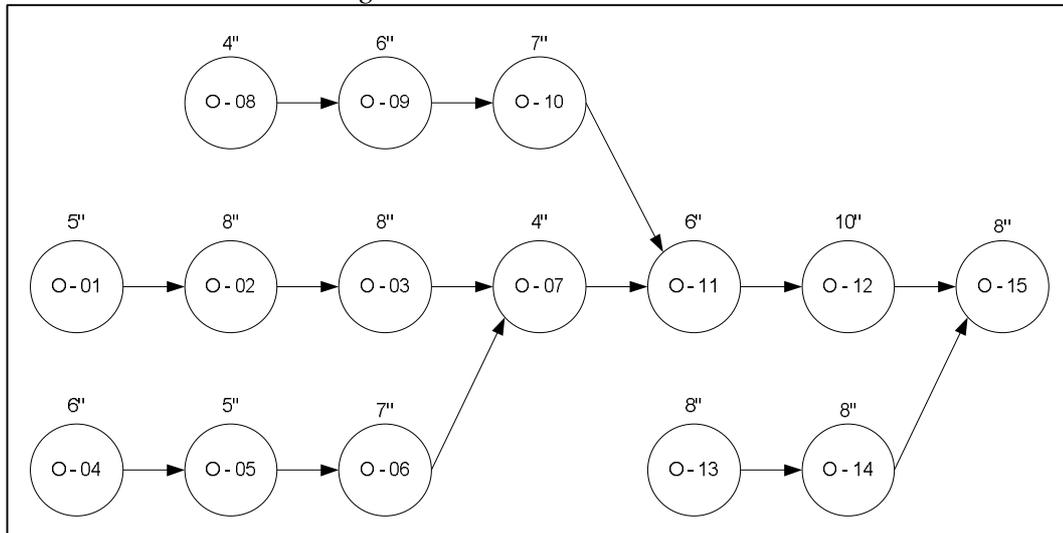


LAMPIRAN A

Perhitungan Algoritma Genetika Pada *Simple Case* Secara Manual

Simple Case

Contoh kasus *line balancing* :



No	Elemen Kerja	Jenis Mesin	Waktu (detik)
1	1	Mesin A	5
2	2		8
3	3		8
4	4		6
5	5		5
6	6		7
7	7	Mesin B	4
8	8	Mesin A	4
9	9		6
10	10		7
11	11	Mesin B	6
12	12		10
13	13		8
14	14		8
15	15		8

Target produksi : 1200 unit/hari

Jam kerja : 8 jam kerja/hari

$$\text{Waktu siklus (C)} = \frac{\text{waktu kerja yang tersedia}}{\text{target produksi}} = \frac{8 * 3600}{1200} = 24 \text{ detik}$$

Parameter algoritma genetika :

- Ukuran populasi = 4
- Jumlah generasi = 2
- Probabilitas crossover (Pc) = 0.95
- Probabilitas mutasi (Pm) = 0.01

Langkah-langkah pengerjaan *simple case* secara manual adalah :

Langkah 1 : Menentukan *Encoding* generasi ke-0

Dalam proses encoding ini terbentuk 4 buah kromosom sebagai populasi awal sesuai dengan ukuran populasi yang telah ditentukan di awal.

Berdasarkan *precedence diagram* yang telah dibentuk, maka semua elemen kerja ditugaskan dalam masing-masing kromosom dengan memperhatikan :

- Waktu setiap stasiun kerja tidak boleh melebihi waktu siklus aktual.
- Jenis mesin yang digunakan dalam satu stasiun kerja adalah sama.
- Urutan penugasan elemen kerja dalam suatu stasiun kerja tidak boleh ada yang *backtrack*.

Berikut ini adalah kromosom-kromosom yang terbentuk :

Kromosom 1	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
Kromosom 2	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	1	1	6
Kromosom 3	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
Kromosom 4	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6

Berdasarkan kromosom yang telah terbentuk diatas, maka didapatkan hasil penugasan elemen kerja untuk setiap kromosom sebagai berikut :

1. Kromosom 1

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
		8	4	23
2	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
3	Mesin A	3	8	8
		5	5	13
		9	6	19
4	Mesin A	6	7	7
		10	7	14
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

2. Kromosom 2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
2	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
		5	5	24
3	Mesin A	3	8	8
		8	4	12
		9	6	18
4	Mesin A	6	7	7
		10	7	14
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

3. Kromosom 3

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
		5	5	24
2	Mesin A	6	7	7
		8	4	11
		9	6	17
		10	7	24
3	Mesin A	3	8	8
4	Mesin B	7	4	4
		13	8	12
		14	8	20
5	Mesin B	11	6	6
		12	10	16
		15	8	24

4. Kromosom 4

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
2	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
		8	4	23
3	Mesin A	3	8	8
		5	5	13
		6	7	20
4	Mesin A	9	6	6
		10	7	13
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

Langkah 2 : Menghitung Decoding

Ukuran dari *fitness value* yang digunakan adalah efisiensi lintasan total (ELT), sebab dengan semakin besarnya nilai ELT, maka suatu lintasan produksi dapat dikatakan lebih efisien.

Berikut ini adalah nilai *decoding* dari setiap kromosom awal :

1. Kromosom 1

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin A	1	5	5	100.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
		8	4	23	
2	Mesin B	13	8	8	69.57%
		14	8	16	
3	Mesin A	3	8	8	82.61%
		5	5	13	
		9	6	19	
4	Mesin A	6	7	7	60.87%
		10	7	14	
5	Mesin B	7	4	4	86.96%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	34.78%
					72.46%

2. Kromosom 2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	66.67%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	100.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
		5	5	24	
3	Mesin A	3	8	8	75.00%
		8	4	12	
		9	6	18	
4	Mesin A	6	7	7	58.33%
		10	7	14	
5	Mesin B	7	4	4	83.33%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	33.33%
					69.44%

3. Kromosom 3

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin A	1	5	5	100.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
		5	5	24	
2	Mesin A	6	7	7	100.00%
		8	4	11	
		9	6	17	
		10	7	24	
3	Mesin A	3	8	8	33.33%
4	Mesin B	7	4	4	83.33%
		13	8	12	
		14	8	20	
5	Mesin B	11	6	6	100.00%
		12	10	16	
		15	8	24	
					83.33%

4. Kromosom 4

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	69.57%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	100.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
		8	4	23	
3	Mesin A	3	8	8	86.96%
		5	5	13	
		6	7	20	
4	Mesin A	9	6	6	56.52%
		10	7	13	
5	Mesin B	7	4	4	86.96%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	34.78%
					72.46%

Langkah 3 : Melakukan Crossover

Langkah-langkah untuk melakukan proses *crossover* dari semua *parent* yang ada adalah sebagai berikut :

- Menetapkan probabilitas *crossover* (P_c).
- Bangkitkan bilangan random untuk setiap kromosom yang ada, lalu dibandingkan dengan nilai P_c yang telah ditentukan diatas.
Jika nilai bilangan random pada suatu kromosom lebih kecil dari nilai P_c , maka kromosom tersebut dapat menjadi *parent* untuk proses *crossover*.
- Menentukan pasangan *parent* yang akan di *crossover* secara acak.
- Tentukan *crossing site* secara acak dengan menggunakan metode *partial-mapped crossover*, kemudian tukarkan nilai yang ada dalam *crossing site* tersebut pada masing-masing pasangan *parent*.
- Kromosom baru hasil proses *crossover* dinamakan *offspring crossover*.

Bilangan random untuk P_c kromosom 1 : 0.724

Bilangan random untuk P_c kromosom 2 : 0.428

Bilangan random untuk P_c kromosom 3 : 0.195

Bilangan random untuk P_c kromosom 4 : 0.837

Bilangan random yang diperoleh untuk *crossing site* pasangan kromosom 1 dan 3 adalah : 5 dan 9.

Kromosom 1	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kromosom 3	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5

Bilangan random yang diperoleh untuk *crossing site* pasangan kromosom 2 dan 4 adalah : 5 dan 8.

Kromosom 2	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	1	1	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kromosom 4	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6

Hasil *crossover* dari kedua pasangan kromosom tersebut adalah :

Offspring Crossover Kromosom 1	1	1	3	1	3	2	4	2	2	4	5	5	2	2	6	Tidak Valid
Offspring Crossover Kromosom 2	2	2	3	2	2	3	5	2	3	4	5	5	1	1	6	Tidak Valid
Offspring Crossover Kromosom 3	1	1	3	1	1	4	5	1	3	2	5	5	4	4	5	Tidak Valid
Offspring Crossover Kromosom 4	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6	Valid

Suatu kromosom dikatakan valid apabila kromosom tersebut memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Waktu proses total setiap stasiun kerja \leq waktu siklus aktual.
- Semua elemen kerja dalam satu stasiun kerja menggunakan jenis mesin yang sama.
- Tidak melanggar *precedence diagram*.

Offspring crossover kromosom 1 dikatakan tidak valid, karena stasiun 2 melanggar *precedence diagram*, dimana elemen kerja O – 06 seharusnya menunggu elemen kerja O – 05 terlebih dahulu (O – 05 berada di stasiun 3).

Offspring crossover kromosom 2 juga dikatakan tidak valid, karena waktu stasiun 2 melebihi waktu siklus aktual yang ada. Sedangkan *offspring crossover* kromosom 3 juga dikatakan tidak valid, karena waktu stasiun 1 melebihi waktu siklus aktual yang ada.

Berikut adalah hasil dari *Offspring Crossover* Kromosom 4:

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
2	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
3	Mesin A	3	8	8
		5	5	13
		8	4	17
4	Mesin A	6	7	7
		9	6	13
		10	7	20
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

Langkah 4 : Menghitung Decoding

Decoding hasil *crossover* generasi ke-1 yang valid adalah *Offspring crossover* Kromosom 4.

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	80.00%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	95.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
3	Mesin A	3	8	8	85.00%
		5	5	13	
		8	4	17	
4	Mesin A	6	7	7	100.00%
		9	6	13	
		10	7	20	
5	Mesin B	7	4	4	100.00%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	40.00%
					83.33%

Langkah 5 : Melakukan Mutasi

Langkah-langkah untuk melakukan proses mutasi dari semua kromosom ada adalah sebagai berikut :

- Menetapkan probabilitas mutasi (P_m).
- Bangkitkan bilangan random untuk setiap nilai gen yang berada dalam setiap kromosom, lalu dibandingkan dengan nilai P_m .
- Jika bilangan random lebih kecil dari P_m , maka kromosom tersebut mengalami mutasi.
- Proses mutasi dilakukan menggunakan metode *order-based mutation*, dengan ketentuan sebagai berikut :
 - Jika nilai bilangan random lebih kecil atau sama dengan $\frac{1}{2} P_m$, maka kurangi nilai gen dengan satu. Jika nilai gen tersebut adalah satu, maka tambahkan nilai gen tersebut dengan satu.
 - Jika nilai bilangan random lebih besar dari $\frac{1}{2} P_m$ hingga nilai P_m , maka tambahkan nilai gen tersebut dengan satu.
- Kromosom baru hasil proses mutasi dinamakan *offspring* mutasi.

Berikut ini adalah bilangan random yang dibangkitkan untuk setiap gen pada semua kromosom :

Kromosom 1	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
	0.401	0.865	0.155	0.741	0.333	0.054	0.931	0.253	0.514	0.748	0.935	0.118	0.982	0.902	0.074
Kromosom 2	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	1	1	6
	0.898	0.769	0.128	0.070	0.879	0.794	0.976	0.607	0.689	0.734	0.105	0.002	0.154	0.334	0.434
Kromosom 3	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
	0.309	0.831	0.685	0.278	0.742	0.155	0.175	0.449	0.959	0.512	0.705	0.383	0.833	0.601	0.623
Kromosom 4	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
	0.120	0.259	0.646	0.909	0.444	0.214	0.422	0.636	0.375	0.480	0.017	0.175	0.780	0.707	0.833
<i>Offspring Crossover</i> Kromosom 4	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6
	0.454	0.045	0.446	0.829	0.168	0.383	0.810	0.134	0.964	0.422	0.923	0.729	0.756	0.424	0.937

Semua kromosom tidak mengalami mutasi, karena nilai setiap bilangan randomnya lebih besar dari nilai P_m yakni 0.01.

Langkah 6 : Menghitung Decoding

Hasil dari *offspring* mutasi yang valid, dihitung *decoding*nya. Pada contoh kasus yang dihitung oleh penulis, tidak ada kromosom yang mengalami mutasi, maka tidak dilakukan perhitungan *decoding* untuk hasil mutasi.

Langkah 7 : Melakukan seleksi generasi 1

Hasil efisiensi total dari setiap kromosom yang valid adalah:

No.	Kromosom	Efisiensi Lintasan
1	Kromosom 1	72.46%
2	Kromosom 2	69.44%
3	Kromosom 3	83.33%
4	Kromosom 4	72.46%
5	<i>Offsrping Crossover</i> Kromosom 4	83.33%

Karena ukuran populasi adalah 4, maka kromosom yang dipilih untuk dilakukan generasi ke-2 adalah 4 buah hasil kromosom terbaik.

Untuk kasus ini, kromosom yang dipilih adalah :

No.	Kromosom	Efisiensi Lintasan
1	Kromosom 1	72.46%
2	Kromosom 3	83.33%
3	Kromosom 4	72.46%
4	<i>Offsrping Crossover</i> Kromosom 4	83.33%

Langkah 8 : Melakukan Crossover untuk generasi 2

Bilangan random untuk Pc kromosom 1 : 0.813

Bilangan random untuk Pc kromosom 3 : 0.211

Bilangan random untuk Pc kromosom 4 : 0.911

Bilangan random untuk Pc *offspring crossover* kromosom 4 : 0.474

Bilangan random yang diperoleh untuk *crossing site* pasangan kromosom 1 dan 3 adalah : 13 dan 15.

Kromosom 1	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kromosom 2	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	1	1	6

Bilangan random yang diperoleh untuk *crossing site* pasangan kromosom 4 dan *offspring crossover* 4 adalah : 6 dan 7.

Kromosom 4	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Offspring Crossover Kromosom 4	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6

Hasil *crossover* dari kedua pasangan kromosom tersebut adalah :

O C Kromosom 1 Generasi 2	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	1	1	6	Tidak Valid
O C Kromosom 2 Generasi 2	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	2	2	6	Tidak Valid
O C Kromosom 3 Generasi 3	2	2	3	2	3	3	5	3	4	4	5	5	1	1	6	Valid
O C Kromosom 4 Generasi 3	2	2	3	2	3	4	5	2	4	4	5	5	1	1	6	Valid

Suatu kromosom dikatakan valid apabila kromosom tersebut memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Waktu proses total setiap stasiun kerja \leq waktu siklus aktual.
- Semua elemen kerja dalam satu stasiun kerja menggunakan jenis mesin yang sama.
- Tidak melanggar *precedence diagram*.

Offspring crossover kromosom 1 generasi 2 dikatakan tidak valid, karena stasiun 1 menggabungkan elemen kerja dimana jenis mesinnya berbeda. *Offspring crossover* kromosom 2 generasi 2 juga dikatakan tidak valid, karena stasiun 2 menggabungkan elemen kerja dimana jenis mesinnya berbeda.

Hasil *offspring crossover* kromosom yang valid adalah sebagai berikut :

1. *Offspring Crossover* Kromosom 3 Generasi ke-2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
2	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
3	Mesin A	3	8	8
		5	5	13
		8	4	17
4	Mesin A	6	7	7
		9	6	13
		10	7	20
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

2. *Offspring Crossover* Kromosom 4 Generasi ke-2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti
1	Mesin B	13	8	8
		14	8	16
2	Mesin A	1	5	5
		2	8	13
		4	6	19
		8	4	23
3	Mesin A	3	8	8
		5	5	13
		6	7	20
4	Mesin A	9	6	6
		10	7	13
5	Mesin B	7	4	4
		11	6	10
		12	10	20
6	Mesin B	15	8	8

Langkah 9 : Menghitung *Decoding*

Decoding hasil *crossover* generasi ke-2 yang valid adalah :

1. *Offspring crossover* Kromosom 3 Generasi 2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	80.00%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	95.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
3	Mesin A	3	8	8	85.00%
		5	5	13	
		8	4	17	
4	Mesin A	6	7	7	100.00%
		9	6	13	
		10	7	20	
5	Mesin B	7	4	4	100.00%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	40.00%
					83.33%

2. *Offspring crossover* Kromosom 4 Generasi 2

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	69.57%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	100.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
		8	4	23	
3	Mesin A	3	8	8	86.96%
		5	5	13	
		6	7	20	
4	Mesin A	9	6	6	56.52%
		10	7	13	
5	Mesin B	7	4	4	86.96%
		11	6	10	
		12	10	20	
6	Mesin B	15	8	8	34.78%
					72.46%

Langkah 10 : Melakukan *Mutasi* generasi 2

Langkah-langkah untuk melakukan proses mutasi dari semua kromosom ada adalah sebagai berikut :

- Menetapkan probabilitas mutasi (P_m).
- Bangkitkan bilangan random untuk setiap nilai gen yang berada dalam setiap kromosom, lalu dibandingkan dengan nilai P_m .
- Jika bilangan random lebih kecil dari P_m , maka kromosom tersebut mengalami mutasi.
- Proses mutasi dilakukan menggunakan metode *order-based mutation*, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Jika nilai bilangan random lebih kecil atau sama dengan $\frac{1}{2} P_m$, maka kurangi nilai gen dengan satu. Jika nilai gen tersebut adalah satu, maka tambahkan nilai gen tersebut dengan satu.
- Jika nilai bilangan random lebih besar dari $\frac{1}{2} P_m$ hingga nilai P_m , maka tambahkan nilai gen tersebut dengan satu.

➤ Kromosom baru hasil proses mutasi dinamakan *offspring* mutasi.

Kromosom 1	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
	0.934	0.286	0.377	0.877	0.304	0.020	0.877	0.429	0.795	0.152	0.864	0.240	0.936	0.370	0.720
Kromosom 3	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
	0.544	0.831	0.388	0.697	0.611	0.990	0.758	0.247	0.762	0.259	0.386	0.857	0.268	0.692	0.437
Kromosom 4	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
	0.912	0.753	0.088	0.905	0.683	0.729	0.759	0.231	0.527	0.319	0.150	0.061	0.597	0.373	0.885
<i>Offspring Crossover</i> Kromosom 4	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6
	0.892	0.926	0.163	0.603	0.957	0.495	0.761	0.486	0.390	0.390	0.237	0.057	0.442	0.510	0.500
O C Kromosom 3 Generasi 3	2	2	3	2	3	3	5	3	4	4	5	5	1	1	6
	0.921	0.789	0.150	0.176	0.094	0.199	0.886	0.051	0.652	0.568	0.167	0.792	0.557	0.489	0.897
O C Kromosom 4 Generasi 3	2	2	3	2	3	4	5	2	4	4	5	5	1	1	6
	0.195	0.987	0.512	0.410	0.449	0.185	0.624	0.024	0.746	0.567	0.416	0.938	0.545	0.474	0.064

Langkah 11 : Menghitung *Decoding*

Hasil dari *offspring* mutasi yang valid, dihitung *decoding*nya. Pada contoh kasus yang dihitung oleh penulis, tidak ada kromosom yang mengalami mutasi, maka tidak dilakukan perhitungan *decoding* untuk hasil mutasi.

Langkah 12 : Melakukan seleksi generasi 2

Hasil efisiensi total dari setiap kromosom yang valid adalah:

No.	Kromosom	Efisiensi Lintasan
1	Kromosom 1	72.46%
2	Kromosom 3	83.33%
3	Kromosom 4	72.46%
4	<i>Offspring Crossover</i> Kromosom 4	83.33%
5	O C Kromosom 3 Generasi 3	83.33%
6	O C Kromosom 4 Generasi 3	72.46%

Kromosom yang terpilih menjadi populasi baru generasi ke-2 adalah :

No.	Kromosom	Efisiensi Lintasan
1	Kromosom 3	83.33%
2	<i>Offspring Crossover Kromosom 4</i>	83.33%
3	O C Kromosom 3 Generasi 3	83.33%
4	O C Kromosom 4 Generasi 3	72.46%

Maka kromosom yang terpilih adalah yang memiliki efisiensi lintasan total terbesar yaitu kromosom 3, *offspring Crossover Kromosom 4*, dan *offspring Crossover Kromosom 3* generasi ke-2 sebesar 88.33%.

LAMPIRAN B

Hasil *Simple Case* Menggunakan *Software*

Output hasil perhitungan *Simple Case* menggunakan *software* yang telah dibuat adalah sebagai berikut :

Generasi	Populasi	Efisiensi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	72.46%	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
0	2	69.44%	2	2	3	2	2	4	5	3	3	4	5	5	1	1	6
0	3	83.33%	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
0	4	72.46%	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
1	C2&4-5&9	83.33%	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6
1	1	72.46%	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
1	2	83.33%	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
1	3	72.46%	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
2	C4&3-6&8	72.46%	2	2	3	2	3	3	5	2	4	4	5	5	1	1	6
2	1	72.46%	1	1	3	1	3	4	5	1	3	4	5	5	2	2	6
2	2	83.33%	1	1	3	1	1	2	4	2	2	2	5	5	4	4	5
2	3	83.33%	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6
2	4	83.33%	2	2	3	2	3	4	5	3	4	4	5	5	1	1	6

Keterangan :

- Pada generasi ke-1, terlihat penulisan C 2&4 – 5&9, yang berarti : kromosom 2 dan 4 dari hasil generasi ke-0 (encoding) dilakukan proses crossover dengan nilai crossing site adalah 5 dan 8 (9-1).
- Pada generasi ke-2, terlihat penulisan C 4&3 – 6&8, yang berarti : kromosom 4 dan 3 dari hasil generasi ke-1 (encoding) dilakukan proses crossover dengan nilai crossing site adalah 6 dan 7 (8-1).
- Hasil *crossover* dan mutasi yang ditampilkan oleh *software* adalah hanya hasil *decoding* kromosom yang valid.

Dari tabel rangkuman hasil *output software*, terlihat bahwa nilai efisiensi tertinggi adalah sebesar 83.33% dengan susunan kromosom sebagai berikut :

Stasiun	Mesin	Operasi	ti (detik)	CUM ti	Efisiensi Stasiun
1	Mesin B	13	8	8	80.00%
		14	8	16	
2	Mesin A	1	5	5	95.00%
		2	8	13	
		4	6	19	
3	Mesin A	3	8	8	85.00%
		5	5	13	
		8	4	17	
4	Mesin A	6	7	7	100.00%
		9	6	13	
		10	7	20	
6	Mesin B	15	8	8	40.00%
					83.33%

LAMPIRAN C

Langkah-langkah Penggunaan

Software

Langkah-langkah untuk menyelesaikan kasus efisiensi lintasan perusahaan menggunakan *software* yang telah dibuat, adalah sebagai berikut :

1. Tampilan awal dari *software*

Pada tampilan awal ini terdiri dari 2 bagian yaitu: *Input product* dan Proses. Pilih menu "*input product*" untuk menginput data awal yang dibutuhkan untuk proses perhitungan dan penyeimbangan lintasan produksi. Setelah mengisi "*input product*", pilih menu "proses" untuk menjalankan program tersebut serta menampilkan hasilnya .



2. Pilih menu *input product*

Pada *input product* akan menampilkan suatu jendela input seperti : target produksi, jumlah jam kerja, jenis operasi, jenis mesin yang digunakan, operasi pendahulu, operasi pengikut, dan waktu operasi.

No	Nama Operasi	Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut	Waktu	Mesin

Cara menginput data awal ke dalam menu *input product* adalah:

Langkah 1 :

- Pada kolom input produk berisi jumlah elemen kerja yang diinginkan (d disesuaikan dengan peta proses operasi yang diamati)
- Kemudian mengisi jumlah produksi atau target produksi yang ingin dicapai.
- Lalu pilih simpan produk.



Langkah 2 :

- Pada kolom input mesin, kita melakukan input terhadap semua jenis mesin yang akan digunakan dalam proses produksi semua elemen kerja tersebut.
- Setiap memasukkan nama mesin, pilih menu simpan mesin.
- Kemudian masukkan nama mesin berikutnya dan pilih menu simpan mesin sampai semua jenis mesin selesai di input.



Langkah 3 :

- Jumlah elemen kerja akan ditampilkan sesuai dengan angka yang dimasukkan ke jumlah operasi pada input produk.
- Lakukan pengisian pada nama operasi.
- Operasi pendahulu (*Predecessor*) merupakan no. operasi pendahulu dari jenis operasi yang bersangkutan sesuai dengan urutan dalam *precedence diagram*.
- Operasi pengikut (*followers*) merupakan no. operasi pengikut dari jenis operasi yang bersangkutan sesuai dengan urutan dalam *precedence diagram*.
- Waktu proses merupakan waktu dari elemen kerja.
- Jenis mesin dipilih berdasarkan operasi yang menggunakan jenis mesin tersebut.

No	Nama Operasi	Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut	Waktu	Mesin
1	1		10	24.900	Obras
2	2		3	36.840	Manual
3	3	2	6	57.780	Jahit
4	4		5	12.130	Manual
5	5	4	6	65.340	Jahit

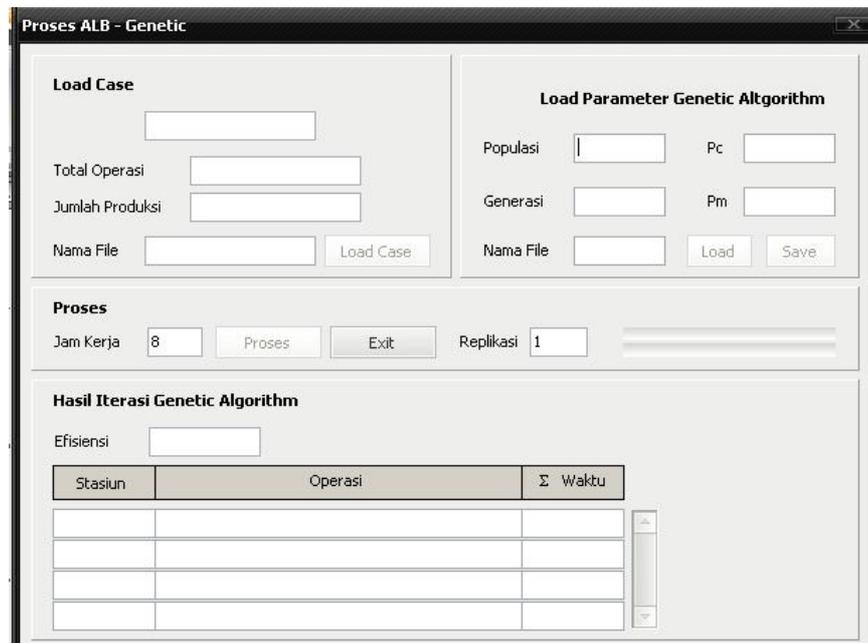
Langkah 4 :

- Setelah semua data dimasukkan, maka pilih menu *save* kasus untuk melakukan penyimpanan semua data awal yang dibutuhkan untuk perhitungan efisiensi lintasan.

Load / Save Option

Nama File

- Setelah data disimpan, keluar (*exit*) ke menu utama dan pilih menu proses.



Cara melakukan proses data adalah sebagai berikut :

Langkah 1 :

- Melakukan *load case* dengan mengetik nama file yang sama saat di save kasus pada menu *input product*.
- Maka total operasi dan jumlah produksi akan tampil sesuai yang telah di input di menu *input product*.



Langkah 2 :

- Melakukan *load parameter* pada algoritma genetika.
- Melakukan input terhadap jumlah generasi dan jumlah populasi yang diinginkan.
- Menentukan *probabilitas crossover* (Pc) dan *probabilitas mutasi* (Pm).
- Menyimpan (*save*) parameter genetika algoritma yang digunakan untuk memproses data.

Load Parameter Genetic Algorithm

Populasi	<input type="text" value="10"/>	Pc	<input type="text" value="0.95"/>
Generasi	<input type="text" value="100"/>	Pm	<input type="text" value="0.01"/>
Nama File	<input type="text"/>	<input type="button" value="Load"/>	<input type="button" value="Save"/>

Langkah 3 :

- Melakukan proses untuk mendapatkan efisiensi lintasan tertinggi.
- Replikasi berguna untuk melakukan pengulangan proses data dengan menggunakan parameter yang sama, sesuai dengan yang kita inginkan.

Berdasarkan penugasan elemen kerja ke dalam stasiun kerja menggunakan *software* genetika algoritma (GA) yang diusulkan, dengan menggunakan parameter sebagai berikut :

- Ukuran populasi : 10
- Jumlah generasi : 100
- Probabilitas Crossover (Pc) : 0.95
- Probabilitas Mutasi (Pm) : 0.01

Maka didapatkan efisiensi lintasan total yang paling tinggi adalah sebesar 73,93%, dengan susunan kromosom adalah sebagai berikut :

Stasiun	Task (EK)	Mesin	Ti (detik)	Efisiensi
1	O - 02	Manual	203.99	89.39%
	O - 04			
	O - 07			
	O - 11			
	O - 13			
	O - 16			
	O - 20			
	O - 23			
	O - 26			
	O - 29			
	O - 33			
	O - 35			
	2			
O - 12				
O - 21				
O - 30				
O - 36				
3	O - 14	Mesin Jahit	217.56	95.34%
	O - 15			
	O - 22			
4	O - 03	Mesin Jahit	226.44	99.23%
	O - 05			
	O - 17			
	O - 24			
5	O - 06	Mesin Jahit	225.04	98.62%
	O - 09			
	O - 18			
	O - 27			
6	O - 25	Mesin Jahit	228.20	100.00%
	O - 28			
	O - 31			
	O - 34			
	O - 37			
7	O - 01	Obras	227.33	99.62%
	O - 10			
	O - 19			
	O - 32			
8	O - 38	Obras	157.53	69.03%
	O - 39			
9	O - 40	Obras	223.56	97.97%
10	O - 41	Pelubang Kancing	70.08	30.71%
11	O - 42	Pemasang Kancing	48.71	21.35%
12	I - 01	Gunting	46.68	20.46%
13	O - 43	Manual	91.52	40.11%
	O - 44			
Efisiensi Lintasan				73.93%