

PENYELESAIAN ASSIGNMENT PROBLEM DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)

Herry Kartika Gandhi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya, Serang, Banten, Indonesia.

E-mail: herrykartikagandhi@unbaja.ac.id.

Widyawati

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Banten Jaya, Serang, Banten, Indonesia.

E-mail: widyawati@unbaja.ac.id

ABSTRAK

Assignment Problem merupakan masalah penugasan yang menyangkut penempatan para pekerja pada bidang yang tersedia agar biaya yang ditanggung dapat diminimumkan, dimana jumlah pasokan pada setiap sumber dan jumlah permintaan pada setiap tujuan adalah satu (satu pekerja menangani satu pekerjaan). PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan penghasil *carton box* di wilayah Kabupaten Serang Banten dimana 60% pengerjaannya masih dilakukan secara manual. Dari 6000 tenaga kerja yang dimiliki, 4500 tenaga kerja berkulat pada pekerjaan/*workstation* yang bersifat manual seperti pemotongan (*cutting*), pengikatan, *strapping*, *packaging* dan lain sebagainya. Sebagai salah satu industri dengan tipe *job order*, beban tiap-tiap pekerjaan menjadi berbeda tiap harinya. Ada kalanya beban suatu *workstation* meningkat tajam, dan pada waktu tertentu bisa sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tidak jarang tenaga kerja dipindahkan ke pekerjaan lain untuk menghindari *idle job* pada satu *workstation*. Tujuan penelitian ini adalah menentukan usulan penugasan kelompok pekerja (*grouping manpower*) pada setiap *job* di PT. XYZ, serta membandingkan kinerja optimum algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) berdasarkan parameter yang ditentukan. Penelitian ini melakukan penyelesaian *Assignment Problem* dengan algoritma metaheuristik ACO menggunakan bantuan perangkat lunak Python. Berdasarkan proses perbandingan didapatkan parameter pembandingan dengan *distance* terbaik 22928 adalah dengan nilai $\alpha=1$, $\beta=3$, $\rho=0.8$, $q=1$, $t_0=0.01$, $limit=100$, $ant\ count=5$.

Kata Kunci: *Ant Colony Optimization* (ACO), *Assignment Problem*, *Grouping Manpower*, *Metaheuristik*

1. Pendahuluan

Menurut Sri Mulyono, masalah penugasan merupakan salah satu masalah penempatan para pekerja pada bidang yang telah tersedia agar biaya yang ditanggung dapat diminimumkan. Jika pekerja dianggap sumber dan pekerjaan identik dengan tujuan, maka model ini mirip seperti model transportasi. Perbedaannya adalah pada model penugasan jumlah pasokan pada setiap sumber dan jumlah permintaan pada setiap tujuan adalah satu. Ini berarti setiap pekerja hanya menangani satu pekerjaan dan sebaliknya setiap pekerjaan hanya ditangani satu pekerja.¹

1.1. Latar Belakang

Pengaturan jumlah alokasi tenaga kerja ke dalam beberapa rangkaian pekerjaan (*set of tasks*) untuk menghasilkan beberapa *task-group* yang optimal, bukanlah hal yang mudah untuk didapatkan. Berbagai macam varian pekerjaan dengan *dateline* dan tingkat kesulitan yang berbeda menambah tingkat kesulitan dalam memecahkan masalah alokasi ini. *Assignment problem* adalah teori untuk memodifikasi hubungan antara penggunaan tenaga kerja terhadap

pekerjaan/tugas yang sesuai. Kesesuaian ini dapat diukur dengan rendahnya biaya tenaga kerja yang digunakan atau jumlah *output* yang maksimal (Younas et al, 2013).

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan pengasil *carton box* yang terletak di Kabupaten Serang Banten, dimana sebagian besar (60%) pengerjaannya didominasi dengan pekerjaan manual seperti pemotongan (*cutting*), pengikatan, *strapping*, *packaging* dan lain sebagainya. Dari 6000 tenaga kerja yang dimiliki, 4500 tenaga kerja berkulat dalam pekerjaan/*workstation* yang bersifat pekerjaan manual tersebut.

Sebagai salah satu industri dengan tipe *job order*, beban tiap-tiap pekerjaan menjadi berbeda tiap harinya. Ada kalanya beban suatu *workstation* meningkat tajam, dan pada waktu tertentu bisa sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Sehingga tidak jarang tenaga kerja dipindahkan ke pekerjaan lain untuk menghindari *idle job* pada satu *workstation*. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan kombinasi jumlah karyawan pada tiap-tiap *workstation* yang memberikan waktu penyelesaian tercepat. Karena

¹ (Mulyono, 2017)

karyawan yang digunakan adalah karyawan borongan (per satuan waktu) dan karena perusahaan merupakan perusahaan padat karya yang sangat banyak memiliki karyawan sering terjadinya kesulitan dalam melakukan penugasan karyawan kesetiap *workstation* yang tepat, seringkali biaya produksi lebih tinggi dalam waktu tertentu. Dengan menerapkan karyawan serta produktivitas tiap karyawan yang sesuai maka biaya produksi akan sangat mudah dikontrol.

Burkard et al (2009) menyatakan bahwa kasus *Assignment Problem* ini tergolong NP *Hard*, dimana peningkatan jumlah tenaga kerja atau jumlah tipe pekerjaan akan memperbesar area permasalahan secara *polynomial*. Penyelesaian ini dibutuhkan algoritma dengan pencarian solusi yang *near optimal* dengan waktu yang singkat. Said (2014) memberikan rekomendasi kuat terhadap algoritma *meta-heuristic* dalam penyelesaian *Assignment Problem*. Dia juga menggunakan *Genetic Algorithm* (GA), *Tabu Search* (TS) dan *Simulated Annealing* (SA) dalam pencarian solusi. Karimi et al (2012) menggunakan SA, TS dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk menyelesaikan *Assignment Problem*. Masih banyak penelitian *metaheuristic* lain dalam penyelesaian *Assignment Problem* seperti Sahu dan Tapadar (2007), Paul (2010), Younas et al (2013) dan lain sebagainya.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan penelitian diantaranya adalah:

- a. Menentukan usulan penugasan kelompok pekerja (*grouping manpower*) pada setiap *job* di PT. XYZ.
- b. Membandingkan kinerja optimum algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) berdasarkan karakteristik yang ditentukan.

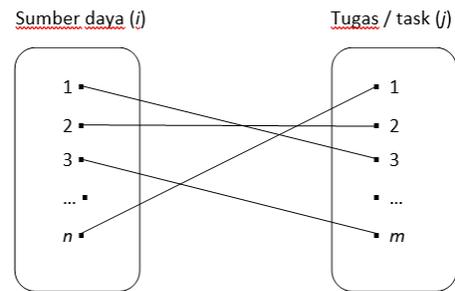
2. Metodologi Penelitian

2.1. Tinjauan Pustaka

a. *Assignment Problem*

Assignment Problem atau dapat diartikan metode penugasan, adalah permasalahan untuk menentukan alokasi sumber daya yang ada ke dalam tugas/pekerjaan satu per satu (Noer, 2010). Masalah ini banyak terjadi di tempat kerja yang memiliki sifat padat karya. Contoh permasalahan ini seperti alokasi mekanik untuk beberapa unit cabang bengkel, sejumlah *sales* akan tersebar di kota – kota besar, dan alokasi operator mesin untuk mengoperasikan sejumlah mesin di pabrik.

Permasalahan ini menguraikan sumber daya (*i*) berjumlah *n* unit untuk dialokasikan ke tugas (*j*) berjumlah *m* tipe tugas. Dimana setiap *i* akan dialokasikan hanya pada satu tugas saja. Sehingga nilai *n* tidak lebih kecil dari nilai *m*, atau $n \geq m$.



Gambar 1. *Bipartite Graph*

b. Metaheuristik

Pada kenyataannya permasalahan optimisasi merupakan permasalahan yang sulit untuk diselesaikan menggunakan metode optimisasi secara pasti. Maka dibutuhkan suatu algoritma pendekatan alternatif yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut seperti algoritma perkiraan (*approximation algorithms*). Algoritma pendekatan dapat diuraikan menjadi heuristik dan metaheuristik. Kata meta dan heuristik berasal dari bahasa Yunani kuno: meta berarti level atas (*upper level*) dan heuristik menunjukkan seni menemukan strategi baru².

Metaheuristik adalah prosedur tingkat tinggi untuk memilih prosedur dengan tingkat yang lebih rendah dalam memberikan solusi yang cukup baik untuk masalah optimasi³. Menurut Talbi, metaheuristik adalah metode *advance* berbasis heuristik untuk menyelesaikan persoalan optimasi secara efisien. Metaheuristik menjadi alat optimasi yang telah mencatatkan sejarah sukses. Banyak sekali pendekatan yang masuk kategori metaheuristik seperti *Simulated Annealing* (SA), *Tabu Search* (TS), Algoritma Genetika, *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Harmony Search*⁴. Adapun penelitian ini fokus terhadap penggunaan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).

c. Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO)

Perilaku sekumpulan semut dalam mencari atau menemukan sumber makanan dari sarangnya yang kemudian kembali lagi kesarangnya, merupakan inspirasi ditemukannya algoritma semut oleh Dorigo, pada tahun 1991. Kemampuannya dalam menemukan solusi yang baik dari sekian solusi yang ada dikarenakan penggunaan informasi lokal berupa *pheromone* yang ditinggalkan setiap kali semut melewati suatu jalur. Semakin banyak semut yang melalui jalur tersebut maka *pheromone* yang ditinggalkan semakin banyak sehingga semut untuk menemukan jalur selanjutnya dengan menggunakan pemilihan

² (Du & Swammy, 2016)

³ (Ibid)

⁴ (G, Talbi, 2009)

acak yang disesuaikan berdasarkan besarnya *pheromone* yang dimiliki oleh jalur tersebut.⁵

Implementasi algoritma semut telah banyak dilakukan seperti pada permasalahan TSP, *Spanning tree* dan penjadwalan. Pada permasalahan penjadwalan produksi *Jobshop*, dalam penerapannya diperlukan teknik pendekatan graph yang akan menjadikan sebuah representasi dari urutan *Job* operasi dari kasus penjadwalan yang diberikan.⁶

Algoritma semut atau *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan algoritma pencarian berdasarkan probabilitas, di mana probabilitas yang digunakan merupakan probabilitas dengan bobot sehingga butir pencarian dengan bobot yang lebih besar akan berakibat memiliki kemungkinan terpilih lebih besar pula.⁷

d. Penetapan Parameter

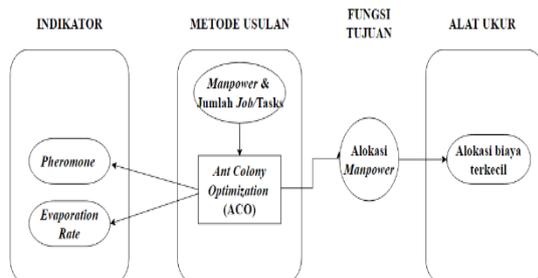
Tabel 1 menjelaskan tentang parameter yang akan digunakan dalam proses pengolahan data dan akan dianalisa hasil perbandingan *makespan time* terkecil, dimana parameter tersebut ditetapkan berdasarkan pendapat yang didapat dari penelitian yang dilakukan oleh (Dorigo, 1996):⁸

Tabel 1. Parameter yang Ditetapkan

Parameter	Keterangan	Ketetapan	Nilai Ketetapan
α	<i>the relative importance of the trail</i>	$\alpha \geq 0$	{1, 2}
B	<i>the relative importance of the visibility</i>	$\beta \geq 0$	{2, 5}
P	<i>Trail persistence</i>	$0 \leq p < 1$	{0.5, 0.99}
Q	<i>a constant related to the quantity of trail laid by ants</i>		{100, 1000}

2.2. Kerangka Pemikiran

Gambar 2 ini merupakan kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian:



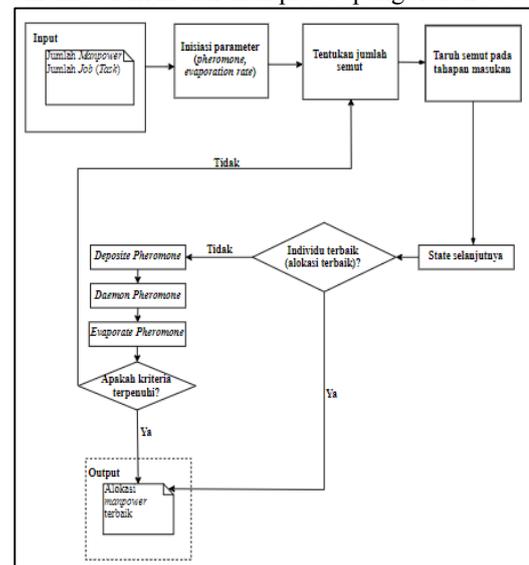
Gambar 2. Kerangka Pemikiran

2.3. Metode Penelitian

a. Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)

Metode atau teknik pengolahan data yang dilakukan yaitu dengan menerapkan algoritma semut (*Ant Colony Optimization/ACO*). Algoritma Semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki padalintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut.⁹

Berikut ini merupakan metode secara umum dalam melakukan proses pengolahan data:



Gambar 3. Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)

b. Data Penelitian

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari pengamatan langsung di objek penelitian. Tabel 2 ini menunjukkan contoh dataset yang digunakan didalam penelitian yaitu kapasitas produksi dari setiap *manpower* pada setiap *job* dalam satuan detik/unit yang kemudian ditransformasi kedalam bentuk pengelompokan

⁵ (Zukhri & Alhakim, 2004)

⁶ (Ibid)

⁷ (Anamisa & Djunaidy, 2014)

⁸ (Dorigo, 1996)

⁹ (Ariesta, 2012)

(grouping). Hasil tahapan pengelompokan ini tertera pada Tabel 3:

Tabel 2. Data Kapasitas Produksi Manpower Tiap Job

No	Nama Manpower	Kapasitas Produksi (Detik/Unit)				
		Glueing	Joining	Strapping	Tying	Wrapping
1	A	46	15	18	111	177
2	B	49	17	7	113	160
3	C	49	17	6	130	176
4	D	23	14	12	117	152
5	E	51	8	14	131	169
6	F	33	14	10	107	148

Data jumlah enam puluh (60) karyawan yang dijadikan sampel kemudian dilakukan tahapan pengelompokan tenaga kerja (manpower) menjadi lima (5) group dari setiap jenis job (workstation) dengan jumlah total dua puluh lima (25) kelompok. Tabel 3 menunjukkan data pengelompokan group tenaga kerja berdasarkan workstation dengan satuan kapasitas produksi tiap group.

Tabel 3. Data Pengelompokan Kapasitas Produksi

Job	Kapasitas Produksi				
	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 3	Kelompok 4	Kelompok 5
Glueing	3153	3072	2676	1807	2737
Joining	10350	6855	8820	6888	9270
Strapping	12000	7338	6538	4995	8938
Tying	774	715	488	573	594
Wrapping	514	486	374	389	454

c. Pseudocode

Penelitian yang dilakukan dalam penyelesaian Assignment Problem dengan algoritma metaheuristik Ant Colony Optimization (ACO) menggunakan bantuan perangkat lunak Python versi 3.7. Berikut ini merupakan pseudocode dari algoritma ACO:¹⁰

```

Procedure new_active_ant(ant_identifier)
  k = ant_identifier; i = machine(); sk = i;
  Mk = i;
  while (|sk| ≠ number_of_machines)
    foreach j ∈ Nk do read(aij);
    foreach j ∈ Nk do [P]ij =  $P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{l \in N_i^k} a_{il}}$ ;
    next_node = apply_probabilistic_rule(P, Nk);
    i = next_node; sk = (sk, i);
    -
    -
  add_to_ant_memory (Mk = i);
  end while
  foreach lij ∈  $\Psi^k(t)$  do
     $\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + 1 / J_{ij}^\alpha$ ;
     $a_{ij} \leftarrow \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [n_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}]^\alpha [n_{il}]^\beta}$ ;
  end foreach
  free_all_allocated_resources();
end procedure

```

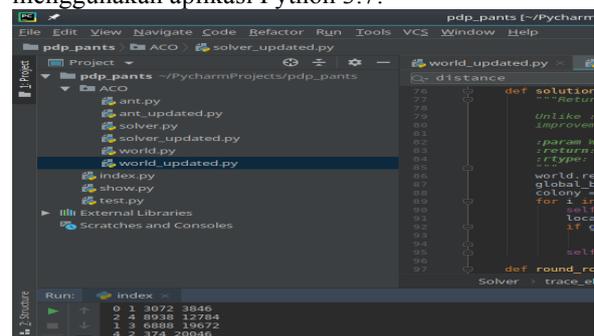
3. Hasil dan Pembahasan

PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi carton box dimana perusahaan tersebut merupakan salah satu industri padat karya di Kabupaten Serang Banten yang memiliki jumlah tenaga kerja (manpower) sebanyak 6000. 60% dari

jumlah tenaga kerja tersebut yaitu berkisar 4500 tenaga kerja (manpower) masih mengerjakan pekerjaan manual, diantaranya adalah Glueing, Joining, Strapping, Tying, dan Wrapping.

Tipe pekerjaan PT. XYZ adalah job order, dimana produk yang dihasilkan sesuai dengan jumlah pesanan konsumen. Sebagai salah satu industri dengan tipe job order, beban tiap-tiap pengerjaan menjadi berbeda tiap harinya. Ada kalanya beban salah satu workstation meningkat tajam dan pada waktu tertentu bisa sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Sehingga tidak jarang terjadinya pemindahan tenaga kerja dari suatu workstation ke workstation lain untuk meminimasi idle job dalam satu workstation. Oleh karena itu perlu adanya proses penugasan tenaga kerja (assignment manpower) yang tepat ke workstation yang tepat untuk meminimalisir hal tersebut. Hal ini dikarenakan setiap tenaga kerja memiliki produktivitas serta keahlian tertentu pada workstation tertentu, oleh karena itu tenaga kerja tersebut memiliki prioritas tersendiri pada suatu workstation.

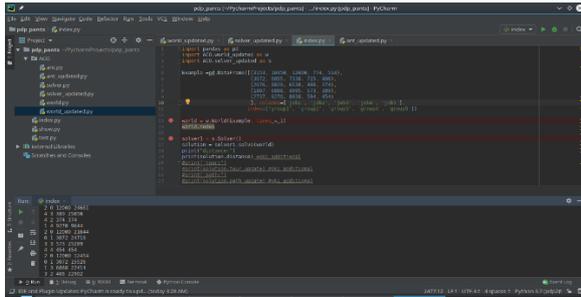
Produktivitas yang dimiliki setiap tenaga kerja berbeda dan beragam pada masing-masing workstation. Maka perlu adanya perhitungan penugasan tenaga kerja (manpower) secara otomatis dengan tujuan tenaga kerja dapat ditugaskan pada workstation yang tepat dengan waktu yang relative cepat, sehingga biaya serta idle job dari tenaga kerja dapat ditekan. Harapan lainnya adalah produktivitas lebih meningkat serta target capaian dari tiap shift order tercapai. Berikut ini merupakan proses penerapan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dalam tahapan penugasan karyawan (Assignment Problem) menggunakan aplikasi Python 3.7:



Gambar 4. Ant Colony Optimization (ACO) pada python

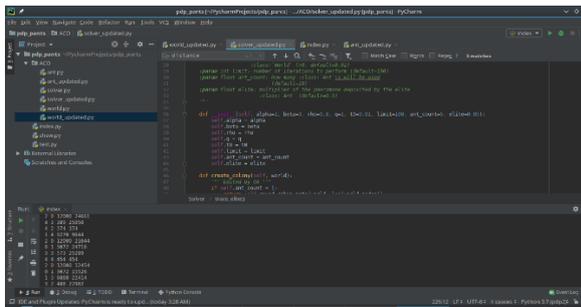
Gambar 4 menunjukkan program penerapan algoritma ACO menggunakan aplikasi python yang terdiri dari frame frame ant_updaet, solver_update, world_update, dan index

¹⁰ (Dorigo, 1996)



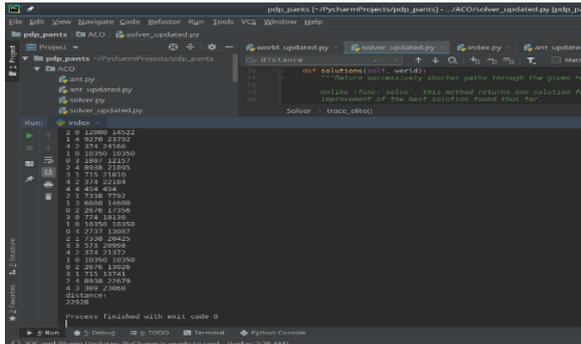
Gambar 5. Input Data Ant Colony Optimization (ACO)

Gambar 5 menunjukkan data masukan (*input*) yang digunakan dalam pengolahan data.



Gambar 6. Input Parameter Ant Colony Optimization (ACO)

Gambar 6 menunjukkan parameter pembanding dari ACO yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data. Gambar 7 merupakan keluaran (*output*) Dri Proses pengolahan data masukan (*input*):



Gambar 7. Output Ant Colony Optimization (ACO)

Adapun kombinasi parameter yang digunakan didalam penelitian $\{\alpha, \beta, \rho, \text{ dan } Q\}$ tertera pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Kombinasi Parameter Ant Colony Optimization (ACO)

α	β	ρ	Q	Kombinasi
1	2	0.5	100	{1, 2, 0.5, 100}
			1000	{1, 2, 0.5, 1000}
		0.99	100	{1, 2, 0.99, 100}
			1000	{1, 2, 0.99, 1000}
2	2	0.5	100	{2, 2, 0.5, 100}
			1000	{2, 2, 0.5, 1000}
		0.99	100	{2, 2, 0.99, 100}
			1000	{2, 2, 0.99, 1000}

Keterangan:

Alpha (α) : Nilai pengendali dari nilai jejak feromon (τ_0) pada semut, yang digunakan untuk mencari jalur kunjungan semut (nilai alpha

semakin tinggi tujuannya adalah mementingkan nilai jejak feromon).

Beta (β) : Nilai pengendali visibilitas pada semut, yang digunakan pada saat pencarian jalur kunjungan semut (menemukan probabilitas kunjungan jalur yang akan dilalui oleh semut). Nilai Beta berhubungan langsung dengan biaya perpindahannya.

Rho (ρ) : Nilai tetapan penguapan jejak semut.

Q : Konstanta terkait dengan jumlah jejak yang diletakkan oleh semut

t0 (τ_0) : Jejak yang ditinggalkan oleh semut yang berupa bahan kimia yang berfungsi untuk memberi petunjuk kepada semut lain apabila suatu jalur telah dilewati oleh semut sebelumnya (nilai feromon).

Limit : Maksimum iterasi yang ditetapkan

Ant_count : Jumlah semut

Distance : Output maksimal

Dibawah ini merupakan hasil *distance* dari beberapa parameter pembanding, dengan parameter berbeda maka akan menghasilkan nilai *distance* berbeda diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Output Distance Ant Colony Optimization (ACO)

Parameter Pembanding	Output
alpha=1, beta=3, rho=0.8, q=1, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	22928
alpha=1, beta=2, rho=0.5, q=100, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	21917
alpha=1, beta=2, rho=0.5, q=1000, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	22558
alpha=1, beta=2, rho=0.99, q=100, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	22184
alpha=1, beta=2, rho=0.99, q=1000, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	22015
alpha=2, beta=2, rho=0.5, q=100, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	21391
alpha=2, beta=2, rho=0.5, q=1000, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	20987
alpha=2, beta=2, rho=0.99, q=100, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	21993
alpha=2, beta=2, rho=0.99, q=1000, t0=0.01, limit=100, ant_count=5	20943
Maksimum Distance	22928

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan *distance* tertinggi yaitu sebesar 22928 dengan parameter pembanding $alpha=1, beta=3, rho=0.8, q=1, t0=0.01, limit=100, ant_count=5$, hal tersebut menunjukkan bahwa output maksimal dari pengaruh ketetapan tersebut adalah sebesar 22928. Tinggi nilai *distance* dipengaruhi oleh beberapa nilai ketetapan terutama terlihat pada nilai beta yang lebih besar disbanding dengan nilai ketetapan lainnya yaitu senilai 3. *Distance* maksimum menunjukkan semakin tinggi nilai Beta maka nilai *distance* mengutamakan nilai perpindahannya.

Tabel 6 ini merupakan bagian hasil output dari keluaran yang dihasilkan yaitu kombinasi penugasan

group tenaga kerja pada *task/job* yang ada berdasarkan parameter pembandingan. Dibawah nilai *distance* tertinggi menunjukkan bahwa kombinasi dari penugasan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Output Assignment Problem Berdasarkan Nilai Distance Terbaik

<i>alpha=1, beta=3, rho=0.8, q=1, t0=0.01, limit=100, ant_count=5</i>				
Task	Group	Output	Nilai	Kelompok
4	1	486	486	1
2	0	12000	12486	2
1	2	8820	21306	3
0	4	2737	24043	4

Tabel 6. Output Assignment Problem Berdasarkan Nilai Distance Terbaik (Lanjutan)

<i>alpha=1, beta=3, rho=0.8, q=1, t0=0.01, limit=100, ant_count=5</i>				
Task	Group	Output	Nilai	Kelompok
3	3	573	24616	5
0	1	3072	3072	1
3	0	774	3846	2
2	3	4995	8841	3
1	2	8820	17661	4
4	4	454	18115	5
0	1	3072	3072	1
3	4	594	3666	2
1	3	6888	10554	3
2	0	12000	22554	4
4	2	374	22928	5

- Task** : Jenis job (*Glueing, Jointing, Strapping, Tying, dan Wrapping*).
- Group** : Kelompok pekerja (*Group 1, group 2, group 3, group 4, dan group 5*).
- Output** : Nilai kapasitas. *Task 4* dikerjakan oleh *group 1* dengan kapasitas produksi sebanyak 486. *Task 2* dikerjakan oleh *group 0* dengan kapasitas produksi sebanyak 12000.
- Nilai** : Adalah kumulatif kapasitas produksi yang dikerjakan. Nilai 12486 adalah total pengerjaan dari *task 4* yang dikerjakan oleh *group 1* sebanyak 486, ditambah dengan *task 2* yang dikerjakan oleh *group 0* sebanyak 12000.
- Kelompok** : Proses pemindahan *task* tiap 5 row itu adalah kelompok 1 sampai dengan kelompok 5 merupakan satu *group* iterasi.

Tabel 7. Jenis Job dan Jenis Group

Job	Group
0 <i>Glueing</i>	0 Kelompok 1
1 <i>Jointing</i>	1 Kelompok 2
2 <i>Strapping</i>	2 Kelompok 3
3 <i>Tying</i>	3 Kelompok 4
4 <i>Wrapping</i>	4 Kelompok 5

Tabel 8. Assignment Problem Group Tenaga Kerja (Manpower) terhadap Task

Task	Group
0	1
3	4
1	3
2	0
4	2

0	1
3	4
1	3
2	0
4	2

Tabel 8 menunjukkan keterangan mengenai penugasan dari setiap kelompok menuju *workstation* pada keterangan table 7.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan pengolahan dataset untuk penerapan algoritma **Ant Colony Optimization (ACO)** pada *Assignment Problem* bahwa:

- Penugasan terbaik dari hasil pengolahan data dalam penyelesaian *Assignment Problem* menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* menunjukkan bahwa *distance* tertinggi adalah sebesar 22928 berdasarkan parameter pembandingan adalah sebagai berikut *Group 1* mengerjakan *Task 0* menunjukkan kelompok tenaga kerja 2 ditugaskan di *workstation Glueing*. *Group 4* mengerjakan *Task 3* menunjukkan kelompok tenaga kerja 5 ditugaskan di *workstation Tying*. *Group 3* mengerjakan *Task 1* menunjukkan kelompok tenaga kerja 4 ditugaskan di *workstation Jointing*. *Group 0* mengerjakan *Task 2* menunjukkan kelompok tenaga kerja 1 ditugaskan di *workstation Strapping*. Dan *Group 2* mengerjakan *Task 4* menunjukkan kelompok tenaga kerja 3 ditugaskan di *workstation Wrapping*.
- Berdasarkan proses perbandingan didapatkan bahwa parameter pembandingan dengan hasil *distance* terbaik (22928) adalah dengan nilai *alpha=1, beta=3, rho=0.8, q=1, t0=0.01, limit=100, ant_count=5*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur untuk dukungan finansial penelitian ini atas hibah yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Kemenristekdikti Republik Indonesia), di bawah program PDP (nomor kontrak: 2689 / L4 / PP / 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Anamisa, D. R., & Djunaidy, A. (2014). Penyelesaian Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Hibridisasi Algoritma Genetika dan Algoritma Koloni Semut. *JUTI, Volume 12, Nomor 1*, 15-20.
- Ariesta, Y. (2012). *Penerapan Ant Colony System Pada Vehicle Routing Problem Untuk Menentukan Rute Distribusi Terpendek*. Jakarta: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.
- Dorigo, M. (1996). The Ant System: Optimization by a Colony Of Cooperating Agents. *IEEE*

- Transactions on Systems, Man, and Cybernetics– Part B, Vol.26, No.1, 1996, pp.1-13, 1-26.*
- Du, K.-L., & Swammy, M. (2016). *Search and Optimization by Metaheuristics*. Switzerland: Springer International.
- G, Talbi. (2009). *Metaheuristics: From Design to Implementation, John Wiley & Sons*.
- Mulyono, S. (2017). *Riset Operasi Edisi 2*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Santosa, B. (2007). *Data Mining Teknik Pemanfaatan Data Untuk Keperluan Bisnis*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zukhri, Z., & Alhakim, S. (2004). Algoritma Semut Pada Penjadwalan Produksi Job Shop. *Media Informatika, Vol. 2, No. 2, ISSN: 0854-4743*, 75-81 .