang tersebar di kota Pontianak, provinsi Kalimantan Barat.

Sumber: Google Maps

Gambar 3 Lokasi penumpang

Kemudian, diperoleh tabel jarak kantor Taxi Tiga Saudara ke lokasi penumpang dan jarak antar lokasi penumpang oleh salah seorang sopir Taxi Tiga Saudara yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jarak Kantor Taxi Tiga Saudara ke Lokasi Penumpang dan Antar Lokasi Penumpang (dalam satuan km)

c_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	2,7	4,8	5,3	6,7	11,3	6,3	18
2	2,7	0	2,5	3,6	7,8	8,9	4,4	18
3	4,8	2,5	0	3,7	8,6	11	3,5	19
4	5,3	3,6	3,7	0	11,1	13	5,6	20
5	6,7	7,8	8,6	11,1	0	6	6,7	14
6	11,3	8,9	11	13	6	0	7,8	15
7	6,3	4,4	3,5	5,6	6,7	7,8	0	19
8	18	18	19	20	14	15	19	0

Sumber: Jarak yang terdapat pada Google Maps

PENERAPAN METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA MASALAH TRAVELLING SALESMEN PROBLEM

PSO adalah teknik optimasi berdasarkan populasi yang terinspirasi oleh perilaku sosial kawanan burung atau kawanan ikan. Dengan kata lain, optimasi merupakan proses mencari nilai terbaik berdasarkan fungsi tujuan. PSO merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan masalah TSP. Urutan langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah TSP menggunakan PSO adalah sebagai berikut :

Input parameter

Jumlah partikel dalam *swarm* (np) = 90, batas nilai koefisien random $ba = 1$, $bb = 0$, $w_{max} = 0,9$, $w_{min} = 0,4$, kriteria pemberhentian $|F_t - F_{t-1}| < \varepsilon$, dengan F_t adalah nilai *fitness* saat t .

Posisi dan Kecepatan awal

Pembangkitan bilangan real (0,1) secara acak sejumlah titik lokasi penumpang CV. Eira Saudara yang akan dituju (jumlah kolom) dan sejumlah partikel (jumlah baris) baik untuk posisi (x_i^t) maupun kecepatan (v_i^t) dengan $i = (1,2,3,4, \dots, 90)$ pada $t = 1$. Jika titik awal diasumsikan 1 dan 8 adalah titik tujuan, maka perhitungan untuk 90 partikel diperoleh posisi awal :

Tabel 3. Posisi Awal (x_i^t) dengan 6 Titik Lokasi

	2	3	4	5	6	7
x_1^1	0,6896	0,6359	0,3798	0,0228	0,7896	0,4766
x_2^1	0,1318	0,7984	0,9797	0,4241	0,7992	0,9119
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
x_{80}^1	0,2554	0,8397	0,5677	0,9721	0,9912	0,8750
x_{81}^1	0,5332	0,3717	0,8879	0,0315	0,5239	0,3486
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
x_{90}^1	0,2033	0,4372	0,2607	0,6014	0,3796	0,5714

Tabel 4. Kecepatan Awal (v_i^t) dengan 6 Titik Lokasi

	2	3	4	5	6	7
v_1^1	0,6287	0,1599	0,5643	0,9933	0,3008	0,1986
v_2^1	0,8778	0,6668	0,1874	0,3567	0,7981	0,6725
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
v_{80}^1	0,6086	0,6853	0,0478	0,5164	0,8171	0,9761
v_{81}^1	0,2197	0,6203	0,7383	0,0075	0,5317	0,2782
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
v_{90}^1	0,2033	0,2607	0,3796	0,4372	0,5714	0,6014

Berdasarkan Tabel 3 masing-masing partikel diurutkan dari kecil ke besar, maka akan diperoleh rute dan jarak yang dibentuk dari posisi awal bilangan random yang terurut lihat pada Tabel 5 x_i^{t*} adalah:

Tabel 5. Rute Awal Setelah diurutkan

	Rute									$f(x)$
x_1^{1*}	1	5	4	7	3	2	6	8	1	71,3
x_2^{1*}	1	2	5	3	6	7	4	8	1	81,5
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
x_{80}^{1*}	1	2	4	3	7	5	6	8	1	59,2
x_{81}^{1*}	1	5	7	3	6	2	4	8	1	78,4
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
x_{90}^{1*}	1	2	4	6	3	7	5	8	1	72,5

Sebagai ilustrasi Tabel 3, lihat baris pertama, posisi pada partikel pertama iterasi pertama x_1^1 setelah diurutkan dari terkecil sampai terbesar diperoleh baris x_1^{1*} pada tabel 5 yaitu:

$$\{0,0228 ; 0,3798 ; 0,4766 ; 0,6359 ; 0,6896 ; 0,7896\}.$$

Dari urutan bilangan random ini menghasilkan rute 1-5-4-7-3-2-6-8-1. Sebelum diurutkan 0,0228 terdapat pada posisi ke 5, 0,3798 terdapat pada posisi ke 4, demikian seterusnya. Partikel yang lain dilakukan cara yang sama untuk mendapatkan rute. Berdasarkan Tabel 5 diperoleh jarak minimum ($f(x)$) yaitu 59,2 km pada partikel ke x_{80}^1 dengan $Gbest = x_{80}^1$. Selanjutnya dari nilai $Gbest$ tersebut dicari kecepatan untuk iterasi ke-2 dengan Persamaan (2) sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} v_1^2 &= 0,8[0,6287 \quad 0,1599 \quad 0,5643 \quad 0,9933 \quad 0,3008 \quad 0,1986] \\ &\quad + 0,6([0,6896 \quad 0,6359 \quad 0,3798 \quad 0,0228 \quad 0,7896 \quad 0,4766] \\ &\quad - [0,6896 \quad 0,6359 \quad 0,3798 \quad 0,0228 \quad 0,7896 \quad 0,4766]) \\ &\quad + 0,3([0,2554 \quad 0,8397 \quad 0,5677 \quad 0,9721 \quad 0,9912 \quad 0,8750] \\ &\quad - [0,6896 \quad 0,6359 \quad 0,3798 \quad 0,0228 \quad 0,7896 \quad 0,4766]) \\ v_1^2 &= [0,3727 \quad 0,18906 \quad 0,500781 \quad 1,07943 \quad 0,30112 \quad 0,2784]. \end{aligned}$$

Kemudian untuk partikel ke 1 update posisi dengan Persamaan (4) dan diperoleh posisi partikel ke-1 pada iterasi ke-2 yaitu:

$$\begin{aligned} x_1^2 &= [0,6896 \quad 0,6359 \quad 0,3798 \quad 0,0228 \quad 0,7896 \quad 0,4766] \\ &\quad + [0,3727 \quad 0,18906 \quad 0,500781 \quad 1,07943 \quad 0,30112 \quad 0,2784] \\ x_1^2 &= [1,0623 \quad 0,82496 \quad 0,88761 \quad 1,10223 \quad 1,09072 \quad 0,755]. \end{aligned}$$

Hal ini dilakukan untuk semua partikel, setelah itu diulangi lagi langkah mengevaluasi setiap rute yang dihasilkan setiap partikel, memilih $Pbest$, $Gbest$, update posisi, kecepatan dan seterusnya sampai kriteria terpenuhi $|F_t - F_{t-1}| < \varepsilon$. Jarak yang diperoleh adalah 59,2 km dengan jumlah partikel 90.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai algoritma *Particle Swarm Optimization* dan aplikasinya pada masalah TSP, dalam kasus penjemputan penumpang Taxi Tiga Saudara oleh seorang sopir taksi diperoleh jarak terpendek yang optimal. Rute terpendek penjemputan penumpang oleh seorang sopir travel Taxi Tiga Saudara adalah dari Jl. Tanjungpura No.214 - Khatulistiwa Hotel, Jl.Dipenogoro - Gg.Apel 4 No.5, Sungai Jawi Luar, Pontianak - Jl.Alianyang No.62 - Jl.Purnama, Gg.Purnama Agung, No.A23 - Permata Khatulistiwa, Jl.Sungai Raya Dalam, No.01 - Kom. Mega Mas, Jl.Parit H.Mukhsin, No.B.09 - Bandar Udara Internasional Pontianak - Jl. Tanjung Pura No.214. Rute yang diperoleh adalah 1-2-4-3-7-5-6-8-1 dengan total jarak 59,2 km.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yan X, Zhang C & Liu H, Solve Travelling Salesman Problem Using Particle Swarm Optimization Algorithm. *IJCSI International Journal of Computer Science Issue*, 2012; Vol 9: 264-271.
- [2] Siang JJ, *Matematika Diskrit dan Aplikasinya pada Ilmu Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [3] Kennedy J & Eberhart R, Particle Swarm Optimization. *IEEE International Conference on Neural Network*, 1995; 1942-1948.
- [4] Purnomo HD, *Cara Mudah Belajar Metode Optimasi Metaheuristik Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Gava Media, 2014.
- [5] Santoso B, *Pengantar Metaheuristik*. Surabaya: ITS Tekno Sains, 2017.
- [6] Suyanto, *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilitik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [7] Reynolds CW, Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 1987; Vol 21: 25-34.

- [8] Shi Y & Eberhart R, A Modified Particle Swarm Optimization. *IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 1998; 69-73.
- [9] Putri RN Widodo AW & Cholissodin I, Optimasi Multiple Travelling Salesman Problem Pada Pendistribusian Air Minum Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, e-ISSN: 2548-964x, 2017; Vol 1: 842-847.

DESSY NATALIA : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak
dessynatalia2012@gmail.com

YUNDARI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak
yundari@math.untan.ac.id

YUDHI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak
dhye_dhoank@yahoo.co.uk